

Telefonía Celular

Introducción.

El sueño del hombre por comunicarse a grandes distancias no cesó en los teléfonos fijos, sino que pensó en un aparato que no importando donde estuviera pudiera comunicarse; por ejemplo, en otro país, en movimiento, etc. De aquí que haya nacido el teléfono celular.

I. Antecedentes

Historia.

II. Generaciones de la Telefonía Celular

Primera Generación.

Segunda Generación.

Tercera Generación.

III. ¿Cómo funciona?

Células.

Handoff.

Roaming.

IV. Técnicas de acceso.

AMPS.

GSM.

CDMA.

UMTS.

V. Perspectivas(4G y 5G).

VI. Normatividad en México.

VII. Conclusión.

VIII. Bibliografía.

IX. Créditos

I. Antecedentes.

Historia de la telefonía celular.

AT&T introdujo el primer servicio telefónico móvil en los Estados Unidos el 17 de junio de 1946 en San Luis, Missouri. El sistema operaba con 6 canales en la banda de 150 MHz con un espacio entre canales de 60 KHz y una antena muy potente. Este sistema se utilizó para interconectar usuarios móviles (usualmente autos) con la red telefónica pública, permitiendo así, llamadas entre estaciones fijas y usuarios móviles. Un año después, el servicio telefónico móvil se ofreció en más de 25 ciudades de los EE.UU. y unos 44,000 usuarios en total aunque por desgracia había 22,000 más en una lista de espera de cinco años. Estos sistemas telefónicos móviles se basaban en una transmisión de Frecuencia Modulada (FM). La mayoría de estos sistemas utilizaban un solo transmisor muy poderoso para proveer cobertura a más de 80 km desde la base. Los canales telefónicos móviles de FM evolucionaron a 120 KHz del espectro para transmitir la voz con un ancho de banda de 3KHz. Aunque se esperaban mejoras en la estabilidad del transmisor, en la figura de ruido y en el ancho de banda del receptor.

La demanda para el servicio de telefonía móvil creció rápidamente y permaneció por detrás de la capacidad disponible en muchas de las ciudades de gran tamaño. Es increíble que a pesar de la demanda hayan pasado más de 30 años para cubrir las necesidades de telefonía móvil. La capacidad del sistema era menor que el tráfico que tenía que soportar, por ello, la calidad del servicio era terrible, las probabilidades de bloqueo eran del 65% o más altas. La inutilidad del teléfono móvil disminuyó la frecuencia de su uso ya que los usuarios encontraron que era mejor prevenir no hablando en horas picos. Los usuarios y las compañías telefónicas se dieron cuenta que un conjunto de canales no sería suficiente para desarrollar un servicio telefónico móvil útil. Se necesitarían grandes bloques del espectro para satisfacer la demanda en áreas urbanas.

En 1949, la FCC dispuso más canales y la mitad se los dio a la compañía Bell System y la otra mitad a compañías independientes como la RCC (Radio Common Carriers), con la intención de crear la competencia y evitar los monopolios. Fue a mediados de los 50 cuando se creó el primer equipo para viajar en auto de menor tamaño. Esto sucedió en Estocolmo, en las oficinas centrales de Ericsson pero no fue sino 10 años después cuando los transistores redujeron en peso, tamaño y potencia para poder introducirlos al mercado.

En 1956, la Bell System comenzó a dar servicio en los 450 MHz, que era una nueva banda para tener una mayor capacidad. En 1958, la Richmond Radiotelephone Co. mejoró su sistema de marcado conectando rápidamente las llamadas de móvil a móvil. A mediados de los 60's el Sistema Bell introdujo el Servicio Telefónico Móvil Mejorado (IMTS por sus siglas en inglés) con características mejoradas. Las mejoras en el diseño del transmisor y del receptor permitieron una reducción en el ancho de banda del canal de FM de 25-30 KHz.

A finales de los 60's y principios de los 70's el trabajo comenzó con los primeros sistemas de telefonía celular. Las frecuencias no eran reutilizadas en células adyacentes para evitar la interferencia en estos primeros sistemas celulares.

En enero 1969 la Bell System aplicó por primera vez el rehúso de frecuencias en un servicio comercial para teléfonos públicos de la línea del tren de N.Y. a Washington, D.C. Para desarrollar este sistema se utilizaron 6 canales en la banda de 450 MHz en nueve zonas a lo largo de una ruta de 380 km.

Se debe reconocer que la primera generación de radio celular analógico no fue una nueva tecnología pero si una nueva idea el de reorganizar la tecnología existente IMTS a gran escala. Mientras que las comunicaciones de voz utilizaron el mismo FM analógico que se había estado usando desde la II Guerra Mundial, dos mejoras importantes hicieron el concepto celular realidad. A principios de los 70's se inventó el microprocesador; aunque los algoritmos complejos de control se implantaban en lógica con cables, el microprocesador hizo más fácil la vida de todos. La segunda mejora fue en el uso de un enlace de control digital entre el teléfono móvil y la estación base. No fue sino hasta marzo de 1977 cuando la FCC aprobó que Bell probara un sistema celular en Chicago.

En 1978, en EE.UU. comenzó a operar el Servicio Telefónico Móvil Avanzado o Advanced Mobile Phone Service AMPS. En ese año, 10 células cubrían 355000 km cuadradas en el área de Chicago, operando en las nuevas frecuencias en la banda de 800 MHz. Esta red utilizaba circuitos integrados LS, una computadora dedicada y un sistema de conmutación, lo que probó que los sistemas celulares podían funcionar.

El desarrollo de AMPS fue muy rápido, un sistema comenzó a operar en mayo de 1978 en Arabia Saudita, otro en Tokio en diciembre de 1979 y el primero en nuestro país en 1981. Entonces, surgió por parte de la FCC otro requisito de competencia. Un proveedor de servicio celular tenía que coexistir con la Bell System en el mismo mercado (Bandas A y B). Entonces Ameritech entró en Chicago el 12 de octubre de 1983.

AT&T desarrolló un modelo junto con Motorola conocido como Dyna-TACS o TACS que significa Total Access Communications System, el cual se puso en marcha en Baltimore y en Washington D.C. por la compañía Cellular One el 16 de diciembre de 1983.

Otro estándar que surgió fue el de AURORA-400 en Canadá en febrero de 1983 utilizando equipo de GTE y NovAtel. Este sistema llamado descentralizado opera en los 420 MHz y utilizaba 86 células, funcionando mejor en áreas rurales por su poca capacidad pero cobertura amplia. En Europa, el sistema celular Telefonía Móvil Nórdico o Nordic Mobile Telephone System NMT450 inició operaciones en Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega en el rango de 450 MHz. En 1985 la Gran Bretaña empezó a usar TACS en la banda de 900 MHz. Más tarde, Alemania Occidental implementó C-Netz, Los franceses Radiocom 2000, y los Italianos RTMI/RTMS. Todos ellos ayudaron a que hubiera nueve sistemas incompatibles, a diferencia de los EE.UU. que no sufrían de este problema. Desde aquí se pensó en un plan para crear un sistema digital único para Europa.

Para ejemplificar el desarrollo del mercado, la industria celular creció de menos de 204,000 suscriptores en 1985 a 1,600,000 en 1988 en EE.UU.

A finales de los 80's el interés emergió hacia los sistemas celulares de tipo digital, donde ambos, la voz y el control fueran digitales. El uso de tecnología digital para reproducción de discos compactos popularizó la calidad del audio digital. La idea de eliminar el ruido y proveer el habla clara hasta los límites de cada área de servicio fueron atractivos para los ingenieros y usuarios comunes.

En 1990, el sistema celular en EE.UU. agregó una nueva característica, el tráfico de la voz se convirtió en digital. Esto triplicó la capacidad con el muestreo, digitalización y multicanalización de las conversaciones. Para 1991, el servicio celular digital comenzó a emerger reduciendo el costo de las comunicaciones inalámbricas y mejorando la capacidad de manejar llamadas de los sistemas celulares analógicos.

En 1989 surge GSM primero conocido como Grupo Especial Móvil y luego como Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Lo más destacado de él es que unifica los sistemas europeos. Desde 1993 los sistemas se estaban desbordando de usuarios en EE.UU., estos crecieron de medio millón en 1989 a más de trece millones en 1993. En 1994, Qualcomm, Inc. propuso un escenario de espectro esparcido para incrementar la capacidad. Construido en conocimientos anteriores, el Code Division Multiple Access CDMA o Acceso Múltiple por División de Código, sería en todos sus elementos digital, además de que prometía de 10 a 20 veces mayor capacidad. En estos días más de la mitad de los teléfonos en el mundo operaban de acuerdo a los estándares de AMPS, y en su inicio más humilde nadie pensó que sería el que conviviría con TDMA o CDMA para obtener sistemas duales con tecnología analógica y digital.

El 14 de enero de 1997, la FCC abrió un nuevo grupo de frecuencias inalámbricas que permitiría el desarrollo de las tecnologías como CDMA: la banda de 1900. El PCS 1900 es la contraparte en frecuencia de GSM y aunque esta en desarrollo tiene un gran potencial.

En México, es hasta 1984 cuando Telcel obtiene la concesión para explotar la red de servicio radiotelefónico móvil en el área metropolitana de la Ciudad de México, bajo la denominación de "Radiomóvil Dipsa S.A. de C.V." operando en las bandas radiofónicas de 450-470 y 470-512 MHz. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes convocó la introducción de la telefonía celular en nuestro país en las nueve diferentes regiones en que fue dividido. Aquí nace Iusacell, convirtiéndose en la primera compañía de telefonía celular en ofrecer el servicio en la Ciudad de México y en ese mismo año surge la marca Telcel ofreciendo los servicios de telefonía celular en la ciudad de Tijuana B.C. A partir de 1990 Telcel y Iusacell expanden los servicios de telefonía celular en el Distrito Federal y su zona metropolitana y paulatinamente ofrecen el servicio a escala nacional.

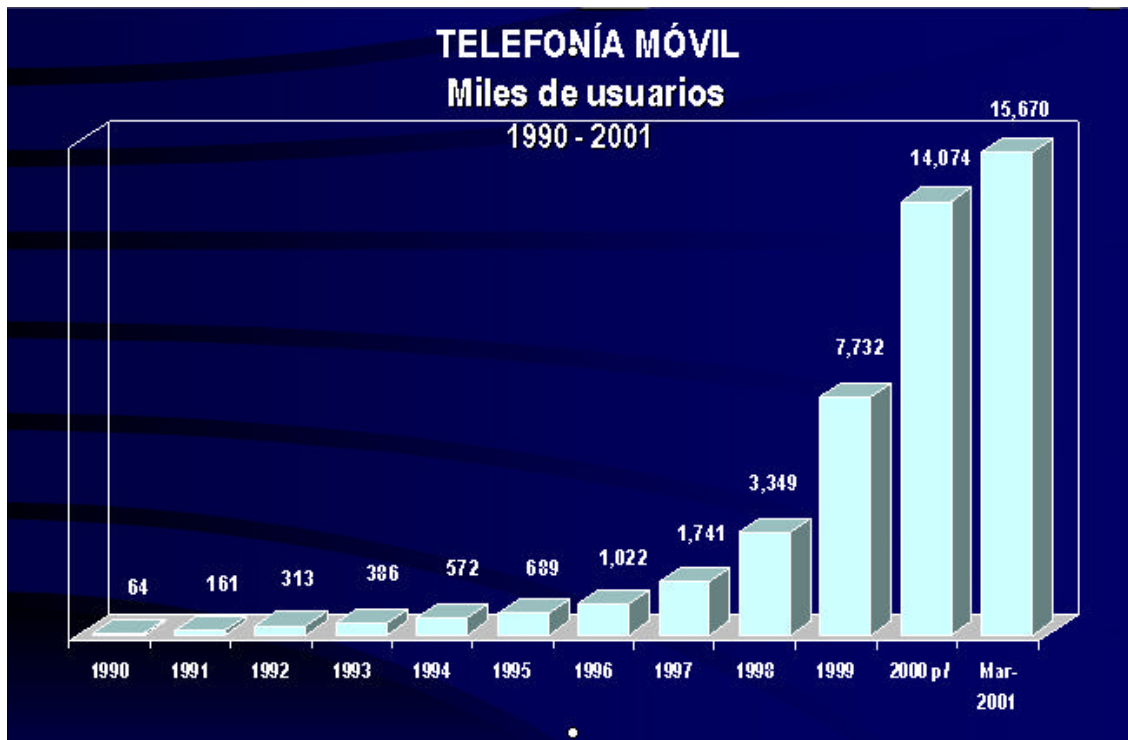
El día 31 de mayo de 1989 se presentó el "Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994" donde menciona la importancia de las telecomunicaciones destacando los siguientes puntos :

- Múltiples empresas podrán desarrollar los servicios de transmisión conmutada de: datos, teleinformática,

telefonía celular y otros.

- Las concesiones de telefonía celular se sujetarán a concurso de manera abierta, y así se garantizará la mejor oferta de servicios y contraprestación económica al Estado.

A partir de 1990, se inicia la expansión en nuestro país, tal como muestra la siguiente gráfica:



y al igual que en el resto del mundo, el crecimiento de los teléfonos móviles ha sido muy grande, como por ejemplo Japón, que cuenta con 63.38 millones de celulares.



II. Generaciones de la Telefonía Celular.

II.1. Primera Generación de Telefonía Celular.

En 1971 se propuso el concepto de celular como un avanzado sistema de comunicación móvil. Esta intrigante idea proponía el reemplazo de las estaciones bases ubicadas en el centro de la ciudad por múltiples copias de tales estaciones de menor potencia distribuidas a lo largo del área de cobertura.

El concepto celular añade una dimensión espacial al modelo “trunking” usado anteriormente en la telefonía móvil. Estas células son ligadas a través de un centro de conmutación central y una función de control. Y es así como la vieja red se emplea a gran escala.

Los primeros sistemas que alcanzan un desarrollo comercial significativo aparecen en los años ochenta: En Europa los sistemas NMT-450 y en EE.UU., el sistema AMPS- “American Mobile Phone System” adaptado en Europa como TACS “Total Access Communication System” empiezan ofreciendo un servicio que tiene, desde el punto de vista de usuario, las características del servicio actual:

1. Posibilidad de realizar y recibir llamadas en cualquier punto del área de cobertura del sistema.
2. Continuidad de la comunicación al pasar del radio de acción de una estación de base al de la estación contigua

Sin embargo, estos sistemas solo alcanzan unas penetraciones limitadas debido a los elevados costes que implican. Solo en los países nórdicos, en los que las condiciones económicas –altas rentas percapitas- y sociales –tendencia a vivir en el campo- eran particularmente favorables, se llega a una amplia penetración.

¿Cuáles son las razones de que los costes fueran tan elevados?. Las hay de dos tipos:

- a) Por un lado, falta de competencia entre los operadores y suministradores de equipos que obligaran a bajar los precios. Cuando en Gran Bretaña se introdujo el segundo operador, incluso el crecimiento del sistema TACS, analógico, se aceleró considerablemente.
- b) Por otro, dificultades de orden técnico. Entre estas las más destacables son:
 - Existencia de varios estándares y, por tanto, series de fabricación limitadas.
 - Sistemas de baja capacidad o eficiencia radioeléctrica que implica un gran consumo de frecuencias o bien instalaciones caras.
 - Sistemas analógicos que implican una tecnología voluminosa y de difícil mantenimiento.
 - Sistemas propietarios, es decir, dependencia de un único fabricante.

Esta primera generación de telefonía móvil hizo su aparición en 1979, y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad [2400 bauds], la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad [basadas en FDMA, “Frequency Division Multiple Access” y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS “Advanced Mobile Phone System”.

El siguiente cuadro muestra algunos sistemas de telefonía celular empleados durante la primera generación:

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
------	-------------	------	-----

AMPS

Desarrollado por los Laboratorios Bell AT&T. Funciona en la banda de los 800 MHz.

EAMPS

“Extended AMPS (AMPS extendido). Aumenta la capacidad del AMPS y aun hoy en día continúa siendo el sistema mas extendido en EE.UU. y su entorno de influencia.

NAMPS

“Narrowband AMPS” (AMPS de banda estrecha). Desarrollado por Motorola a partir del EAMPS, siendo un sistema a medio camino entre el analógico y el digital.

C-450

Sistema sudafricano (nada menos) ahora conocido por “Motorphone System 512”. Y aún sigue en funcionamiento, solo en Sudáfrica.

C-Netz

Antiguo sistema que funcionaba en la banda de 450 MHz usado en Alemania y Austria.

Comvik

Otra victima de la estandarización con la llegada del GSM, nació en Suecia en 1981 y pasó a mejor vida en 1996.

NMT 450

“Nordic Mobile Telephones” Sistema Nórdico de Telefonía Móvil, desarrollado por Nokia y Ericsson para entornos nórdicos, funcionaba a 450 MHz: También se implanto en España, durante los '80, por la operadora MoviLine.

NMT 900

El sistema NMT “Nordic Mobile Telephony” surgió en los países escandinavos en 1981, es ideal para cubrir la mayor extensión de terreno con la menor inversión. Esta versión NMT 900 permite un mayor número de canales. Heredero del anterior, empleaba la banda de 900 MHz, para permitir mayor capacidad y terminales más pequeñas.

NMT-F

Versión francesa del anterior.

NTT

“Nippon Telegraph & Telephone”. Desarrollado por la empresa telefónica japonesa, ha sido el estándar analógico en esta zona. Apareció una versión de alta capacidad llamada HICAP.

RC2000

Radiocom 2000. Sistema francés que entró en funcionamiento a finales de 1985.

TACS

“Total Access Communications System”. Se desarrolló en Inglaterra el año 1985 por parte de Motorola, operando en la banda de 900 MHz. El sistema TACS 900 adaptado, deriva del sistema analógico AMPS americano desarrollado por los laboratorios Bell y comercializado en EE.UU en 1984. Con este sistema se obtiene una mejor calidad del servicio, al mismo tiempo que mejora la relación señal/ruido por tener una mayor anchura de canal. Además precisa de equipos más pequeños y baratos.

El sistema TACS (Total Access Communications System) 900 conocido como TMA 900, es del mismo tipo que el anterior, analógico multicanalizado en frecuencia, pero diferente por utilizar una tecnología mucho más avanzada y barata, dando mejor calidad de audio, así como una mejor conmutación al pasar de una a otra célula, ya que la señalización se realiza fuera de banda, al contrario que NMT, que lo hace dentro de ella, resultando casi imperceptible el ruido para el usuario, sin embargo sus estaciones base cubren un intervalo menor. Emplea la banda de frecuencia de los 900 MHz y cada MHz se divide en 40 semicanales de 25 kHz, por lo que resulta extremadamente útil, por su gran disponibilidad de canales, para cubrir áreas urbanas. Dispone de 1320 canales duplex, de los que 21 se

dedican exclusivamente a control (señal digital) y el resto para voz (señal analógica)

ITACS

“International TACS”. Versión mejorada del TACS con un sistema de control mejorado.

ETACS

“Extended TACS”. Sustituto del TACS.

JTACS

“Japan TACS”. Es una versión del TACS desarrollada especialmente para Japon.

IETACS

“International ETACS”. Una variación menor del ETACS, que aporta más flexibilidad.

NTACS

“Narrowband TACS”, TACS de banda estrecha. Triplica la capacidad del ETACS sin pérdida de calidad de la señal.

Calculo de dimensionamiento en sistemas de 1ra generación.

En los sistemas de “trunking” se efectúa el dimensionamiento en función del grado de servicio (GOS), definido como el producto de la probabilidad de espera por la probabilidad de que el tiempo de espera supere un valor dado. Generalmente este valor es la duración media de la llamada. Se aplica la distribución Erlang C convencional.

Para los sistemas públicos celulares que trabajan en régimen de llamadas perdidas, el procedimiento es similar, en principio al que se aplica en las redes de telecomunicaciones convencionales. Ahora bien deben considerarse algunos efectos propios de la movilidad de las terminales como son:

- I. Acortamiento de la duración media de la llamada percibida desde la estación base, pues algunos móviles abandonarán la celda en el curso de la llamada.
- II. Aumento de la tasa efectiva de llamadas entrantes para los móviles que acceden a la celda con una llamada en curso.
- III. Interrupción forzada y prematura de algunas llamadas cuando, al efectuarse la transferencia a una celda vecina, no hay en ésta canales libres.

Por lo que, la metodología que puede seguirse para el dimensionamiento, según una estrategia de asignación fija de los recursos, en la cual se asigna de modo permanente un juego de canales a cada celda, el cual repite al cabo de la distancia de reutilización.

Si C_t es el número total de radiocanales disponibles para tráfico, el número de radiocanales por celda será:

donde R es el tamaño de la agrupación (“cluster”) celular.

El número de abonados por celda es:

siendo p la probabilidad de congestión por tráfico y e el tráfico por abonado móvil. $B^{-1}(C_v, p)$ denota la inversa de la función de Erlang B.

Si llamamos I al índice de reutilización, que es igual al cociente entre el área total de cobertura y el área de la agrupación redondeando al entero superior, el número total de abonados a quienes pueden darse servicio son:

Con esta estrategia cada llamada se cursa a través de alguno de los radiocanales libres de la celda. Si están todos ocupados, la llamada se pierde.

Puede aumentarse el número de móviles o reducirse la tasa global de bloqueo, haciendo uso de una estrategia de asignación dinámica, en virtud de la cual una celda con todos sus radiocanales ocupados puede pedir prestadas una o más frecuencias a alguna de sus células vecinas con el fin de satisfacer una petición de comunicación en su ámbito.



II.2 Segunda generación de Telefonía Celular.

La segunda generación 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son:

- GSM Sistema Global para Comunicaciones Móviles. “Global System for Mobile Communications”,
- IS-136 conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136. Éstos dos primeros basados en TDMA
- IS-95 basado en CDMA Código de división múltiple de acceso “Code Division Multiple Access” y
- PDC Comunicaciones Digitales Personales “Personal Digital Communications”

Éste último utilizado en Japón.

1. Some second-generation digital cellular systems				
	GSM (Global System for Mobile Communications)	TIA/EIA-136 (Telecom. Industry Association/ Electronic Industries Alliance)	IS-95 (Interim Standard 95)	PDC (Personal/Pacific Digital Communications)
Frequency ranges, MHz				
Band	GSM-900	Cellular		—
Uplink	935–960	869–894		940–956
Downlink	890–915	824–849		810–826
Band	GSM-1800			
Uplink	1805–1880			
Downlink	1710–1785			
Band	GSM-1900	PCS		—
Uplink	1930–1990	1930–1990		1429–1453
Downlink	1850–1910	1850–1910		1477–1501
Channel spacing, kHz	200	1250		25
Minimum no. of channels	125	832	20	1600
Users per channel	8	3	<63	3
Multiple access technique	FDMA/TDMA		FDMA/CDMA	FDMA/TDMA
Duplex mode	FDD			
Modulation	GMSK	$\pi/4$ -DQPSK	OQPSK (uplink) QPSK (downlink)	$\pi/4$ -DQPSK
CDMA, FDMA, TDMA=coder/frequency/time-division multiple access; DQPSK, OQPSK=differential/offset quadrature phase-shift keying; FDD=frequency-division duplexing; GMSK=Gaussian minimum-shift keying; PCS=personal communications system.				

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS (Servicio de Mensajes Cortos “Short Message Service”). La mayoría de los protocolos de segunda generación ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a éstos como PCS (Servicios de Comunicaciones Personales “Personal Communications Services”).

La principal ventaja de los teléfonos de segunda generación sobre sus precesores analógicos son su gran capacidad y menor necesidad de carga de batería. En otras palabras, ellos satisfacen a los usuarios asignando una frecuencia consumiendo menos potencia.

Generación 2.5G.

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas segunda generación tales como GPRS “General Packet Radio System”, HSCSD “High Speed Circuit Switched Data”, EDGE “Enhanced Data Rates for Global Evolution”, IS-136B, IS-95B, entre otros. La tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizarse a los sistemas de tercera generación.

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones (“carriers”) se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G. Los “carriers” europeos y de Estados Unidos se moverán a 2.5G en el 2001. Mientras que Japón ira directo de 2G a 3G también en el 2001.

Sistema GSM.

A partir de 1982, en el seno de la CEPT “Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunicarions”, se vio la necesidad de comenzar tareas de planificación de un nuevo sistema de comunicaciones móviles, posteriormente conocido como GMS, que sustituyera a los sistemas analógicos por digitales.

El sistema GMS se planteó como un sistema multioperador. El estándar fue diseñado con la posibilidad de que varios operadores pudieran compartir el espectro. Funciona a frecuencias de 900 MHz.

El rápido crecimiento de los sistemas celulares, así como razonables socioeconómicas junto con el problema de la falta de frecuencias de 900 MHz, impulso una adaptación del sistema GMS a la banda de 1800 MHz (1900 en EE.UU.). Este sistema se denomina DCS-1800. En realidad, DCS puede considerarse como una variante de GMS que resuelve su problema más acuciante: la falta de espectro para planificar de forma económica las áreas urbanas.

Cobertura en los sistemas 2G.

Como los tamaños de las celdas son cada vez más reducidos, pasando de miniceldas de 2Km (GSM) a microceldas de unos 500m (DCS-1800) y picoceldas de 50m (DECT), es necesario mejorar la precisión de las predicciones. En efecto, un error de cálculo de cobertura de 100m puede ser admisible en una minicelda, pero no en una picocelda. Por otro lado, se exige la cobertura en entornos especiales: túneles viarios, estacionamientos subterráneos, interiores de edificios, etc., lo que conlleva la caracterización de estos nuevos entornos. También adquiere cada vez más importancia la caracterización del canal en banda ancha para la optimización de la operación. Debe subrayarse que los operadores, una vez superada la fase de despliegue de la red móvil, deben consolidar sus objetivos de calidad-cobertura, con un análisis más detallado de las perturbaciones para compensar sus efectos y mejorar la calidad de las telecomunicaciones.

Una solución que se esta estudiando activamente es la que emplea la Teoría Geométrica de la Difracción (GTD) y Teoría Uniforme de la Difracción (UTD), tanto en forma bidimensional (2D) y tridimensional (3D), combinada con modelos de dispersión radar y linealización de perfiles. Son de destacar también los nuevos métodos de predicción basados en redes neuronales combinados con medidas.

Asimismo, se empiezan a utilizar bases de datos digitales de ciudades para aplicar los más detallados modelos urbanos, tanto en banda estrecha, para el cálculo de la pérdida básica de propagación, como en banda ancha.



II.3. Tercera Generación de Telefonía Celular.

El propósito de la Tercera generación consiste en superar las limitaciones técnicas de las tecnologías precedentes. La tercera generación es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

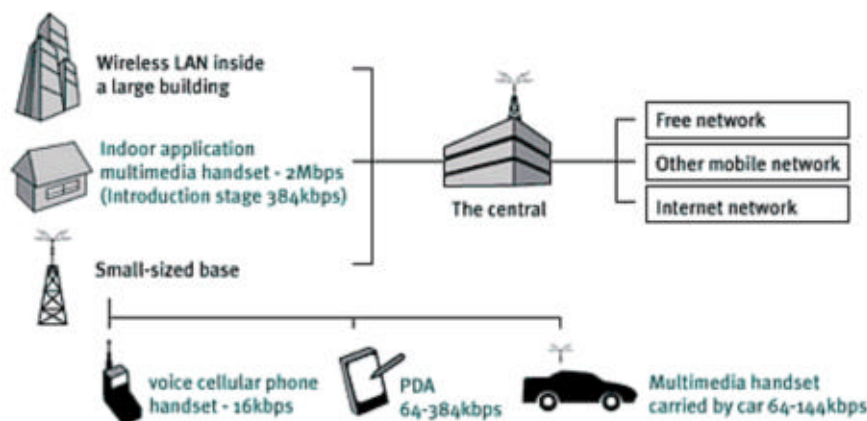
Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS “Universal Mobile

Telephone Service”, CDMA2000, IMT-2000, ARIB (3GPP), UWC-136, entre otras.

El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU “International Telecommunications Union” y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000 “International Mobile Telephone”.

Los principales requerimientos para esta tecnología incluyen:

- 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 solo lugar o bien moviéndose sobre áreas pequeñas.
- Soporte para operaciones de 2.048 Mb/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.
- Una interfaz adaptada para las comunicaciones móviles de Internet., que permita un ancho de banda más grande para enviar información que para recibir.
- Mayor eficiencia del espectro disponible.
- Soporte para una gran variedad de equipo móvil.
- Introducción flexible a los nuevos servicios y tecnologías.



Lo ideal es que los sistemas de tercera generación provean servicios en cualquier lugar y a cualquier hora. Mientras que los servicios analógicos y los primeros servicios digitales fueron diseñados solo para resolver problemas de sistemas analógicos, como seguridad, bloqueo e incompatibilidad regional; iniciándose así, una nueva visión a la migración a 3G y por lo tanto hacia nuevos servicios.

Actualmente solo diez de las tecnologías de transmisión de radio terrestre (RTTs) tienen los mínimos requerimientos de capacidad de IMT-2000 presentado por la ITU en junio de 1998. Éstas se muestran a continuación.

2. Ten terrestrial radio transmission technologies				
Technology	Acronym	Supporter	Acronym	Nationality
Cdma2000 (code division multiple-access)	—	TIA Wideband Spread-spectrum Digital Technology Committee (TR-45.5)	—	United States
Digital enhanced cordless telecommunications	DECT	European Telecommunications Standards Institute	ETSI	Europe
Global multiband synchronous direct-sequence CDMA	CDMA I		—	Korea
Global asynchronous direct-sequence CDMA	CDMA II		—	Korea
Time-division synchronous CDMA	TD-SCDMA	China Academy of Telecommunication Technology	CATT	China
UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) terrestrial radio access	UTRA	ETSI Special Mobile Group	ETSI/SMG	Europe
Universal Wireless Communications 136	UWC-136	TIA Digital Cellular Committee (TR-45.3)	—	United States
Wideband-CDMA/NA	W-CDMA/NA	Alliance for Telecommunications Industry Solutions—T1P1 Committee	ATIS	United States
Wideband-CDMA	W-CDMA	Association of Radio Industries and Businesses	ARIE	Japan
Wireless integrated-services digital-network multi-media services W-CDMA	WINS W-CDMA	TIA Mobile & Personal Communications 1800 Committee (TR-46)	—	United States

TIA=Telecommunications Industry Association
UMTS=Universal Mobile Telecommunication System

Una de las propuestas más prometedoras para la creación de la nueva generación es la combinación de la interfaz aérea del ancho de banda de CDMA (W-CDMA) con la red GSM.

Entre las diversas organizaciones que procuran combinar sus ofertas de W-CDMA están la Asociación de Japón de las Industrias y de los Negocios de Radio (ARIB), la Alianza para las Soluciones de la Industria de las Telecomunicaciones (ATIS), T1P1, Los Servicios sin hilos Integrados de la Red Digital de Multimedia (WIMS), y el Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI) a través de su Grupo Móvil Especial (GMS). El esquema que tienen en mente se aprovecha de las técnicas de radio de W-CDMA sin hacer caso de los numerosos sistemas desplegados por GSM.

Estas organizaciones se basan en el Sistema Móvil Universal de Telecomunicación (UMTS) de ETSI's. Llamado UTRA (para el acceso de radio terrestre de UMTS), la propuesta describe dos modos de funcionamiento: el multiplexaje de la frecuencia y de división de tiempo.

Propuesta CDMA2000 para revestir IS-95.

El subcomité TR-45.5 de la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA) sometió una tecnología de radio de transmisión llamada CDMA2000. Este RTT protege inversiones en el equipo y los sistemas IS-95, de los cuales existen varios en Norteamérica y Corea.

La tecnología propuesta 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 CDMA2000.

La tecnología TR45.5 utiliza “handoffs” entre los sistemas de segunda generación (CDMAOne) y de tercera generación (CDMA2000) así como ambas técnicas de radio de división de en dos canales de frecuencia y de tiempo. Un sistema de CDMAOne puede desplegar algunas características de la nueva generación sin ampliar el ancho de banda del canal, a condición de que ciertos detalles de señalización y de recursos lógicos dentro del canal 1.25-MHz que se modifican para resolver las necesidades del paquete de la radio y de servicios asimétricos. Más características de banda ancha pueden ser agregadas más adelante multicanalizando los canales adicionales de CDMAOne en incrementos de 1,25 MHz.

UMTS

UMTS “Universal Mobile Telephone Service” es un sistema móvil de tercera generación que está siendo desarrollado por el organismo ETSI (European Telecommunications Standards Institute) junto el IMT-2000 de la ITU. UMTS es sistema europeo que está intentando combinar la telefonía celular, teléfonos inalámbricos, redes locales de datos, radios móviles privados y sistemas de radiolocalización “paging”. Que va a proveer velocidades de hasta 2 Mbps, haciendo los videotéfonos una realidad. Las licencias de UMTS están atrayendo gran interés entre los “carriers” del continente europeo debido a que representa una oportunidad única para crear un mercado en masa para el acceso a la

información, altamente personalizado y amigable para la sociedad. UMTS busca cimentar y extender el potencial de las tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales de hoy en día.

Proyección de la 3G.

Lo que sigue en este momento es esperar a que los “carriers” ofrezcan los servicios de 3G. Por ejemplo, en Japón ya están operando con las tecnologías de 3G. El servicio con más éxito es “i-mode” de NTT DoCoMo que utiliza una red basada en paquetes conocida como PDC-P, aunque es una tecnología propietaria que tiene actualmente más de 17 millones de suscriptores. NTT DoCoMo también piensa incursionar con W-CDMA y sus contendientes en ese país para servicios 3G son DDI y J-Phone. En Estados Unidos, compañías como Qualcomm y Sprint PCS ya empezaron a realizar pruebas del servicio 3G.

La batalla por las licencias de 3G de UMTS es otro asunto de gran importancia y varias son las compañías las involucradas en obtener las valiosas licencias de telefonía móvil de tercera generación, tales como: Telecom Italia (Italia); Vodafone, Orange y BT Cellnet (Inglaterra); T-Mobil (Alemania), France Telecom (Francia); KPN Telecom (Holanda), NTTDoCoMo (Japón), etc. Las compañías que dominan mercados pequeños deberán aliarse con los grupos grandes.

A parte de las cantidades enormes de dinero que cuestan las licencias, hay que tomar en cuenta que las redes telefónicas de estos “carriers” son redes grandes y complejas, por lo que les tomará tiempo y grandes inversiones de capital para implantar la tecnología. Pero muchas de las ventajas de esas redes son que varias de ellas ya están ofreciendo servicios de datos, y prevalecerán aquellas empresas de telecomunicaciones que tengan la mayor experiencia en tecnologías inalámbricas y tomen ventaja de ello para las nuevas redes del futuro.

En relación en predicciones en cuanto a usuarios móviles, “The Yankee Group” anticipa que en el 2004 habrá más de 1150 Millones de usuarios móviles en el mundo, comparados con los 700 millones que hubo en el 2000. Por otra parte Ericsson predice que habrá 1000 millones de usuarios en el 2002. Dichas cifras nos anticipan un gran numero de capital involucrado en la telefonía inalámbrica, lo que con más razón las compañías fabricantes de tecnología, así como los proveedores de servicios de telecomunicaciones estarán dispuestos a invertir su capital en esta nueva aventura llamada 3G.

Independientemente de cual tecnología en telefonía inalámbrica predomine, lo único que le interesa al usuario final es la calidad de voz, que no se bloqueen las llamadas y que en realidad se ofrezcan las velocidades prometidas. El tiempo y las fuerzas del mercado nos darán la razón.

III. ¿Como funciona?

Tal como otros aparatos en nuestra vida cotidiana, un teléfono móvil es un verdadero misterio para la mayoría de las personas.

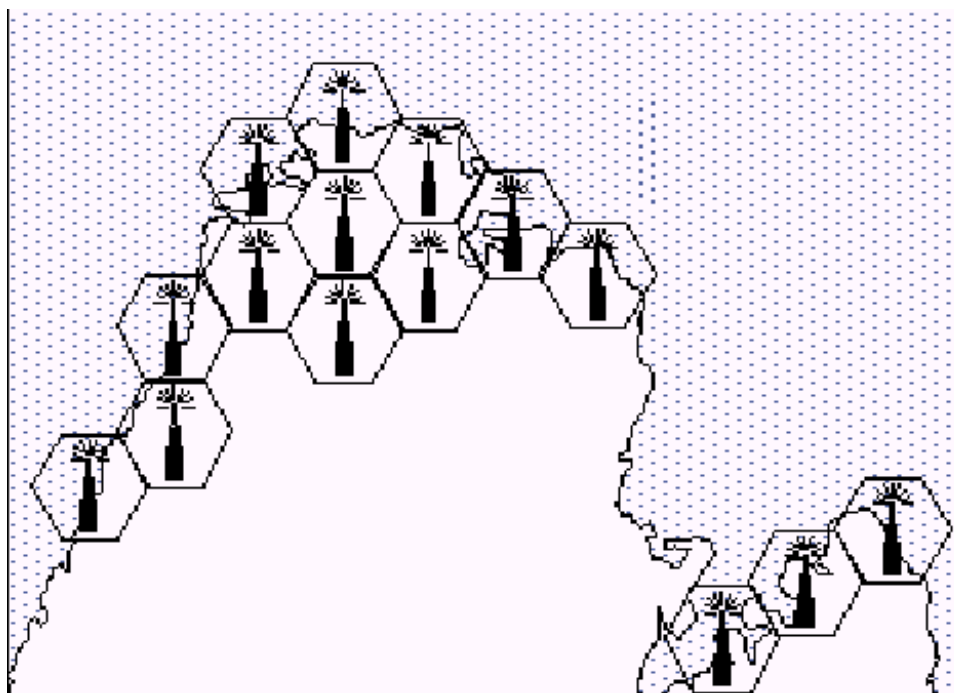
Un teléfono móvil utiliza dos frecuencias diferentes: una para transmitir y otra para recibir, permitiendo una conversación normal.

III.1. Células.

Antes de la invención de las células, se usaban radioteléfonos que transmitían hacia una antena central en cada ciudad con 25 canales disponibles. Las desventajas de este sistema eran que exigían transmisores muy potentes, o al menos, lo suficiente para transmitir a 60 o a 80 km. Esto implicaba un sistema muy caro y frecuencias insuficientes.

En las décadas de los 70's y los 80's fue inventado el sistema de células. Una célula es un área determinada, pequeña, que tiene las ventajas de requerir transmisores mucho menos potentes que uno del sistema anterior y el uso extensivo de frecuencias en todas las ciudades, a través de la reutilización.

Esto se realiza a través del reparto de una zona en varias células(áreas más pequeñas), de forma hexagonal, para poder abarcar todo el espacio. En cada célula existe una estación base transmisora, con lo cual, se pueden tener múltiples canales para el uso de decenas de celulares de manera simultánea. Cuando un usuario pasa de una célula a otra deja la frecuencia que estaba utilizando, para el uso de otro celular, y toma la frecuencia libre de la célula a la que pasó.

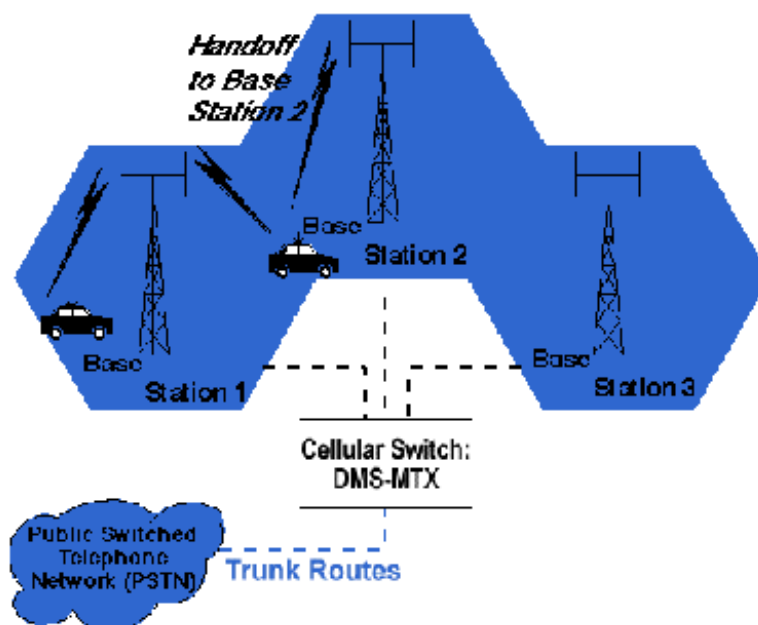


Como las distancias de transmisión no son muy grandes, los teléfonos móviles pueden transmitir con poca energía; por lo tanto, con pequeñas baterías que permiten un tamaño y peso reducido. Por lo anterior, es que son usadas las células en la telefonía celular.



III.2. Handoff.

La transición del enlace de comunicación de una estación base a otra, alemana, se conoce como "handoff".



El sistema CDMA define diferentes procesos de "handoff", que se explican a continuación.

El primero es el "soft handoff" o "handoff de software". Durante el "handoff", un móvil mantiene, simultáneamente, conexión con dos o tres estaciones base. Cuando el móvil se mueve de su célula actual (fuente) a la siguiente célula (objetivo), siempre se mantiene una conexión de canal de tráfico con ambas células. En el enlace de bajada, el móvil usa el receptor múltiple o "rake receiver" para demodular dos señales separadas de dos estaciones base diferentes. Las dos señales se combinan para obtener una señal compuesta de mejor calidad. En el enlace de subida, la señal que transmite el móvil se recibe por ambas estaciones base. Las dos células demodulan la señal por separado y envían las tramas demoduladas al centro de conmutación móvil (MSC, "mobile switching center"). El MSC contiene un selector que obtiene la mejor trama de las dos.

El segundo es el "softer handoff". Este tipo de "handoff" ocurre cuando un móvil hace una transición entre dos sectores de la misma célula. En el enlace de bajada, el móvil mejora la misma clase de combinación de proceso que el "soft handoff". En este caso, el móvil usa su receptor múltiple para combinar las señales recibidas de los dos sectores. En el enlace de subida, sin embargo, dos sectores de la misma célula reciben simultáneamente las dos señales del móvil. Estas señales son demoduladas y combinadas dentro de la célula, de tal forma que únicamente se envía una trama al MSC.

El tercero es el "hard handoff" o "handoff de hardware". El sistema CDMA hace dos tipos de "hard handoffs". Un "handoff CDMA-a-CDMA" ocurre cuando el móvil hace una transición entre dos portadoras CDMA (por ejemplo, dos canales de espectro esparcido que están centrados en diferentes frecuencias). Este "hard handoff" ocurre también cuando el móvil hace una transición entre dos sistemas diferentes de operadores. Al "handoff CDMA-a-CDMA" también se le llama "D-a-D handoff". Y el "handoff CDMA-a-analógico" ocurre cuando una llamada CDMA se guía a una red analógica. Esto puede ocurrir cuando el móvil viaja en un área donde hay servicio analógico pero no hay servicio CDMA. El "handoff CDMA-a-analógico" se le llama "handoff D-a-A".

Antes de describir el proceso de "soft handoff" en detalle, es importante notar que cada sector en un sistema CDMA se distingue de cualquier otro por su canal piloto. El canal piloto es uno de los cuatro canales -piloto, 'paging', 'sync' y canales de tráfico- en el enlace de bajada. El canal piloto sirve como un "faro" para el sector y ayuda al móvil a adquirir otros canales lógicos del sector. El piloto no contiene información más que en el código corto PN ("Pseudo Noise" o de pseudo ruido).

Se usa un término especial para describir la SNR del canal de piloto: energía por chip por densidad de interferencia, o E_c/I_0 . La energía por chip E_c/I_0 es diferente de la energía por bit E_b en que "chips" se refiere a los bits en las secuencias esparcidas PN. Dado que no hay información en banda base contenida en el canal de piloto, el piloto no pasa por el proceso opuesto al esparcimiento y estos bits no se recobran.

El móvil constantemente notifica a la estación base las condiciones de la propagación local; la estación base hace uso de esta información para tomar decisiones sobre el "handoff". Este "handoff" asistido del móvil (MAHO,

“mobile-assisted handoff”) actúa cuando el móvil toma una medida del E_c/I_0 del enlace de bajada y reporta el resultado de la medida a la estación base. Dado que cada estación base transmite su propio piloto en un diferente “offset” PN, el E_c/I_0 de un piloto da una buena indicación de si un sector en particular puede o no ser el sector más apropiado para servir al móvil.

En el manejo del proceso de “handoff”, el móvil mantiene en su memoria cuatro listas que se excluyen entre sí compuestas por los sectores de las estaciones base. A estas listas también se les llama conjuntos. Los cuatro conjuntos son conjunto activo (“active”), conjunto candidato (“candidate”), conjunto vecino (“neighbor”), y conjunto residuo (“remaining”).

El conjunto activo contiene los pilotos de aquellos sectores que se están comunicando con el móvil en los canales de tráfico. Si el conjunto activo contiene únicamente un piloto, entonces el móvil no está en “soft handoff”. Si el conjunto activo contiene más de un piloto, entonces el móvil mantiene la conexión con todos esos sectores en canales de tráfico separados. La estación base controla esencialmente el proceso de “handoff” porque se puede agregar únicamente un piloto al conjunto activo si la estación base envía un “mensaje de dirección de handoff” (“handoff direction message”) al móvil y el mensaje contiene el piloto en particular que se va a agregar al conjunto activo. El conjunto activo puede contener a lo más seis pilotos.

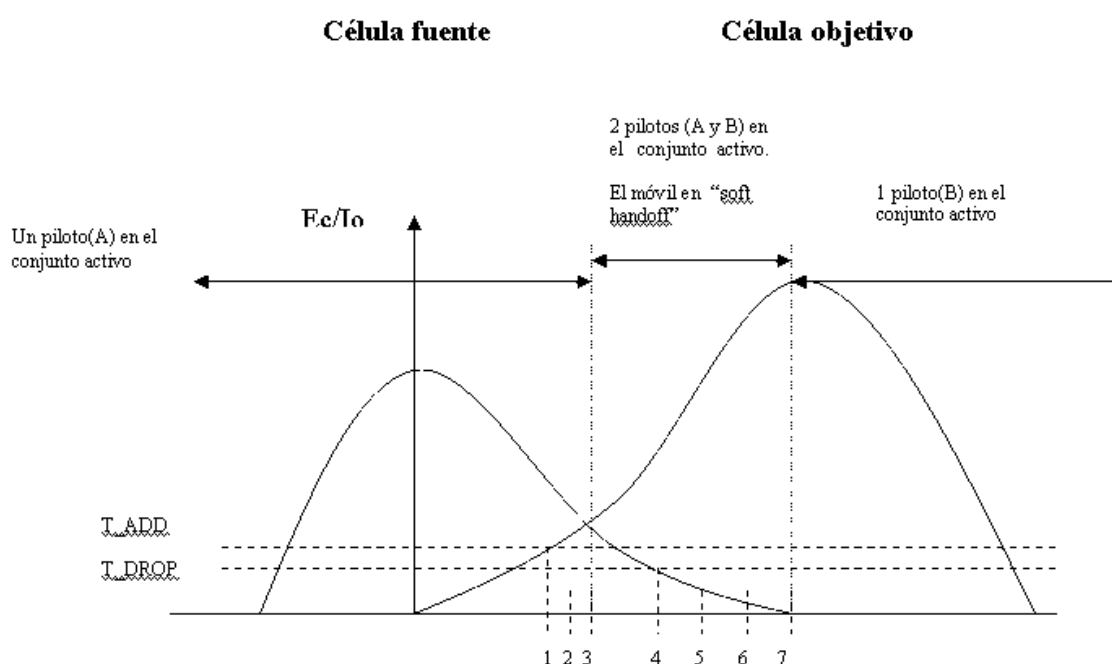
El conjunto candidato contiene aquellos pilotos cuyos E_c/I_0 son suficientes para hacerlos candidatos de handoff. Esto significa que si el E_c/I_0 de un piloto en particular es más grande que el umbral de detección de piloto (“pilot detection threshold”) “T_ADD”, entonces ese piloto se agrega al conjunto candidato. El conjunto candidato solo puede contener seis pilotos.

El conjunto vecino contiene aquellos pilotos que están en la lista vecino del actual sector servidor del móvil. El conjunto vecino contiene a lo más 20 pilotos.

El conjunto residuo contiene todos los posibles pilotos en el sistema para esta frecuencia portadora, excluyendo a los pilotos que están en los conjuntos activo, candidato y vecino.

III.2.1. Proceso.

A continuación se muestra el proceso que sigue una llamada para entrar en “hand off”:



1. En primera instancia el móvil se encuentra alimentado únicamente por la célula fuente, y su conjunto activo contiene tan solo al piloto A(célula fuente). El móvil mide el nivel de E_c/I_0 del piloto B(célula objetivo) y si lo

encuentra mayor que “T_ADD”, el móvil envía un mensaje de medida de fuerza de piloto (“pilot strength measurement message”) y transfiere al piloto B del conjunto vecino al conjunto candidato.

2. Ahora el móvil recibe un “mensaje de dirección de handoff” (“handoff direction message”) de la célula fuente. Dicho mensaje ordena al móvil a comenzar la comunicación en un nuevo canal de tráfico con la célula objetivo. El mensaje contiene el “PN offset” de la célula objetivo y el código de Walsh del nuevo canal de tráfico.
3. Entonces el móvil mueve el piloto del conjunto candidato al conjunto activo. En este momento el móvil envía un “mensaje de acabado de handoff” (“handoff completion message”) inmediatamente después de adquirir el canal de tráfico de bajada especificado en el “mensaje de dirección de handoff” (“handoff direction message”). Ahora el conjunto activo contiene dos pilotos en su lista.
4. Después de que tiene dos pilotos, el móvil detecta que el piloto A ha caído por debajo de “T_DROP” y es entonces cuando el móvil inicia el contador de tiempo o “drop timer”.
5. Cuando el “drop timer” alcanza el valor correspondiente a “T_TDROP” el móvil envía un mensaje de medida de fuerza de piloto (“pilot strength measurement message”).
6. Una vez que el móvil recibe un “mensaje de dirección de handoff”, el mensaje contiene únicamente el PN offset de la célula objetivo.
7. Y finalmente el móvil tiene que cambiar el piloto fuente del conjunto activo al conjunto vecino, así como enviar un mensaje para indicar que el “handoff” ha terminado.



III.3. Roaming.

En los sistemas modernos, el teléfono móvil recibe una identificación del sistema del operador al encenderse. Si en ese momento, el teléfono móvil detecta que la identificación del sistema no es la de su operador, es porque esta en “roaming”; es decir, esta usando los servicios de otro operador; con lo cual se puede usar un teléfono móvil en diferentes países.

Cuando es encendido, el móvil también transmite un pedido de registro, con lo cual, la red no tendrá problemas para encontrar al móvil.

IV. Tecnologías y Técnicas de Acceso

IV.1 Advanced Mobile Phone Service AMPS

El Servicio de Telefonía Móvil Avanzado (AMPS) fue desarrollado en los Laboratorios Bell a mediados de los 70's. Después de haber implantado un servicio de prueba de un sistema completamente celular en Chicago en 1978, el primer sistema comercial en los E.U. entro en operación en 1982 y 1983.

Arquitectura del Sistema

AMPS usa una red sitios de células “cell-sites” y oficinas de conmutación “switching offices” que funcionan como interfaz para conectarse con la red de línea de tierra “landline” del sistema de telefonía existente y los móviles. Usa el concepto **celular** (Propuesto por primera vez en los laboratorios Bell por D. H. Ring en 1947) con células hexagonales para dividir el área total de los sistemas sin traslape.

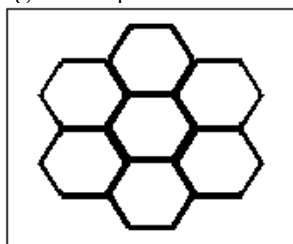


FIGURE 1. The Cellular Concept

Cell-Sites

Los “cell-sites” fueron posicionados en el centro de la célula (cuando empezaba el sistema) y sobre esquinas alternadas de la célula [Fig. 2]. Estos sitios de células cubrían a los usuarios móviles de estas específicas celdas en las cuales ellos estaban presentes. Cuando el sistema se fue madurando, cada sitio de célula presente sobre la esquina alterna de la célula usó antenas direccionales con un ancho de haz de 120° para iluminar porciones de las tres células adyacentes que conocían el sitio de célula. Este arreglo proveía una diversidad de radiación espacial y permitía la protección de una señal más uniforme en la presencia de obstáculos como edificios, colinas, etc. El uso de antenas direccionales más que omnidireccionales proveía una relación señal a ruido de 4 – 5 dB .

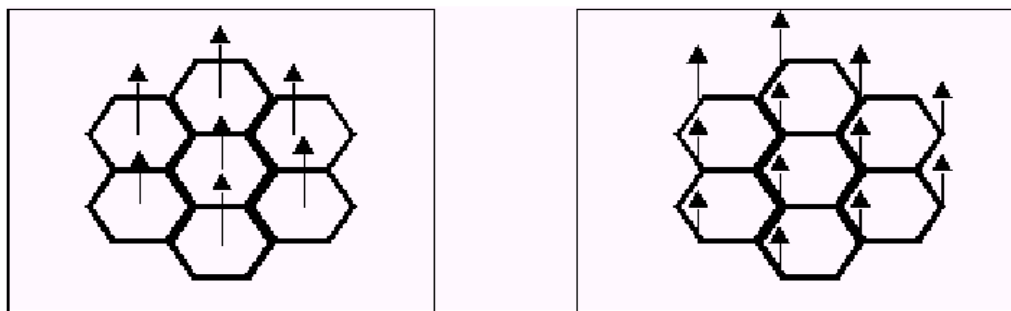


FIGURE 2. The start-up and the mature systems

“Mobile Telecommunications Switching Office (MTSO)”

Los sitios de células fueron interconectados con la Oficina de Conmutación de las Telecomunicaciones Móviles (MTSO) por medio de cables. Las troncales que trabajaban a la frecuencia de voz acarrearon las llamadas de voz y había ligas de conexión de datos de 2.4kbps entre las MTSO y cada uno de los sitios de células para propósitos de señalización [Fig. 3].

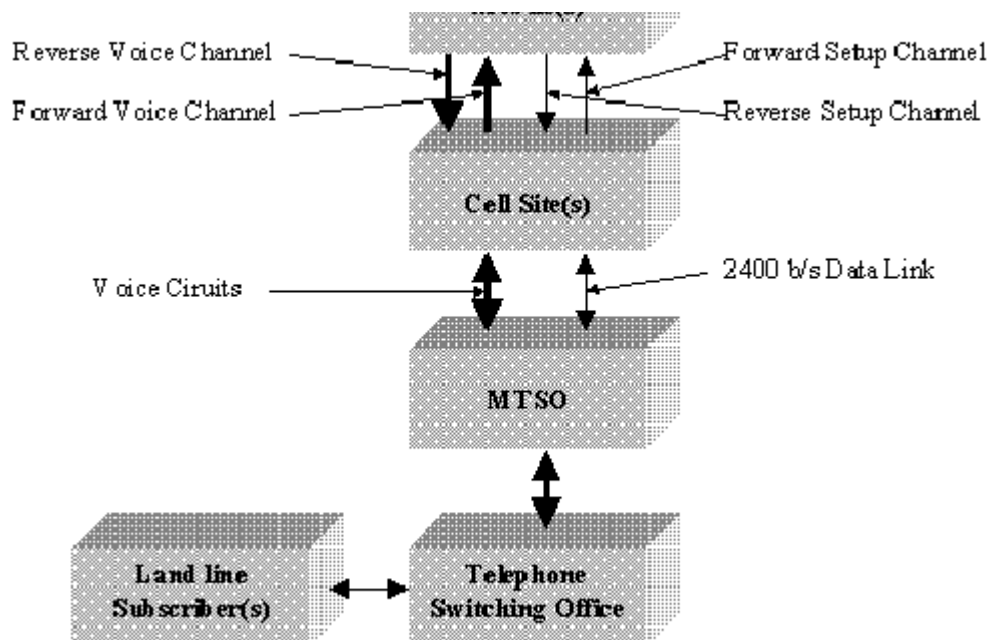


FIGURE 3. The Mobile Network Elements

Frecuencia de Operación

El sistema AMPS usó un ancho de banda del sistema total de 40MHz en la banda de los 800MHz (como se ubicó por la FCC) con 20MHz del sitio de célula a la comunicación móvil (liga hacia abajo, “downlink”) y 20 MHz del móvil al sitio de célula (liga hacia arriba, “uplink”). Los canales “uplink” usaron la banda de frecuencia de 870-890 MHz y los canales “downlink” usaron la banda de frecuencia de 825-845 MHz. Cada canal consiste de un par de caminos separados por 45MHz. La modulación en frecuencia se utilizó para la comunicación y el ancho de banda por canal fue de 30 kHz con una desviación de frecuencia máxima de 12kHz. Esto proporciono un total de 666 canales duplex disponibles para el sistema.

Frecuencia de Reuso

El sistema AMPS uso el concepto de la frecuencia de reuso en las comunicaciones celulares, donde, el número total de células son divididas dentro de “clusters” y cada célula dentro del “cluster” le serán asignada frecuencias las cuales son distintas y no interfieren con las frecuencias de las células adyacentes. El mismo patrón de asignamiento de canales es repetido en los “clusters” adyacentes. En tamaño mínimo de un “cluster” (N) fue determinado de acuerdo a las condiciones de interferencia co-canal y fue directamente relacionado a una parámetro llamado la relación d/r , donde ‘d’ es la distancia entre las células las cuales reusan los mismos canales y ‘r’ es el radio de la célula. Un valor de $d/r = 4.6$ fue encontrado adecuado para antenas direccionales y D/R de 6.0 fue requerido para antenas omnidireccionales para mantener una relación señal a ruido de 17 dB requerida para una buena calidad de trasmisión. Esto corresponde a una valor de $N = 7$ (para antenas direccionales) y $N = 12$ (para antenas omni-direccionales) el cual fue utilizado como el tamaño de un “cluster” en el sistema AMPS [Fig. 4].

FIGURE 4. The Concept of frequency reuse and cell clustering (for $N=7$)

División de Célula

En áreas donde la densidad de tráfico es muy alta, nuevas células pueden ser agregadas entre los sitios de células ya existentes para obtener un nuevo patrón de células con la mitad de dimensión lineal que los sitios de células originales. La división de células en este patrón incrementa el número de canales, desde que las células pequeñas pueden aguantar muchos canales y largos, manteniendo la misma relación d/r . Asignando apropiadamente las frecuencias de radio de canal, en sistema AMPS puede permitir la coexistencia de células largas y pequeñas. Cuando el crecimiento de un cliente se incrementa, las células pequeñas pueden ser subdivididas mas para incrementar la capacidad del sistema. La eficiencia del espectro fue alcanzada en el sistema AMPS por este método bajo el costo del incremento el número de sitios de células requeridos para un área particular.

Canales de Control

Hay dos tipos de canales de control:

1. "Paging" – Usado para determinar si un móvil estaba disponible para recibir una llamada entrante.
2. "Access" – Usado para la función de hacer una llamada originada desde un móvil (o) para responder a una señal "paging".

Los 21 canales más altos son siempre usados para "paging" y "access" y hay un factor de reuso de N para controlar también los canales, el cual es, en general, diferente de los canales de voz. Esta frecuencia del factor de reuso varia de ciudad en ciudad y es transmitida a todos los móviles sobre los canales de configuración. Pero cuando el sistema crece, el número de canales de "access" y "paging" será incrementado para manejar la capacidad de tráfico.

Capacidad del Sistema

Con un total de 666 canales duplex (40 MHz/ 60MHz) disponibles, podemos calcular la capacidad del sistema como sigue:

- Caso omnidireccional. Con cada "cluster" teniendo 12 células, el número de canales por célula es aproximadamente 56.
- Caso antena direccional 1200. Con cada "cluster" teniendo 7 células, el número de canales por célula es aproximadamente 96. Cada antena direccional ahora maneja 32 canales.

Es importante notar que esta capacidad incluye los canales de control también. Para calcular la capacidad debida a los canales de voz exclusivamente, podemos asumir que los 21 canales más altos son siempre usados para propósitos de control y proceder a derivar la nueva capacidad con 54 canales para el caso omnidireccional y 92 canales para el caso de las antenas direccionales 1200.



IV.2 Global System for Mobiles (GSM)

¿Qué es GSM?

Son las siglas de Global System for Mobile communications. (sistema global para comunicaciones móviles)
Es un sistema estándar para comunicación utilizando teléfonos móviles que incorporan tecnología digital.
Es la evolución tecnológica de los sistemas de comunicación móvil

SERVICIOS GSM

- SMS – "Short Messaging Services"

El servicio de mensajería corto (SMS) sirve para enviar y recibir mensajes de texto de y hacia teléfonos móviles. El texto puede estar compuesto de palabras o números o una combinación de caracteres alfanuméricos. SMS fue

creado como parte de la fase 1 estándar de GSM. El primer mensaje corto se cree que ha sido enviado en diciembre de 1992 de una computadora personal (PC) a un teléfono móvil sobre la red GSM Vodafone en Ucrania. Cada mensaje corto esta arriba de los 160 caracteres de tamaño cuando se utiliza el alfabeto Latín y 70 caracteres cuando se utilizan alfabetos que no son latinos como el arábico y el chino.

- “Call waiting & Call hold”

Si estas usando el teléfono, el servicio de “call waiting” te alertara de una segunda llamada. Con esto no perderás una llamada que esté por entrar.

Con el servicio “Call Hold” puedes poner a una persona que este hablando contigo en espera de manera que puedas realizar otra llamada y entonces puedas cambiar entre las dos llamadas.

- “Call forwarding”

El servicio de reenvío de llamadas se usa para poder redireccionar una llamada entrante de un teléfono hacia un teléfono con un número distinto.

- “Calling line identity”, CLI

El servicio de identidad de la línea que llama despliega el número de la llamada entrante.

- Servicios de Datos

El empleo de un teléfono GSM para enviar y recibir datos es el bloque esencial para el acceso móvil a Internet y la transferencia móvil de datos. Actualmente GSM tiene una transferencia de datos de 9.6Kbps. Los nuevos desarrollos tecnológicos que aumentarán las velocidades de transferencia de datos para los usuarios de GSM son HSCSD (“high speed circuit switched data”) y GPRS (“General Packet Radio Service”).

“Wireless Application Protocol”, WAP

WAP es simplemente un protocolo, la manera estandarizada de cómo un teléfono móvil habla a un servidor instalado en la red de teléfonos móviles.

WAP es un intento por definir un estándar sobre como el contenido de la Internet es filtrado a las comunicaciones móviles. WAP fue desarrollado para ser la manera de hacer disponible el contenido del Internet a las terminales móviles. Una de las razones por las que la industria móvil se ha emocionado con WAP es porque combina 2 de las más grandes industrias en crecimiento: la inalámbrica y la Internet.

El Protocolo de Aplicación Inalámbrica esta proyectado como un protocolo escalable diseñado para ser usado con:

- Cualquier teléfono móvil de estos con una línea de “display” a un teléfono inteligente
- Cualquier servicio existente o planeado como SMS, Data, USSD y GPRS.
- Cualquier estándar de red móvil como CDMA (“Code División Multiple Access”), GSM (“Global System for Móviles”) o UMTS (“Universal Mobile Telephone System”)
- Terminales de entrada múltiple como teclados “touch-screens” y otros.

El WAP incorpora un “micro-browser” relativamente simple en el teléfono móvil. WAP apunta ha cambiar los teléfonos móviles del mercado a “teléfonos inteligentes basados en red”.

Desventajas

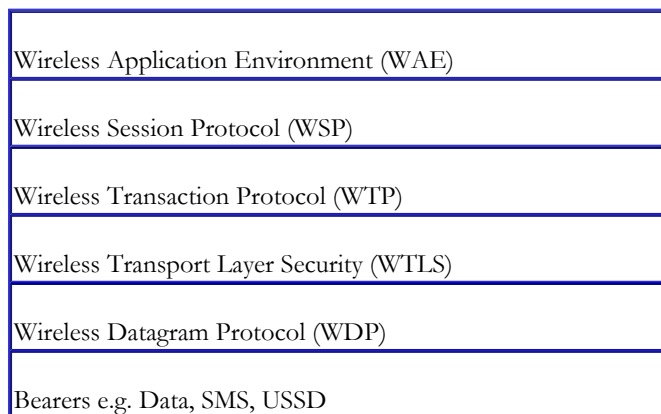
- Es complicado configurar teléfonos WAP para los nuevos servicios con WAP, con 20 o más parámetros diferentes que necesitan ser introducidos para obtener el acceso a los servicios WAP.
- Comparado con la base instalada de los teléfonos fáciles de manejar SMS, el número relativo de teléfonos que

suportan WAP es pequeño. WAP es un protocolo que corre sobre la parte más alta de un portador esencial. Ninguno de los portadores existentes GSM para WAP, “Short Message Service” (SMS), “Unstructured Supplementary Services Data” (USSD) y “Circuit Switched Data” (CSD) están optimizados para WAP.

- El estándar WAP esta incompleto, con elementos claves como “Push” (envió proactivo de información a los dispositivos móviles) y telefonía inalámbrica (actualizando los reportes de direcciones y el cómo) incluido en el WAP 1.2, estandarizado después de 1999 y esperado ser implantado en la primavera del 2000.

El Stack de protocolos WAP

WAP tiene una estructura por capas como se muestra en el siguiente diagrama.



GPRS

El sistema GPRS, que representa un pago por volumen de datos transferidos y no por tiempo de conexión, se convertirá en "un paso intermedio antes de la consolidación de la tercera generación de móviles".



IV.3 Code Division Multiple Access (CDMA)

La tecnología CDMA (“Code División Multiple Access”) genérica aparece como la base tecnológica por excelencia de la próxima generación de comunicaciones móviles 3G, habiendo entrado ya en la presente 2G; de hecho, la tendencia global en la industria es la adopción de las tecnologías CDMA. CDMA que proporciona mejores prestaciones que las tecnologías celulares convencionales tanto en calidad de las comunicaciones como en privacidad, capacidad del sistema y flexibilidad y, por supuesto en ancho de banda.

CDMA es una tecnología genérica que puede describirse, a grosso modo, como un sistema de comunicaciones por radio celular digital que permite que un elevado número de comunicaciones de voz o datos simultáneas compartan el mismo medio de comunicación, es decir, utilizan simultáneamente un “pool” común de canales de radio, de forma que cada usuario puede tener acceso a cualquier canal. El canal es un trozo del espectro de radio que se asigna temporalmente a un tema específico, como, por ejemplo, una llamada telefónica.

Con base a esto se observa que CDMA es una técnica de acceso múltiple. En CDMA, cada comunicación se codifica digitalmente utilizando una clave de encriptación que solamente conocen los terminales involucrados en el proceso de comunicación y únicamente durante la duración de la comunicación. La codificación digital y la utilización de la técnica de espectro esparcido, otra característica inherente a CDMA se pueden considerar como los puntos de identificación de la tecnología CDMA.

El escenario de enfoques/normas en CDMA.

Dentro de esta tecnología genérica CDMA existe una variedad de diferentes enfoques generados por empresas y/o asociaciones que constituyen el abanico de opciones para implantar sistemas ya operativos; estos enfoques están estrechamente asociados al tema de las normas, es decir, de la armonización, ya que los diferentes enfoques compiten para constituir normas. Existen dos enfoques/normas fundamentales dentro de la tecnología genérica CDMA, los dos

de banda ancha y que constituyen las dos opciones en cuanto a elección : W-CDMA (Wideband-CDMA) y cdma2000, que proviene, esta última de cdmaOne (IS-95 CDMA, el CDMA de la segunda generación). W-CDMA aparece con importantes expectativas no solo en Estados Unidos sino también en Europa donde UMTS constituye la versión europea de la norma W-CDMA. Desde un punto de vista de trayectoria evolutiva W-CDMA aparece más fuertemente asociado a Japón y Europa, mientras que Estados Unidos aparece asociado a cdma2000, fundamentalmente porque CDMA en su forma cdmaOne es una tecnología 2G bien establecida en Estados Unidos; sin embargo, las tendencias en Estados Unidos apuntan a un posible desplazamiento hacia W-CDMA. La ITU (International Telecommunication Union) ha aprobado a cantidad considerable de especificaciones para velocidades de datos y requisitos hacia 3G lo que aumenta las posibilidades de movimiento.

Cdma2000 utiliza la misma tecnología subyacente y espectro de radio que cdmaOne, con lo cual el proceso de migración de cdmaOne a cdma2000 aparece suficientemente viable. En este proceso de migración, aparecen como primera etapa intermedia cdma2000 1x que se inscribe en el ámbito de las tecnologías de transición hacia 3G, o sea, las tecnologías conocidas como 2.5G, donde también se encuentra GPRS cuyo origen es GSM. Cdma2000 1x, apoyado por los fabricantes coreanos Samsung, Hyundai y LG Electronics, está funcionando ya en Corea del Sur. A cdma2000 1x le sigue, en el proceso evolutivo hacia 3G, la versión cdma2000 1xEV (1x Evolution) donde, a su vez, aparecen dos etapas: la primera dedicada solamente a datos (1xEV-DO) que probablemente esté en funcionamiento a mediados del año 2002 y la siguiente que cubre ya datos y voz (1xEV-DV).

Qualcomm, el fabricante de chips y software para móviles e infraestructuras inalámbricas y creador de cdmaOne es, obviamente, uno de los promotores de cdma2000, pero la incertidumbre en torno a quién será el ganador, cdma2000 o W-CDMA, hace que las diferentes compañías estén trabajando para poder funcionar con los dos sistemas. Así, la propia Qualcomm está presente en los dos enfoques, cdma2000 y W-CDMA (W-CDMA le permitirá entrar en el mercado europeo) y por otra parte, firmas como Motorola o Lucent están trabajando en equipos para sistemas cdma2000, así como una parte importante de los fabricantes asociados con UMTS.

El estado de la situación y el ambiente general parece indicar que W-CDMA cubrirá la mayor parte del mundo: UMTS aparece como un factor crucial en este movimiento. Sin embargo, factores como el hecho de que la tecnología cdma2000 pueda estar disponible antes que W-CDMA o los tiempos involucrados en el despliegue de la red pueden ayudar a inclinar la balanza en un sentido u otro. En cualquier caso, el escenario aparece aún confuso en términos de cómo se van a configurar las cuotas de mercado entre los dos contendientes: la forma y rapidez en que produzca el despliegue de las redes está fuertemente asociado a esta configuración de cuotas de mercado. También la compatibilidad entre sistemas y la cartera de servicios, dos temas perceptibles por el usuario, van a ser cruciales para el desarrollo del mercado y, por supuesto, el tema de los precios. Subyacente a todo esto aparecen los temas puramente tecnológicos: cdma2000 presenta mejores características en compatibilidad y facilidad para la migración (bastante más económica que W-CDMA) además de que utiliza el espectro con más eficacia ya que se pueden conseguir siete portadoras en 10MHz frente a las dos de W-CDMA y, por otra parte, cdma2000 utiliza el mismo espectro frente a W-CDMA que necesita nuevo espectro. Qualcomm no ha producido recortes masivos en su plantilla como ha ocurrido en el resto de la industria de telecomunicaciones y de la industria inalámbrica en particular y, por otra parte, el precio de sus acciones permanece dentro de un estabilidad razonable.

W-CDMA.

Este enfoque CDMA funciona como un canal CDMA cuatro veces más ancho que los canales que se están utilizando actualmente en estados Unidos en 2G. El japonés NTT DoCoMo es uno de los impulsores de W-CDMA: está previsto que desarrolle un sistema W-CDMA que enlace Tokio, Osaka y Nagoya, al mismo tiempo que ha formado recientemente una alianza con la empresa de software alemana SAP. Por otra parte, la inglesa Vodafone también está involucrada en W-CDMA a través de UMTS.

Se han realizado diferentes versiones de W-CDMA: la más reciente viene dada por las actuaciones en torno a los resultados de un proyecto piloto realizado en Japón y en los resultados del sistema europeo UMTS todo ello gestionado y supervisado por 3GPP (Third Generation Partnership Project); de ahí ha surgido el enfoque/norma 3GPP W-CDMA. Este enfoque emplea W-CDMA en ambos modos FDD (Frequency División Duplex) y TDD ("Time División Duplex"). Las especificaciones W-CDMA utilizan el término UE ("User Equipment") para referirse a los teléfonos móviles, ordenadores portátiles y cualquier otro equipo para acceder a un sistema W-CDMA. A diferencia de lo que ocurre en las estaciones móviles CDMA de segunda generación, en W-CDMA el "user equipment" (UE) puede transmitir más de un código de canal para que las altas velocidades involucradas puedan ser una realidad; con base a esto, el UE se puede contemplar como una especie de estación "transceiver base".

En el pasado mes de abril, el 3GPP ha finalizado revisión de la primera versión de W-CDMA; de esta manera se pretende que los fabricantes puedan desarrollar equipos que cumplan las especificaciones 3GPP con base a que la norma es completa y estable. Todos los protocolos 3GPP incluyen requisitos de compatibilidad para desarrollos futuros en W-CDMA para que pueda interoperar con las redes GSM y para coexistir con los terminales GSM/W-CDMA en los países donde está implantado GSM. 3GPP sigue trabajando en la siguiente versión (“Release 4”, versión 4) que ya ha pasado la fase de definición y se encuentra en la fase de establecimiento de protocolos; esta versión incluye características multimedia y mejoras en la gestión de los paquetes de datos. Para finales de este año se espera que la siguiente versión (“Release 5”, versión 5) inicie la fase de definición; esta versión se orienta al tema de las redes IP.

CDMA: tecnología

La distribución celular y la reutilización de frecuencias son dos conceptos estrechamente relacionados con la tecnología CDMA; el objetivo es realizar una subdivisión en un número importante de células para cubrir grandes áreas de servicio. En los sistemas basados en la subdivisión celular (típicamente células hexagonales) y en el principio de reutilización de frecuencias, el nivel de prestaciones depende de modo crítico, del control de la interferencia mutua debida a la reutilización de frecuencias. En lo que concierne al concepto de reutilización, aunque hay cientos de canales disponibles, si cada frecuencia fuera asignada a una sola célula, la capacidad total del sistema sería igual al número total de canales con base al concepto de probabilidad de Erlang, lo cual originaría que el sistema pudiera albergar solamente a unos pocos miles de abonados. Mediante la reutilización de canales en un gran número de células, el sistema puede crecer sin límites geográficos. Desde un punto de vista de distribución celular, la tecnología CDMA se puede contemplar como una superación de la tradicional subdivisión celular hexagonal.

CDMA se fundamenta en la técnica de espectro esparcido/disperso (“Spread Spectrum”), una técnica que se ha estado utilizando habitualmente en el sector de defensa como medio para eliminar interferencias (“anti-jamming”) o para encriptación. De hecho, CDMA fue propuesto como esquema teórico, a modo de “spinn-off” del ámbito militar, a finales de la década de los 40 pero su aplicación práctica en el sector comercial tuvo lugar unos 40 años más tarde. Esta técnica se basa en esparcir el espectro de frecuencias de una señal en un ancho de banda mayor que el mínimo necesario para la transmisión a lo largo de toda la transmisión, es decir, las frecuencias que componen la señal viajan esparcidas a lo largo de todo el enlace con lo cual se consigue camuflar la señal. Al llegar al receptor la señal se recompone, es decir, las frecuencias se “juntan otra vez” para obtener la señal inicial que ha partido del emisor. De esta forma, se pueden obtener una serie de enlaces que utilizan la misma banda de frecuencia simultáneamente sin que se produzcan interferencias. La técnica de espectro disperso presenta dos modalidades: “frequency hopping” (FH) o salto de frecuencia y “Direct Sequence” (DS) o secuencia directa. El salto de frecuencia se puede describir en términos de que la señal se esparce transmitiendo una ráfaga corta en una frecuencia para, a continuación, saltar a otra frecuencia emitiendo otra ráfaga corta y así sucesivamente. “Direct Sequence” se puede describir en términos de que utiliza una secuencia de códigos de alta velocidad conjuntamente con la información básica que se quiere transmitir: esta secuencia se utiliza directamente para modular la portadora de radiofrecuencia (de ahí el nombre de “Direct Sequence”). En este esquema de secuencia directa cada símbolo (grupo de bits) se multiplica por un código de esparcimiento/spreading llamado secuencia de chip de forma que la banda de frecuencias de la señal se aumenta. La razón entre el número de chips por bit, que se conoce como la relación de “spreading”, constituye un factor de gran importancia para evaluar la resistencia de la señal ante interferencias. CDMA utiliza el esquema de secuencia directa.

Las ventajas de CDMA.

Las ventajas y los movimientos empresariales en torno a CDMA aparecen suficientemente claras como para afirmar que la tendencia global es hacia la tecnología genérica CDMA. Esta tecnología presenta las siguientes ventajas fundamentales: (1) mejora del tráfico telefónico; (2) mejora de la calidad de la transmisión de voz y eliminación de los efectos audibles del “fading” (atenuación) multitrayecto; (3) reducción del número de lugares necesarios para soportar cualquier nivel de tráfico telefónico; (4) simplificación de la selección de lugares; (5) disminución de las necesidades en despliegue y costes de funcionamiento debido a que se necesitan muy pocas ubicaciones de células; (6) disminución de la potencia media transmitida; (7) reducción de la interferencia con otros sistemas electrónicos.



IV.4 Universal Mobile Telecommunications System , UMTS

El UMTS , la tercera generación de redes de comunicación móviles, es en la actualidad especificado como parte de la iniciativa tecnológica europea RACED.

El anhelo de UMTS es implantar la movilidad terminal y la personal en su sistema, proporcionando un único sistema mundial estándar. Fuera de Europa, UMTS es conocido como Telecomunicación Internacional Móvil 2000 (IMT 2000), lo que reemplaza a su nombre anterior de Tierra Pública Futura de Sistema de Telecomunicaciones Móviles (FPLMTS).

UMTS está concebido como el proveedor de la infraestructura necesaria para proporcionar un completo abanico de servicios digitales multimedia o tele-servicios, requiriendo canales “bit-rates” o menos que el techo superior de 2 Mbps, como lo asignado en la Radio Conferencia Administrativa Mundial (WARC)'92 bandas.

UMTS debe además mantener el servicio móvil tradicional, proporcionado actualmente en redes de comunicación distintas, incluyendo celulares, paginados, circuitos locales sin cables y servicios de satélites.

Los teleservicios móviles requieren un grado más alto de bits, de 2 a 155 Mbps, y están previstos para llevar a cabo por los servicios móviles (MBS), un posible sucesor de UMTS, que está aún en estudio.

UMTS jugará un rol importante en la creación de los mercados futuros para las comunicaciones inalámbricas multimedia de alta calidad cuyo número de usuarios se incrementará a cerca de 2 billones en todo el mundo para el año 2010.

¿Por qué UMTS?

UMTS hará posible la entrega de servicios de información, comercio y entretenimiento de banda ancha de alto valor, a usuarios móviles vía redes fijas, inalámbricas y satelitales.

UMTS proporcionará entregar a bajo costo, una alta capacidad en las comunicaciones móviles ofreciendo tasas de transmisión que van por arriba de los 2Mbps con “roaming” global y otras capacidades avanzadas. Será capaz de llevar fotografías, gráficos, comunicaciones en video y otros tipos de información de banda ancha así como voz y datos, dirigido a personas que pueden estar en movimiento utilizando un innovado esquema de acceso por radio y un núcleo de red mejorado.

Este sistema empezará a operar comercialmente a partir del 2001. Algunas licencias ya han sido entregadas en algunos países de Europa. Ahora existen sistemas de prueba que están siendo probados en algunos lugares.

UMTS es uno de los mejores sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación que están siendo desarrollados dentro de la estructura que ha sido definida por la ITU y que se conoce como IMT-2000.



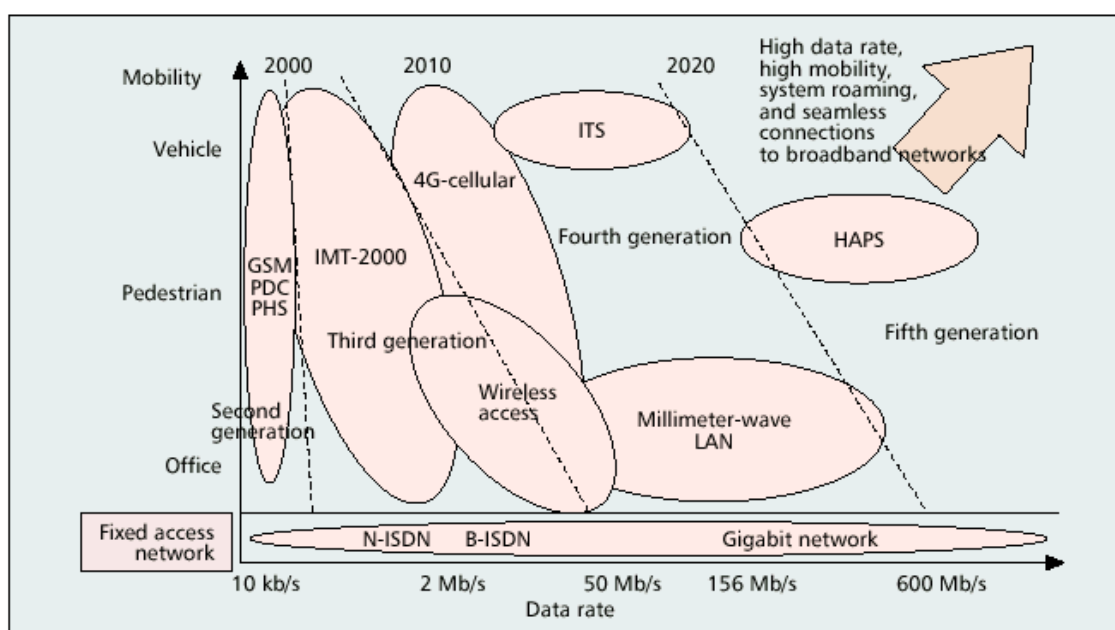
VI. Perspectivas de las comunicaciones móviles (4G y 5G)

El auge de los sistemas digitales, especialmente en lo referente a las redes de datos (Internet) en los 90's, ha influido grandemente en los sistemas de comunicación móviles. Esto lo podemos observar en la última etapa de la segunda generación, llamada en algunas ocasiones 2.5G, la cuál a través de protocolos como WAP (Wireless Application Protocol), ofrece servicio de navegación por internet (de manera muy limitada: sólo texto y sin formato) y de envío de mensajes (SMS), a la vez que estándares como GSM fueron diseñados para proveer servicios digitales a través de anchos de banda reducidos (9 K/bits).

Pese a ello, la demanda de comunicaciones en formato digital (multimedia, videoconferencia, email, etc.) y el crecimiento de los servicios de valor agregado ("roaming" a cualquier parte, llamada en espera, agenda electrónica, etc.), superan en mucho la oferta que existe actualmente en el mercado y en no pocas ocasiones a la tecnología disponible.

En la tercera generación deberán de converger las redes digitales y los sistemas de comunicación móvil, creando a su vez una sociedad dependiente de los formatos digitales, de ahí que el nuevo paradigma de la telefonía celular se base en proveer comunicaciones multimedia, acceso a redes inalámbricas, y "roaming" automático en los distintos sistemas.

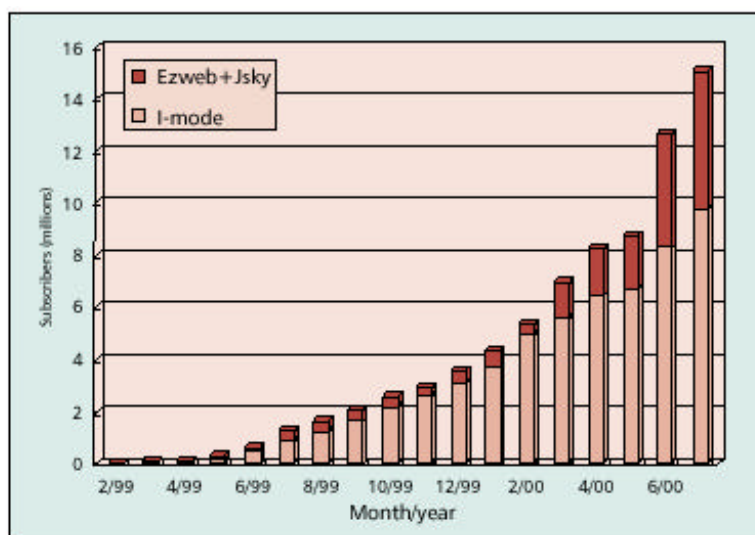
Toda esta demanda requiere a su vez un desarrollo tecnológico impresionante, incluyendo el empleo de sistemas de altas frecuencias para proporcionar los anchos de banda requeridos, esto se observa en el siguiente esquema:



Limitaciones de la tercera generación.

Resulta paradójico, que pese a que la tercera generación no ha entrado en vigor como se preveía al inicio del presente siglo, ya se tengan establecidas sus limitaciones, además de fijar su tiempo de vida a sólo diez años, estos supuestos se basan en el acelerado crecimiento de las redes de datos y en las tendencias del mercado.

Como ejemplo podemos citar a Japón, donde se prevé que el número de suscriptores alcance los 81 millones en el año 2010, y que para el 2006 se tenga ya saturado el mercado. No obstante que el número de suscriptores no se incremente más haya de estas cifras, el número de usuarios de internet móvil seguirá creciendo. Esta tendencia ya se observa en el mercado actualmente, como muestra tomemos nuevamente lo ocurrido en Japón en los últimos años:



En Japón un nuevo servicio de internet móvil, llamado “i-mode” fue estandarizado a finales de 1999, además otros operadores ofrecieron un servicio similar, llamado “Ezweb and J-sky”. Los usuarios de estos servicios pueden acceder a páginas web, servicios bancarios, y enviar correo electrónico desde sus teléfonos celulares. Como se observa en la gráfica a poco más de un año de haber entrado en servicio, el número de usuarios superaba los 15 millones, además si consideramos el rápido crecimiento de aplicaciones multimedia, y los nuevos lenguajes (Java, PHP, ASP) que han revolucionado los portales web, podemos prever que este crecimiento se acelerará aún más, y para el 2010 se tenga una relación de tráfico multimedia respecto a voz de 10:1, 23 veces el estado actual.

Todo este crecimiento supera por mucho las expectativas planteadas en la 3 generación, que si bien es verdad que soportará tráfico multimedia, a través de técnicas como W-CDMA que será capaz de proporcionar anchos de banda de 384 Kbits/s en móviles y 2 Mbit/s, estos resultan ridículos si los comparamos con las redes de datos que superan los gigabits actualmente. Además la tercera generación es incapaz de proveer la calidad de servicio necesario en las comunicaciones multimedia, como es la videoconferencia.

Por lo que ha sido necesario establecer una nueva generación (por lo menos), basada en técnicas totalmente diferentes para poder afrontar los nuevos retos de las comunicaciones móviles.

V.1. Características de la cuarta generación (4G).

La cuarta generación deberá superar por mucho a sus predecesoras y aunque aún no se tiene muy claro como será esto posible, ya se tienen establecidos la mayoría de los requisitos que deberá esta cumplir:

- *Alta tasa de transmisión:* La tasa de transmisión de las futuras generaciones deberá alcanzar rangos de 2-600 Mbits/s dependiendo del sistema.
- *Gran movilidad.* Esta característica es de las más difíciles de llevar a cabo, especialmente en las tasas de transmisión que se requieren. No obstante será la base para los sistemas de transporte inteligentes (ITS), que operarán en su primera etapa en la banda de frecuencia de los 5.8 Gigahertz.

- *Gran cobertura y simplicidad del roaming entre sistemas.* Al tener altas tasas de transmisión el tamaño de las células se decreta, para poder afrontar este problema se plantea el uso de sistemas de estaciones (HAPS, “high altitude platform station”) colocadas en aeronaves a 20 kms del suelo que retransmitan la señal. Además se contará con una gran variedad de sistemas, como son redes LAN inalámbricas, ITS’s, entre otros, que serán imprescindibles en el futuro, los cuales deberán convivir con las comunicaciones móviles. El primer paso para llevar a cabo esta compatibilidad, llamada “roaming” entre sistemas, es el soporte de redes IP.
- *Alta capacidad y bajos costos.* La capacidad por unidad área de la 4G deberá ser 10 veces mayor que la de su predecesora, además los costos deberán ser mucho más bajos para que estén al alcance de todos.
- *Calidad de servicio y control sobre esta.* Al usar los sistemas inalámbricos recursos limitados (ancho de banda, potencia), se requiere que los organismos estandarizadores controlen adecuadamente el mercado para evitar abusos.

Sistemas de la 4G.

Debido a la gran variedad de servicios que plantea la siguiente generación de comunicaciones móviles, hace necesario la existencia de varios tipos de sistemas enfocados a proporcionar un servicio en específico, de esta manera tenemos.

- *Sistema de Acceso a las Comunicaciones Móviles Multimedia (MMAC):* Este sistema está enfocado a proveer acceso a las redes inalámbricas de alta velocidad. El MMAC provee dos categorías de acceso a las redes inalámbricas. La primera de ellas que operará en interiores y exteriores proveerá tasas de transmisión superiores a los 30 Mbits/s en una frecuencia de 5.2 GigaHertz y empezará a funcionar a partir del 2001. La segunda proveerá tasas aún más altas en interiores (600 Mbits/s), en ondas milimétricas (60 GHz). Estos sistemas están limitados a una pequeña área de cobertura, y no son capaces de proveer ningún servicio dentro de las comunicaciones móviles, su principal uso es el de crear el red dorsal donde se conectarán el resto de los sistemas.
- *Sistemas de Transporte Inteligentes(ITS).* Por medio de los ITS’s se espera resolver los problemas de accidentes y congestión en las grandes ciudades. Los ITS’s son considerados como el negocio más prometedor dentro de las telecomunicaciones en los próximos años, se estima un mercado potencial de superior a los 53 trillones de yenes. Los sistemas de telecomunicaciones relacionados con ITS’s se dividen en sistemas de comunicación vehículo base y comunicación entre vehículos.
- *Sistemas de Estaciones en Plataformas de Alta Altitud (HAPS):* Este tipo de sistema es muy atractivo para las comunicaciones multimedia, ya que puede soportar gran variedad de servicios, acceso altas tasas de transmisión, además de aumentar el área de cobertura.

Retos tecnológicos de la 4G

Para poder llevar a cabo la implantación de los sistemas planteados en la próxima generación es necesario un desarrollo tecnológico impresionante en varias áreas de las telecomunicaciones.

- *Modulación y transmisión de las señales:* Los sistemas móviles que trabajan a altas frecuencias sufren mucho de interferencia, por lo que son necesarios esquemas de modulación y demodulación que resuelvan estos problemas. Esquemas de modulación multiportadora, incluyendo a OFDM (“orthogonal frequency-division multiplex)son los candidatos. Otro problema que se tiene en estos sistemas es bajo valor de la razón señal a ruido requerido. Para ello es necesario implantar códigos de detección y corrección de errores.
- *Propagación.* La propagación de las señales se llevará a cabo a través de sistemas de microondas y ondas milimétricas, los cuales tienen grandes problemas ocasionados por el medio ambiente.
- *Desarrollo de Software:* Para poder llevar a cabo la integración de los diversos sistemas es necesario el desarrollo de estándares dentro de la industria del software, además si consideramos la gran importancia que tiene el procesamiento digital de las señales para adecuarlas al medio de transmisión y para poder recibir las adecuadamente, es claro que disponer de mejores algoritmos y aplicaciones será básico dentro del nuevo mercado.
- *Antenas inteligentes:* Las nuevas antenas deberán ser capaces de suprimir las señales no deseadas, autoajustar la ganancia, e incorporar algoritmos de procesamiento de señales. Y todo esto dentro de tamaños de unos centímetros.
- *Transmisiones sobre fibra:* Este tipo de transmisión es muy importante dentro de los ITS’s
- *Arquitectura de las redes y protocolos:* El principal reto de las redes de datos es el establecer interacción con los sistemas de comunicación inalámbricos a través de pila de protocolos como IP, conmutación por paquetes, Calidad de servicios, y escalabilidad.

- *Dispositivos*: Se requiere el desarrollo de elementos que trabajen en altas frecuencias, que representan un reto para la electrónica actual.

Todos estos requerimientos que plantea la siguiente generación de comunicaciones móviles podría en un momento dado retrasar su lanzamiento en el mercado, o su implementación parcial, dejando para una nueva (la quinta quizás, 5G) el reto de satisfacer a un mercado cada vez más exigente y con necesidades creadas por modas pasajeras (“internet”).



VI. Norma Oficial Mexicana (NOM-081-SCT1-1993)

Introducción

Para garantizar la compatibilidad, es esencial que se especifiquen tanto los parámetros de los sistemas de radio así como el procedimiento para el proceso de las llamadas. De ahí que resulte imprescindible llevar a cabo una normativa respecto a estos temas antes de que sean implantados en el Mercado. A continuación se mencionan las principales normas establecidas en México con este fin.

¿Cómo se presta el Servicio de Telefonía Celular en México?

Se presta a través de dos tipos de asignación de bandas de frecuencia: la banda de frecuencia A y la banda de frecuencia B.

La concesionaria Radio Móvil Dipsa S. A. de C.V. (Telcel), presta el servicio a través de la banda B, misma que cuenta con cobertura nacional.

En 1991 se forma la asociación Mexicana de concesionarios de radiotelefonía celular, A.C., integrada por las compañías restantes que operan en México, las cuales prestan el servicio de radiotelefonía celular por la banda A, estas empresas cuentan con convenios entre sí y pueden prestar el servicio con cobertura nacional (roaming).

Así mismo existe una división regional para la prestación del servicio en México que cuenta con 9 regiones con coberturas y empresas que ofrecen servicios.

Banda	Móvil (MHz)	Base (MHz)
A	824-835, 845-846.5	869-880, 890-891.5
B	835-845, 846.5-849	880-890, 891.5-894

Designación y espaciamento de canales.

El espaciamento de canales debe ser 30 kHz. y el canal de transmisión de la estación móvil 825.030 MHz (y el correspondiente canal de transmisión de la estación base en 870.030 MHz.) debe ser definido como el canal número 1.

Clases de estaciones móviles.

- Clase I Estación de alta potencia.
- Clase II Estación de potencia media.
- Clase III Estación de baja potencia.

Tolerancia de frecuencia.

La frecuencia portadora de la estación móvil debe ser mantenida dentro de ± 2.5 partes por millón (ppm) de cualquier frecuencia de canal asignada, excepto durante la conmutación de canales. Esta tolerancia debe ser mantenida sobre un rango de temperatura ambiente de -30 grados Celsius a +60 grados Celsius, y un rango de voltaje de la fuente de poder de ± 15 por ciento del valor nominal acumulativo.

La máxima potencia efectiva radiada con respecto a un dipolo de media onda (ERP) para cualquier clase de estación transmisora móvil es de 8 dBW (6.3 Watts). La Potencia Radiada nominal para cada clase de estación transmisora móvil es:

- Clase I 6 dBW (4.0 Watts)
- Clase II 2 dBW (1.6 Watts)
- Clase III - 2 dBW (0.6 Watts)

Codificación.

Las tramas de Datos de Banda Ancha del canal de control hacia atrás (RECC) y el canal de voz hacia atrás (RVC) deben ser codificadas para que cada uno binario sin retorno a cero sea transformado en una transición cero-a-uno, y

cada cero binario sin retorno a cero es transformado a una transición uno-a-cero.

Número de serie.

El número de serie es un número binario de 32 bits que identifica únicamente a una estación móvil para cualquier sistema celular. Debe ser puesto en fábrica y no alterable en el campo. El circuito que provea el número de serie debe ser aislado y sellado de contacto fraudulento. Cualquier intento de alterar el circuito de número de serie deben dejar a la estación móvil inoperante.

La distribución de bits del número de serie (SN) debe ser como sigue:

El Código de Fabricante (MFR) ocupa los 8 dígitos más significativos (bits 31 a 24) del número de serie de 32 bits. Los bits 23 a 18 deben ser reservados (inicialmente todos en cero), y los bits 17 a 0 deben ser únicamente asignados por cada fabricante.

Resultados del Programa de Evaluación de Calidad en redes de Telefonía Móvil.

El 7 de mayo de 2001, la Comisión Federal de Telecomunicaciones inició el programa de evaluación de calidad a las redes de telefonía móvil en 19 ciudades del país, mediante el cual se efectúa un monitoreo de los servicios que prestan las concesionarias de telefonía móvil (Bajacel, Cedetel, Iusacell, Movitel, Norcel, Pegaso, Portatel, Telcel y Unefon), con el objeto de promover una mejoría general en la provisión de los mismos, así como fomentar la competencia entre los distintos operadores.

Las mediciones consisten en determinar los porcentajes de intentos de llamadas no completadas y de llamadas caídas, así como el tiempo de establecimiento de las mismas, para cada una de las redes. Para ello, se efectúan 1,825 llamadas por concesionaria desde vehículos en movimiento, los cuales se desplazan en rutas predeterminadas que incluyen tanto avenidas principales, como vías de acceso secundarias de cada localidad.

Los resultados comparativos de los ejercicios de medición efectuados hasta ahora, de acuerdo con las fechas de evaluación especificadas en el "Calendario de Evaluaciones de Calidad en Redes Móviles para el año 2001", son los siguientes:

			Primera Medición			
Ciudad	(1) Cobertura de Prueba (km²)	Operador Móvil	Fecha de Evaluación	(2) Cobertura Garantizada (km²)	(3) %Llamadas Caídas (Estándar Cofetel 6%)	(4) %Intentos de Llamadas No Completadas (Estándar Cofetel 5%)
Hermosillo	95	Movitel	Del 7 al 11 de Mayo	95	1.1	2.5
		Telcel		95	0.4	2
Toluca	188	Iusacell	del 7 al 11 de Mayo	180	0.3	2.3
		Pegaso		178	2.2	11.9
		Telcel		184	1.2	2.8
		Unefon		177	0.3	2
Chihuahua	130	Norcel	Del 21 al 25 de mayo	130	1.5	2.8
		Telcel		120	0.2	0.9
Guadalajara	450	Iusacell	Del 21 al 25 de mayo	395	0.6	2.9
		Pegaso		440	0.9	9.9
		Telcel		450	1.1	4.9
		Unefon		384	0.6	2.5
León	150	Iusacell	Del 4 al 8 de junio	90	0.3	2.3
		Telcel		146	0.4	1.5
		Unefon		118	0.1	4.3
		Bajacel	Del 4 al 8 de	60	1.1	2.5

Ensenada	60	Pegaso	junio	60	1.9	5.9
		Telcel		60	0.3	0.8
Puebla	395	Iusacell	Del 18 al 22 de junio	180	0.3	1.9
		Telcel		255	2.2	5.1
		Unefon		253	0.2	2.7
Nuevo Laredo	112	Cedetel	Del 18 al 22 de junio	112	0.7	2.7
		Pegaso		112	0.2	2.5
		Telcel		91	0.6	2.8
México	930	Iusacell	Del 2 al 6 de julio	535	0.5	2.2
		Pegaso		770	1.2	6.0
		Telcel		863	1.7	5.1
		Unefon		719	1.2	3.5
Mérida	184	Portatel	Del 2 al 6 de julio	165	3.2	14.9
		Telcel		175	0.4	1.6
Culiacán	114	Movitel	Del 16 al 20 de julio	114	1.3	2.9
		Telcel		111	0.2	1.5
Morelia	100	Iusacell	Del 16 al 20 de julio	62	0.4	2.1
		Telcel		83	0.4	2.0
		Unefon		67	0.2	1.4
Ciudad Juárez	292	Norcel	Del 30 de julio al 3 de agosto	229	0.8	2.6
		Telcel		234	0.6	1.4
Acapulco	135	Iusacell	Del 30 de julio al 3 de agosto	38	0.2	0.4
		Telcel		77	0.3	1.4
		Unefon		102	0.3	2.0
Tijuana	230	Bajacel	Del 6 al 10 de agosto	230	0.9	1.5
		Pegaso		199	0.5	0.6
		Telcel		216	0.2	1.5
Querétaro	100	Iusacell	Del 6 al 10 de agosto	56	0.3	1.9
		Telcel		76	0.3	0.9
		Unefon		76	0.2	0.5

(1) **Cobertura de Prueba (km²)**. Área geográfica máxima de evaluación establecida por la Cofetel.

(2) **Cobertura Garantizada(km²)**. Área de cobertura de servicio garantizada por el operador móvil evaluado dentro de la Cobertura de Prueba. Cabe destacar que ciertos operadores ofrecen servicios más allá de la Cobertura de Prueba.

(3) **% Llamadas Caídas**. Porcentaje de llamadas que una vez establecidas tuvieron la imposibilidad de continuar con la comunicación.

(4) **% Intentos de Llamadas No Completadas**. Porcentaje de intentos de llamadas en los cuales, habiéndose realizado adecuadamente el proceso de marcación respectivo, no se logra establecer la comunicación con el destino final en un tiempo menor a 12 segundos.



VII. Conclusión

Si tomamos un periódico o revista, de seguro encontraremos un artículo que hable de la telefonía celular y este no se encontrará en la sección de tecnología sino más bien en la parte destinada al ámbito económico y estará relacionado con los costos de los nuevos equipos, el crecimiento del mercado o de fusiones de transnacionales. Pero, ¿hasta qué punto ha influido la cuestión financiera en el desarrollo de las telecomunicaciones?

Un hecho palpable es el que las comunicaciones móviles se han definido como algo personal, es decir, mientras un teléfono fijo estaba destinado a todos los que habitaran la misma casa, un teléfono celular es usado por una única persona, así por familia puede llegar a tenerse un teléfono por cada miembro. Y si a este hecho le agregamos el crecimiento de las redes datos (Internet) que constituyen una gran gama de servicios que van desde la adquisición de libros hasta videoconferencia con personas en el otro extremo del mundo. Estamos frente al mayor mercado que ha existido jamás.

Las compañías de telecomunicaciones cada vez ofrecen una mayor cantidad de servicios de valor agregado (navegación por Internet, envío de mensajes, correo electrónico), para poder ser competitivas dentro del mercado, creando nuevas “necesidades” a los usuarios y nuevos retos tecnológicos. El futuro de las comunicaciones móviles se basa en proveer una gran variedad de servicios, que van desde la transmisión de voz de alta calidad, a video también de alta calidad en tiempo real, empleando altas tasas de transmisión en canales inalámbricos en cualquier parte del mundo.

El éxito de los futuros sistemas de comunicaciones, se basa principalmente en si la tecnología con la que se cuenta será capaz de crecer a la misma velocidad que lo hacen las perspectivas planteadas por los distintos organismos internacionales basadas principalmente en tendencias económicas. Esto queda claro, cuando de acuerdo a dichas tendencias, la tercera generación de telefonía celular debería encontrarse en el mercado a inicios del presente siglo, siendo que aún no ha sido capaz de superar las pruebas de laboratorio.



VIII. Bibliografía.

Libros.

Garg, Vijay K., Wilkes, Joseph E.
 “Wireless and Personal Communications Systems”.
 Prentice Hall, 1996.

Gibson, Stephen W.
 “Cellular Mobile Radiotelephones System”.
 Prentice Hall, 1987

Reyes S., Daniel, Guillermo Salinas González.
 Tesis: “Diseño de radiofrecuencia de una red de servicios de comunicación personal”
 México, Mayo del 2000.

Eugenio Rey
 “Comunicaciones móviles”
 Marcombo, 1998.

Artículos.

Shingo Ohmori
 “The Future Generations of Mobile Communications Based on Broadband Access Technologies”,
 Communications Research Laboratory.

MPT Yasushi Yamao and Nobuo Nakajima,
 “NTT Mobile Communications Network, Inc.”

Evans and K. Baughan.
 “Vision of 4G, by B.G.”

Malcolm W. Oliphant
 “The mobile phone meets the internet”
 IFR Americans.

Evelio Martinez
 “La evolución de la telefonía Móvil”
 Revista RED.

Páginas web.

www.cft.gob.mx
www.nokia.com
www.spectrum.ieee.org
www.gsmonline.com



Créditos.

Bautista Cortéz Sandra C.

Mora Cuevas Jonathan.
Palomera Pérez Miguel A.
Reyes Sáenz Hugo A.

Semestre 2001-II
Telefonía

Índices:

Tema
General