

83



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON**

**TERCERA GENERACIÓN DE SISTEMAS  
CELULARES  
“UNA MIRADA HACIA EL FUTURO”**

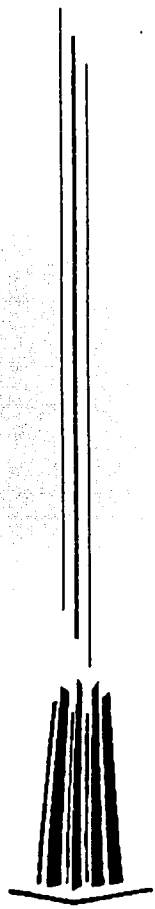
**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
( AREA : ELÉCTRICA ELECTRÓNICA )  
P R E S E N T A :  
FRANCISCO MUÑOZ ORGANIZ

**ASESOR : ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO**

**MÉXICO**

**2002**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## *Agradecimientos:*

*Gracias a la Escuela Nacional de Estudios Profesionales plantel Aragón, por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales, y a cada uno de los maestros que con sus conocimientos contribuyeron a forjar en mí el entendimiento de la carrera.*

*Gracias a mi asesor, el Ingeniero Adrián Paredes Romero por su valiosa ayuda durante la elaboración del presente trabajo.*

*A mis amigos los Ingenieros Mario Barajas y Marco Antonio Alzate, por la idea original de este trabajo.*

*Gracias a mi jefe el ingeniero Alejandro de la Cruz por las facilidades brindadas para la realización de la presente.*

*Por siempre mi gratitud.*

*Francisco Muñoz Organiz.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## *Agradecimientos:*

*Gracias a Dios, por brindarme la dicha de existir y poder agradecerles en esta ocasión el triunfo más grande que un estudiante puede tener.*

*Gracias a mi padre Francisco Muñoz por su amor y el apoyo brindado durante toda su vida, siempre lo recordare.*

*A mi madre, Rosa María Organiz por ser mi motivo para triunfar, por darme el corazón que tengo a base de amor, todos sus consejos los tengo presentes, no la defraudare.*

*A mi hermano Jorge Atila, por demostrarme que es posible alcanzar nuestras metas, y por ser siempre mi orgullo.*

*A mi hermano Raúl Muñoz por estar siempre con migo con su valioso consejo, te quiero mucho hermanito.*

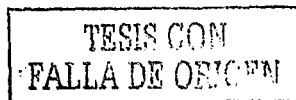
*A mi esposa, María de Lourdes, por tenerme la paciencia necesaria y ser mi apoyo en esta etapa tan bonita de mi vida.*

*A mi hija, Lourdes Verónica por ser la motivación extra que necesitaba para no detenerme en el cumplimiento de mis sueños.*

*A mis tías, Sabina Organiz, María Blanca y María Elda, por toda la ayuda que me prestaron durante la realización de mis estudios.*

*A todos aquellos seres que han estado cerca de mi y me han permitido gozar de su bondad y cariño.*

*Sea por siempre mi gratitud y respeto.*



*Paco.*

# ÍNDICE

Objetivos

Justificación

Introducción

## I.-Fundamentos

1.1 Elementos básicos de sistemas celulares.....	1
1.2 La PSTN y sus subsistemas.....	3
1.3 El MTSO y sus subsistemas.....	6
1.4 Protocolos de comunicación.....	9
1.5 La unidad móvil.....	11
1.6 La célula.....	12
1.7 Reuso de frecuencias.....	15
1.8 Interferencia cocanal.....	18
1.9 Capacidad del canal.....	19
1.10 Handoff.....	20
1.11 Roaming.....	22

## II.- Primera generación (AMPS)

2.1 Historia.....	23
2.1.1 Tecnologías Prominentes.....	23
2.2 Tecnologías de acceso de radio.....	25
2.2.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).....	25
2.2.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).....	26
2.2.3 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).....	31
2.2.4 Acceso Múltiple por División de Espacio (SDMA).....	35
2.3 Operación Duplex.....	36
2.4 AMPS (Advanced Mobile Phone Service).....	37
2.5 Canal de control.....	41
2.5.1 Descripción del FOCC.....	42
2.6 Canal de voz.....	43
2.7 SAT y ST.....	44
2.7.1 SAT (Supervisory Audio Tone).....	44
2.7.2 Tono de Señalización (ST).....	45
2.7.3 Transmisión del SAT sobre el Canal de Voz.....	45
2.7.4 Estructura del Canal de Voz durante el handoff.....	45
2.8 Localizando el móvil.....	45

## III.-Segunda generación (GSM)

3.1 Historia.....	47
3.2 Atributos de la tecnología digital.....	50
3.2.1 Regeneración de la señal digital.....	50
3.2.2 Digitalización de señales.....	51

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

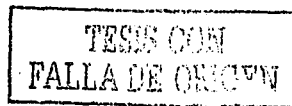
3.2.3 Codificación del canal digital de radio.....	52
3.2.4 Modulación.....	53
3.2.5 Amplificador de RF.....	55
3.2.6 Señalización.....	55
3.2.7 Canales de control.....	56
3.2.8 Blank & burst y dim &burst.....	56
3.3 Sistema GSM.....	57
3.4 Arquitectura de red en GSM.....	60
3.5 La interfase aérea en GSM.....	64
3.5.1 Tipos de canales aéreos.....	65
3.5.2 Estructura del canal en la interfase aérea.....	66
3.6 Escenarios de tráfico en GSM.....	68
3.6.1 Actualización de Localización.....	68
3.6.2 El móvil originando una llamada.....	70
3.6.3 El móvil recibiendo una llamada.....	72
3.6.4 Handover.....	75
IV.- Apreciación global de la 3G	
4.1 Historia.....	78
4.2 Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS).....	82
4.2.1 Camino de migración a UMTS y el Proyecto de Sociedad de Tercera Generación (3GPP).....	83
4.2.2 Servicios de UMTS.....	84
4.2.3 Servicio de Voz en UMTS.....	85
4.2.4 La interfaz aérea en UMTS.....	86
4.3 Asignación del espectro.....	90
4.4 Apreciación global de 3GPP.....	90
4.4.1 Arquitectura de Red 1999.....	90
4.4.2 Actualización 4 Arquitectura de Red.....	92
4.4.3 Actualización 5 Arquitectura de la Red Todo IP.....	94
4.5 Apreciación global CDMA2000.....	96
4.5.1 Camino de migración.....	96
4.5.2 Arquitectura del sistema.....	98
4.5.3 Espectro.....	99
4.6 Similitudes entre WCDMA/CDMA2000.....	100
V.- Tercera generación (WCDMA)	
5.1 Historia.....	101
5.2 La apreciación global del sistema.....	102
5.2.1 FDD/WCDMA.....	104
5.2.2 TDD/WCDMA.....	105
5.3 Los atributos del sistema.....	106
5.3.1 El canal de radio, extendido, mezclado y modulación.....	106
5.3.2 Modulación.....	106
5.3.3 Radio canal extendido y mezclado.....	107
5.3.4 Árboles del código de canalización.....	109
5.3.5 El cuadro y Estructura de ranura.....	110

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

5.3.6 Operación Multisistema.....	111
5.4 Canales físicos de Radio.....	112
5.4.1 Canal Físico Primario Común de Control (PCCPCH).....	113
5.4.2 Canal Físico Secundario Común de Control (SCCPCH).....	113
5.4.3 Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH).....	114
5.4.4 Canal Físico Dedicado de Datos (DPDCH).....	114
5.4.5 Canal Físico de Control dedicado (DPCCH).....	114
5.4.6 Canal Físico Downlink Compartido (PDSCH).....	116
5.4.7 Canal Físico Común de Paquetes (PCPCH).....	116
5.4.8 Canal de sincronización (SCH).....	116
5.4.9 Canal Piloto común (CPICH).....	116
5.4.10 Cauce de Indicación de adquisición (AICH).....	116
5.4.11 Canal Indicador de pagina (PICH).....	117
5.5 Canales de Transporte (lógicos).....	117
5.5.1 Canal de difusión (BCH).....	117
5.5.2 Canal de Acceso Delantero (FACH).....	117
5.5.3 Canal de Paginación (PCH).....	118
5.5.4 Canal de Acceso aleatorio (RACH).....	118
5.5.5 Canal Uplink de Paquetes Común (CPCH).....	118
5.5.6 Canal Downlink Compartido (DSCH).....	118
5.6 Trazado del Transporte en Canales Físicos.....	119
5.7 Reuso de Frecuencia (Planificación de Código).....	119
5.8 Paquetes de Datos.....	120
5.9 Codificación de Voz.....	121
5.10 Recepción discontinua (Modo dormido).....	122
5.11 Handover Inter sistema.....	122
5.12 Control de Potencia en RF.....	124
5.13 Códigos de Canales Combinados.....	125
5.14 Funcionamiento básico.....	126
5.14.1 Acceso.....	127
5.14.2 Paginación.....	127
5.14.3 Acceso de paquetes.....	128
5.14.4 Handover.....	130

Conclusiones

Bibliografía



## Introducción

Los sistemas celulares han experimentado un gran cambio en los últimos años logrando contar con características que los vuelven mas versátiles y funcionales, pero estos sistemas están muy cerca de experimentar la mas notable transformación de su historia y es la llegada de la tercera generación o generación multimedia.

En esta generación se lograran velocidades de transmisión de datos de hasta 2 Mbits/seg. Se contará con un Roaming mundial además de acceso a Internet y videoconferencia. Se vislumbra un futuro sólo imaginado en las historias futuristas.

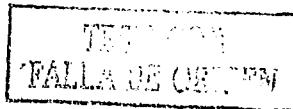
Pero que tecnologías soportaran estos nuevos servicios, cuales son las diferencias con las tecnologías actualmente utilizadas, en que cambiaran los portátiles. Serán preguntas a contestar en el presente trabajo.

Existe una clara separación entre las características de las tecnologías celulares que nos permiten delimitar generaciones de evolución entre ellas. Esto aunado principalmente a los avances que se han observado en la electrónica y microelectrónica como se muestra a continuación.

La introducción de los sistemas celulares se dio a finales de 1970 y principios de 1980. Gracias a la tecnología de los semiconductores y microprocesadores fue posible lograr tamaños portátiles, más ligeros y más sofisticados. La primera generación transmite únicamente voz en forma analógica, los sistemas más prominentes de esta generación son Advanced Mobile Phone System (AMPS), Nordic Mobile Telephone (NMT), y Total Acces Communication System (TACS). Con la introducción de la primera generación se tuvo cerca de 20 millones de subscriptores para 1990.

El surgimiento de la segunda generación fue debido a la necesidad de mejorar la calidad de la transmisión, la capacidad del sistema y la cobertura. Los avances en la tecnología de los semiconductores y equipos de microondas lograron la transmisión digital para los sistemas de comunicaciones. La transmisión de voz todavía domina los servicios, pero la demanda de fax, mensajes cortos y transmisión de datos esta creciendo rápidamente. Servicios suplementarios como prevención de fraude y encriptamiento para transmisión de datos son características estándar en esta generación.

La segunda generación de sistemas celulares incluye GSM, Digital AMPS (D-AMPS) code division multiple access (CDMA), y personal digital communication (PDC). Hoy en día múltiples estándares de primera y segunda generación son utilizados al rededor del mundo para las comunicaciones móviles.





Diferentes estándares sirven para diferentes aplicaciones con diferente nivel de movilidad, captación, y área de servicio, cada estándar es utilizado únicamente en una ciudad o región y muchos son incompatibles.

GSM es el estándar mas utilizado en el mundo con 450 millones subscriptores y Roaming en aproximadamente 140 países.

La tercera generación surge por la necesidad de satisfacer servicios no alcanzados por las generaciones anteriores como lo es un Roaming mundial, compatibilidad entre diferentes tecnologías y un acceso total a Internet.

Esta generación está pensada para roaming global, transmisión de datos a alta velocidad a través de técnicas avanzadas de conmutación de circuitos y de paquetes, soporta tecnología IP (y AMT) lo que posibilita el acceso a Internet, y en general aplicaciones multimedia móviles, con servicios personalizados y basados en la localización de los usuarios.

La demanda de servicios multimedia será una de las prioridades de esta generación que será soportada por el sistema WCDMA y el CDMA2000 versión europea y americana respectivamente de la tercera generación de sistemas celulares.

TESTEADO  
FALLA DE ORIGEN

## Objetivos

### Objetivo general:

Describir cada una de las generaciones de sistemas celulares, hasta llegar a la tercera generación, resaltando las tecnologías más prominentes y los servicios brindados en cada una de ellas.

### Objetivos particulares:

Describir las características más importantes en un sistema celular genérico así como su topología de red.

Describir una tecnología celular prominente de cada una de las generaciones celulares con sus características más importantes.

Analizar el surgimiento de la tercera generación de sistemas celulares y las tecnologías en que se sustenta para soportar los nuevos servicios.

Analizar WCDMA como la tecnología de tercera generación más importante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Justificación

La industria de la telefonía celular es una de las que ha experimentado más cambios y avances tecnológicos en los últimos años.

Los servicios que promete brindar la tercera generación se antojan interesantes y bastante asombrosos, por lo que, es muy atractiva la idea de comprender bajo que parámetros y tecnologías trabajarán estos sistemas dado que gracias a la globalización del mundo tenemos conocimiento de estos avances que hoy día sólo han sido desplegados como pruebas piloto en Japón.

Y tratando de estar a la vanguardia en el área de comunicaciones y electrónica no se podía dejar de lado tal tecnología que será sin duda la base de toda una plataforma de productos y servicios futuristas como video telefonía celular, acceso móvil total a Internet y transferencia de archivos a grandes velocidades.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# Capítulo I.- Fundamentos

## Elementos básicos de sistemas celulares

Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que se pretende dar servicio en células de mayor o menor tamaño, cada una de las cuales es atendida por una estación de radio que restringe su zona de cobertura a la misma.

El sistema genérico de comunicación celular es una red integrada que se compone de:

- Una red alambrada telefónica terrestre
- Una red alámbrica – inalámbrica

Ver figura 1.1

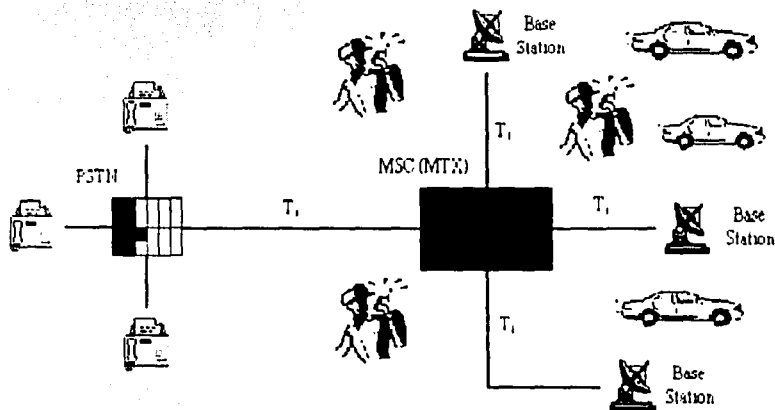


Figura 1.1 sistema celular genérico

La red alambrada terrestre es la PSTN, (Public switched telephone network) en la cual todos los suscriptores o abonados están conectados a una central de conmutación (central local ó end office) y proporciona las siguientes funciones:

- Conmutación (switching)
- Facturación
- Marcado del número de emergencias 911 (sólo en USA)
- Llamado a números 01-800, 01-8XX, 01-9XX
- Llamada en espera, transferencia de llamada, L.D., correo de voz y conferencia tripartita
- Conectividad global
- Conexión a redes de telefonía celular

El sistema alambrado-inalambrado es la base de la red de telefonía celular, ver la figura anterior, el corazón de este sistema también es un conmutador-multiplexor digital, el cual ha sido derivado de la PSTN, agregándosele varias funciones necesarias para el sistema de telefonía móvil o radio celular. Al corazón del sistema de radio celular se le conoce como Mobile Switching Center (MSC) ó Mobile Telephone Switching Office (MTSO).

Las principales funciones del MSC son:

- Proporcionar la conexión entre la PSTN y las radio bases celulares (cell-sites ó Base Stations) por medio de troncales (T1)
- Facilitar la conexión Móvil a Móvil, Móvil a PSTN, PSTN a móvil y MSC a redes PSTN
- Administrar, controlar y monitorear las distintas actividades relacionadas con el procesamiento de llamadas
- Llevar un record detallado de cada llamada realizada, para efectos de facturación

Las estaciones base son localizadas de manera adecuada en distintos puntos dentro del área de servicio y son el corazón de cada célula.

El área de cobertura de una radio base (tamaño de célula) puede variar desde menos de 1 kilómetro hasta algunas decenas de kilómetros, esto depende del ambiente de propagación (urbano, rural, semi-urbano, urbano-denso) y de la densidad de tráfico. Por ejemplo, en un ambiente urbano-denso el radio de la célula podría variar desde 1 Km. hasta menos de 5 Km.

El sistema celular tiene la capacidad de dar servicio a decenas de miles de suscriptores dentro de un área metropolitana mayor (de alta densidad de tráfico).

A las unidades móviles y portátiles generalmente se les conoce como unidades de suscriptor, o unidades de abonado o simplemente unidades móviles. Un suscriptor o abonado es un cliente que se suscribe a un servicio de telefonía terrestre y/o a un servicio de telefonía móvil.

La estación base (cell site) incluye el equipo necesario, torres, antenas, transmisores, receptores, computadoras.

### La PSTN y sus subsistemas

La red básica de telecomunicaciones se compone de:

1. Terminales (aparato telefónico, una computadora, un módem o varias estaciones de trabajo)
2. PSTN
3. Cables
4. Enlaces de microondas terrestres o de fibra óptica

La PSTN es una matriz de conmutación controlada digitalmente cuyo objetivo es proporcionar una conexión entre dos o más terminales. Ver la figura anterior.

Dependiendo de la densidad de población una PSTN podría tener cerca de 100,000 terminales conectadas a ella. Por lo tanto un área metropolitana mayor podría tener más de un switch PSTN interconectado. Ver la figura 1.2

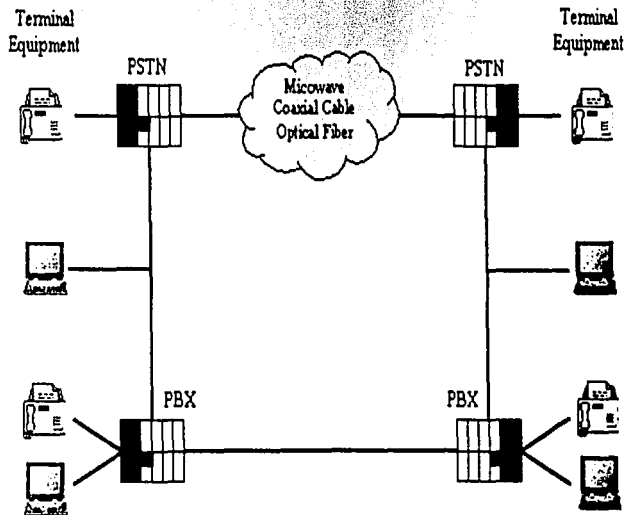


Figura 1.2 La PSTN y sus subsistemas sin servicios celulares

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La transmisión de datos toma lugar sobre:

- Cable
- Enlaces de microondas terrestres y/o fibra óptica
- Cobertura global vía satélite
- Cable submarino
- Diverso equipo de Tx/Rx
- Equipo interpretador y convertidor de protocolo

También es necesario proporcionar servicio telefónico a pequeñas comunidades tales como oficinas, centros de negocios, esto se debe hacer de manera efectiva y barata, y para ella se utiliza un pequeño conmutador conocido como Private Branch Exchange (PBX), el cual le permite a las llamadas internas de una empresa no pasar por la PSTN.

Los conmutadores PBX generalmente son instalados dentro de la empresa y se pueden interconectar varios de ellos.

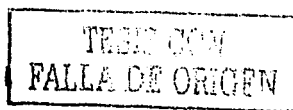
Debido al crecimiento de la red PSTN, ha sido necesario agrupar los abonados alrededor de un punto central y posteriormente agrupar varios de estos puntos centrales alrededor de otro con más capacidad de conmutación (más jerarquía).

Para marcaje de larga distancia, cada uno de los dos puntos asociados con la llamada se clasifica y se asigna de acuerdo al rango más alto de las funciones de conmutación.

En la figura 1.3 se observan las 5 clases de centrales (puntos) y sus respectivos nombres y categorías.



Figura 1.3 Clases de centrales



1. Clase o jerarquía 5 - End office (central local). Es la oficina central de conmutación de la PSTN, es donde terminan los lazos de abonado y a partir de ahí pueden ser conmutados a otro abonado o a otra oficina central (local o de L.D.).
2. Clase o jerarquía 4 - Toll office (central de L. D.). Es el centro de "switcheo" o conmutación que maneja la primera etapa del tráfico de larga distancia. También se manejan las llamadas asistidas por operadora.
3. Clases 3, 2, 1 - Centrales de zona, distrito y regionales. La conmutación para larga distancia, ruteo y troncales internas son controladas en estas centrales. Por ejemplo, supóngase que cierta área tiene 4 conmutadores, figura 4(a); el número total de rutas directas necesarias para interconectar estos conmutadores se puede calcular de:

$$N = [S(S-1)]/2;$$

Donde N = número total de rutas (troncales) directas y S = número de conmutadores o centrales a conectar.

Por ejemplo: para S=4, N=6

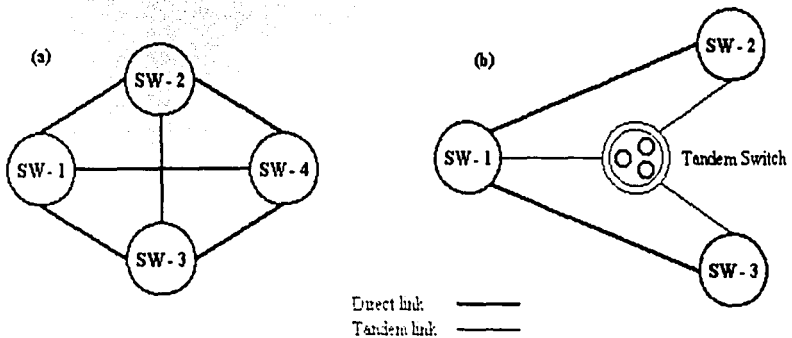


Figura 1.4 esquemas de ruteo de troncal directo: (a) servicio con cuatro switches, y (b) switch tandem

Si la cantidad de conmutadores aumenta a 8 (el doble), la cantidad de troncales aumentaría a 28, esto no es una cantidad razonable para interconectar las centrales.



Una alternativa sería utilizar un conmutador central Tandem (Conmutador de paso o tránsito). Una central regular se podría acondicionar para funcionar como central Tandem, figura 1.4 (b). Una combinación de enlaces directos con enlaces o troncales de tránsito o Tandem puede solucionar el problema.

**El MTSO (MSC) y sus subsistemas**

El MSC es un producto de conmutación digital para telefonía celular, diseñado por sistemas de comunicación celular en el rango de los 800 MHz. Tiene diferentes acrónimos tales como Digital Multiplex Switch - Mobile Telephone Exchange (DMS, MTX), Mobile Switching Office (MTSO). El nombre depende del fabricante.

El MSC es considerado parte de la familia de PSTN y las funciones celulares que proporciona son:

- Administrar y controlar el equipo y las conexiones de los cell-sites
- Soportar varias técnicas de acceso múltiple como: AMPS, TDMA, CDMA y CDPD (sólo datos)
- Proporcionar la interfaz con la PSTN
- Proporcionar y administrar el registro de ubicación de usuarios locales ó Home Location Register (HLR)
- Soporta inter conectividad entre sistemas (IS-41)
- Soporta funciones de procesamiento de llamadas
- Proporcionar la medición y monitoreo de operaciones, así como facturación (O&M). Ver la figura 1.5

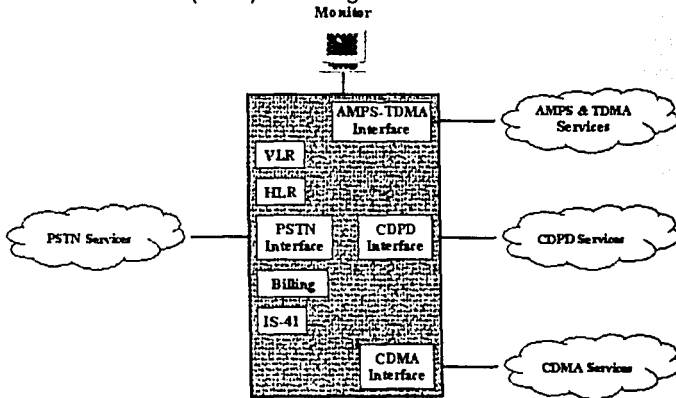


Figura 1.5 El MSC

El MSC también proporciona facilidades de acarreo (enlace T1) entre: el sitio de célula - el MSC - la PSTN.

Cada uno de estos bloques se divide en varios elementos funcionales únicos, los cuales soportan el protocolo de comunicaciones especificado por los estándares de la FCC y del CCITT.

Servicios celulares ofrecidos por el MSC

SAT (Supervisory Audio Tone)

El tono de audio de supervisión (SAT) se transmite sobre el canal de voz directo (Forward voice channel), de la radio base al móvil y se transmite de regreso a la base.

Una de las funciones del SAT es indicar la continuidad de la conservación. La pérdida del SAT indica que la llamada ha terminado o el hand-off.

Tono de señalización (ST Signaling tone):

- Un ST de 10 KHz es transmitido por el móvil a través del canal inverso (reverse) de voz como un reconocimiento de algunos comandos recibidos de la célula (cell-site).
- Una ráfaga de 50ms del ST indica un reconocimiento de hand off.
- El ST es similar al tono de supervisión usado en redes de telefonía convencional.

Códigos BCH (Bose-Chauduri-Hocquenghem):

El código BCH es una generalización del código Hamming.

- Pertenece a los códigos cíclicos.
- Permite la múltiple corrección de errores.
- En telefonía celular, el código BCH ayuda a corregir errores tanto en la unidad móvil (FOCC), como en la radio base (RECC).
- Se aplican en diversos sistemas de conmutación inalámbrica.
- Se aplican en sistemas de radio celular, específicamente en telefonía celular análoga (AMPS).

Si se detectan más de dos errores (desvanecimiento, ruido, interferencia) entonces se genera una alarma y la palabra se retransmite.

Home location register (HLR):

El HLR es una base de datos fija, la cual se utiliza para almacenar la siguiente información del abonado, del móvil y servicios relacionados con el abonado.

- 1.- Nombre, dirección y servicios adicionales contratados.
- 2.- Estado del servicio.
- 3.- MIN (Mobile identification number).
- 4.- Número de directorio.
- 5.- SEN (Serial electronic number).
- 6.- Duración de las llamadas.
- 7.- Información pertinente para negar el servicio.
- 8.- Datos suplementarios sobre el origen y terminación de las llamadas.
- 9.- Información sobre el proveedor del servicio.

El HLR también mantiene contacto con el VLR, para que éste le informe cuando un suscriptor se ha registrado en el sistema.

Visitor location register (VLR):

El VLR es una base de datos dinámica y se utiliza para almacenar información de los abonados actualmente localizados fuera de su área original (en Roaming). Almacena la información del suscriptor o abonado necesaria para el manejo de las llamadas que el abonado haga o reciba. El VLR almacena información temporal, la cual puede cambiar como resultado de la operación normal del sistema. El VLR se comunica con el HLR a través de una conexión interna al MSC.

Soporte del protocolo IS-41:

El estándar internacional 41 (IS-41) es un protocolo especial, cuya principal función es permitir que varios MSC se comuniquen entre ellos. El IS-41 permite el roaming de abonados.

Facturación:

El MSC lleva un registro detallado de cada llamada, incluyendo lo siguiente:

- Uso de enlaces aéreos
- Uso de troncales (T1)
- Información para descargar pagos (llamadas a 01 800 p.e.)

Rastreo y localización de los móviles:

El MSC es capaz de rastrear un móvil activo sobre AMPS/TDMA o CDMA y puede registrar todas las actividades relativas al procesamiento de las

llamadas. Esta característica es útil para mapear la cobertura de las células en AMPS/TDM/CDMA y de esa manera la capacidad de cobertura.

#### Protocolos de comunicación

El sistema móvil celular doméstico tiene 832 canales duplex con un ancho de banda de 30 KHz y 45 MHz de separación entre transmisión y recepción. Los 832 pares de canales disponibles están divididos en dos bandas: banda A y banda B. En el centro de las dos bandas hay 42 canales duplex de control del sistema. Esos canales son utilizados primariamente para señalización entre la estación base (BST) y el aparato móvil celular (MS). Los restantes 790 canales se denominan canales de voz, que son utilizados por el aparato celular para realizar llamadas telefónicas a otro celular o hacia un teléfono convencional de tierra.

Un canal utilizado para transmitir señalización entre la radio base celular y el aparato móvil se denomina forward path. Similarmente, el canal utilizado para transmitir señalización entre el aparato móvil y la radio base celular se denomina reverse path.

#### Protocolos de comunicación para telefonía celular:

- Llamadas de tierra a móvil
- Llamadas de móvil a tierra
- Llamadas de móvil a móvil

#### Canales utilizados en los protocolos de comunicación:

1. Canal de control: paging, asignación de canal y adquisición de parámetros del sistema
2. Canal de voz: locate channel.

#### Servicio celular: llamada de tierra a móvil

1. Se marca de tierra el número celular
2. El MSC valida la llamada y la manda a la radio base
3. La radio base asigna un número de canal al móvil, a través del canal forward de control
4. El móvil se sintoniza a la frecuencia asignada
5. Se establece la comunicación

Ver figura 1.6.

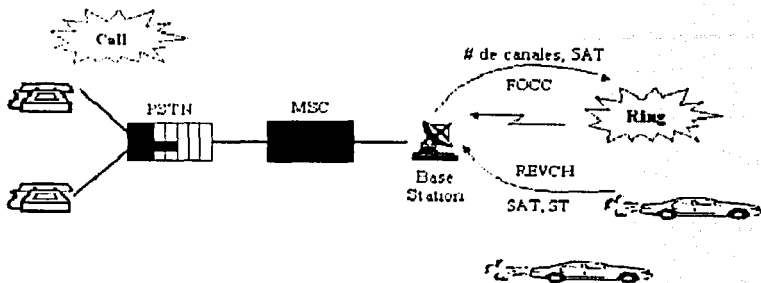


Figura 1.6 Llamada de tierra a móvil

Servicio celular: llamada de móvil a tierra:

1. El móvil marca a tierra a través del canal reverse de control.
2. La radio base le manda la información al MSC.
3. El MSC coordina y le manda el número a la PSTN.
4. La PSTN provee la conectividad informando a la radio base a través del MSC.
5. La radio base asigna un canal de voz a través del canal forward de control.
6. El móvil sintoniza la frecuencia.
7. Se establece la comunicación.

Ver figura 1.7.

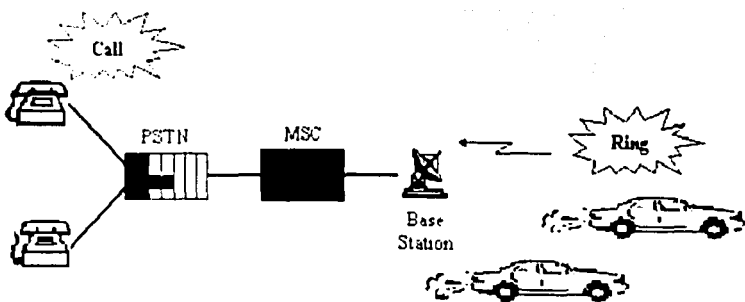


Figura 1.7 Llamada de móvil a tierra

TELECOM  
FALLA DE ORIGEN

### Servicio celular: llamada de móvil a móvil:

1. El móvil 1 llama al móvil 2 a través del canal reverse de control.
2. La radio base le manda la información al MSC.
3. El MSC encuentra dos canales desocupados, uno para el móvil 1 y otro para el móvil 2, y le informa a la radio base.
4. La radio base le manda éstos al móvil 1 y al móvil 2 a través del canal forward de control.
5. El móvil 1 y el móvil 2 se sintonizan a sus respectivas frecuencias.

Ver figura 1.8.

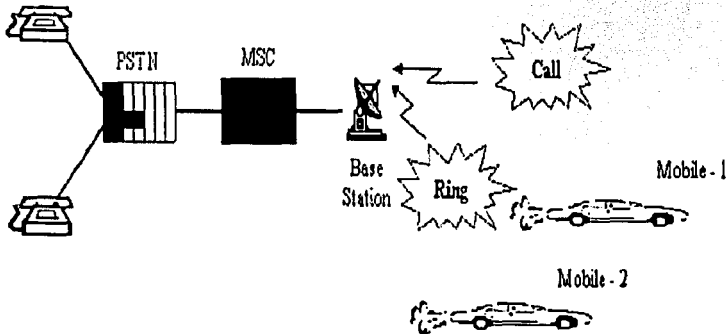


Figura 1.8 Llamada de móvil a móvil

### La unidad móvil

La unidad móvil o unidad del abonado es un transceptor portátil para comunicaciones de voz y datos, diseñado para comunicarse con los equipos de radio de los CS (cell sites) en cualquiera de los canales disponibles.

Trabaja en modo full-duplex, para lo cual requiere dos rutas: Forward path o ruta directa y Reverse path o ruta inversa. Hay 45 MHz de separación entre las dos rutas, lo cual protege a los canales de mutua interferencia.

Cada móvil tiene un número telefónico de 10 dígitos representado por un MIN de 34 bits.

1. MIN1 - 7 dígitos para el número telefónico convertidos en 24 bits.
2. MIN2 - 3 dígitos para el código de área convertidos en 10 bits.

TEST  
FALLA DE ORIGEN

Cada móvil viene programado de fábrica con un número electrónico de serie (SEN) de 32 bits, el cual es útil para prevenir la "clonación".

### La célula

Una célula es un área geográfica cubierta por señales RF, La fuente de radio frecuencia (RF) está localizada en el centro de la célula, La forma y tamaño de la célula dependen de muchos parámetros:

- Potencia de transmisión (ERP).
- Ganancia y patrón de la antena.
- Ambiente de propagación.
- Nivel de recepción de la señal (RSL) en el borde de la célula (~-90dbm definido en el borde de la célula).

Por lo tanto una célula es prácticamente irregular.

Cada estación base tiene diferente potencia de transmisión, figura 1.9.

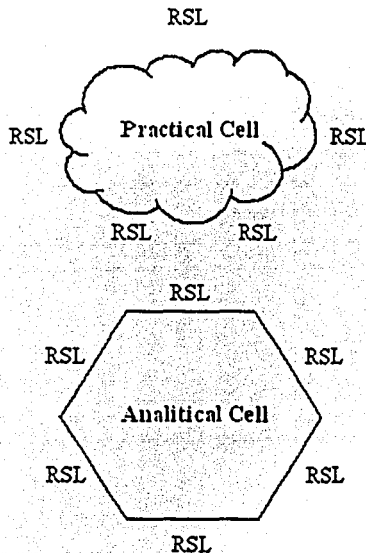


Figura 1.9 Comparación de una célula práctica y una analítica:

### Comparación de una célula práctica y una analítica:

1. Una célula práctica es irregular.
2. La fuerza de la señal es idéntica en el borde de una célula analítica. Tiene un RSL igual en el perímetro de la célula.
3. Una célula analítica es hexagonal. Figura 1.10.
4. Una célula analítica se usa para planear y dimensionar un sistema.
5. El arranque inicial de una célula analítica está basado en herramientas de predicción asistidas por computadora que se aproximan a una célula práctica, en un ambiente de propagación.

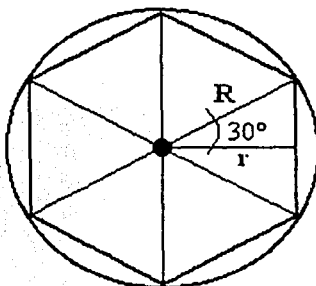


Figura 1.10 Radio de la célula

La distancia entre dos células hexagonales es:

$$2r = \sqrt{3}R = 1.732R$$

Dos células hexagonales adyacentes son equivalentes a dos círculos traslapados. Esta región de traslape es la región de hand off. Figura 1.11.

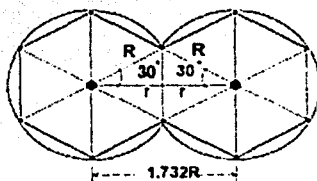


Figura 1.11 Distancia de las células hexagonales

TIENE CON  
FALLA DE ORIGEN



Cobertura, agrupamiento y reuso de frecuencias en las células.

Cobertura de la célula:

La cobertura de la célula depende principalmente de dos tipos de parámetros:

1. Definidos por el usuario - potencia de TX, altura de las antenas, ganancia de las antenas, ubicación de las antenas y directividad.
2. No definidas por el usuario - ambiente de propagación, colinas, túneles, follaje, edificios, y/o construcciones.

Ambos tipos de parámetros tienen una gran influencia sobre la cobertura de RF, sin embargo, los no definidos por el usuario son difíciles de predecir y varían de acuerdo al lugar. Debido a estos parámetros es que las células en la práctica son muy irregulares en su cobertura (ver la figura 1.12).

Debido a estas dificultades, en años recientes, se han desarrollado varios modelos para predecir la propagación de RF tomando en cuenta los dos tipos de parámetros (sobre todo los no definidos por el usuario). Los modelos más utilizados son: Okumura-Hata y Walfish-Ikegami

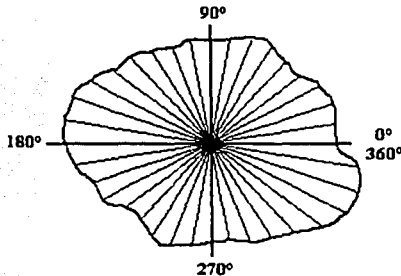


Figura 1.12 Célula práctica teniendo diferentes coberturas en diferentes direcciones

La mayoría de las herramientas de predicción basadas en computadora (software), se basan en estos dos modelos, Okumura-Hata y Walfish-Ikegami. Estos modelos de predicción tienen fuertes bases teóricas, pero también se basan en una gran cantidad de datos experimentales (muestras) y en análisis estadísticos. Esto nos permite calcular el nivel de potencia recibida (por lo tanto atenuación) en un medio de propagación dado.

TRASA CON  
FALLA DE ORIGEN

## Reuso de frecuencias

Un cluster es un grupo de células idénticas, Fig. 1.13(a) en el cual están repartidos todos los canales disponibles (frecuencias), de manera equitativa. El plan de reuso de frecuencias mas utilizado es el plan N=7, donde un cluster es formado por 7 células y entre ellas se reparten los canales de voz y control, este proceso se repite una y otra vez Fig. 1.13 (b).

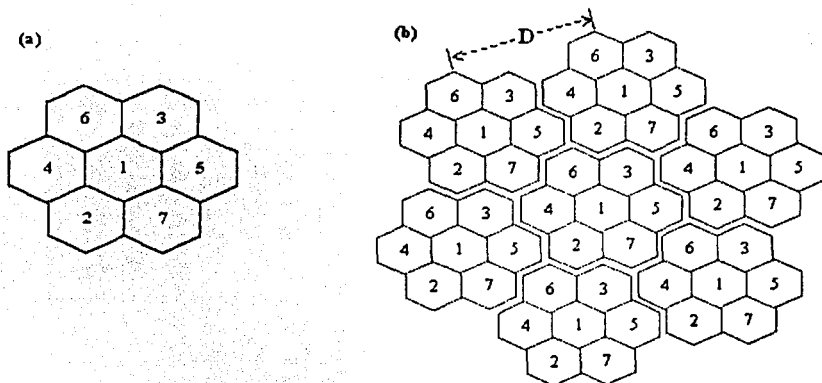


Figura 1.13 (a) Cluster N=7, (b) Reutilización de frecuencias

Debido a que el número de canales es limitado, los grupos de canales que se forman son reutilizados a intervalos de distancia regulares ( $D$  = Distancia de reuso).

El mecanismo que gobierna este proceso se conoce como Planeación de frecuencias. Existen varias técnicas de planeación de frecuencias. Una de las más utilizadas es el plan N=7. En este plan todos los canales disponibles son divididos en 21 grupos 1-21. Estos 21 grupos son igualmente distribuidos entre 7 células, 3 grupos por célula. Cada grupo o cluster de 7 células es reutilizado junto con sus respectivos grupos de canales, ver figura 1.14. El cluster original es rodeado por 6 clusters.

De esta manera, un área de servicio dada puede ser cubierta por clusters de células con reuso de frecuencias, de esta manera se obtiene Movilidad y Capacidad.

TELECOM  
FALLA DE ORIGEN

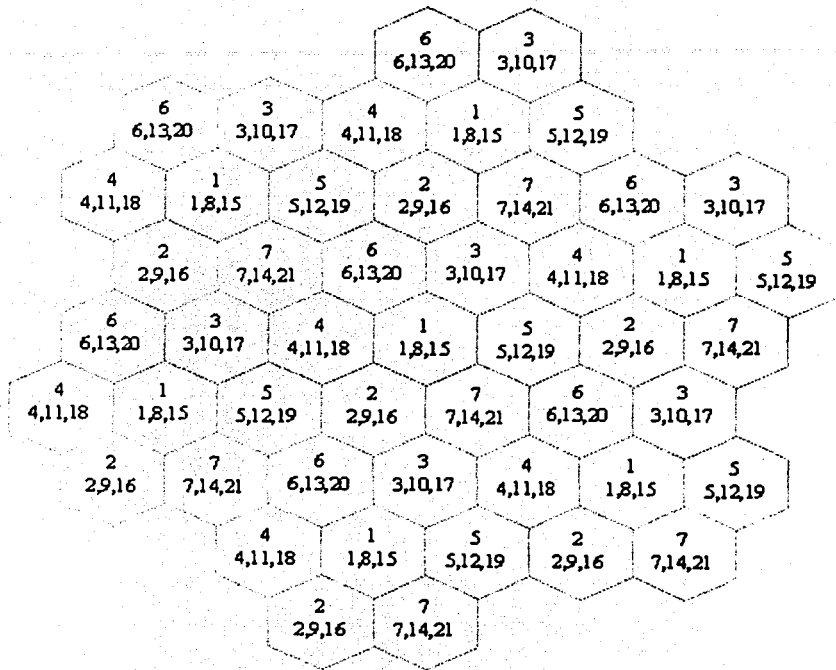


Figura 1:14 Plan de reuso N=7

Debido a que el número de canales es muy limitado, su reuso debe ser planeado cuidadosamente.

En la geometría hexagonal el plan de reuso está dado por:

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

; Donde:

- D - distancia de reuso.
- R - radio de la célula.
- N - módulo o plan.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Patrón de reuso y relación D/R:

Definiendo i y j como los parámetros de cambio ("shift parameters" 60 deg.) de 60 grados. Figura 1.15.

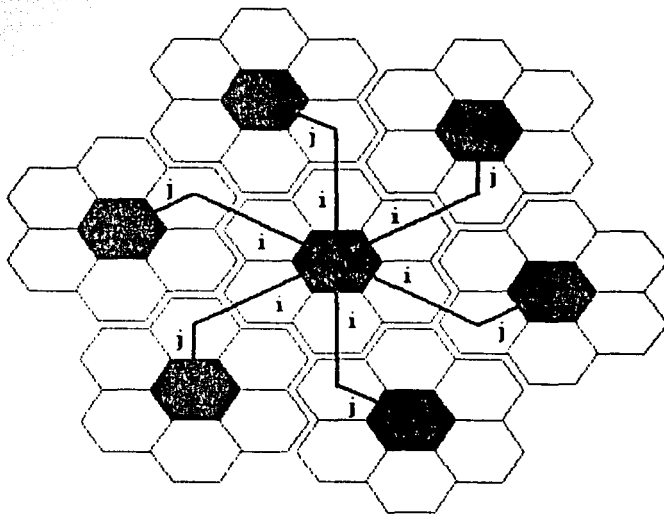


Figura 15.- patrón de reuso y relación D/R

$$N = i^2 + ij + j^2 \quad D = \sqrt{i^2 + ij + j^2} \quad \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

N es el número de células en el cluster.

Los parámetros i y j son el número de veces que se repite el radio r de la célula entre 2, distancia de centro a centro de la célula.

Pero la j toma en cuenta cuando hay un cambio de dirección y la i es en línea recta.

TECS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si;

$$i=2 \text{ y } j=1;$$

$$N = 2^2 + (2 \times 1) + 1^2 = 7$$

La tabla 1 nos muestra la capacidad de desempeño como una función de D/R radio para un OMNI Site

Capacidad de canal por célula			
N	$\frac{D}{R} = \sqrt{3N}$	$\frac{C}{I} = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{j} \right) \left( \frac{D}{R} \right)^y \right]$	$\left( \frac{416}{N} \right)$
3	3	-11	138
4	3, 46	-13	104
7	4, 58	-18	59
9	5, 19	-20	46
12	6	-23	34

Tabla 1 Capacidad del canal

El plan N = 7 no es el único plan de reuso de frecuencias, existen otros planes de reuso bien establecidos para aplicaciones en telefonía celular: N = 3, 4, 9 y 12.

En la tabla 1 se ve la relación que hay entre la distancia de reuso D con el plan o módulo N.

Interferencia cocanal

Un "co channel interference" (causador de interferencia de cocanal) es aquel que está utilizando la misma frecuencia portadora que la unidad móvil de interés. Este tipo de interferencia ocurre como resultado del múltiple uso de la misma frecuencia (reuso de frecuencias).

Una MSC que radia en todas direcciones, OMNI direccional, (OMNI site), se representa por una razón portadora-a-interferencia de la siguiente manera:

$$\frac{C}{I} = 10 \log \left[ \frac{1}{j} \left( \frac{D}{R} \right)^y \right]$$

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

; Donde:

J - cantidad de causadores de interferencia co-canal.

$\phi$  - constante de propagación.

D - distancia de reuso de la frecuencia.

R - radio mayor de la célula.

Ver la columna 3, de la tabla 1.

### Capacidad de canal

La capacidad de canales se mide en base a los canales de voz disponible por célula, trasladada a Erlangs.

1 Erlang = 1 circuito (telefónico) en uso durante 3600 segundos.

Otra unidad para medir el tráfico (la intensidad de tráfico) son los CCS (Circuit centum seconds).

1 CCS = 1 circuito en uso durante 100 segundos.

La capacidad de canal está determinada por la ingeniería de tráfico. El objetivo de la ingeniería de tráfico es proveer al sistema con circuitos de comunicación (proporcionar canales full-duplex) en un área de servicio dada, tomando en cuenta:

- El número de abonados
- El grado de servicio GOS

El GOS es la probabilidad de bloqueo de llamada y queda en términos de la cantidad de llamadas que serán bloqueadas (no podrán ser realizadas) durante la hora pico, debido a una falta de canales.

Otro parámetro de diseño es el tiempo promedio de duración de una llamada ACHT (Average call holding time). ACHT es el tiempo promedio que se espera que dure la llamada de cada abonado activo durante la hora pico. ACHT varía dependiendo del tipo de usuario (ejecutivo, hombre de negocios, personal, etc.):

$$120\text{seg} \leq \text{ACHT} \leq 180\text{seg}$$

## Handoff

El "handoff" ocurre cuando una llamada celular es transferida del canal de una radiobase a otra vecina. Este proceso de handoff hace que el sistema celular sea móvil dentro de las áreas de cobertura de las radiobases celulares.

En general, cuando una llamada telefónica celular está ocurriendo, la radiobase está constantemente monitoreando los niveles de potencia por un "locate receiver" la función de este circuito es tomar muestras de la intensidad de la señal recibida desde el móvil. Después de tomar cierto número de muestras, éstas son enviadas al MSC (intensidad de la señal y presencia del SAT). El MSC analiza estas muestras y en base a ellas decide o no cambiar al móvil de célula, cierto número de estas muestras (RSSI, Received signal strength indicator) debe caer igual o por debajo de cierto valor predeterminado (HOTL, Hand-off threshold).

Después de que la radiobase solicita al conmutador el handoff, éste envía un mensaje a las radiobases vecinas para que le informen el nivel de señal que tienen del suscriptor que se encuentra localizado en la radiobase original. La radiobase que reporte el nivel más alto de señal, será la radiobase nueva a la cual se transferirá la llamada.

Es importante saber que en la base de datos del conmutador está almacenada toda la información de las radiobases celulares del sistema y la localización de ellas, identificando el conmutador fácilmente, cuales radiobases son vecinas entre sí y cuales no lo son. Esto facilita el proceso de handoff al momento de tomar las lecturas de señal de una llamada telefónica celular en una determinada radiobase.

Las radiobases vecinas envían la información del nivel de señal al conmutador; seleccionando esta la radiobase con el nivel más alto. La radiobase seleccionada o radiobase nueva, selecciona un canal para el nuevo inquilino y envía esta información al conmutador.

El conmutador envía la información de handoff a la radiobase original o solicitante. Esta radiobase envía esta información al suscriptor celular, el que le contesta que está listo para realizar el proceso de handoff. Inmediatamente, corta la llamada de la celda original y se sintoniza al canal de la radiobase nueva o seleccionada por el conmutador.

Para comprender este concepto analicemos la figura 1.16.

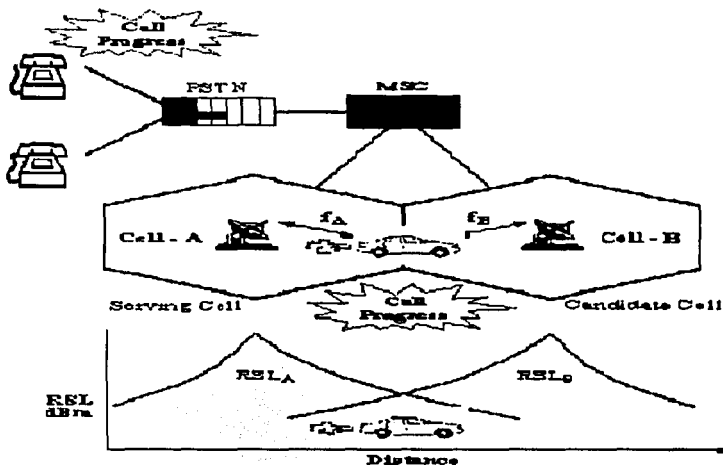


Figura 1.16 proceso del handoff

Un móvil en su célula de servicio (célula A) está realizando una llamada con teléfono de PSTN y utiliza la frecuencia  $f_A$ .

Conforme el móvil se mueve hacia la célula B (célula candidata), su RSL (Received signal level), desde su célula de servicio, empieza a caer. El RSL es monitoreado por el locate receiver.

Cuando el RSL cae abajo del HOTL, la BS informa al MSC del suceso. El MSC solicita a todas las BS adyacentes que midan el RSL (una serie de RSSI) y toma nota de estas estadísticas.

Cuando el RSL del móvil se vuelve más fuerte en una determinada célula, el MSC activa un nuevo canal ( $f_B$ ) de la célula candidata e informa de esto a la célula A. La célula de servicio (A) envía un mensaje al móvil sobre el forward ( $f_A$ ) informándole que cambie a sintonizar  $f_B$  de la célula B.

El MSC arregla estos cambios para no perder la comunicación con el teléfono terrestre (PSTN).

Todo el proceso requiere aproximadamente de 200 ms, tiempo en el que no hay canal de voz para conversación, esto se escucha como un "click".



## Roaming

En una ciudad o en una región hay dos operadoras, o más, de radio celular, utilizando diferentes conmutadores o switches (MTX, MTSO), diferentes transceptores y distinto equipo de radio-base (pero en la misma banda A ó B). Sin embargo, un suscriptor está registrado sólo a una operadora. Por lo tanto, es necesario un acuerdo entre estas operadoras para dar servicio a cualquier suscriptor sin importar el origen de la llamada.

Esto se realiza a través de un enlace entre los distintos conmutadores, este enlace es establecido por medio del protocolo IS-41. Un móvil que se mueve o sale de su territorio y entra a un territorio extranjero (de otra operadora) se conoce como Roamer (vagabundo) el proceso de enlazarlo se conoce como Roaming y debe ser transparente para el usuario. Esto aumenta la movilidad. Figura 1.18.

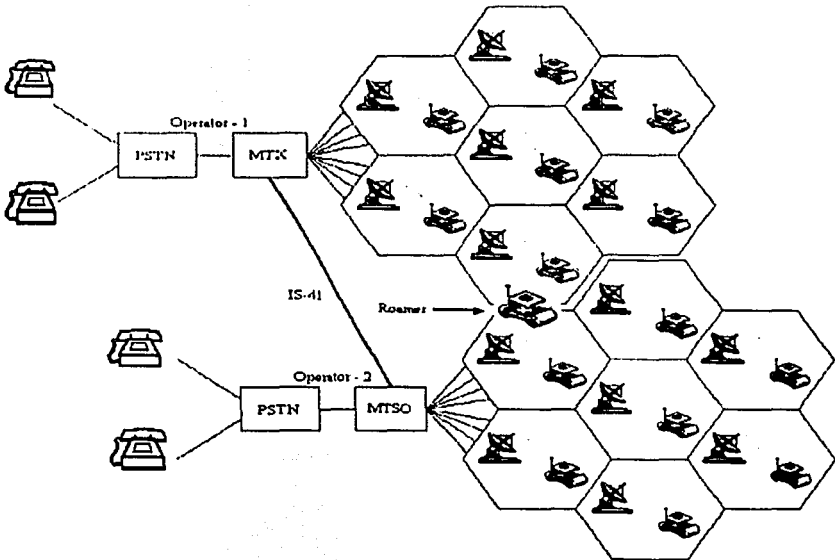


Figura 1.18 Roaming

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Capitulo II.- Primera generación (AMPS)

### Historia

Las comunicaciones móviles tal como las conocemos hoy día iniciaron en la década de los setentas, con la implementación de un sistema de prueba en Chicago en 1978. El sistema utilizaba una tecnología conocida como Advanced Mobile Phone Service (AMPS), operando en la banda de los 800Mhz. Por numerosas razones, entre ellas la separación de AT&T, tomo algunos años el lanzamiento comercial de este sistema. Este lanzamiento ocurrió en Chicago en 1983, con otras ciudades siguiéndole rápidamente.

Mientras tanto otras ciudades fueron realizando progresos, y un sistema comercial de AMPS fue lanzado en Japón en 1979. Los europeos por su parte tuvieron grandes avances en la tecnología de las comunicaciones, y el primer sistema Europeo fue lanzado al mercado en 1981 en Suecia, Noruega, Dinamarca y Finlandia.

El sistema Europeo utilizaba una tecnología llamada Nordcic Mobile Telephony (NMT), operando en la banda de los 450 Mhz. Mas tarde una versión de NMT fue desarrollada para operar en la banda de los 900 Mhz conocido como NMT900. Sin quedarse fuera, los británicos introdujeron otra tecnología en 1985. Esta tecnología es conocida como Total Access communications system (TACS) y operaba en la banda de los 900 Mhz. TACS es básicamente una versión modificada de AMPS.

Algunas otras ciudades continuaron con la adopción de estos sistemas, y pronto los servicios de comunicaciones móviles se esparcieron a lo largo de todo el mundo. Aunque algunas otras tecnologías fueron desarrolladas, particularmente en Europa, AMPS, NMT (ambas variantes) y TACS fueron ciertamente las más prominentes tecnologías. Estos son los principales sistemas de la primera generación y están en servicio actualmente.

Los sistemas de primera generación experimentaron una gran aceptación que nadie hubiera esperado. Y este hecho, desato una de las fallas de esta generación, limitada capacidad. Por supuesto, los sistemas fueron desarrollados para manejar grandes números de suscriptores, pero cuando el número de suscriptores llega a cantidades de millones, la deficiencia aparece, particularmente cuando los usuarios quedan agrupados densamente en áreas metropolitanas. Limitada capacidad no fue el único problema, otros como el fraude en la clonación del servicio, son deficiencias determinantes. Consecuentemente grandes esfuerzos fueron dedicados para el desarrollo de los sistemas de segunda generación.

### Tecnologías Prominentes

La primera generación de sistemas celulares esta definida como sistemas analógicos y son típicamente referenciados como sistemas AMPS o TACS. Es importante notar que los sistemas analógicos utilizan señalamientos digitales en

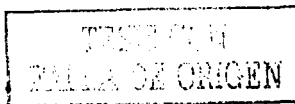
alguna etapa de su red, incluida la interfase aérea. Sin embargo la señal de información a transmitir efectivamente es transportada por medios analógicos. La tabla 1 presenta los sistemas más populares desarrollados en la primera generación.

	AMPS	NAMPS	TACS	NMT450	NMT900	C450
Base Tx Mhz	869-894	869-894	935-960	463-468	935-960	461-466
Base Rx Mhz	824-849	824-849	890-915	453-458	890-915	451-456
Método de acceso múltiple	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
modulación	FM	FM	FM	FM	FM	FM
Espacio de canal de radio	30 Khz.	10 Khz.	25 Khz.	25 Khz.	12.5 Khz.	20 Khz.(b) 10 Khz.(m)
Número de canales	832	2496	1000	200	1999	222(b) 444(m)
CODEC	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Localización del espectro	50 Mhz	50 Mhz	50 Mhz	10 Mhz	50 Mhz	10 Mhz

Tabla 1 Sistemas de primera generación

Todos los sistemas mostrados utilizan FDMA como técnica de acceso múltiple. Sin embargo el ancho de banda del canal es significativamente diferente, así como la localización del espectro. A continuación se describen brevemente cada uno de estos sistemas.

- AMPS es el estándar celular que fue desarrollado para su uso en Estados Unidos. Este tipo de sistema opera en la banda de frecuencias de 800 Mhz. AMPS es también utilizado en Sudamérica, Asia, y Rusia.
- Narrow Band AMPS (NAMPS) Es un sistema utilizado en parte de Estados Unidos, Latinoamérica, y otras partes del mundo. NAMPS es un estándar celular que fue desarrollado como una plataforma interina entre sistemas de primera y segunda generación y fue desarrollado por Motorola. Específicamente NAMPS es un sistema de radio analógico que es muy similar a AMPS, con la excepción de que utiliza un ancho de canal de 10 Khz. La ventaja obvia con esta tecnología es la mayor capacidad, sobre condiciones ideales, tiene tres veces más capacidad que un sistema AMPS.
- TACS es una banda celular que fue derivada de la tecnología AMPS. El sistema TACS opera en dos bandas la de 800 y la de 900 Mhz. El primer sistema de este tipo fue implementado en Inglaterra. Después este sistema



fue implementado en Europa, Hong Kong, Singapur y el Medio Este. Una variación de este estándar fue implementada en Japón, JTACS.

- Nordic Mobile Telephone (NMT) es el estándar celular que fue desarrollado para los países nórdicos de Suecia, Dinamarca, Finlandia y Noruega en 1981. Este tipo de sistema fue diseñado para operar en las bandas de frecuencia de 400 y 900 Mhz.

### Tecnologías de Acceso de radio

Las tecnologías de acceso permiten a múltiples teléfonos el acceso al sistema inalámbrico. Los teléfonos móviles compiten por los servicios de un sistema inalámbrico, y las tecnologías de acceso coordinan el acceso y asignan una porción de los recursos del sistema. Hay diferentes tipos tecnologías de acceso incluida FDMA, TDMA, CDMA, y SDMA. La base de las tecnologías de procesamiento digital de señales usadas para sistemas digitales de radio incluyen digitalización de voz, compresión de voz, codificación de canales de control y datos, modulación de fase, amplificación de señal de radio, y control de señalización.

### Acceso Múltiple por División de Frecuencia

FDMA (Frequency Division Multiple Access) es la manera más común de acceso truncado. Se basa en la separación de frecuencias del volumen espectral figura 2.1

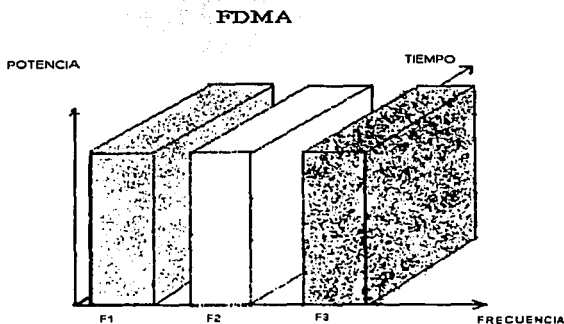


Figura 2.1 Acceso múltiple por división de frecuencia

La anchura de banda disponible se divide en radiocanales, de conformidad con un paso de canalización  $\Delta f$ . Cada radiocanal se asigna a un usuario en la interfaz de

radio. Las asignaciones son de banda estrecha del tipo un solo canal por portadora. Los usuarios cada uno en su radiocanal, puede efectuar transmisiones simultaneas e ininterrumpidas en las diferentes frecuencias. Cada receptor o grupo de receptores selecciona, mediante un filtro sintonizable, el radiocanal deseado. En la figura 2.2 se presenta como ejemplo, un sistema FDMA con tres radiocanales, realizándose una recepción en el canal dos.

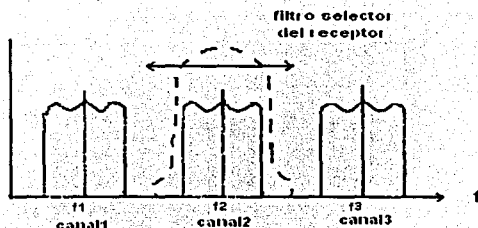


Figura 2.2 Recepción en el canal 2

El multiacceso FDMA utiliza habitualmente la modulación de frecuencia analógica para señales analógicas y variantes de modulación de frecuencia digital para señales digitales y tiene las siguientes características:

- Compatibilidad con modulaciones y señales analógicas y digitales.
- Sencillez de realización de equipos y de explotación.
- Resistencia a las perturbaciones en su variante de banda estrecha.
- Adecuado para sistemas de baja/mediana capacidad de tráfico.
- Complejidad de las estaciones de base multicanales en las que es necesario un equipo transceptor por cada radiocanal, más elementos adicionales: combinadores, multiacopladores de antena, etc.
- Escasa versatilidad para acomodar distintas aplicaciones o flujos de tráfico.
- Dificultades para la inserción de la señalización asociada a la llamada.
- Limitaciones para la mejora de la calidad de voz.

En general la tendencia actual en las comunicaciones móviles es hacia el abandono del multiacceso FDMA analógico.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## Acceso Múltiple por División de Tiempo

En la técnica TDMA se asigna a los usuarios una misma frecuencia durante breves intervalos de tiempo, de forma periódica, de manera que aquellos efectúan transmisiones simultáneas pero discontinuas, en esa frecuencia portadora mediante ráfagas o paquetes de información.

El sistema dispone de mecanismos de direccionamiento y sincronización de forma que cada receptor extrae del flujo de señal únicamente las ráfagas destinadas al mismo e ignora las demás.

En TDMA la transmisión se organiza en tramas de duración  $T_r$  una trama es una sucesión de  $N$  intervalos, cada uno de los cuales se asigna a un terminal. La duración de intervalo es  $T = t/N$ , tiempo en el cual el terminal efectúa su acceso y en el que dispone de todo el recurso del ancho de banda del sistema radioeléctrico. Todo terminal transmite en el tiempo  $T$  la información de tráfico recopilada durante una trama más otras señales auxiliares, en un proceso de almacenamiento y envío. La información se transmite en forma de tren de bits llamado ráfaga. Por su propia naturaleza TDMA únicamente es posible con señales digitales. En la figura 2.3 se ilustran estos conceptos.

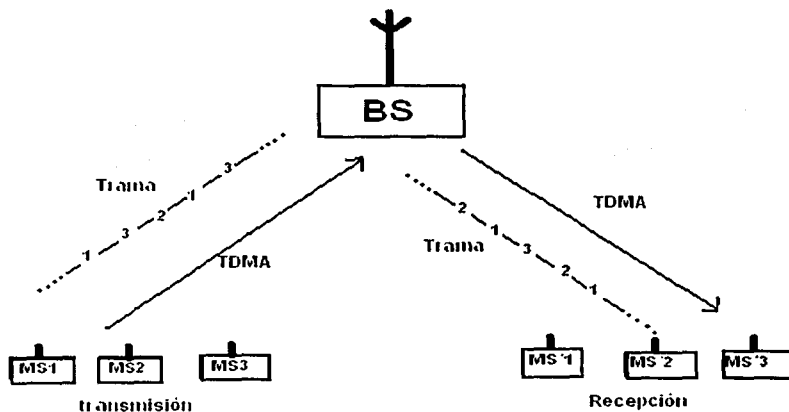


Figura 2.3 Acceso múltiple TDMA

En el enlace ascendente llegan a la BS las ráfagas 1, 2, 3, ... procedentes de los terminales, en tramas sucesivas, las ráfagas no suelen ser estrictamente contiguas aunque se hallan emitido con sincronización pues proceden de terminales situados a diferentes distancias de la estación BS. Puede haber entre

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ellas pequeños intervalos o, ligeros solapes. Este tipo de llegadas individuales constituye el TDMA básico, característico del enlace ascendente. Cada terminal realiza su emisión modulando digitalmente una portadora con los bits de la ráfaga.

En el enlace descendente, la información que transmite la BS se organiza también en una trama pero con intervalos consecutivos en forma de multiplex temporal TDM (Time Division Multiplex) con sus ráfagas de bits. Esta señal TDM modula la portadora del enlace descendente y se radia en difusión a todos los terminales. Cada terminal extraerá la información del intervalo que tenga asignado, una vez por ráfaga.

Se observa que en el enlace ascendente hay un proceso de concentración de intervalos hacia la BS en tanto que en el descendente el proceso es de difusión.

En TDMA cabe definir los siguientes conceptos básicos:

- Trama (frame): Ciclo de acceso a los N usuarios a los recursos compartidos
- Periodo de trama ( $T_f$ ): Duración temporal de la trama
- Intervalo de tiempo (slot): Duración de la ventana de acceso de cada usuario al sistema
- Ráfaga (Burst): Secuencia de bits transmitida /recibida en un intervalo de tiempo
- Velocidad media o de escritura: Numero de bits por usuario en el periodo de trama dividido por el valor del periodo.
- Velocidad instantánea o de lectura: Velocidad de transmisión de la información de un periodo de tiempo

En la figura 2.4 se representan una trama y una ráfaga, indicándose parámetros típicos de TDMA:

1. Periodo de la trama:  $T_f$
2. Numero de intervalos por trama:  $N_s$
3. Numero de bits de información por intervalo:  $B_i$

$$B_i = V_c \cdot T_i \quad (a)$$

4. Numero de bits de trama (overhead) por intervalo  $B_o$  que se desglosa como sigue:

$$B_o = B_{ia} + B_{co} + B_g \quad (b)$$

$B_{ia}$ : Bits de formatización de acceso para TDMA

$B_{co}$ : Bits de codificación de canal

$B_g$ : bits de guarda

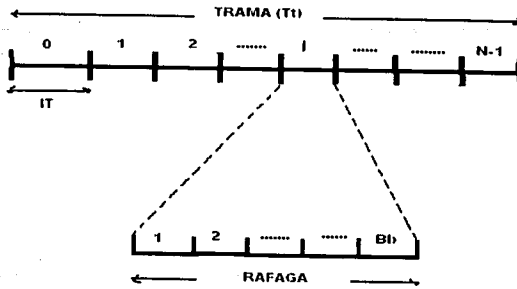


Figura 2.4 Trama y ráfaga en TDMA

5. Numero bruto de bits por intervalo

$$B_b = B_i + B_o \quad (c)$$

6. rendimiento de la trama

$$\eta = 100 \frac{B_i}{B_b} (\%) \quad (d)$$

7. velocidad media

$$V_m = \frac{B_b}{T_t} \text{ (bit/s)} \quad (e)$$

8. velocidad instantánea

$$V_i = B_b \cdot N_s / T_t = V_m \cdot N_s = \left( V_c + \frac{B_o}{T_t} \right) N_s \quad (f)$$

9. factor de compresión temporal



$$F_{ct} = V/V_m = N_s$$

(g)

De (f) se desprende que todo aumento de capacidad de TDMA (mayor número de usuarios) supone un incremento proporcional de la velocidad instantánea, y por consiguiente, de la anchura de banda necesaria para la transmisión de la portadora TDMA. Como con receptores convencionales las perturbaciones de los canales de propagación de banda ancha son de poca compensación, suele haber un límite al número de canales o intervalos  $N_s$  que puede sustentar una portadora TDMA. Un valor límite suele ser  $N_s = 10$ . Para sistemas de mayor capacidad, se utilizan varias portadoras TDMA distintas constituyéndose de este modo un sistema de multiacceso mixto TDMA/FDMA, en el que cada radiocanal proporciona  $N_s$  canales. Si se dispone de  $R$  radiocanales, la capacidad potencial será  $R \cdot N_s$  canales. En este caso, cada canal físico asignado a un terminal consiste en un radiocanal y un intervalo de tiempo.

El empleo de frecuencias diferentes para los enlaces ascendente y descendente asegura que los terminales funcionen en duplex. Hay una variante de TDMA, denominada duplex por división de tiempo TDD (time division duplex) que permite el funcionamiento duplex con una sola frecuencia portadora. Basta para ello que no coincidan en el tiempo los intervalos de transmisión y de recepción de un terminal. Esto se consigue organizando convenientemente la trama. Para ello se divide la trama en  $2N$  intervalos  $1, 2, \dots, N$  y  $1', 2', \dots, N'$  y se asigna un par de intervalos a cada terminal, por ejemplo el  $1$  para transmisión y el  $1'$  para recepción.

El TDMA se utiliza asociado con modulaciones digitales de frecuencia y fase, entre sus características deben destacarse las siguientes:

- complejidad del acceso. Requiere estricta sincronización temporal para evitar colisiones de ráfagas en el enlace ascendente y para que en el descendente cada terminal extraiga de la trama correctamente la información.
- Simplificación de las estaciones base multicanales. Un único transceptor proporciona  $N_s$  canales.
- Limitación del tamaño de la trama: Si la trama es muy larga, un terminal recopila mucha información que debe transmitir en un breve tiempo lo que conduce a velocidades elevadas de transmisión que pueden no ser convenientes.
- Retardo en la comunicación: como la transmisión es discontinua, la información debe acumularse en una memoria (buffer) para su posterior lectura y presentación de forma continua, lo que implica un cierto retardo.
- Elevada versatilidad: pueden acomodarse los intervalos a las necesidades de los usuarios por ejemplo asignando más de un intervalo a terminales que deban transmitir más información. O a mayor velocidad.

- Necesidad de digitalización de la información: la utilización de TDMA para señales analógicas de origen requiere la previa conversión analógico/digital de estas y en recepción su restitución mediante la conversión contraria digital/analógico. Estos procesos entrañan un ruido inevitable que acompañara a la señal reconstruida.
- Transmisiones de banda ancha, afectadas por perturbaciones generadas en el medio radioeléctrico que deben contrarrestarse.
- Facilidad de la señalización asociada a una comunicación que puede insertarse en campos de bits dentro de la ráfaga o en intervalos específicos dentro de la trama sin alterar la estructura de TDMA.
- Idoneidad para media/alta capacidad de tráfico derivada de su buen funcionamiento espectral.
- Posibilidad de transmisión duplex con una sola frecuencia (duplex temporal)

### Acceso Múltiple por División de Código

Las técnicas de multiacceso FDMA y TDMA asignan recursos disjuntos (de frecuencia o de tiempo) a cada canal. El método CDMA, al contrario, otorga a cada canal la totalidad del volumen espectral disponible: toda la anchura de banda, durante todo el tiempo y en toda la zona de cobertura de forma que permite la transmisión simultánea de varias comunicaciones que emplean todas los mismos recursos a la vez. La separación entre ellas se realiza asignándoseles distintos códigos digitales.

La técnica CDMA utiliza la llamada modulación de espectro ensanchado (spread spectrum) que consiste en la multiplicación de la señal digital a transmitir  $x(t)$ , de banda estrecha, por otra señal digital  $c(t)$  de banda ancha llamada código de ensanchamiento o códigos de dirección de  $x(t)$ . La señal resultante  $x(t)c(t)$  tiene una gran anchura de banda y se denomina  $x(t)$  ensanchada. Si se multiplica  $x(t)c(t)$  por la propia señal de código  $c(t)$ , se produce el efecto contrario de compresión y mediante cierto procesado puede recuperarse  $x(t)$ . Si  $x(t)c(t)$  se multiplica por otra señal de código distinta  $c'(t)$  el producto  $x(t)c(t)c'(t)$  sigue siendo una señal ensanchada. Las señales ensanchadas son percibidas por un receptor como perturbaciones similares al ruido blanco que es el tipo más benigno de interferencia que puede afectar a un receptor.

En la figura 2.5, se ilustra el principio de CDMA para el caso de dos estaciones móviles que acceden a la base en la misma frecuencia.

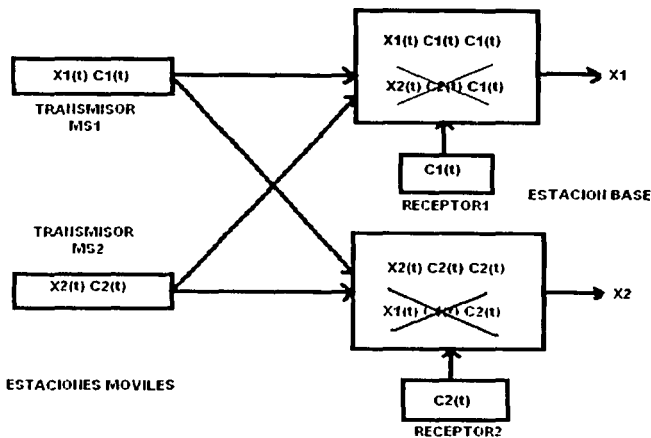


Figura 2.5 Principio de CDMA con dos canales

La estación MS1 transmite la señal  $x1(t)$  ensanchada por el código  $c1(t)$  y lo mismo sucede con la transmisión de MS2, cuya señal  $x2(t)$  irá acompañada de su código de dirección  $c2(t)$ . Ambas señales llegan a la BS en la misma portadora. Se recupera  $x1(t)$  multiplicando  $x1(t)c1(t)$  por el código  $c1(t)$  disponible en la BS y procesando el producto. La otra señal recibida  $x2(t)c2(t)$  al ser multiplicada por  $c1(t) \neq c2(t)$  permanece expandida y aparece al receptor como un ruido blanco. De forma similar se recupera  $x2(t)$  utilizando su código de dirección  $c2(t)$ .

La técnica CDMA ofrece una amplia capacidad de canales. Vamos a realizar una estimación de esa capacidad empleando un modelo muy simplificado, pero que nos proporcionara un orden de magnitud, bajo las siguientes hipótesis:

1. Se considera el enlace ascendente con varias MS ascendiendo a otros tantos receptores disponibles en la BS.
2. Hay perfecta sincronización y el receptor  $i$ -ésimo de BS conoce el código de dirección de transmisión de la MS  $i$ -ésima.
3. La perturbación dominante es la interferencia múltiple de los  $N-1$  usuarios sobre el receptor genérico  $i$ -ésimo. Frente a este nivel de interferencia puede despreciarse el ruido de fondo.
4. Todas las transmisiones de los  $N$  móviles llegan a BS con la misma potencia  $p$ , es decir, existe un control de potencia de forma que los móviles mas próximos a BS transmiten con menor potencia que los mas lejanos.
5. El demodulador de cada receptor requiere una relación energía por bit/densidad de interferencia:  $e_0/b$ , para una determinada BER.

NO SE PUEDE  
FALLA DE ORIGEN

6. Las transmisiones de los móviles tienen una velocidad binaria neta igual a  $R$  (bit/s) y ocupan una anchura de banda  $B \gg R$ , como consecuencia del efecto de expansión.
7. Las señales transmitidas con anchura de banda  $B$  tienen un espectro de potencia plano.

En estas condiciones, la potencia de interferencia presente a la entrada del demodulador del receptor genérico será:

$$i = (N-1) p_r \quad (h)$$

Y la densidad de interferencia

$$i_o = \frac{i}{B} = \frac{(N-1) p_r}{B} \quad (g)$$

La relación energía por bit/densidad de interferencia, será:

$$\frac{e_b}{i_o} = \frac{P_r/R}{(N-1) p_r/B} = \frac{B}{R} \cdot \frac{1}{N-1} \quad (i)$$

Al cociente  $B/R$  se le llama ganancia de procesamiento (processing gain) de CDMA. Como  $e_b/i_o$  depende del demodulador digital y es fija, despejando  $N$  de (i) se obtiene:

$$N \approx \frac{B}{R} \cdot \frac{1}{(e_b/i_o)} \quad (j)$$

Es decir el número de canales es proporcional a la ganancia de procesamiento. Tal número puede llegar a ser varias veces superior al que ofrecen las técnicas FDMA y TDMA.

Si se requiere mayor capacidad puede procederse como se hizo en TDMA; es decir utilizar  $R$  radiocanales multiplexados en frecuencia, en cuyo caso se tendrá un método de acceso múltiple mixto de tipo FDMA/CDMA cuya capacidad será igual a  $R \cdot N$  canales.

La técnica CDMA tiene las siguientes características básicas:

- Requiere que las señales a transmitir y los códigos de dirección sean digitales.
- Es una técnica intrínsecamente de banda ancha.
- Ofrece gran capacidad de tráfico.
- Debido a la gran anchura de banda, los receptores CDMA poseen gran resolución temporal, pudiendo extraer los ecos de señal debidos a la

propagación multitrayecto, ponerlos en fase, demodularlos y sumar sus contribuciones. De este modo el multitrayecto deja de ser un problema pasando a aprovecharse de manera positiva.

- Requiere estricta sincronización y control de potencia de las transmisiones. Las señales han de llegar a las estaciones con potencias similares para que se pueda efectuar su separación. Debe compensarse el llamado efecto cerca-lejos, con esas técnicas de control automático de la potencia transmitida.
- Solo se requiere un transceptor físico en la estación base para sustentar múltiples canales.
- La tecnología a utilizar en CDMA es muy compleja y requiere muy elevada integración para conseguir terminales livianos y de reducido tamaño.
- En entornos contiguos pueden utilizarse las mismas frecuencias, lo cual mejora la calidad del traspaso de comunicaciones de una BS a otra contigua.

Como veremos mas adelante métodos basados en CDMA serán la técnica dominante en los sistemas móviles celulares de tercera generación por sus ventajas sobre TDMA y FDMA, como son:

1. mejor comportamiento frente a la interferencia cocanal. Ya se ha indicado que esta aparece como ruido blanco, el cual se puede combatir con eficiencia mediante la detección digital coherente y las técnicas de codificación de canal con corrección de errores.
2. mejor comportamiento frente a la propagación multitrayecto pues en CDMA es aprovechable pero en TDMA o FDMA produce desvanecimientos selectivos o fuertes atenuaciones de señal que han de contrarrestarse con técnicas especiales que complican los equipos o las instalaciones (ecualización digital, saltos de frecuencia, recepción por diversidad, codificación de canal).
3. mejor aprovechamiento del espectro, ya que pueden reutilizarse frecuencias en celdas vecinas lo que no es posible en TDMA y FDMA. Como consecuencia adicional, en CDMA es innecesaria la plantación de frecuencias requerida con las otras técnicas.
4. traspaso con continuidad de la comunicación de una BS a otra vecina (soft handover). En las otras técnicas el traspaso puede implicar una pequeña discontinuidad (micro corte) de la señal.
5. mayor capacidad de tráfico, con un factor de mejora estimado de 10-15 veces sobre FDMA y 4-7 veces respecto al TDMA.

La técnica de espectro ensanchado se ha venido utilizando desde hace algún tiempo en comunicaciones militares por su carácter de señal cifrada y resistente a interferencias naturales o deliberadas. Estos sistemas de seguridad podían hacer frente ante los costos de la tecnología necesaria. Hoy día los avances de la microelectrónica y de la ingeniería de programación, han permitido que la

tecnología CDMA sea viable para los sistemas de comunicaciones móviles públicas.

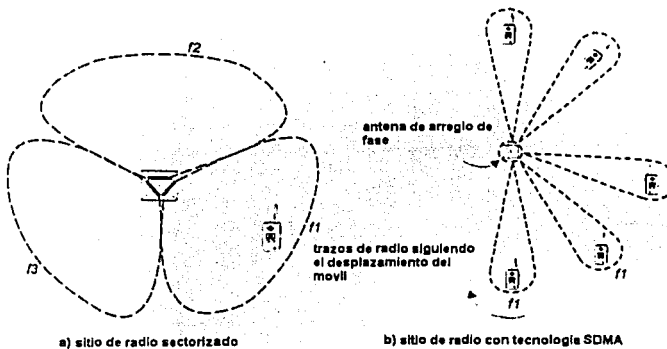
### Acceso Múltiple por División de Espacio (SDMA)

SDMA (Space Division Multiple Access), se usa en todos los sistemas celulares, analógicos o digitales. Por tanto, los sistemas celulares se diferencian de otros sistemas de radio, solamente porque emplean SDMA. Los sistemas de radio celulares, permiten el acceso a un canal de radio, siendo este reutilizado en otras celdas dentro del sistema, el poder reutilizar las mismas frecuencias a ciertas distancias es el llamado acceso por espacio.

Este sistema permite a un simple transmisor proveer múltiples canales de comunicación al dividir la cobertura de radio en trazos de radio enfocados que re utilizan la misma frecuencia. Para permitir el múltiple acceso cada móvil es asignado a un trazo enfocado, cada trazo puede variar dependiendo la posición del móvil.

SDMA puede incrementar dramáticamente la capacidad de un sistema inalámbrico, la habilidad de enfoque del trazo de radio a un área muy estrecha permite atender más clientes con el mismo sitio celular y en la misma frecuencia. En adición al incremento en la capacidad del sistema, al enfocar la energía en un trazo muy estrecho, es incrementada la ganancia de transmisión. Esta ganancia puede ser usada para extender la máxima distancia de comunicación del sitio celular al teléfono móvil.

En la figura 2.6 se muestra un ejemplo de un sistema SDMA.



SISTEMA CELULAR SDMA

Figura 2.6 Sistema Celular SDMA

En el diagrama (a) tenemos el método sectorial convencional para la comunicación de un sitio celular al teléfono móvil. Este sistema transmite a una frecuencia específica definida por el área geográfica (sectorizada). El diagrama (b) muestra una vista superior de un sitio celular que usa la tecnología SDMA que comunica con múltiples teléfonos móviles operando en la misma área geográfica con una simple frecuencia. En el sistema SDMA múltiples antenas direccionales o un sistema de antenas en arreglo de fase, direccionan independientemente los trazos de radio a diferentes áreas. Como el teléfono se mueve en el sector, el sistema cambia a un trazo alternativo (para un sistema multi trazos) o ajusta el trazo a la nueva dirección (un sistema adaptivo).

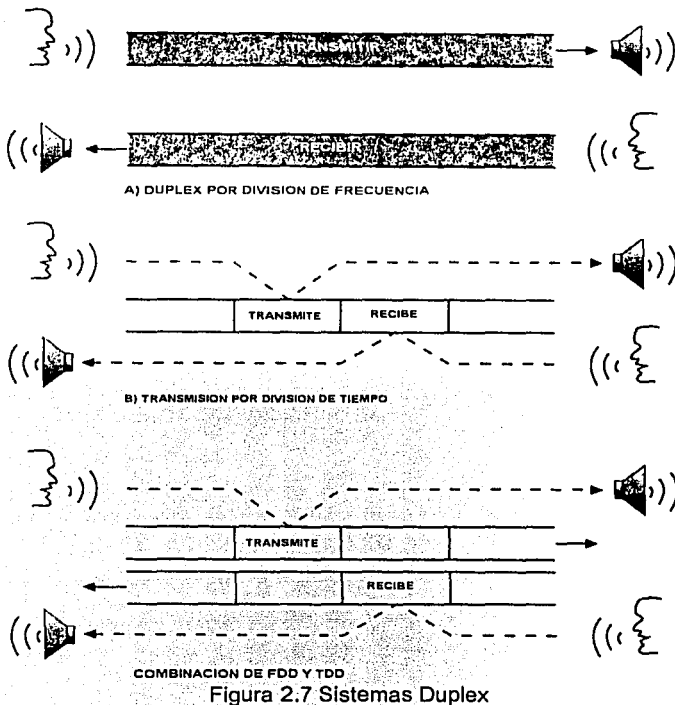
### Operación Duplex

Para permitir la aparentemente simultánea transmisión y recepción, un teléfono móvil utiliza los sistemas duplex por división de frecuencia (FDD) o duplex por división de tiempo (TDD).

El sistema FDD permite a un transmisor y receptor trabajar simultáneamente en diferentes frecuencias. Los sistemas FDD deben separar la energía de transmisión del receptor. Esto es posible por el uso de dos antenas separadas por una cierta distancia y, o tener un filtro conectado en el receptor y transmisor para bloquear frecuencias a y desde el receptor.

TDD usa diferentes ranuras de tiempo para transmitir y recibir para no permitir el traslape de las señales. Cuando el transmisor está operando, el receptor está apagado. Los sistemas TDD deben ser diseñados para usar la misma frecuencia de radio en ambas direcciones. Esto simplifica el diseño y reduce el número de componentes en el transmisor/receptor de radio. Esto además permite a la unidad base el uso de un complejo y sofisticado ecualizador adaptivo para optimizar el desempeño de la transmisión de radio en ambas direcciones, sin la necesidad de poner capacidades similares en la unidad móvil. La desventaja del uso de la misma frecuencia para transmitir y recibir es la coordinación de los periodos de tiempo. Si el sistema TDD permite al teléfono móvil transmitir inmediatamente después que este ha recibido un slot de tiempo, el tiempo de retardo puede ocasionar un traslape con otro slot de tiempo. El tiempo de retardo para sistemas de corto rango no es un problema, sin embargo en sistemas con células de grandes áreas (arriba de 2 a 3 Km.), el tiempo de retardo puede causar interferencias con otros slots. Un método utilizado para resolver este problema es diseñar el teléfono móvil para tener un transmisor ajustable por tiempo.

Muchos de los sistemas celulares de gran rango combinan operaciones FDD y TDD. Esto guarda una localización de frecuencia similar (frecuencia dual) que es usada por sistemas analógicos. En la figura 2.7 se muestran los diferentes sistemas duplex.



### AMPS (Advanced Mobile Phone Service)

Desarrollado por laboratorios Bell, AMPS es la tecnología usada en norte, centro y Sudamérica, el Caribe, parte del sureste de Asia y Rusia, así como Australia y Nueva Zelanda. Esta tecnología es un servicio analógico que opera en el rango de frecuencias de 800 MHz. Los originales 666 canales disponibles en AMPS fueron incrementados a 832 canales en 1988. Estos 832 canales son divididos de igual manera en dos bloques, bloque A y bloque B.

FDMA es el estándar celular analógico, la figura 2.8 muestra el arreglo de acceso por división de frecuencia asociado con el uso del canal de control.

1988  
FALLA DE ORIGEN



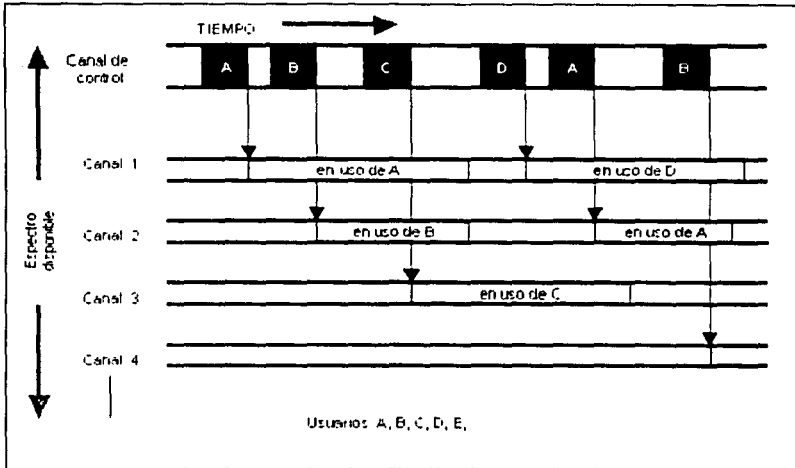


Figura 2.8 Arreglo de acceso en AMPS

Debido a que AMPS es un sistema analógico, el modo de operación está basado en FDMA, en el cual cada canal de FDMA es usado por un sólo transceptor de FM móvil. Esto se logra por una división de 12.5 Mhz en 416 canales de FDMA de banda angosta de 30 KHz. cada uno (para el ES)

De los 416 canales, 21 canales son utilizados como canales de control, los 395 canales restantes son utilizados como canales de voz. Dado que la comunicación en AMPS es un sistema full-duplex, lo cual significa que es una transmisión simultánea que toma lugar en ambas direcciones, se tienen identificadas estas transmisiones como forward path o downlink transmission y reverse path o uplink transmission, y se comporta como se muestra a continuación en la figura 2.9.

El forward path está compuesto por dos canales de comunicación:

1. Forward Control Channel (FCC).
2. Forward Voice Channel (FVC).

De manera similar el Reverse path se compone de:

1. Reverse Control Channel (RCC)
2. Reverse Voice Channel (RVC)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

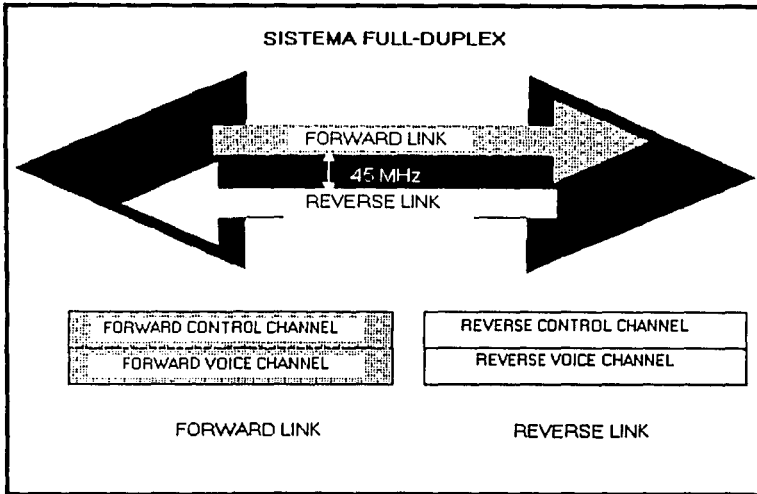


Figura 2.9 Forward Link y Reverse Link

Los canales de control son utilizados para asignación de canales, rastreo, mensajes, etc., y los canales de voz son utilizados para las conversaciones. Una banda de seguridad de 45 Mhz esta colocada entre el Forward Path y el Reverse Path, para evitar la interferencia entre ellos. Una radio adicional, conocido como Locate Receiver (LR) es utilizado en la radio base para localizar los móviles que se encuentran al interior de la célula o sector. Este radio es usado como scanning receiver (explorador receptor) donde el transmisor es deshabilitado. Esto es usado para medir la fuerza con que las señales del móvil son recibidas sobre un comando receptor mandado desde el MSC. Las medidas de la fuerza de la señal son utilizadas para determinar la célula candidata para una posible transferencia de llamada (hand off). Las bandas de frecuencia en AMPS, están colocadas según las regulaciones autorizadas. Cada banda (A y B) ocupa 12.5 MHz, de los cuales 10 MHz son del NES y 2.5 son del ES. Existen entonces 333 canales por banda en el NES y 83 canales adicionales en el ES para un total de 416 canales en cada banda. Esquemáticamente podemos verlo en la figura 2.10

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

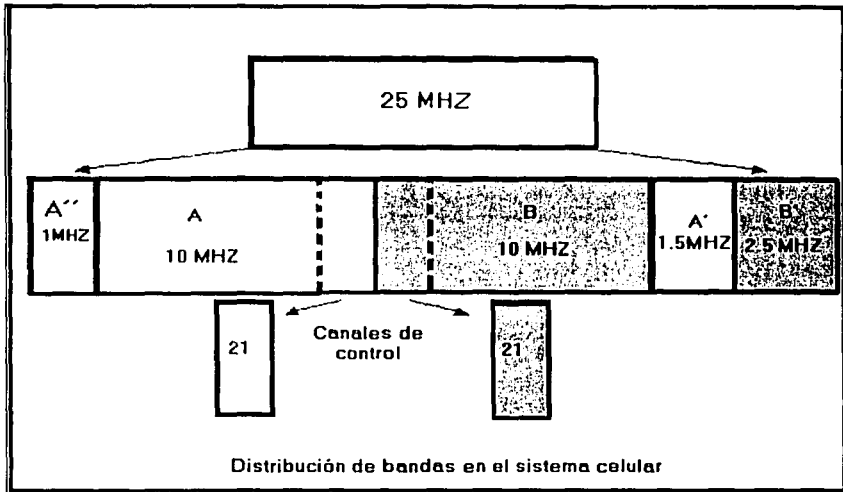


Figura 2.10 Bandas en el sistema celular

Los tipos de canales se muestran en la tabla 2

Sistema	Número de canales	Asignación de canales	BW MHz	Tipo
A	333	1- 333	10	NES
B	333	333- 666	10	NES
A'	50	666- 716	1.5	ES
B'	83	716- 799	2.5	ES
A''	33	991- 1023	1	ES

Tabla 2 Tipos de canales

La asignación de frecuencias esta relacionado con el número de canales de la siguiente forma:

	Frecuencia de transmisión	Frecuencia de recepción
NES	$(0.03N+870)$ MHz	$(0.03N+825)$ MHz
ES	$0.03(N-1023)+870$ MHz	$0.03(N-1023)+825$ MHz

Tabla 3 Asignación de frecuencias

. TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Donde N es el número de canal (N = 1, 2, ..., 1023).

Debido a esto, por conocimiento del número de canal el par asociado de frecuencia puede obtenerse desde la ecuación anterior correspondiente.

### Canal de Control

El canal de control celular esta formado por el Forward Control Channel (FOCC) y el Reverse Control Channel (RECC) sobre los cuales tiene lugar la transmisión de datos entre la radio base y el móvil. Para evitar interferencia entre el FOCC y el RECC existe una separación de banda de seguridad de 45 Mhz. Los 21 canales de control que existen, tanto en la Banda A como en la Banda B, transportan datos de información la cual transmiten por medio de una modulación FSK con  $\pm 8$  KHz. de desviación de frecuencia. El FOCC es transmitido desde la radio base hacia el móvil para voiceo, asignación de canal, etc.

La transmisión de datos sobre el FOCC esta basada en la codificación de 28 bits de control en un código BCH (40, 28, 5). La palabra codificada es entonces transmitida por medio de una modulación FSK con  $\pm 8$  KHz. de nivel discreto de frecuencia de desviación para representar 1 y 0. En la parte de recepción la señal de RF es demodulada, decodificada y los datos originales son recobrados.

Debido que es un canal de radio, los datos recuperados son distorsionados por el ruido, interferencia, etc. Como resultado, la información es sujeta a una degradación, causando la reducción en la capacidad del FOCC. El RECC es transmitido desde el móvil hacia la Radio Base para originar una llamada. También esto es llamado como acción de "acceso a canal", el cual es usado por el móvil para accesar un teléfono de la PSTN u otro móvil. La transmisión de datos sobre el RECC esta basada en la codificación de 36 bits de control en un código BCH (48, 36, 5). Esto significa que si en la palabra decodificada se encuentran más de dos errores, ya sea por ruido, interferencia, etc, una alarma será generada y la palabra será declarada inválida, reduciendo así la capacidad del RECC. Tanto el RECC como el FOCC son full-duplex y operan de manera coordinada.

La transmisión de datos sobre el canal de control, esta basado en la modulación FSK con  $\pm 8$  KHZ de nivel discreto de frecuencia de desviación. En esta técnica, la portadora asume una frecuencia para el símbolo binario 1 y otra frecuencia para el símbolo binario 0. Esto se representa como:

$$\begin{aligned} S_1(t) &= A \cos(\omega_0 + \Delta\omega_0) t \text{ para binario 1} \\ S_2(t) &= A \cos(\omega_0 - \Delta\omega_0) t \text{ para binario 0} \end{aligned}$$

Donde  $\omega_0$  es la frecuencia portadora sin modular. Así, sobre la aplicación de la señal binaria de entrada, la portadora regresa y va desde la frecuencia nominal

$\omega_0$  por una suma  $\pm \Delta \omega_0$  donde  $\Delta \omega_0 = 8 \text{ KHz}$ . Un número infinito de bandas paralelas son generadas durante este proceso. De cualquier forma, los residuales están siempre presentes; estas señales residuales crean un incremento en la interferencia de canal adyacente.

### Descripción del FOCC

El FOCC es una secuencia continua de datos a 10 Kbps enviada desde la Radio Base hacia el móvil. Esta empieza con una palabra de sincronía de 10 bits para sincronización de bit, seguido por una palabra de sincronización de 11 bits para sincronización de frame. Después de la palabra de sincronía, hay tres secuencias de información únicas:

1. Secuencia A = MIN (si LSB = 0)
2. Secuencia B = MIN (si LSB = 1)
3. BIS = Secuencia busy/idle (ocupada/desocupada); busy= 0, idle = 1.

El bit BIS es fijado en la secuencia de dato A-B (un bit busy/idle cada 10 bits de datos). Esto indica si el RECC esta ocupado o no. La longitud del frame es de 42.1 ms. Donde el bit BIS se repite a 1 Kbps. Esto se muestra en la figura 2.11.

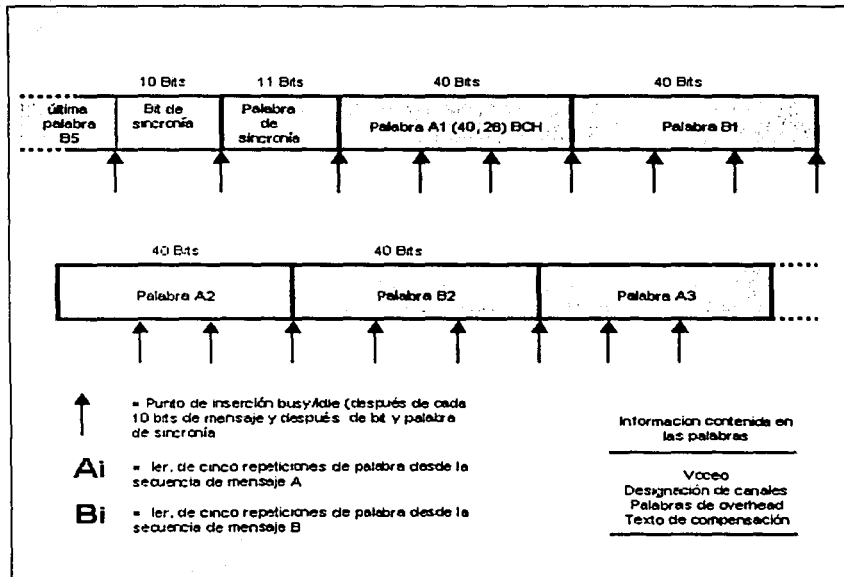


Figura 2.11 Señalización del canal de control

TEST CON  
FALLA DE ORIGEN

## Canal de Voz

El canal de voz en AMPS esta compuesto por el forward voice channel (FOVC) y el reverse voice channel (REVC), sobre los cuales la transmisión de voz y señalización entre la radio base y las unidades móviles toman lugar. La separación entre el FOVC y el REVC es de 45 Mhz. Como se había explicado anteriormente, AMPS cuenta con 395 canales de voz; todos los canales de voz portan de manera análoga la voz y señalización, así como la transmisión de datos de información. Es importante hacer notar que la voz y la señalización toman lugar en el dominio análogo (FM) y la transmisión de datos toma lugar en el dominio digital (FSK) durante el procedimiento de hand off. Este período, que comprende entre aproximadamente 100 ms a 200 ms, durante el cual, la voz se deja de transmitir y el canal se convierte en un canal digital con modulación FSK, es similar al canal de control, como puede verse en la figura 2.12.

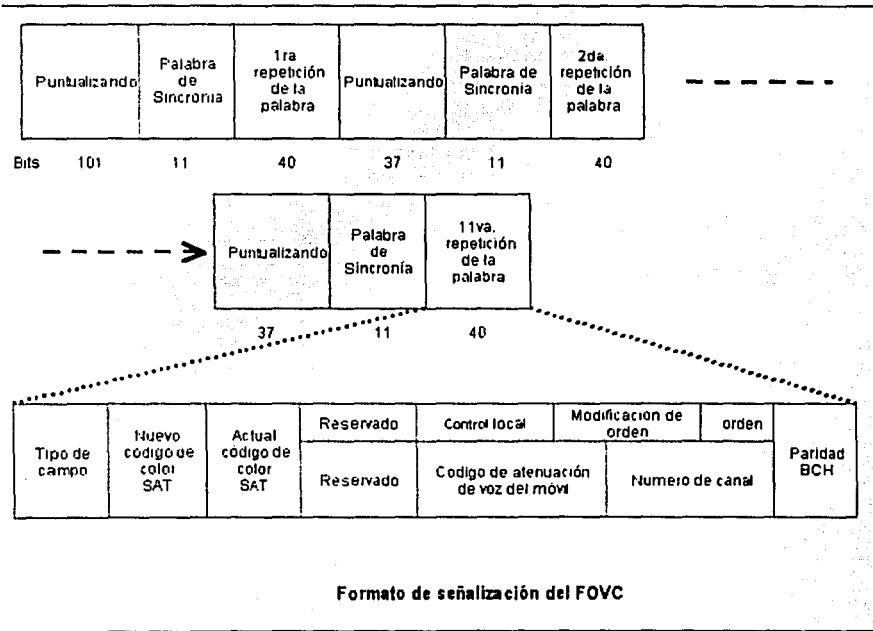


Figura 2.12 Señalización del canal de voz

TRAMA CON  
FALLA DE ORIGEN

Cada par de canales de voz soporta una conversación a la vez. Existen cuatro diferentes tipos de señales que son transmitidas sobre el canal de voz durante el curso de una llamada celular. Estas son:

1. Señal de voz
2. SAT (supervisory Audio Tone)
3. ST (signaling Tone)
4. Datos

El SAT y el ST están fijos en el canal de voz (FM multitono). Durante aproximadamente 200 ms, la voz es silenciada para llevar a cabo el proceso de hand off y el canal es modulado en FSK, hasta que el hand off sea completado.

En el lado de la transmisión, las señales de voz son comprimidas primero en un compresor silábico 2:1 y luego moduladas por un modulador de FM con  $\pm 12$  Khz. de frecuencia de desviación. En el receptor, las señales que llegan son demoduladas y descomprimidas a 1:2 para recuperar la voz original. Por medio de circuitos preemphasis y deemphasis (pasa altas y pasa bajas), se tienen unas respuestas de frecuencia de 6 dB/octava, que son utilizadas para mejorar la transmisión de FM.

## SAT y ST

### SAT (Supervisory Audio Tone)

El SAT es transmitido sobre el canal de voz de envío (base a móvil) y retransmitido por el móvil de regreso a la base. Su propósito es indicar la continuidad de la conversación. La pérdida de SAT indica la terminación de la llamada y el handoff. Únicamente tres frecuencias SAT están disponibles (5970, 6000 y 6030 Hz). Cada SAT está asignado a un grupo de células de manera tal que el mismo SAT no es usado en un canal reutilizado. Las frecuencias del SAT distinguen áreas de co-canales. Las características del SAT se resumen en la siguiente lista:

- Cada estación de base tiene asignado un tono SAT
- El tono SAT es transmitido sobre el canal de voz
- La unidad móvil detecta el SAT y transmite el mismo SAT a la estación base
- El SAT continúa durante la llamada
- Si el SAT es diferente al SCC (código de color SAT), la voz es silenciada
- Si el SAT es invalidado, el transmisor se apaga
- Si ningún SAT es recibido dentro de los 5 segundos, el transmisor se apaga

## Tono de Señalización (ST)

Un ST (*Signaling Tone*) de 10-Khz. es transmitido por el móvil sobre el canal de voz del móvil a la base para reconocer ciertos comandos recibidos de la estación base. Esto es similar al tono de señalamiento a distancia usado en los sistemas de teléfono convencional. Una ráfaga de 50-ms de TS indica un reconocimiento de handoff.

## Transmisión del SAT sobre el Canal de Voz

Durante el handoff, el canal de voz de frecuencia modulada momentáneamente se convierte en un canal digital FSK-modulado, similar a un canal de control. Una transmisión de datos de 10-Kbps toma lugar entre la base y el móvil por la asignación de canal y señalamiento. Los tonos de voz, SAT y TS son apagados durante este proceso. Una vez que la asignación del canal es terminada, la conversación regular se resume. Este proceso dura aproximadamente 200 ms y la transmisión de voz es eliminada, lo cual puede ser oído como un ruido de "click" durante una conversación.

## Estructura del Canal de Voz durante el handoff

Durante el hand off ocurren los siguientes pasos:

- Durante el proceso de handoff, el canal de voz es usado para señalamiento (SAT de asignación de canal).
- Modulación: FSK con desviación de  $\pm 8$  Khz. (similar al canal de control).

## Localizando el móvil

Para mantener la buena calidad en el servicio de voz y transmisión de datos, una proporción S/I del usuario del móvil es monitoreada en el área de la célula cada pocos segundos. Esto alternativamente monitorea la interferencia cocanal. Cuando inicialmente se establece la llamada, el móvil localiza el área de la célula adecuada, escaneando todos los canales del control y selecciona el de más alta calidad (proporción S/N alta). Después de que se establece una llamada, el móvil puede salirse del área original de servicio. En esta forma puede llegar a ser necesario volver a mandar la llamada original a través de la nueva célula, la localización de la cual con respecto al móvil proporciona una mejor calidad de señal. Este proceso de desviar la llamada de una célula a otra es conocido como hand-off y es ejecutada bajo el control del MSC. Este proceso hand-off puede ocurrir varias veces hasta que el móvil termina la llamada. El sistema celular tiene



las siguientes características, las cuales dependen de la lógica para el diseño de un plan de localización móvil.

- No se requiere un grado muy alto de exactitud en la localización del móvil. En otras palabras, es tolerable un pequeño porcentaje de inexactitud en el radio cubierto.
- Es necesaria una medida comparativa más que absoluta de la posición o distancia de la célula. Una vez que la identidad de una zona que contiene el móvil es establecida, no se requiere una medición más precisa.
- Un móvil en la célula de servicio (Célula A) esta en conversación con un teléfono terrestre sobre la frecuencia de canal fa.
- Ya que el móvil se mueve hacia la Célula B (la célula candidata), su nivel de señal recibida (RSL) de la célula de servicio cae. El RSL es monitoreado por un receptor de localización en la célula. Cada célula tiene un receptor de localización para este propósito.
- Cuando el RSL cae debajo de un límite, determinado por el que proporciona el servicio, la estación base informa al MSC de este evento. El MSC pregunta a todas las estaciones base adyacentes para medir la fuerza de la señal del móvil en cuestión.
- El MSC recibe todos los valores RSL de las bases adyacentes y mantiene las estadísticas.
- Cuando la señal del móvil se hace más fuerte en una base adyacente, el MSC dispone de un nuevo canal (fb) de la célula candidata e informa a la base de servicio de esta acción. La base de servicio envía un mensaje digital al canal actual de voz avisando al móvil se desvíe a la frecuencia fb, la cual pertenece a la célula candidata, Célula B.
- El MSC también dispone de este nuevo canal para desviar al teléfono terrestre.
- El proceso completo requiere aproximadamente 200 ms. La voz es apagada durante este periodo, la cual puede ser oída como un "click" por oídos humanos.

## Capítulo III.- Segunda generación (GSM)

### Historia

La segunda generación de sistemas celulares usa canales de radio digitales tanto para voz, como para control. Los sistemas de segunda generación típicamente usan más eficientemente las tecnologías de modulación, se incluyen en esta generación los sistemas GSM (Global System for Mobile communications), IS-95 (Code Division Multiple Access), y IS-136 TDMA (Time Division Multiple Access).

Los canales digitales de radio ofrecen un sistema universal de transmisión de datos, el cual puede ser dividido en varios canales lógicos que pueden ofrecer diferentes servicios, algunos de estos canales lógicos son utilizados con propósitos de control, y algunos otros para transmisión de voz y datos.

Dado que los sistemas digitales utilizan un canal común de comunicación de datos, es posible agregar características avanzadas más fácilmente. Nuevas características como SMS (short Messaging Service) y buscadores en la red pueden ser frecuentemente agregados por simples cambios de software al sistema o al teléfono inalámbrico. Cuando el software del teléfono inalámbrico requiere una actualización, algunas de estas pueden ser transmitidas directamente al teléfono sin tener que notificar al usuario.

Todos los sistemas 2G han mejorado la autenticación y las capacidades de privacidad de voz. Esto ha reducido fuertemente los usos fraudulentos de los teléfonos móviles. Las ventajas del procesamiento digital de señales en los equipos móviles son la facilidad para la autenticación (identificar validación) y códigos de encriptación necesarios para estar seguros que el usuario autorizado esta usando el servicio y otra persona no puede escuchar la conversación.

La tecnología celular digital incluye la combinación de procesamiento digital de señales con tecnología de radio celular. La tecnología digital de radio fue desarrollada para permitir que más usuarios fueran atendidos con la reducción del número de torres y permitir la introducción de características avanzadas.

Algunas de las principales tecnologías asociadas con la radio digital incluyen el acceso a tecnologías usadas para coordinar a múltiples usuarios en la red, procesamiento digital de señales, aplicaciones celulares expandidas y diferentes tipos de servicios.

En la tabla 1 se presentan varios sistemas PCS que son utilizados alrededor de todo el mundo, los estándares más utilizados para PCS son DCS-1900, IS-95, IS-661, y IS-136. DCS-1900 utiliza un formato GSM y es una versión localizada arriba en la frecuencia que el sistema DCS-1800. IS-95 es el estándar CDMA. El estándar IS-136 que utiliza el sistema TDMA, y el IS-661 es un sistema Duplex por División de Tiempo.

	IS-136	IS-95	DCS1800 (GSM)	DCS1900 (GSM)	IS661
Transmisión de base Mhz	1930-1990	1930-1990	1805-1880	1930-1990	1930-1990
Recepción de base	1850-1910	1850-1910	1710-1785	1850-1910	1850-1910
Método de acceso múltiple	TDM A /FDM A	CDMA/FDM A	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	TDD
Modulación	PI/4D PSK	QPSK	0.3 GMSK	0.3 GMSK	QPSK
Ancho Del canal	30 Khz.	1.25 Mhz.	200 Khz.	200 Khz.	5 Mhz
Usuarios por canal	3	64	8	8	64
Número de canales	166/32/498	4-12	325	25/50/75	2-6
Codificación	ACELPT/VCELEP	CELEP	RELPLTP/ACELP	RELPLTP/ACELP	CELP
Localización de espectro	10/20/30 Mhz	10/20/30 Mhz	150 Mhz	10/20/30 Mhz	10/20/30 Mhz

Tabla 1 Sistemas de segunda generación

La tecnología digital de radio es desarrollada en un sistema PCS primariamente para incrementar la calidad y capacidad de los sistemas inalámbricos sobre su contraparte analógica. El uso de técnicas de modulación digital habilita a los sistemas inalámbricos para trasportar más bits/Hz de lo que es posible con medios analógicos en el mismo ancho de banda. Sin embargo, el servicio ofrecido por la segunda generación es principalmente servicio de voz.

En la figura 3.1 se muestra la representación en diagramas de bloques de las diferencias entre un sistema analógico y digital de radio.

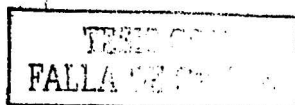
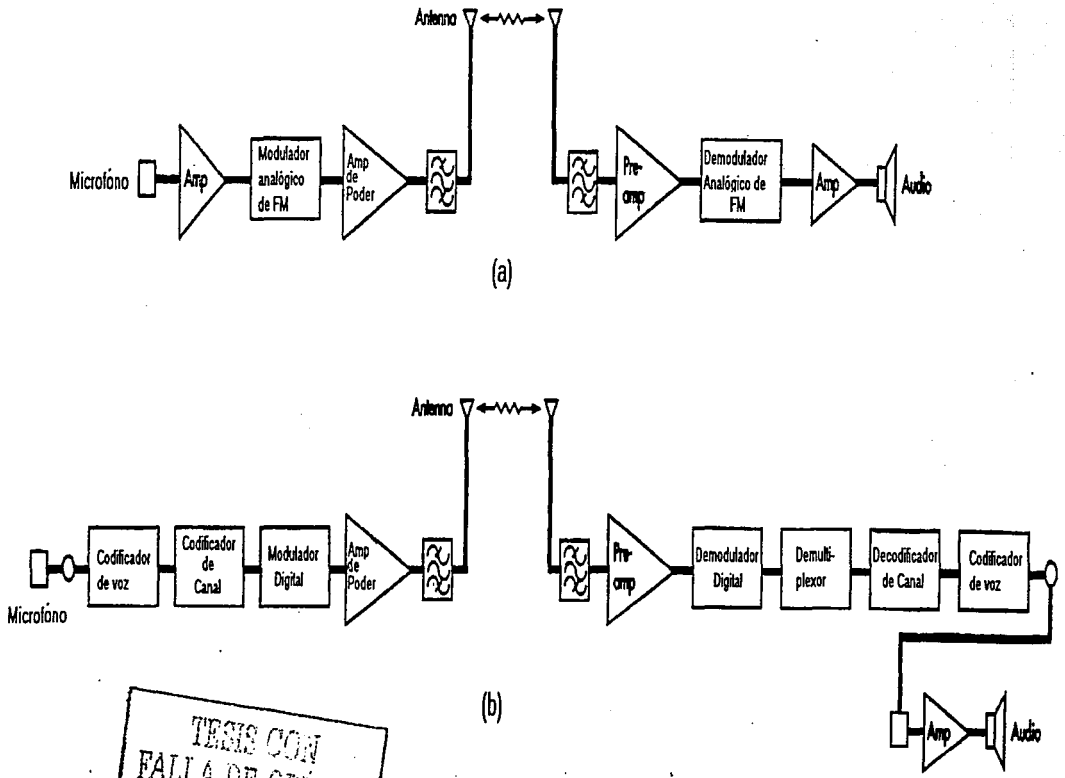


Figura 3.1 (a) Sistema analógico (b) Sistema digital



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Revisando la parte digital de radio del diagrama, el contenido inicial de información, usualmente voz, es captada por el micrófono en la sección de transmisión. La voz después es procesada en un Vocoder, el cual convierte la información de audio en una secuencia utilizando un esquema de codificación para minimizar la cantidad de bits necesaria para representar el audio. Los datos digitalizados van después a un codificador de canal que toma los datos del Vocoder y codifica la información aún más. La información en el canal codificado es después Modulada en un canal de RF utilizando alguno de los diversos formatos de modulación, y el canal modulado de RF es luego amplificado, y pasa a través de un filtro para ser transmitido por la antena.

El receptor, a una cierta distancia del transmisor, recibe el canal modulado en RF a través del uso de su antena, de la cuál pasa después la información a un filtro y después a un preamplificador. El canal modulado en RF es posteriormente bajado a una frecuencia intermedia apropiada en el demodulador. La información demodulada es enviada a un decodificador de canal que realiza la operación inversa al codificador de canal en el transmisor. La información digital es mandada a un Vocoder para la reconstrucción de la información de voz. El Vocoder convierte el formato digital en un formato analógico, el cuál pasa a un amplificador de audio conectado a un altoparlante para poder ser escuchado al final del camino.

#### Atributos de la tecnología digital

Muchas de las nuevas tecnologías celulares usan la tecnología de voz digital para alcanzar las metas de la siguiente generación. La tecnología digital incrementa la eficiencia de los sistemas gracias a la digitalización de voz, compresión de voz, codificación del canal, y uso de modulación espectralmente eficiente.

#### Regeneración de la señal digital

Como una señal de radio pasa a través del aire, distorsión y ruido entran a la señal. Una señal digital puede ser procesada para realzar su resistencia a la distorsión en tres formas: regeneración de señal, detección de error, y corrección de error. La regeneración de señales digitales remueve la distorsión y ruido adherido creando una nueva señal sin ruido de ningún tipo. La detección de errores determina si en el canal de radio se han excedido las tolerancias de distorsión. La corrección de errores usa bits extras provistos en la señal original para recrear bits correctos de bits incorrectos.

La figura 3.2 muestra como el ruido (b) sumado a una señal digital (a), gracias al uso de un detector de umbrales ON/OFF (c), puede ser regenerada la señal original (d).

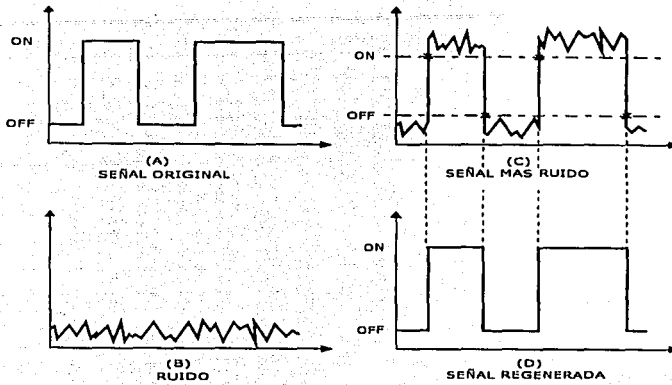
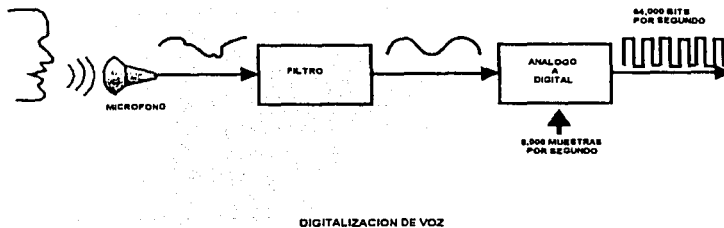


Figura 3.2 Regeneración de una señal digital

### Digitalización de señales

En la figura 3.3 se ilustra la conversión de una señal analógica a digital. La voz entra al micrófono creando una señal analógica. Un filtro de audio paso-banda es usado para remover altas y bajas frecuencias que pueden interferir con el proceso de digitalización. La señal filtrada es después muestreada 8000 veces por segundo. Esta frecuencia de muestreo es un estándar en la industria de telefónica. Por cada muestra, un valor de 8 bits es creado. Los resultantes 64,000 bits por segundo (64 Kbps) representan la voz.



DIGITALIZACION DE VOZ

Figura 3.3 Digitalización de voz

Alrededor de 64 Kbps de datos son requeridos para una digitalización razonable de una forma de onda de voz. Dado que la transmisión de una señal digital vía radio requiere cerca de 1 Hz de ancho de banda por cada bit por segundo (bps), una señal de voz no comprimida debe requerir más de 64 KHz. de ancho de banda. Sin compresión, este ancho de banda haría las transmisiones digitales menos eficientes que las analógicas de FM, las cuales utilizan sólo de 25 a 30 KHz. Por lo que una muy alta compresión de voz es necesaria para incrementar la capacidad del sistema celular. La compresión de voz remueve redundancia en la señal digital y tentativamente ignora patrones de datos que no son característicos de la voz humana. El resultado es una señal digital que representa el contenido espectral de la frecuencia de audio de la voz, no una forma de onda.

La digitalización y codificación de voz toma un tiempo de procesamiento. Típicamente, cuadros de voz son digitalizados cada 10-20 mseg y entran al codificador de voz. El muestro digital, proceso de compresión de la señal, tiempo en el canal de radio, y el proceso de descompresión en el receptor, pueden agregar alrededor de 50-100 mseg de retraso a la señal de voz transmitida.

### Codificación del canal digital de radio

Una vez que la señal digital de voz es comprimida, bits de información de control deben ser agregados a lo largo con bits extras para protección de errores que deben ser introducidos durante la transmisión de radio. Tres tipos de códigos de protección de errores son utilizados en sistemas inalámbricos: códigos de bloque, códigos de chequeo de redundancia cíclica (CRC) y códigos convolucionales (continuos). La codificación del canal también combina mensajes de control con información de voz. Los mensajes de control son multiplexados en un tiempo cualesquiera (simultáneos) o reemplazar (blank and Burst) la información de voz. La codificación de bloque y el CRC añaden bits extras en el final de un bloque de datos de información. Estos bits permiten al receptor determinar si todos los bits de información fueron recibidos correctamente. Los códigos convolucionales producen una nueva y larga cadena de bits por combinación de datos con otra cadena de bits predeterminada en un proceso análogo a la multiplicación numérica.

Los codificadores convolucionales están descritos por la relación entre el número de bits que entran y dejan el codificador. Por ejemplo, un codificador convolucional con una relación de  $\frac{1}{2}$  genera dos bits por cada bit que entra. Con esta relación más grande, hay más redundancia y mejor protección de errores. Una relación de  $\frac{1}{4}$  tiene más capacidad de protección de errores que uno de  $\frac{1}{2}$ .

La generación de paridad CRC divide un dato binario dado por un número predeterminado. El resultado de esta división es agregado al dato para compararlo cuando sea recibido. El proceso de la división es repetido en el dato en el receptor y el cociente es comparado, si los cocientes no coinciden, entonces un error ha ocurrido y ciertos patrones de errores pueden ser corregidos. En la figura 3.4 se muestra detección de error por bloque y un sistema de codificación convolucional.

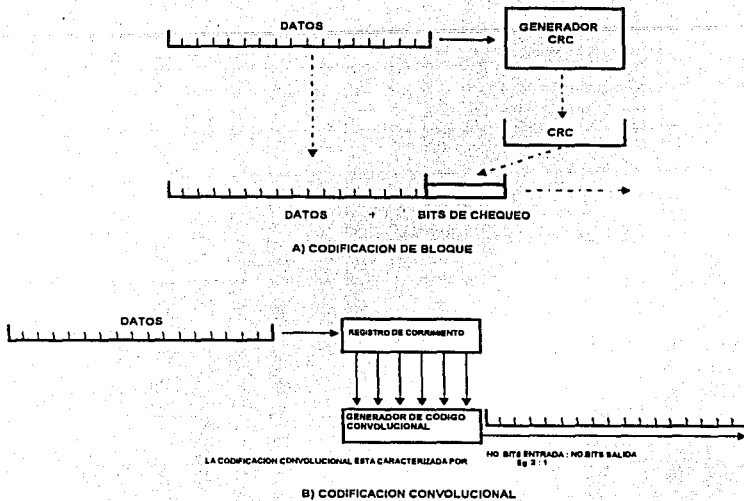


Figura 3.4 Codificación de bloque y convolutiva

Las señales de control deben estar colocadas en un lugar cualesquiera a lo largo de la señal de voz, o reemplazando puntos de la información de voz. Hay dos tipos básicos de señalizaciones de control, rápidas y lentas. Las señalizaciones lentas típicamente mandan medidas continuas de la calidad del canal por ejemplo fuerza de las señales y un reporte de estado del número de bits recibidos erróneamente en los últimos cuadros.

Las señales rápidas primariamente mandan mensajes de asignación del canal que deben ser actuados rápidamente. Los mensajes rápidos reemplazan la información de voz. En la figura 3.5 podemos ver el proceso lento y rápido de los mensajes de señalización.

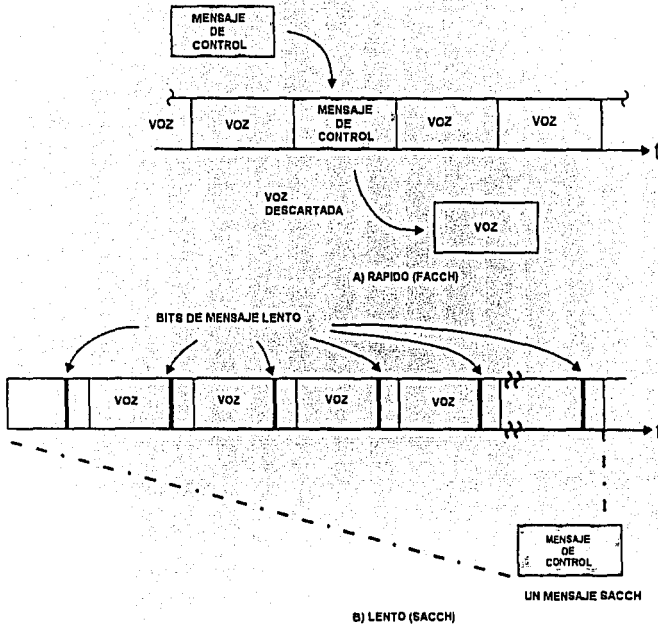
### Modulación

Modulación es el proceso de usar una señal de información (señales de voz o datos) para cambiar la amplitud, frecuencia, o fase de una señal de radiofrecuencia (canal). Los celulares analógicos típicamente usan modulación de frecuencia (FM), y las tecnologías digitales usan frecuentemente una forma de modulación de fase (PM). Frecuencia modulada es el proceso de desplazamiento de la frecuencia de radio en proporción a la amplitud (voltaje) de la señal de

TRÁS CON  
FALLA DE ORIGEN



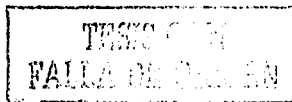
entrada. La modulación de fase es un resultado del avance en el tiempo o retardo de la señal de radio frecuencia para introducir cambios de fase en específicos puntos en el tiempo.



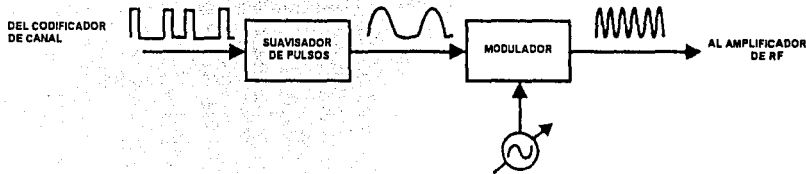
### SEÑALIZACIÓN DE MENSAJE RÁPIDO Y LENTO

Figura 3.5 señalización de mensajes

La figura 3.6 muestra un circuito básico de modulación digital. La señal digital es reemplazada por un pulso tallado. Este pulso tallado ajusta (suaviza) los bordes para que los cambios abruptos de los pulsos de la señal digital no lleven al modulador a producir energía fuera del ancho de banda disponible. El modulador



convierte estos pulsos en una señal de RF de bajo nivel que cambia en fase lo que representa uno o más pulsos digitales.



#### MODULACION DEL RADIOCANAL

Figura 3.6 Proceso de Modulación

#### Amplificador de RF

El amplificador de RF incrementa la señal de RF de bajo nivel del modulador a una señal de RF de gran poder lista para ser transmitida a través de la antena. Es aceptable para el uso de tecnologías celulares analógicas el uso de un muy eficiente amplificador de RF del tipo llamado clase C, el cual agrega algo de distorsión en el proceso de amplificación. Desafortunadamente, las tecnologías digitales no pueden aceptar este tipo de distorsión, y por ello utilizan amplificadores más lineales. La eficiencia de la batería en la conversión de energía para amplificadores lineales es 30 a 40% comparada con 40 a 55% de los amplificadores en los teléfonos celulares analógicos. Los amplificadores analógicos requieren más poder de la batería para producir la misma energía de RF en la salida durante la transmisión. Las tecnologías digitales superan esta limitación al transmitir por periodos muy cortos de tiempo, o precisamente controlando la potencia a transmitir en una potencia media más baja de la salida.

#### Señalización

Señalización es el proceso físico de transferir información de control a y desde el teléfono móvil. Las señales de control se deben mandar junto a la información del usuario en un canal separado lógico o físico, por señalización blank-and-burst o dim-and-burst.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Canales de control

Un canal de control en un sistema inalámbrico es un canal de radio o porción de canal de radio que es dedicado a mandar y/o recibir mensajes de control entre la estación base y los teléfonos móviles. Los mensajes de control pueden incluir paginación (alertas), control de acceso (asignación de canal) y sistemas de difusión (parámetros de acceso y sistemas de identificación). Los canales de control pueden ser físicamente separados o canales lógicos.

Los canales físicos son creados al dividir los recursos de un sistema inalámbrico (espectro de radio) en frecuencias separadas o códigos digitales que son especialmente estructurados para intercambiar información entre las estaciones base y los teléfonos móviles. Un canal lógico es una porción de un canal físico de comunicación que es usado para un propósito determinado de las comunicaciones. Los sistemas de tercera generación usan ambos, dedicados y lógicos para el intercambio de mensajes de control.

## Blank y Burst

La señalización Blank y burst reemplaza datos de voz con mensajes de señalización. La transmisión de mensajes blank-and-burst degrada la calidad de voz porque reemplazan cuadros de voz con información de señalización. Cuando esta señalización es usada, la voz repetirá el sonido generado por el cuadro previo bueno de voz digital codificada, así la degradación de la calidad por un solo reemplazo es casi imperceptible. La figura 3.7 ilustra esta señalización:

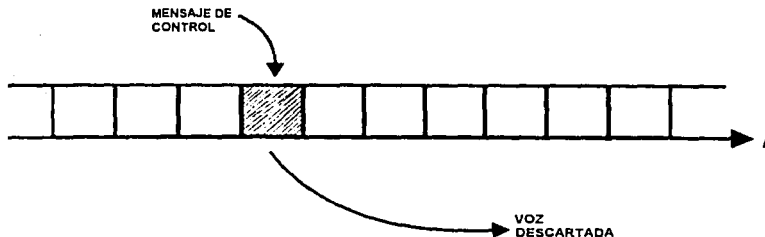


Figura 3.7 Señalización Blank y Burst

## Dim y Burst

Dim y burst inserta mensajes de control cuando la actividad de voz es baja. Es posible reducir la tasa de codificación de voz digital ya que algunos de los bits no usados pueden ser re-asignados para mensajes de control. Porque todos los bits de datos no están disponibles para el mensaje de control, esto puede tomar varios

cuadros para enviar un solo mensaje. Sin embargo, con tiempos cuidadosos de envío de mensajes dim-and-burst (por ejemplo durante periodos de baja actividad de voz), el efecto de degradación de mensajes dim-and-burst en la voz es prácticamente imperceptible. En la figura 3.8 se ilustra un mensaje dim-and-burst.

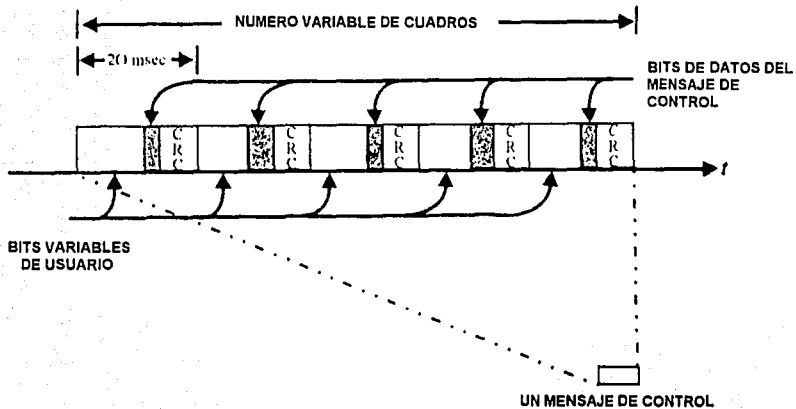
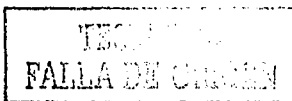


Figura 3.8 Señalización Dim y Burst

### Sistema GSM

A lo largo de la década de los años ochentas se fueron implementando en Europa sistemas analógicos de telefonía móvil pública celular con distintos estándares: NMT (países nórdicos), Radiocom. 2000 (Francia), TACS (reino unido, España), C (Alemania), incompatibles entre si, por lo que los ámbitos de servicio se circunscribían al territorio de cada país. La tecnología analógica utilizada limitaba la calidad, características y tipos de servicios que podían ofrecerse y los abonados debían aceptar pasivamente las escasas prestaciones que estas redes publicas les ofrecían, además todavía en esta época, la mayoría de los servicios de telecomunicaciones, entre ellos la telefonía, se prestaban en régimen de monopolio por parte de un único operador, por lo que la inexistencia de competitividad apenas estimulaba el crecimiento de la telefonía móvil. Pese a todo, ya se entreveía un gran porvenir para los servicios móviles, pero ese posible desarrollo tendría que apoyarse en algunas líneas directrices, tales como:

- Utilización de una norma universal que permitiera a los usuarios establecer/recibir llamadas desde cualquier país.



- Como consecuencia de lo anterior, las economías de escala permitirían abaratar el precio de los teléfonos móviles al existir un mayor mercado.
- Liberalización de las comunicaciones móviles, con la competitividad subsiguiente dinamizadora de su evolución.
- Concesión de protagonismo a los usuarios, de forma que el desarrollo tecnológico siguiera las tendencias del mercado y exigencias de los usuarios.
- Utilización de una tecnología que brinde un grado de calidad adecuado y permita la evolución y el enriquecimiento de las prestaciones.

Dentro de la comunidad europea se asentaron estas ideas y como fruto de ellas se constituyó en 1982, en el marco de la CEPT (conférence européenne des postes et telecommunications), el llamado groupe special mobile (GSM) con el mandato de preparar el estándar de un sistema de telefonía móvil público paneuropeo destinado a un mercado potencial, que se estimaba en unos 10 millones de usuarios en Europa para el año 2000.

La norma a desarrollar debería especificar unas interfaces básicas entre las unidades funcionales del futuro sistema de forma que pudieran construirse las redes con equipos de diferentes fabricantes. A la vez debería dejar abiertas posibilidades para que estos pudieran ofrecer prestaciones adicionales.

El grupo GSM definió una serie de requisitos básicos para el nuevo sistema, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Itinerancia internacional dentro de los países de la comunidad europea.
- Tecnología digital.
- Gran capacidad de tráfico
- Utilización eficiente del espectro radioeléctrico
- Empleo de sistemas de señalización digitales.
- Servicios básicos de voz y datos
- Amplia variedad de servicios telemáticos
- Posibilidad de conexión con la ISDN
- Seguridad y privacidad en la interfaz radio con encriptación de la transmisión
- Utilización de teléfonos portátiles
- Terminales personalizables
- Calidades altas de cobertura y de señal recibida

Los primeros estudios y recomendaciones del GSM consistieron en el establecimiento de una banda de frecuencias común en todos los países.

Tras numerosos debates, se optó por una técnica de acceso múltiple TDMA de banda estrecha. El desarrollo se inspiró en la arquitectura OSI, especificándose los tres primeros niveles. Se estudiaron numerosas propuestas para la digitalización de la voz eligiéndose al final un codec vocal de predicción a largo plazo y con excitación pulsada regular. El codec básico funciona a 13 kbit/seg, velocidad denominada total o plena, previéndose como mejora su evolución a una velocidad de 6.5 kbit/seg, llamada velocidad media, que permitirá duplicar la capacidad de los canales de voz.

TECNOLOGIA  
FALLA DE ORIGEN

El desarrollo de la norma se concibió de forma evolutiva, con unos hitos o fases que definían partes completas del estándar. La fase 1 concluyó en 1990, la fase 2 en 1994 y la denominada fase 2+, en 1995. Esta última añade prestaciones adicionales a la fase 2 pero no supone un avance tan notable como fue el registrado de la fase 1 a la 2. Hoy día se sigue trabajando todavía en la norma a la que, desde hace tiempo, se le designa como norma GSM empleando la misma sigla que el grupo redactor. También GSM designa al sistema y, actualmente, la abreviatura significa Global System for mobile communications.

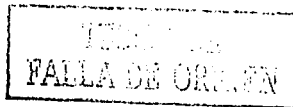
Uno de los hechos mas importantes que han permitido la rápida expansión del GSM ha sido la constitución del llamado MoU (memorando of Understanding). El MoU lo constituyen los operadores de redes GSM y en su seno se establecen los acuerdos de itinerancia internacional entre operadores. En la actualidad se han firmado más de 1000 acuerdos de itinerancia. En virtud de ellos un abonado GSM puede llamar y ser llamado a su numero personal en cualquier momento y en todas las redes GSM cuyos operadores hayan establecido tales acuerdos. La tarificación de las llamadas se realiza al abonado desde su propia red y en su moneda local, con independencia del lugar donde efectúe o reciba las llamadas. En el curso de la elaboración de la norma GSM se creó el instituto europeo de normalización de las telecomunicaciones ETSI (european telecommunications Standards Institute), por lo que la elaboración de las especificaciones se paso de la CEPT al ETSI, cuyos grupos RES (radio equipments and systems) fueron los continuadores de los trabajos.

El GSM, aunque concebido inicialmente como sistema paneuropeo, ha desbordado las fronteras de Europa, y se ha establecido en países como Australia, Estados Unidos, India, Indonesia, Sudáfrica, etc., de forma que, si los operadores respectivos se incorporan al MoU, puede brindarse también la itinerancia de esos países.

El GSM ha supuesto un cambio total en la concepción, diseño y explotación de los sistemas de telefonía móvil pública celular por lo que, dentro de su ámbito evolutivo, se le reconoce como un sistema de segunda generación.

El grado de desarrollo ha superado con creces las previsiones que en su día se hicieron, pese a que está compitiendo en muchos países con sistemas analógicos que tienen mayor cobertura superficial. A finales de 1995, el número de abonados era, en todo el mundo, de unos 12 millones, y las previsiones para el año 2001, se cifran en 110 millones, de ellos 40 en Europa.

Distinto a IS-136 o IS-95, GSM fue diseñado como un sistema completo, incluyendo interfase aérea, arquitectura de red, interfaces, y servicios. En adición, el diseño de GSM no incluye compatibilidad con los sistemas analógicos existentes. La razón de esto es el hecho de que múltiples sistemas analógicos fueron utilizados en Europa y tomaría un enorme esfuerzo diseñar un sistema que tuviera compatibilidad con cada uno de ellos.



# Arquitectura de red en GSM

En la figura 3.9 se muestra la estructura de red GSM.

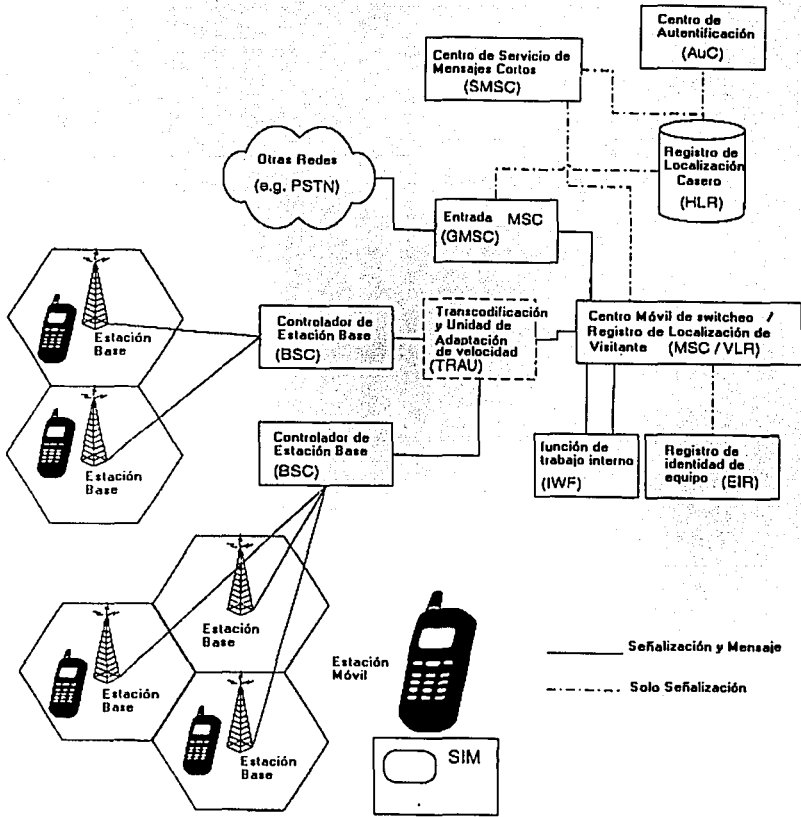


Figura 3.9 Red GSM

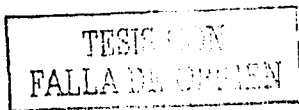
Podemos ver que el microteléfono, conocido en GSM como estación móvil (MS), se comunica sobre la interfase aérea con la estación base transreceptora (BTS). Estrictamente hablando, la MS está compuesta de dos partes —el propio microteléfono, conocido como el equipo móvil (ME), y el modulo de identidad del suscriptor (SIM), una pequeña tarjeta que contiene un circuito integrado. El SIM contiene información específica del usuario, incluyendo la identidad del suscriptor, información de autenticación del suscriptor, y la información de algunos servicios del suscriptor. Es sólo cuando un SIM de usuario es insertado en el microteléfono que el microteléfono reacciona en concordancia con el servicio que el suscriptor haya contratado. En otras palabras, el microteléfono sólo funciona como tal, cuando el SIM es insertado.

La BTS contiene los transreceptores de radio que proveen la interfase de radio con la estación móvil. Una o más BTSs son conectadas a un controlador de estación base (BSC). El BSC brinda un número de funciones relacionadas a los recursos de gestión de radio (RR), algunas funciones relacionadas a la gestión de movilidad (MM) para suscriptores en el área de cobertura de las BTSs, y un número de operaciones y funciones de mantenimiento para el total de la red de radio. Juntas, BTSs y BSCs son conocidas como Subsistema de Estación Base (BSS).

Una o más BSCs están conectadas a un Centro de Switchero Móvil (MSC). El MSC es el nodo que controla la disposición de las llamadas, ruteo de llamadas, y muchas de las funciones dadas por un switch de comunicaciones estándar. El MSC no es un ordinario switch de PSTN, sin embargo, por el hecho de que los usuarios son móviles, el MSC necesita proveer un número de funciones MM. Además necesita proporcionar un número de interfaces que son únicas para la arquitectura GSM.

Cuando hablamos de un MSC, es usualmente implicado un registro de localización de visitante (VLR). El VLR es una base de datos que contiene información relacionada con la duración que el suscriptor ha permanecido en el área de cobertura de una MSC. El MSC y el VLR están siempre contenidos en la misma plataforma y la interfase entre ellos es proporcionada por el vendedor del equipo.

La interfase entre el BSC y el MSC es conocida como la interfase A. Esta es una interfase que usa señalización por conexión de control de parte (SCCP), como se describe en la figura 3.8. En la parte superior, la capa 3 en la pila de señalización, encontramos la parte de aplicación (BSSAP), el cual es el protocolo usado para la comunicación entre el MSC y la BSC, y además entre el MSC y la MS. Mientras que el MSC se comunica separadamente con ambas, la BSC y la MS, el BSSMAP es dividido en dos partes, la BSS gerencia de aplicación de parte (BSSMAP) y la parte de aplicación de transferencia directa (DTAP). BSSMAP contiene los mensajes que son originados por la BSS o necesitan ser efectuados por la BSS. La DTAP contiene los mensajes que son pasados transparentemente a través de la BSS de la MSC a la MS o viceversa. Aunque esto se define en estándares, es normal que el BSC sea manejado con un protocolo propietario de la gerencia del vendedor.





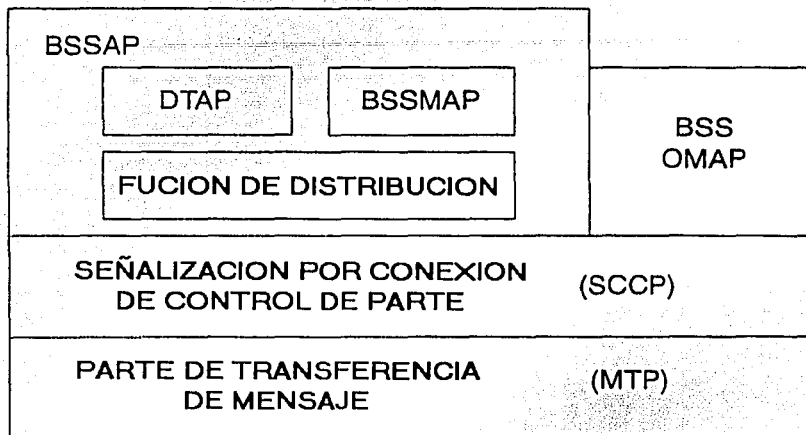


Figura 3.10 Niveles del protocolo BSSAP.

En la figura 3.9 podemos ver en el cuadro punteado el Transcodificador y unidad de adaptación de velocidad (TRAU). En GSM la voz del usuario es usualmente codificada a 13 Kbps (máxima taza FR) o 12.2 Kbps (proporción completa acrecentada EFR). En algunos casos, además se encuentra la mitad de la taza de codificación a 5.6 Kbps, pero es raro en redes comerciales. En cualquier caso, esta claro que la voz a y desde la MS es muy diferente del estándar de 64 Kbps para Modulación por Codificación de Pulsos (PCM) usado en redes de switcheo. Desde las interfaces del MSC con la red PSTN, es necesario mandar y recibir voz a 64 Kbps. La función del TRAU es convertir la voz codificada a o del estándar 64 Kbps. El TRAU es una parte del BSS. Tan lejos como el MSC es conectado, voz a y desde el BSS es pasada a 64 Kbps y la BSS toma cuidado de la transcodificación. En la práctica, sin embargo, es común que la TRAU este físicamente separada de la BSC y puesta cerca del MSC. Esto reduce el ancho de banda requerido entre la localización del MSC y la localización BSC y puede significar grandes ahorros en costos de transporte, particularmente si el BSC y MSC están separados por una distancia significante. En casos donde el BSC y la TRAU están separados, la interfase entre ellos es conocida como la interfase Ater. En la figura 3.9 encontramos además el registro de localización de casa (Home Location Register HLR). El HLR contiene datos del suscriptor, como los detalles de los servicios en los que el suscriptor está inscrito. Asociado con el HLR, encontramos el centro de autenticación (Authentication Center AuC). Este es un elemento que contiene datos de autenticación específicos del suscriptor, como la llave secreta de autenticación llamada Ki. El AuC además contiene uno o más

7252  
FALLA DE OMBON

sofisticados algoritmos de autenticación. Para un suscriptor dado, el algoritmo en el AuC y la llave Ki son además encontrados en la tarjeta SIM. Usando un número aleatorio asignado por el AuC y pasando bajo el SIM vía el HLR, MSC y ME, el SIM ejecuta unos cálculos usando la Ki y los algoritmos de autenticación. Si el resultado en el SIM coincide con el del AuC, luego el suscriptor ha sido autenticado. La interfase entre el HLR y el AuC no esta estandarizada. Es común encontrar el HLR y el AuC integrados en la misma plataforma.

Llamadas de otra red, como la PSTN, primero llegan a un tipo de MSC conocido como entrada MSC (GMSC). El propósito principal del GMSC es interrogar al HLR para determinar la localización del suscriptor. La respuesta del HLR indica al MSC donde se encuentra el suscriptor. La llamada es después dirigida del GMSC al MSC enlazando así al suscriptor. Un GMSC puede ser un completo MSC/VLR ya que puede tener algunos BSCs conectados a el. Alternativamente puede ser un GMSC dedicado y es su única función ser la interfase con la PSTN e interrogar a l HLR. La elección depende de la cantidad de tráfico en la red y el costo relativo de un MSC/VLR completo contra un GMSC puro.

En la figura 3.9 también notamos el centro de servicio de mensajes cortos (SMSC). El SMSC es un nodo que soporta la carga y envío de los mensajes cortos a y desde una estación móvil. Típicamente, estos mensajes cortos son mensajes de texto con un máximo de 160 caracteres de longitud.

Un SMSC esta formado por tres componentes. El primero es el centro de servicio (SC) mismo, el cuál carga los mensajes y tiene interfaces con otros sistemas que proveen los mensajes por e-mail o correo de voz. El segundo es el SMS-entrada MSC (SMS-GMSC) el cuál es usado para la salida de los mensajes cortos a un suscriptor móvil. Como un GMSC, el SMS-GMSC pregunta al HLR por la localización del suscriptor, y después manda el mensaje corto al apropiado MSC visitado, donde es retransmitido al suscriptor. La tercera parte es el SMS- red interna MSC, el cuál recibe el mensaje corto del MSC que sirve al suscriptor. Transmite los mensajes al SC, el cuál luego los pasa al destinatario final.

En una red GSM, podemos encontrar además un nodo conocido como Registro de Identidad de Equipo (EIR). Como fue mencionado anteriormente, no es el microteléfono el que identifica al suscriptor, sino la información contenida en la tarjeta SIM. Por lo que, hasta un cierto grado, el microteléfono usado por un usuario particular no es relevante, pero por otro lado, si es importante para la red el verificar que un microteléfono particular (ME) o un modelo de ME es aceptable. Por ejemplo, un operador de red quiere restringir el acceso de un microteléfono que no cumple del todo con el tipo aprobado. Además, si un operador quiere restringir el acceso de un microteléfono que se sabe ha sido robado.

Esta cargada en cada microteléfono una Identidad Internacional de Equipo Móvil (IMEI, 15 dígitos) o la Identidad Internacional de Equipo Móvil y Número de Versión de Software (IMEISV, 16 dígitos). Ambas la IMEI y la IMEISV tienen una estructura que incluye un código de tipo aprobado (TAC) y un código final de ensamble (FAC). El TAC y el FAC combinados indican la marca y el modelo del microteléfono y el lugar de manufactura. La IMEI y la IMEISV además incluyen un número de serie específico para el ME en cuestión. La única diferencia entre la IMEI y la IMEISV es el número de la versión del software.

Finalmente encontramos la función de trabajo interno (IWF), este es usado por circuitos de conmutación de datos y servicios de fax y es básicamente un banco de modems. Típicamente la conexión de modems y maquinas de fax es analógica. Por ejemplo cuando uno usa una computadora con un modem de 28.8 Kbps en una línea telefónica normal, el modem modula los datos digitales de la computadora a un formato analógico que aparenta ser la voz. Lo mismo no puede ser hecho directamente en una red GSM porque todas las transmisiones son digitales y no es posible transmitir datos sobre el aire en una manera que emulen la voz analógica. Por lo que, un modem con marcador remoto, espera ser llamado por otro modem. Y así un circuito de conmutación de datos que llama de una MS es enlazado con el IWF antes de ser encaminado hacia adelante por los IWF. En el IWF, un modem es colocado en el camino de la llamada. El mismo aplica para servicios de fax, donde un fax-modem debe ser usado como un modem de datos. GSM soporta servicios de datos y fax de hasta 9.6 Kbps.

### La interfase aérea en GSM

GSM es un sistema TDMA, Duplex por División de Frecuencia (FDD). Usa el esquema de modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). TDMA significa que múltiples usuarios compartirán un canal de radiofrecuencia dado basado en particiones de tiempo. FDD significa que diferentes frecuencias son usadas en las direcciones de bajada (de la red al MS) y subida (del MS a la red).

GSM ha sido implementado en numerosas bandas de frecuencia, incluyendo la banda de 900 Mhz, 1800 Mhz, y 1900 Mhz (en Estados Unidos), la siguiente tabla muestra la localización para estas tres bandas.

	<b>GSM 900</b>	<b>GSM EXTENDIDO</b>	<b>DCS 1800</b>	<b>PCS 1900</b>
<b>SUBIDA</b>	890-915 Mhz	880-915 Mhz	1710-1785 Mhz	1850-1910 Mhz
<b>BAJADA</b>	935-960 Mhz	925-960 Mhz	1805-1880 Mhz	1930-1990 Mhz

En GSM, una banda es dividida en canales de 200 Khz o canales de RF en ambas direcciones subida y bajada. En adición hay una banda de guarda de 200 Khz localizada al final de cada banda de frecuencias. Por ejemplo en GSM 900, el primer canal de subida está a 890.2 Mhz, y el último canal de subida a 914.8 Mhz, para un total de 124 canales. Similarmente, DCS 1800 tiene un máximo de 374 canales y PCS 1900 tiene un máximo de 299 canales.

Como fue mencionado, en GSM una banda dada es dividida en un número de canales, cada uno de 200 Khz en ambas direcciones, subida y bajada. Así, si un microteléfono está transmitiendo en un canal dado de 200 Khz en la subida, luego está recibiendo en un correspondiente canal de 200 Khz en la bajada. Dado que el canal de subida como el de bajada están rígidamente asociados, cuando hablamos de un canal de RF, ambos el de subida y el de bajada están usualmente

TESIS CON  
FALLA DE ORDEN

implicados. Una célula dada puede tener múltiples canales de RF, típicamente uno a tres en sistemas normalmente cargados.

Cada canal de RF es dividido en 8 ranuras de tiempo, numerados del 0 al 7, y estos son transmitidos en una estructura de cuadro. Cada cuadro tarda aproximadamente 4.62 ms, y cada ranura de tiempo aproximadamente 576.9  $\mu$ s. Dependiendo del número de canales de RF en una célula dada, todas, las 8 ranuras de tiempo pueden ser utilizadas para llevar tráfico del usuario. En otras palabras, el canal de RF puede ser asignado para 8 canales de tráfico (TCHs). Sin embargo la última ranura de tiempo de una célula puede ser utilizada para propósitos de control. Así, si una célula sólo tiene un canal, entonces tiene un máximo de 7 usuarios simultáneos (máximo 7 TCHs), esto es, un máximo de 7 usuarios pueden ser acomodados simultáneamente.

### Tipos de canales aéreos

La descripción anterior de la interfase de RF sugiere que tan sólo existen canales de control y tráfico. Esto es sólo parcialmente correcto. En efecto, hay canales de tráfico, numerosos tipos de canales de control, y un número de otros canales. Para empezar, hay un número de canales de difusión disponibles:

**Canal de Corrección de Frecuencia (FCCH).** Este es un canal de difusión por el BTS y es usado para corrección de frecuencia de la MS.

**Canal de Sincronización (SCH).** Este es de difusión por el BTS y es usado por la estación móvil por cuadros de sincronización. En adición a la información de sincronización, contiene el Código de Identificación de Estación Base (BSIC).

**Canal de Control de Difusión (BCCH)** este se utiliza para difundir la información de carácter general con respecto a la BTS y a la red en general. Además es usado para indicar la configuración de los Canales Comunes de Control descritos en la siguiente sección.

El CCCH es un canal bidireccional de control usado primariamente para funciones relacionadas al acceso inicial por una estación móvil. Que tiene las siguientes componentes:

**Canal de paginación (PCH)** Es utilizado por la paginación de estaciones móviles.

**Canal de Acceso Aleatorio (RACH)** Este es usado sólo en la dirección de subida. Es usado por la estación móvil para solicitar la asignación de un canal de control dedicado de soporte único (SDCCH) descrito después.

**Canal de Acceso de Concesión (AGCH)** es usado en la dirección de bajada en respuesta a una petición acceso recibida en el (RACH). Es utilizado para asignar a la MS a un SDCCH o directamente a un canal de tráfico (TCH).

**Canal de Notificación (NCH)** Es usado con llamadas grupales de voz y servicios de difusión de voz para notificar a las estaciones móviles en relación con tales llamadas.

Existe un número de canales dedicados de control. Estos son canales que son usados por una estación móvil a un tiempo, típicamente durante el establecimiento de una llamada o mientras una llamada esta en progreso. Los canales dedicados de control son como sigue:

Canal Dedicado del Control de Soporte (SDCCH). Este es un canal bidireccional usado para comunicación con una MS cuando la MS no está usando un TCH. El SDCCH es usado, por ejemplo, por el servicio de mensajes cortos (SMS) cuando la MS no está en una llamada. También se utiliza para la señalización del establecimiento de una llamada antes de la asignación de un TCH para esa llamada.

Canal de Control Asociado Lento (SACCH). Este es un canal unidireccional o bidireccional, utilizado cuando la MS está usando un TCH o un SDCCH. Por ejemplo, cuando una MS engancha en una llamada un TCH, mensajes de control de poder de una BTS a una MS son mandados en el SACCH. En la subida, la MS manda reportes de la medida a la BTS en el SACCH. Estos reportes indican que tan bien la MS puede recibir las transmisiones de otras BTSs y la información es usada para la determinación de si o cuando un handover debe ocurrir. El SACCH es también para la transferencia de mensajes cortos cuando la MS no esta en un TCH.

Canal de Control Asociado Rápido (FACCH). Este canal esta asociado con un TCH dado, y es usado cuando el móvil esta en una llamada. Es típicamente usado para transmitir información que no es de voz a y desde una MS. Esta información puede incluir, por ejemplo, instrucciones para el handover desde la red, comandos desde la MS para generación de los tonos DTMF, innovaciones en servicios suplementarios, etc.

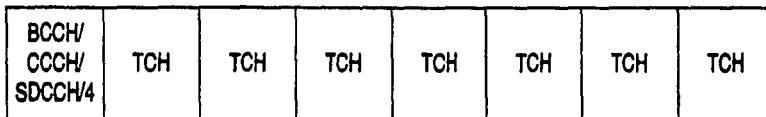
#### Estructura del canal de la interfase aérea

Claramente, no tiene sentido para estos diversos tipos de canales, que a cada uno le sea asignado una de las ranuras de tiempo. Primeramente, no habría bastantes ranuras de tiempo. Por otra parte, diversas tasas de transferencia de datos se aplican a varios tipos de canales. En lugar de esto, una sofisticada estructura de cuadro es utilizada en la interfase aérea para asignar los diferentes tipos de canales a las ranuras de tiempo disponibles. La estructura incluye cuadros (frames), multi cuadros (multiframe), súper cuadros (superframes), y hiper cuadros (hyperframes).

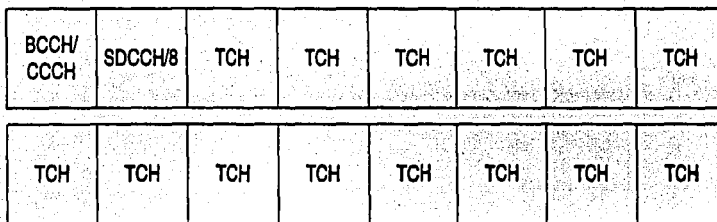
Como se menciono anteriormente, un cuadro simple tarda aproximadamente 4.62 ms y contiene ocho ranuras de tiempo. En GSM estándar, dos tipos de multi cuadros son utilizados el de 26 multi cuadros (contiene 26 cuadros y tiene una duración de 120 ms) y el de 51 multi cuadros (contiene 51 cuadros y tiene una duración de 235.4 ms). El multi cuadro de 26 es utilizado para llevar TCHs y el asociado SACCH y FACCH. El multi cuadro de 51 es usado para llevar BCCH, CCCH (incluyendo PCH, RACH, y AGCH), y SDCCH (y su SACCH asociado). Un súper cuadro dura 6.12 segundos, correspondientes a 51x26 multi cuadros. Un hiper cuadro corresponde a 2048 súper cuadros (un total de 2, 715,648 cuadros, con una duración de 3 horas, 28 minutos, y 54 segundos). Cuando numeramos

cuadros sobre la interfase aérea, cada cuadro es un modulo numerado de este hiper cuadro. En otras palabras, un cuadro puede tener un numero de cuadro (FN) de 0 a 2, 715,647. La razón de un hiper cuadro tan largo es para tener en cuenta un valor grande de FN, el cuál es usado como parte de la encriptación sobre la interfase aérea.

Ciertas ranuras de tiempo en un canal de RF dado deben ser asignadas a canales de control, mientras las restantes ranuras de tiempo son asignadas para canales de tráfico. Por ejemplo, la ranura de tiempo 0 en el primer canal en una célula es usada para llevar el BCCH y CCCH. También puede llevar cuatro canales SDCCH. Es además común encontrar que la ranura de tiempo 1 en el primer canal de RF en una célula es usada para llevar ocho canales SDCCH, con las restantes ranuras de tiempo asignadas como TCHs. Exactamente cuanta capacidad es asignada al SDCCH es dependiente del numero de canales y de la cantidad de trafico en la célula. En la figura 3.11 se muestran dos arreglos típicos.



SDCCH COMPARTIENDO UNA RANURA DE TIEMPO CERO CON BCCH Y CON UN CANAL POR CELULA



SDCCH Usando ranura de tiempo 0 en el primer canal.  
Segundo canal dedicado para canales de trafico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.11 Estructura del canal

Como mencionamos, el multicuadro de 26 es usado por el TCH. La estructura es descrita en la figura 3.12 donde sólo una ranura de tiempo por cuadro es mostrada (sólo taza máxima TCH es considerada en la figura). Una ranura de tiempo dada lleva tráfico de usuario (voz) para 24 salidas de 26 cuadros. Uno de los 26 cuadros esta desocupado y uno de los 26 cuadros transporta el SACCH. El FACCH es transmitido por pre-empting mitad o completo del tráfico del usuario en un TCH. Esta estructura de traslape habilita un TCH para tener una taza de transferencia de bits de 22.8 Kbps. Por supuesto, esta taza de transferencia no es asignada completamente a los datos del usuario (como voz). En vez de esto, una sofisticada codificación y un esquema de interpolación son aplicados.

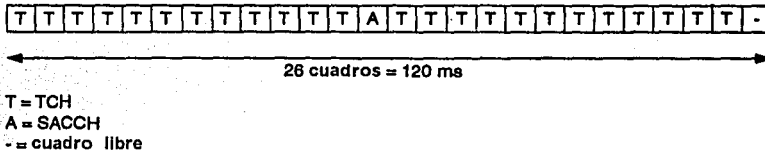


Figura 3.12 Estructura de cuadro

Este esquema agrega un significativo número de bits para detección y corrección, con lo cual reduce el ancho de banda disponible para los datos del usuario. Para GSM en transferencia completa (FR) de voz codificada, la voz es transportada a 13 Kbps y para transferencia completa realzada (EFR), la voz es transportada a 12.2 Kbps. Aunque esto puede ser visto como un gran reparto de 22.8 Kbps para ser consumido por la codificación frontal. Vale la pena el recordar, que una interfaz de RF no es fiable en el mejor de los casos, y una corrección de error en la codificación frontal es necesaria para superar las limitaciones de este medio. Mientras los canales de control (con excepción del FACCH y el SACCH) son transportados en diferentes ranuras de tiempo del TCH, es posible tener una estructura de cuadro diferente. De hecho, una estructura con un multicuadro de 51 es usada para transmitir los canales de control, y esta estructura aplica a cualquier ranura de tiempo que es asignada a un canal de control.

## Escenarios de tráfico en GSM

### Actualización de localización

Cuando una MS es encendida, esta debe primeramente indicar que esta presente a una célula conveniente. Esto involucra escanear la interfase aérea para seleccionar una célula con una señal de recepción lo suficientemente fuerte y luego decodificar la información de difusión de la BTS en el BCCH. Generalmente, la MS debe seleccionar la célula con la señal más fuerte, comprobando que la célula pertenezca al home PLMN (HPLMN). La MS entonces se registra con la red, la cual se involucra en un proceso conocido como actualización de localización, mostrado en la figura 3.13:

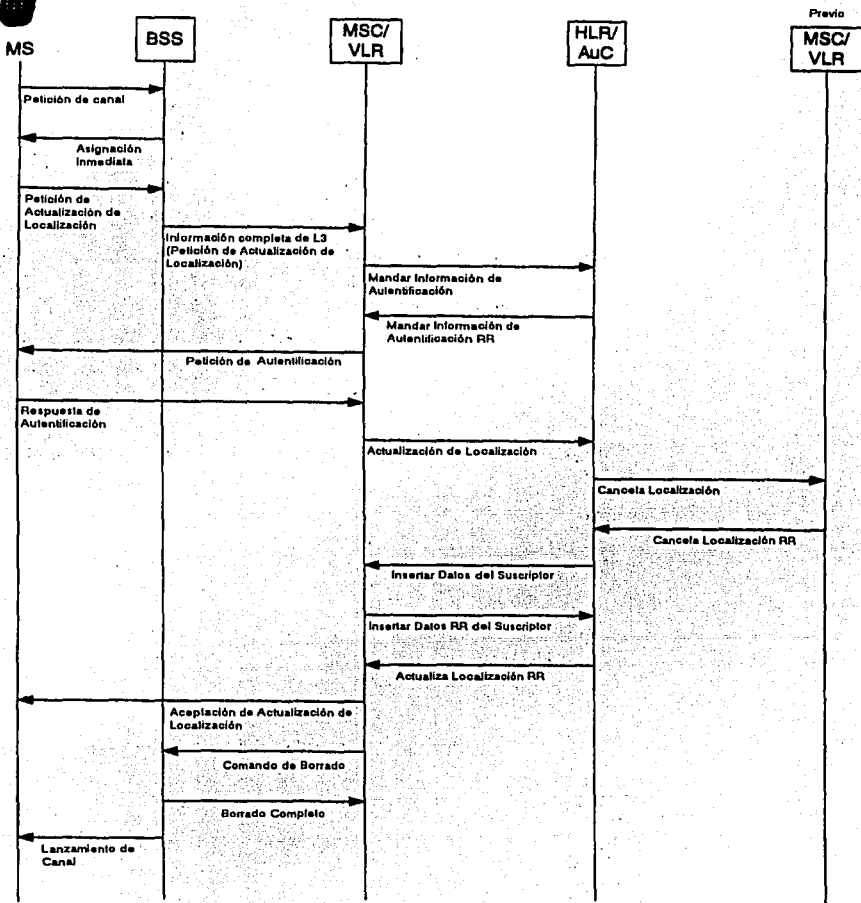


Figura 3.13 Localización

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



La secuencia comienza con la petición del canal por el MS en el RACH. Este incluye una causa del establecimiento, por ejemplo actualización, establecimiento de llamada de voz, y establecimiento de llamadas de emergencia. En el ejemplo la causa es actualización de localización.

El BSS asigna un SDCCH para el uso de la MS. Manda al MS moverse al SDCCH enviando un mensaje de asignación inmediato en el AGCH. La MS entonces se traslada al SDCCH y manda la petición de actualización de localización. Esta contiene un set de información incluyendo la identidad de localización de área y la identidad del móvil. Esta información es mandada a través del BSS al MSC usando un mensaje genérico conocido como información completa de capa 3. Este mensaje es incluido como parte de una petición SCCP.

Sobre el recibo de la localización que actualiza la petición, el MSC/VLR puede procurar autenticar al suscriptor. Si el MSC/VLR no tiene ya información de autenticación del suscriptor, pedirá esta información del HLR, usando la operación de la parte de aplicación móvil (MAP) mandando información de autenticación. El HLR/AuC manda un MAP resultado de vuelta (RR) con hasta cinco vectores de autenticación, conocidos como tripletas. Cada tripleta contiene un número aleatorio (RAND) y una respuesta signada (SRES).

La MSC manda una petición de autenticación a la MS. Esta contiene sólo el RAND. La MS realiza los mismos cálculos que fueron desarrollados en la HLR/AuC y manda una respuesta de autenticación conteniendo un parámetro SRES. La MSC/VLR chequea para estar seguro que el SRES recibido de la MS coincide con el recibido de la HLR/AuC. Si la coincidencia es hecha, la MS es considerada autenticada.

Hasta este punto, la MSC/VLR usa el MAP operación de actualización de localización para informar al HLR de la localización del suscriptor. El mensaje al HLR incluye el IMSI del suscriptor y el SS7 dirección de título global (GTA) del MSC y VLR. El HLR inmediatamente manda un MAP con el mensaje de cancelar la localización al VLR (si alguna) donde el suscriptor haya sido previamente registrado. Tal que el VLR borra cualquier dato cargado relacionado al suscriptor y retorna un resultado al HLR.

El HLR usa la operación MAP Insertar Datos del Suscriptor al VLR para informarle acerca de un rango de datos relacionados al suscriptor en cuestión, incluyendo información con respecto a servicios suplementarios. El VLR reconoce el recibo de la información. El HLR entonces publica un resultado de vuelta al MAP de Actualización de Localización.

Sobre el recibo de ese resultado de vuelta, la MSC/VLR manda el mensaje DTAP de Aceptación de Actualización de Localización a la MS. Entonces despeja la conexión del SCCP al BSS. Esto hace al BSS lanzar al MS un SDCCH con un mensaje de Canal Lanzado.

El móvil originando una llamada

La figura 3.14 muestra una llamada básica originada por el móvil a la PSTN.

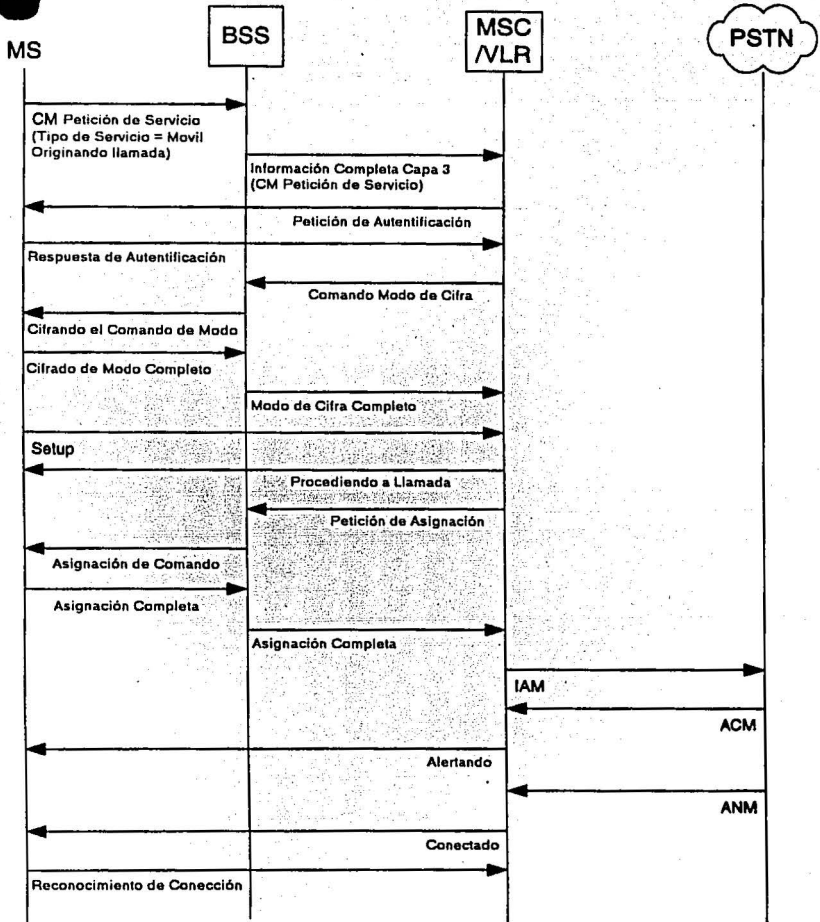


Figura 3.14 El móvil originando una llamada

TEMA CON  
TALLA DE ORIGEN

Después de que el BSS haya colocado un SDCCH al MS. La MS lanza un CM con una Petición de Servicio a la MSC (CM = Dirección de Conexión). Este incluye información acerca del tipo de servicio que el MS quiere solicitar (un móvil originando una llamada en este caso, pero puede ser otro servicio como un SMS). En el recibo de la Demanda de Servicio de CM, el MSC puede invocar la autenticación opcionalmente del móvil. Típicamente, un MSC se configura para autenticar un móvil siempre que realice una actualización de la situación inicial y cada transacción de N después de esto (cada N llamadas). Enseguida, el MSC comienza el cifrado para que la voz y datos enviados encima del aire se encripten. Desde que la BSS realiza la encriptación y decriptación, el MSC necesita pasar el Cypher Key (Kc) al BSS. El BSS le dice entonces al MS que empiece el cifrado. El MS, por supuesto, genera el Kc independientemente, para que no se pase encima del aire. Una vez el MS ha empezado el cifrado, informa al BSS que, a su vez, informa al MSC.

Luego, el MS envía un mensaje del Arreglo al MSC. Esto incluye datos extensos sobre la llamada, incluso información como el número marcado y la capacidad del portador requerida: Una vez que el MSC ha determinado que ha recibido la información suficiente para conectar la llamada, permite al MS saber por donde enviar un mensaje de Procedimiento de Llamada.

Luego, usando el mensaje de Asignación de Demanda, el MSC pide la entrega de un circuito entre el MSC y BSS. Ese circuito se usará para llevar la voz a y desde la MS. A estas alturas, el BSS envía un mensaje de Orden de Asignación al MS, diciéndole al MS que se mueva del SDCCH a un TCH. Más allá la señalización entre el MS y la red ocurrirá ahora en el FACCH asociado con el TCH asignado. El MS responde con una Asignación el mensaje Completo, mientras indicando que se ha movido al TCH asignado. En el recibo de ese mensaje, el BSS envía una asignación de Mensaje Completo al MSC, que indica que un camino de voz esta ahora disponible del MS al MSC.

En el recibo de la Asignación el mensaje Completo del BSS, el MSC comienza el arreglo de la llamada hacia la PSTN. Esto empieza con la emisión de un mensaje de Dirección Inicial (IAM). Un recibo subsecuente de una Dirección Completa de Mensaje (ACM) del fin del destino indica que el teléfono del destino esta ahora sonando. El MSC informa al MS de ese hecho enviando un mensaje de Alerta. Además, el ACM acciona una trayectoria unidireccional que se abrirá por el switch del destino en la PSTN a través de la MS y el sonido de tono tras el oído del MS realmente está generándose al destino por el interruptor de la PSTN.

En la respuesta del teléfono llamado, un Mensaje de Respuesta (ANM) se devuelve. Esto lleva al MSC para abrir un camino bidireccional a la MS y también las causas del MSC para enviar un mensaje de Conexión al MS En el recibo del mensaje, el MS responde con el mensaje de Reconocimiento de Conexión. Las dos partes están ahora en la conversación y, desde una perspectiva de facturación, el reloj está haciendo tictac ahora.

El móvil recibiendo una llamada

La figura 3.15 muestra a un móvil recibiendo una llamada de la PSTN.

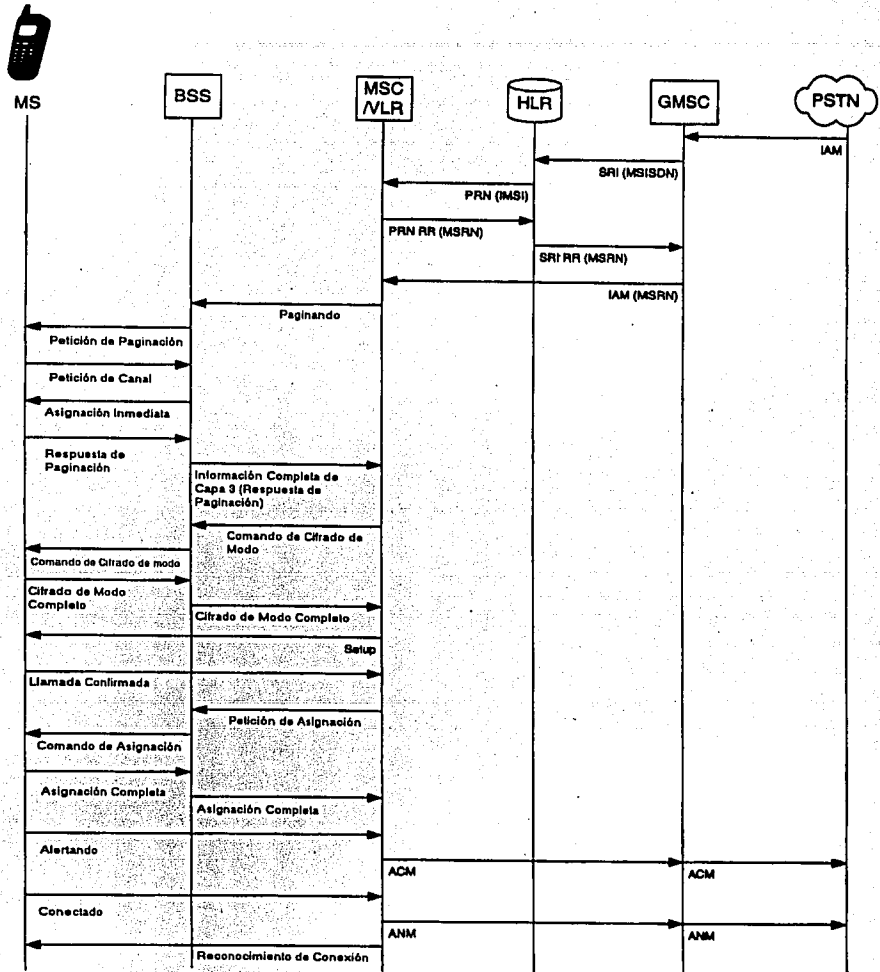


Figura 3.15 Llamada al móvil

Empieza con la llegada de un IAM al GMSC. El IAM contiene el número del directorio del suscriptor llamado, conocido como Número de Estación Móvil de ISDN (MSISDN). El GMSC usa esta información para determinar el HLR aplicable para el suscriptor e invoca el funcionamiento del MAP. Envía la Información de la Asignación de ruta (SRI) hacia el HLR. La SRI contiene el MSISDN del suscriptor.

El HLR usa el MSISDN para recuperar el IMSI del suscriptor de su base de datos. A través de una actualización de la localización anterior, el HLR conoce al MSC/VLR que sirve al suscriptor, y pregunta que MSC/VLR está usando la operación MAP de Proporción del Número de Roaming (PRN) que contiene el IMSI del suscriptor. De una pila, el MSC/VLR asigna un número temporal, conocido como un Número de Roaming de Estación Móvil (MSRN) para la llamada y regresa el número al HLR. El HLR devuelve el MSRN al GMSC.

El MSRN es un número que aparece en la PSTN como un número marcadable. Así, puede usarse para dirigir una llamada a través de cualquier red intermedia entre el GMSC y el MSC/VLR visitado, de hecho, eso es exactamente lo que el GMSC hace. Dirige la llamada al MSC/VLR enviando un IAM, con el MSRN del número de la parte llamada. En el recibo del IAM, el MSC/VLR reconoce el MSRN y conoce el IMSI para el cual el MSRN fue asignado. A estas alturas el MSRN puede devolverse a la pila para el uso con otra llamada.

Enseguida, el MSC pide al BSS que compagine al suscriptor usando el mensaje de Demanda de Paginación, que indica el área de localización en que el suscriptor debe compaginarse. El BSS usa el PCH para compaginar a la MS.

En el recibo de la página, el MS intenta acceder la red usando un mensaje de Petición de Canal en el RACH. El BSS responde con un mensaje de la Asignación Inmediata, mientras diciéndole al MS que moviera a un SDCCH. El MS mueve al SDCCH y, una vez allí, indica a la red que está respondiendo a la página. El BSS pasa la contestación al MSC.

A estas alturas, el MSC puede autenticar al MS opcionalmente (no mostrado). Procederá a comenzar el cifrado de la misma manera que se describió previamente para una llamada originada por el móvil. Una vez empezado el cifrado, el MSC envía un mensaje del Arreglo al MS. Esto es similar al mensaje del arreglo que se envía de una MS para una llamada originada por el móvil, incluso la información como el número de la parte que llama y la capacidad del portador requerida.

En el recibo del Arreglo del mensaje, el MS envía un mensaje de Confirmación de Llamada al MSC, indicando que tiene la información que necesita para establecer la llamada. El mensaje de Confirmación de Llamada instruye al MSC a establecer un camino a través de la MS. Por consiguiente, el MSC empieza el procedimiento de la asignación que establece un circuito entre el MSC y el BSS y un TCH entre el BSS y el MS (en lugar de un SDCCH). La señalización Extensa entre el MS y la red usará ahora el FACCH asociado con el TCH a que el MS se ha asignado.

Establecido una vez en el TCH, el MS comienza a sonar para alertar al usuario e informa a la red enviando el mensaje que alerta al MSC. Esto acciona el MSC para abrir una trayectoria unidireccional de nuevo al llamador original, para generar un tono del ring-back, y para enviar un mensaje de ACM de nuevo al interruptor del PSTN que origina vía el GMSC. Una vez que el usuario llamado contesta, el MS envía un mensaje de Conectar al MSC. Esto acciona el MSC para enviar un mensaje de ANM de nuevo al interruptor que origina y para abrir una trayectoria de

dos vías. Finalmente, manda un reconocimiento de conexión al MS y la conversación comienza.

## Handover

Un handover (también conocido como un handoff) es el proceso por el que una llamada se transfiere en marcha de un canal de radio en una célula a otro canal de radio, o en la misma célula o en una célula diferente. Un handover puede ocurrir dentro de una célula, entre las células del mismo BTS, entre las células de BTSs diferentes conectadas al mismo BSC, entre las células de BSCs diferentes, o entre las células de MSCs diferentes. No sólo puede un handover ocurrir entre TCHs, un handover también es posible de un SDCCH en una célula a un SDCCH en otra célula. También es posible de un SDCCH en una célula a un TCH en otra célula. El más común, sin embargo, es un handover de TCH a TCH.

Dependiendo de la fuente (la célula original) y el receptor (la célula del destino) envueltos en el handover, pueden ocuparse completamente dentro de un BSS o pueden requerir el involucramiento de un MSC. En el caso dónde un handover ocurre entre las células del mismo BSC, el BSC puede ejecutar el handover y simplemente puede informar al MSC después que el handover ha tenido lugar. Pero, sin embargo, si el handover ocurre entre BSCs, entonces el MSC debe involucrarse, porque ninguna interfaz directa existe entre BSCs.

Un handover en GSM está conocido como un handover móvil-asistido (MAHO). Esto significa que es la red la que decide si, cuando, y cómo un handover debe tener lugar. El MS, sin embargo, proporciona la información a la red para poder tomar la decisión.

Recordando que GSM es un sistema TDMA, con ocho ranuras de tiempo por cuadro en el caso de taza completa de voz. Significa que el MS está transmitiendo un octavo del tiempo y recibiendo un octavo del tiempo. De hecho, en el BTS, una ranura de tiempo dada en el uplink está tres ranuras de tiempo después que la correspondiente ranura de tiempo en el downlink, lo que significa que el MS no es exigido a recibir y transmitir simultáneamente. Notamos que este desplazamiento se especifica al BTS en lugar de a la MS porque la distancia del MS al BTS influye en el momento exacto a que la MS debe transmitir. Por ejemplo, cuando un MS está cerca del BTS debe transmitir ligeramente después que si fuera más lejano al BTS. Esta variación es conocida como el tiempo de alineación y se controla por el BSS. En atrás palabras, el BSS le dice periódicamente al MS que cambie su alineación de tiempo como sea necesario.

No obstante, está claro que la MS no está ni transmitiendo ni recibiendo la mayoría del tiempo. Durante este tiempo, la MS tiene la oportunidad de poder ajustar otras frecuencias del canal y determinar qué bien puede recibir esas señales. Puede revelar entonces esa información a la red para permitirle hacer una determinación acerca de si la MS sería bien atendida por una célula diferente. Debido al reuso de frecuencias, es posible que varias células cercanas pudieran estar usando la misma frecuencia de BCCH. Por consiguiente, no es suficiente para el MS informar la fuerza señalada simplemente por las frecuencias específicas. Más bien, el MS debe poder sintonizar al BCCH de células vecinas y decodificar la información que esta siendo transmitida. Exactamente se especifican qué frecuencias para que el MS deba verificar en mensajes de información de sistema transmitidos por el BTS en el BCCH y el SACCH. El MS envía tan frecuentemente como sea posible los informes de la medida al BSS en

el SACCH. Estos informes incluyen la información sobre qué tan bien el MS puede "oír" la célula sirviente así como la información sobre las medidas de fuerza de señal en seis células vecinas. Específicamente, para la célula sirviente, el MS reporta el RXLEV (una indicación de fuerza de señal recibida) y el RXQUAL (una indicación de la proporción de error de la señal recibida). Para las células vecinas, el MS informa el BSIC, la frecuencia de BCCH, y el RXLEV. Además de las medidas informadas por el MS, el propio BTS hace las medidas con respecto al RXLEV y RXQUAL recibidos de la MS. Estas medidas y las del MS se informan al BSC. Basado en sus algoritmos interiores, el BSC toma la decisión acerca de si un handover debe ocurrir, y en ese caso, a qué célula. La figura 3.16 muestra un handover inter-BSC.

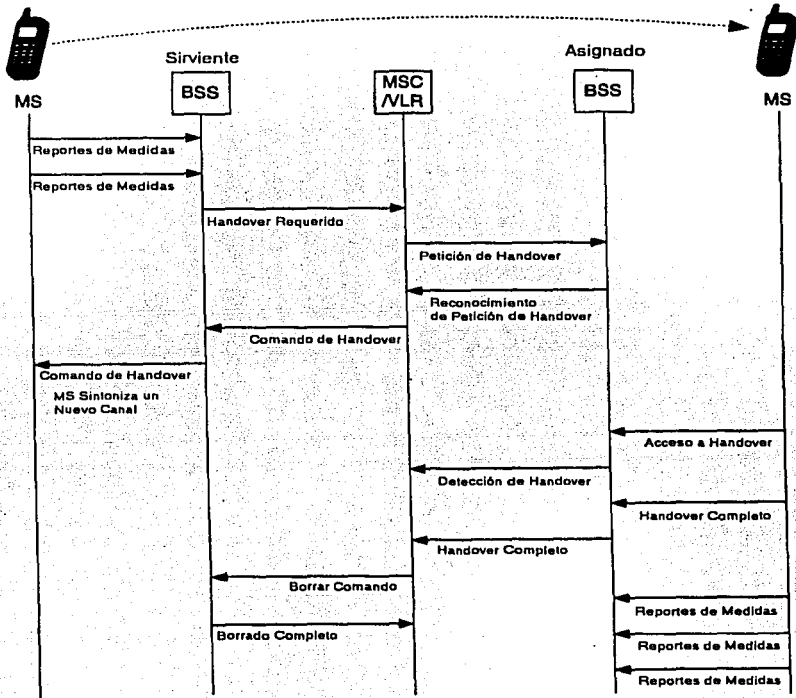


Figura 3.16 Proceso de Handover

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En este caso, no es suficiente que el BSC se ocupe del handover sólo, sino que debe involucrar al MSC. Por consiguiente, una vez que el BSC sirviente determina que un handover debe tener lugar, envía inmediatamente un mensaje de Petición de Handover al MSC. Este mensaje contiene la información sobre la célula deseada (o las células en el orden preferido), más la información sobre el canal actual que el MS está usando. El MSC analiza la información e identifica el BSC designado asociado por lo menos a una de las células designadas identificadas por la fuente BSC. Envía un mensaje de Petición de Handover al BSC designado. Este contiene, entre otros datos, información sobre la célula designada, el tipo de cauce requerido, y, en el caso de llamada voz o datos, el circuito a ser usado entre el MSC y el BSC designado.

Si el BSC designado puede acomodar el handover (si los recursos están disponibles), entonces asigna los recursos necesarios y responde al MSC con el mensaje de Reconocimiento de Petición de Handover. Este mensaje contiene mucha información con respecto a la célula y canal al cual la MS será transferida, como la identidad celular, el canal exacto a ser usado (incluso el tipo de canal), información de la sincronización, el nivel de poder a ser usado por el MS al acceder el nuevo canal, y una referencia del handover. El MSC entonces le envía el mensaje de Comando de Handover al BSC sirviente. Este mensaje se usa para relevar la información recibida del BSC designado. El BSC sirviente pasa la información al MS en un mensaje de Comando de Handover encima de la interfaz aérea.

En el recibo del mensaje de Comando de Handover, el MS suelta conexiones de RF existentes, las turna al canal designado, e intenta acceder ese canal. En el acceso, puede enviar un mensaje de Acceso a Handover al BSS designado. Ahora para sí se ordenara el envío de un mensaje de Comando de Handover. Si el mensaje de Acceso al Handover es recibido por el BSS designado, este le envía el mensaje de un Handover Detectado al MSC. Cuando el MS ha establecido todas las conexiones de capa baja en el canal designado, le envía un mensaje de Handover Completo al BSC designado que, a su vez, le envía el mensaje Handover Completo al MSC. A estas alturas, el MS empieza medidas de la toma de células vecinas de nuevo. Entretanto, el MSC le dice al BSC viejo que suelte toda la radio y los recursos terrestres relacionados a la MS.



# Capítulo IV.- Apreciación global de la 3G

## Historia

El rápido aumento en la demanda para servicios de datos, principalmente IP, ha impulsado la industria inalámbrica. Durante los años ha habido mucha anticipación del arribo de los servicios de datos, pero el acceso a las plataformas de radio ha sido el inhibidor para hacer esto una realidad. Tercera generación (3G) es un término que ha recibido y ha continuado recibiendo mucha atención como el habilitador para los datos de gran velocidad para el mercado de movilidad inalámbrico. 3G y todo lo que significa se define en la especificación de la ITU International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000). IMT-2000 es una especificación de acceso de radio y red que define varios métodos o plataformas de tecnología que se encuentran en las metas globales de la especificación. La especificación de IMT-2000 significa ser una especificación unificada, habilitando servicios de datos de alta-velocidad móvil y algunos fijos para usar uno o varios canales con plataformas de redes fijas para entregar los servicios previstos:

- Estándar Global
- Compatibilidad de servicio con IMT-2000 y otras redes fijas
- Alta calidad
- Banda de frecuencia común en todo el mundo
- Terminales Pequeños de uso mundial
- Capacidad de Roaming Mundial
- Terminales y servicios con aplicaciones multimedia
- Mejorada eficacia del espectro
- Flexibilidad para la evolución a la próxima generación de sistemas inalámbricos
- Tasas de transferencia de datos de paquetes de gran velocidad
- 2 Mbps para el ambiente fijo
- 384 Kbps para el peatón
- 144 Kbps para el tráfico vehicular

La figura 4.1 muestra la unión entre las diversas plataformas que comprenden el grupo de la especificación IMT-2000. La definición de que abarca exactamente 3G normalmente se nubla comercializando las condiciones, con el lector técnico que desea una respuesta sincera. La razón 3G es difícil de asentar principalmente debido al hecho que involucra que el acceso de la radio y plataformas de la red no existen ahora mismo. La norma para que todos estemos esforzándonos es IMT-2000 e incorpora varias plataformas de acceso de radio, compitiendo, que no lograrán la armonización, si no hasta la 4G o más allá. Las plataformas de acceso de radio que comprenden la especificación de IMT-2000 son del todo diferentes y,

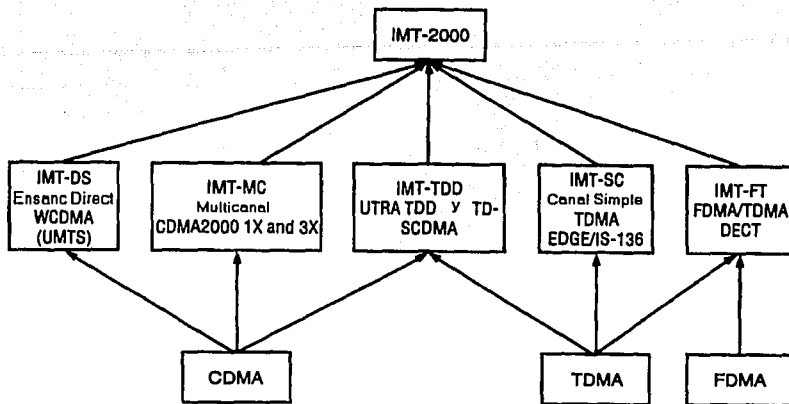


Figura 4.1 IMT-2000

No debe ser ninguna maravilla que es difícil de obtener una respuesta simple cuando se pide describir lo que un sistema 3G será.

IMT2000/3G puede describirse como:

- Usándose a la referencia de una multitud de tecnologías que convergen en muchas bandas de frecuencia, ancho de banda de los canales, y, claro, formatos de modulación
- No existe una simple plataforma, tecnología o aplicación 3G.
- 3G es utilizado en aplicaciones móviles y estacionarias inalámbricas utilizando transferencias de datos a gran velocidad. IMT-2000 asigna velocidades de los datos de 144 Kbps a velocidades de manejo, 384 Kbps para uso estacionario exterior y a velocidades ambulantes, y 2 Mbps para interiores

Acoplado con las plataformas diferentes que comprenden la norma de IMT-2000 es el problema que las plataformas existentes 1G/2G necesitan la transición hacia 3G. El método de la transición que un operador debe seleccionar y debe gastar el dinero es, claro, una decisión difícil y determinará que tan exitoso será el operador inalámbrico en el futuro. La plataforma interina que puentea los sistemas 2G en el ambiente de la 3G está llamado 2.5G.

La tabla 1 agrupa algunas de las mayores plataformas de tecnología de la Generación inalámbrica. Lo que sigue es una visualización breve de la interacción entre las plataformas 1G, 2G, 2.5G, y 3G. Obviamente, si un operador escoge llevar a cabo más de una plataforma de tecnología por comercializar y las razones estratégicas, entonces las líneas de transición se vuelven más complicadas que aquéllos mostrados en Figura 4.2.

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

NO SE PUEDE  
 LEER EL TEXTO

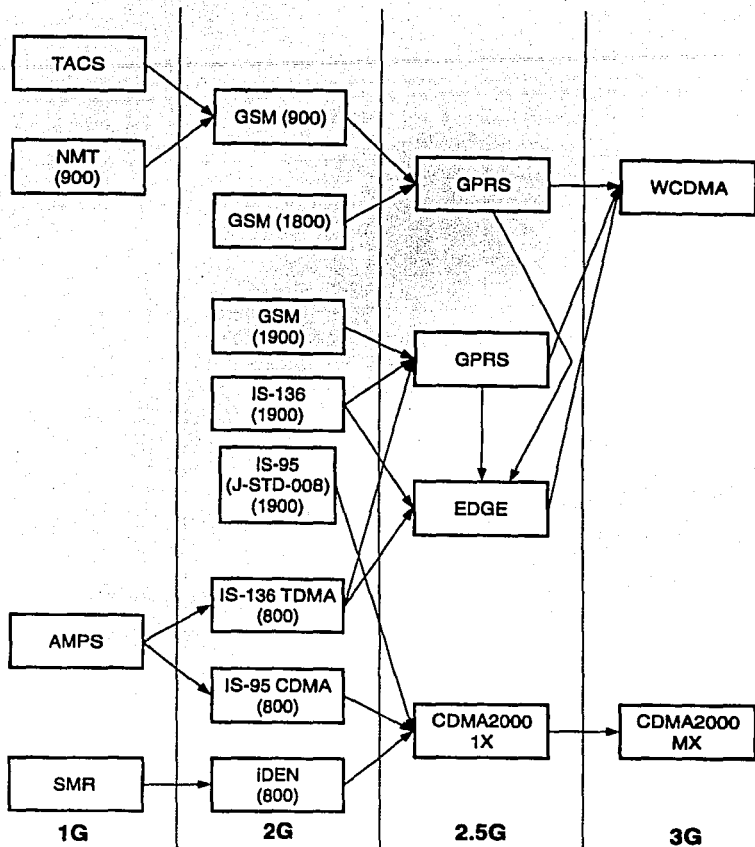


Figura 4.2 Camino de Migración

3G es un esquema de acceso de radio móvil y de red que permite utilizar los datos a gran velocidad, permitiendo las verdaderas capacidades multimedia en un sistema inalámbrico móvil. Presentemente, la voz ha sido la principal aplicación inalámbrica con el uso del servicio de mensajes cortos (SMS) siendo el servicio de datos de paquete más grande.

TESIS DE  
FALLA DE ORIGEN

GENERACIÓN INALÁMBRICA	SISTEMA	SERVICIO GENERAL	COMENTARIOS
Primera (1G)	AMPS, TACS, NMT	Voz	Esquema celular analógico
Segunda (2G)	GSM, TDMA, CDMA	Principalmente voz, con SMS	Implementado con un esquema de modulación digital Desarrollado en las bandas de 800, 900, 1800 y 1900 Mhz
Transición (2.5G)	CDMA, GPRS, EDGE	Principalmente voz con la introducción de servicios de paquetes de datos	Uso de paquetes de datos con operadores existentes
Tercera (3G)	CDMA2000/ WCDMA	Paquetes de datos y servicio de voz, diseñado para alta velocidad de multimedia y voz, plataformas 3G esperadas para 2003-2005	Definido por IMT2000 Europa (UMTS/WCDMA) América (UMTS/CDMA2000) Asia (UMTS/CDMA2000)

Tabla 1 Plataformas de tecnología inalámbrica

Los servicios de comunicaciones celulares y personales inalámbricos de hoy (PCS) tienen asignado el mismo ancho de banda para voz y datos. Algunos de los planes de transición o migración a 2.5G requieren el uso de un espectro dedicado sólo para las aplicaciones de los datos. El IMT-2000 especifica velocidades de los datos de 144 Kbps para uso vehicular, 384K para el uso peatonal, y 2 Mbps para las aplicaciones interiores son las metas deseadas y se han construido en las especificaciones.

La tabla 2 es una agrupación breve de las diversas plataformas de tecnología y las velocidades de los datos que son asociadas con cada una.

Examinando la tabla 2, está claro que algunas de las plataformas de IMT-2000 no son incluidas y eso está en el propósito. Las plataformas que se listan en ambos Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) y CDMA2000 son las dos plataformas 3G con más importancia en este estudio. La razón para este enfoque de dos plataformas es que una inmensa mayoría de operadores inalámbricos, ambos que ya existen y nuevos, están planeando utilizar una de estas dos normas que son parte de la especificación del IMT-2000.

<b>Tecnología 2G</b>	<b>Tasa de datos</b>	<b>Espectro requerido</b>	<b>Comentarios</b>
GSM	9.6 Kbps o 14.4 Kbps	200 Khz	Conmutación de circuitos
IS-136	9.6 Kbps	30 Khz	Conmutación de circuitos
CDMA	9.6 Kbps/14 Kbps	1.25 Mhz	Conmutación de circuitos
<b>Tecnología 2.5G</b>	<b>Tasa de datos</b>	<b>Espectro requerido</b>	<b>Comentarios</b>
GPRS	128 Kbps	200 Khz	Conmutación datos/circuitos
EDGE	384 Kbps	200 Khz	Conmutación datos/circuitos
<b>Tecnología 3G</b>	<b>Tasa de datos</b>	<b>Espectro requerido</b>	<b>Comentarios</b>
WCDMA	144 Kbps vehicular 384 Kbps peatonal 2 Mbps interiores	5 Mhz	Conmutación de paquetes
CDMA 2000	144 Kbps vehicular 384 Kbps peatonal 2 Mbps interiores	5 Mhz	Conmutación de paquetes

Tabla 2 Plataformas inalámbricas y su velocidad de datos

### Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS)

Cuando la Unión Internacional de las Telecomunicaciones solicitó las soluciones para reunir los requisitos exigidos para IMT-2000, varias tecnologías fueron propuestas por los varios grupos de normas. Éstos incluyen soluciones basadas en ambas Acceso Multiple por División de Tiempo (TDMA) y Acceso Multiple por División de Código (CDMA). También incluyeron ambas soluciones Dúplex de División de Frecuencia (FDD) y Dúplex de División de tiempo (TDD).

El Instituto de Normas de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) convino en una solución de WCDMA que usa FDD. En Japón, una solución de WCDMA también era propuesto, con TDD y opciones de FDD. En Corea, dos tipos diferentes de solución de CDMA eran propuestas una similar a las propuestas europeas y japonesas, y uno similar a una propuesta de CDMA que estaba siendo considerada en Norte América (CDMA2000 que es una evolución de CDMA IS-95).

TEL COM  
FALLA DE ORIGEN

Esta claro que varios grupos estaban trabajando en tecnologías muy similares y era bastante obvio que la manera más eficaz era agrupar los recursos. Esto llevó a la creación de dos grupos el Tercer Proyecto de Sociedad de Generación (3GPP) y 3GPP2. 3GPP2 trabajos en UMTS que es basado en WCDMA y 3GPP2 trabajos en CDMA2000. La discusión siguiente proporciona un informe de UMTS.

#### Camino de migración a UMTS y el Proyecto de Sociedad de Tercera Generación (3GPP)

El acceso de radio para UMTS es conocido como el Acceso de Radio Terrestre Universal (UTRA). Ésta es una solución de radio basada en WCDMA que incluye los modos FDD y TDD. La red de acceso de radio (RAN) es conocido como UTRAN. Toma más de una interfaz aérea o una red de acceso hacer un sistema completo, sin embargo. La red central también debe ser considerada. Debido al despliegue extendido y éxito del Sistema Global para las comunicaciones Móviles (GSM), es apropiado basar el UMTS como una evolución de la red central GSM. De hecho, como nosotros veremos, el despliegue inicial de UMTS (3GPP) hace uso de la misma arquitectura de red central definida para GSM/GPRS, aunque con algunas mejoras. Es más, la red central se exige soporte ambos accesos de radio UMTS y GSM.

La evolución del GSM BSS no se ha detenido, sin embargo, como veremos, mejoras como Datos Reforzadas para la Evolución Global (EDGE) han sido hechos.

Con los requisitos para la evolución continua de GSM y reunir los requisitos de UMTS, tiene el sentido para el mantenimiento continuado y evolución de especificaciones de GSM ser emprendido por 3GPP. Por consiguiente, 3GPP, en lugar de ETSI, es ahora responsable de las especificaciones de GSM así como las especificaciones particulares de UMTS.

Durante varios años, se han desarrollado varias mejoras a GSM según los descargos anuales. Así, para una especificación de GSM dada, se han relacionado las versiones para liberar en 1996, 1997, y 1998. Inicialmente, 3GPP ha determinado continuar con ese acercamiento. Por consiguiente, la primera descarga de especificaciones de 3GPP es conocida como 3GPP 1999. El descargo no sólo incluye las nuevas especificaciones para el apoyo del acceso de UTRAN, pero también reforzó versiones de especificaciones de GSM existentes (como para el apoyo de EDGE). Las características técnicas del 3GPP 1999 se completaron en marzo del 2000. Éstas, claro, estarán sujetas a algunas revisiones y correcciones dado que los errores e inconsistencias se descubren durante la prueba y despliegue.

El próximo descargo de especificaciones 3GPP era originalmente el 3GPP 2000. Esto incluyó los cambios mayores a la red central. Los cambios eran tan significativos, sin embargo, que todos ellos no pudieron ser manejados en un solo paso. Así, 3GPP 2000 fue dividido en dos descargas: descarga 4 y descarga 5. Yendo adelante, el concepto de descargos anuales ya no aplicará, y se estructurarán las descargas y se cronometrarán según la funcionalidad definida. La descarga 4 de característica técnicas estaba congelada en la primera mitad del

2001. Esto significa que ningún nuevo volumen será agregado y cualquier cambio a las especificaciones sólo ocurrirá para corregir errores o inconsistencias.

Para la descarga 5, se espera que se congelaran las características técnicas en diciembre del 2001.

Por la mayor parte (aunque no exclusivamente), 3GPP 1999 se enfoca principalmente en el acceso a la red (incluso una totalmente nueva interfaz de aire) y los cambios necesarios a la red central para soportar este acceso de red. La descarga 4 se enfoca más en los cambios a la arquitectura de la red central. La descarga 5 introduce un nuevo modelo de llamada, que quiere decir cambios a los terminales, cambios a la red central, y algunos cambios al acceso de red (aunque los principios de la interfaz aérea permanecen iguales). Dado que la interfaz aérea es nueva en 3GPP 1999 y que no cambia drásticamente en las descargas más tarde, es mejor empezar nuestra descripción de tecnología de UMTS con la interfaz aérea WCDMA. El enfoque primario en este trabajo estará en el modo de funcionamiento FDD, con menos énfasis en TDD. Primero, cómo siempre, unas palabras sobre los tipos de servicios que UMTS puede ofrecer.

### Servicios de UMTS

Por supuesto, la capacidad más notable prometida por UMTS es una alta tasa de transferencia para arriba de datos a 2 Mbps. Hay, sin embargo, más a un servicio dado que apenas la tarifa de datos que el servicio exige. Dependiendo de lo que está intentando el usuario del extremo hacer, varias consideraciones deben ser hechas, de las cuales la tasa de datos es solamente una. Las especificaciones de UMTS definen cuatro clases de servicios, donde los servicios dentro de una clase dada tienen un sistema común de características. Las clases del servicio son como sigue:

- **Conversacional:** Este se caracteriza por la baja tolerancia de retraso, bajo temblor (variación de retraso) y baja tolerancia de error. La tasa de datos puede ser alta o puede ser baja, pero es generalmente simétrica. En otras palabras, la transferencia de datos en una dirección será similar a la transferencia de datos en la otra dirección. La voz, que es muy sensible al retraso, es una aplicación típica conversacional, que no requiere las proporciones de los datos muy altas. Videoconferencia también es una aplicación conversacional. Tiene los requisitos de retraso similares que para voz, pero es menos tolerante al error y generalmente requiere una tasa de datos más alta.
- **Interactivo:** Este consiste típicamente en transacciones del tipo petición - respuesta. El tráfico interactivo es caracterizado por la baja tolerancia a los errores, pero con una tolerancia más grande para los retrasos que los servicios conversacionales. El temblor (la variación de retraso) no es un impedimento mayor que en los servicios interactivos, con tal de que el retraso global no llegue a ser excesivo. Los servicios interactivos pueden requerir bajas o altas tasas de transferencia dependiendo del servicio en cuestión, pero la tasa de datos es generalmente importante solo en una dirección a la vez.

- **Fluido:** Este involucra los servicios en sentido único, usando bajas y altas transferencias de bits. Los servicios fluidos tienen una baja tolerancia al error, pero generalmente tienen una alta tolerancia al retraso y temblor. Esto es porque la aplicación receptora tiene normalmente buffers para que puedan presentarse los datos al usuario de una manera sincronizada. Transferencia de audio y transferencia de video son las aplicaciones de fluido típicas.
- **Fondo:** Este se caracteriza por un pequeño apremio del retraso. Los ejemplos de este tipo de servicio incluyen la entrega de correo electrónico de servidor-a-servidor (como opuesto a la recuperación de correo electrónico del usuario), SMS, y reportes de desempeño/medida. Las aplicaciones de fondo requieren la entrega libre de error.

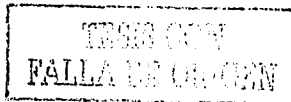
### Servicio de Voz en UMTS

Aunque UMTS se usará para una variedad de servicios de datos, la voz puede seguir siendo el servicio más utilizado. La voz tiene ciertos requerimientos en términos de la proporción de los datos, retraso, temblor, y la entrega libre de error, los cuales, todos se derivan de las percepciones humanas y expectativas. Es más, la calidad de voz en UMTS necesita ser comparable a la ofrecida en redes de la telefonía fija y ciertamente ningún más peor que esa experimentó 2G en sus redes inalámbricas.

UMTS usa el codificador de voz Adaptable a Multitasa (AMR). Este son realmente varios codificadores en uno y proporcionan tasas de codificación de 12.2 Kbps, 10.2 Kbps, 7.95 Kbps, 7.40 Kbps, 6.70 Kbps, 5.90 Kbps, 5.15 Kbps, y 4.75 Kbps. La tasa de 12.2 Kbps usa el mismo esquema de codificación usado en GSM usando el esquema de tasa completa. La tasa de 7.4 Kbps proporciona el mismo esquema de codificación como el usado en las redes de TDMA IS-136. El re uso de codificadores existentes significa que el esquema de codificación de voz de UMTS debe ofrecer los mismos niveles de calidad por lo menos como se ha experimentado en las redes existentes 2G.

El codificador AMR permite para la tasa de bits de voz, cambiar dinámicamente durante una llamada. Como describiremos después, cuanto más alto es el índice binario de cualquier servicio, más pequeña es la huella eficaz de una célula. Así, un usuario en el borde de una célula podría cambiar de una alta tasa de codificación a una tasa más baja de codificación para ampliar con eficacia la cobertura para el servicio de voz. Cada cuadro de voz en AMR es de 20 ms de duración y es posible cambiar la tasa de codificación de un cuadro de voz al próximo. Así, la tasa de codificación podría cambiar tan a menudo como cada 20 ms, aunque eso es improbable que pase en la realidad.

El codificador AMR también soporta Detección de Actividad de voz (VAD), y la transmisión discontinua (DTX), con la generación de ruido de confort. El efecto neto es que poco o nada se envía encima de la interfaz aérea cuando nada está diciéndose. Dado que típicamente involucra una persona hablando, seguido por la otra, es posible reducir la cantidad de transmisión encima de la interfaz aérea hasta un 50 por ciento. Claro, VAD y DTX son apoyados por las tecnologías inalámbricas más modernas.





Muchos de los servicios soportados por UMTS son servicios de conmutación de paquetes de datos. Voz, por otro lado, por lo menos en 3GPP 1999 y 3GPP 4, es un servicio de conmutación de circuitos. Esto significa que un usuario en una llamada de voz tiene acceso a los recursos dedicados a lo largo de la llamada. En efecto, un conducto dedicado se usa entre las dos partes en una conversación de voz. Esto es similar a la manera en que la voz se maneja en una red de GSM/GPRS, donde una llamada de voz usa una ranura de tiempo dedicada en la interfaz aérea y usa un transporte y switcheo dedicado en la red central. Aunque el concepto de ranuras de tiempo no traza bien para el acceso de radio WCDMA, la asignación de recursos dedicados apenas aplica.

### La interfaz aérea en UMTS

La interfaz aérea en UMTS es un sistema CDMA de Secuencia Directa (DS-SS-CDMA). Dado que esta sale radicalmente de las técnicas de TDMA, GSM. Vale brevemente el describir de los conceptos implicados.

DS-SS-CDMA significa que los datos del usuario son extendidos por una anchura de banda mucho más amplia con la multiplicación por una secuencia de bits pseudoaleatorios llamados chips.

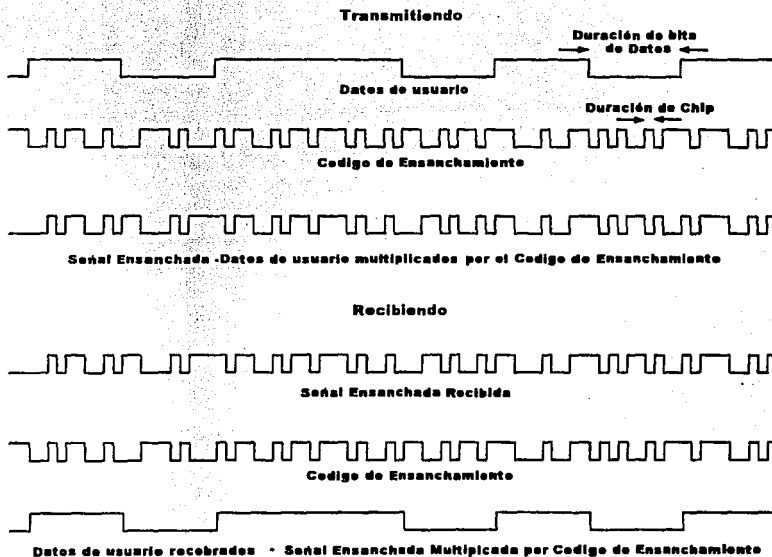


Figura 4.3 Concepto Básico de CDMA

La figura 4.3 proporciona una descripción conceptual de este ensanchamiento. Uno puede ver los datos del usuario, en una tasa relativamente baja comparada a la tasa del código de ensanchamiento, es esparcida sobre una señal que tenga una tasa binaria más alta. Podemos también ver que la señal que se transmite tiene características pseudo-aleatorias. Cuando está transmitida sobre una interfaz de radio, la señal esparcida parece ruido.

Si usuarios múltiples transmiten simultáneamente en la misma frecuencia, entonces el caudal de datos de cada usuario necesita ser extendido según una sucesión pseudo-aleatoria diferente. En otras palabras, cada caudal de datos del usuario necesita ser esparcido según un código de ensanchamiento diferente. En el receptor, el caudal de datos de un usuario dado se recupera por el desensanchamiento del juego de señales recibidas con el apropiado código de ensanchamiento. Claro, lo que está siendo desensanchado es el juego completo de señales recibido de todos los usuarios que están transmitiendo.

Por ejemplo, imagine a dos usuarios (A y B) que están transmitiendo en la misma frecuencia, pero con dos códigos extendidos diferentes. Si, en el receptor, la señal recibida es desensanchada con el código de ensanchamiento aplicable al usuario A, entonces los datos originales del usuario A son recuperados. El arroyo de los datos que se recupera tiene algún ruido creado por el hecho que la señal recibida también contiene los datos del usuario B. que el ruido, sin embargo, es pequeño.

Similarmente, si la señal recibida es desensanchada con el código de ensanchamiento usado por el usuario B, entonces los datos originales vertidos por el usuario B se recuperan, con un poco ruido generado por la presencia de los datos del usuario A dentro de la señal ensanchada. Con tal de que la proporción de ensanchamiento de la señal (la tasa de chip) es mucho más grande que la tasa de datos del usuario, entonces el ruido (es decir, la interferencia) generada por la presencia de otros usuarios será suficientemente pequeña para no inhibir la recuperación de los datos de un usuario dado. Claro, como el número de usuarios simultáneos es aumentado, esto hace interferencia y eventualmente se torna imposible recuperar los datos de un usuario específico con confianza.

En otras palabras, para un bit dado de datos del usuario recuperados, la proporción de señal-a-ruido debe ser lo suficientemente alta. En CDMA, nosotros nos referimos a  $E_b/N_0$ , donde  $E_b$  es la densidad de poder por bit de datos del usuario recuperados y  $N_0$  es la densidad de poder del ruido. Con tal de que  $E_b/N_0$  sea suficientemente grande, entonces los datos del usuario pueden recuperarse.

El cociente de la tasa de chip a la tasa del símbolo de los datos del usuario se conoce como el factor de ensanchamiento. La capacidad para recuperar la señal de un usuario dado es influenciada directamente por el factor de ensanchamiento. El factor de ensanchamiento más alto, tiene mayor capacidad para recuperar la señal de un usuario dado. Por lo que se refiere a la transmisión y recepción, un factor de ensanchamiento superior tiene un efecto equivalente al transmitir a un poder más alto. Así, la magnitud del factor de ensanchamiento puede ser considerado un tipo de ganancia y es conocido como la ganancia del proceso. En dB, la ganancia del proceso esta dada por  $10 \times 10 \log_{10}$  (tasa de ensanchamiento/tasa de usuario). En algunos casos, éste puede ser un número grande real y puede ayudar a superar el efecto de interferencia generado por la presencia de otros usuarios.

FALLA DE ORIGEN

Por ejemplo, si la ganancia del proceso para un servicio de CDMA dado fuera 20 dB y si un valor de Eb/No de 5 dB fuera necesitado, entonces para un usuario dado, la proporción de señal-a-interferencia puede ser tan baja como -15 dB y la señal del usuario todavía puede recuperarse. Esto es porque el desensanchamiento se beneficia de la ganancia del proceso de 20 dB. Note que, para una proporción de chip dada, la ganancia del proceso para aplicaciones de usuario de tasa de bit baja son mayores que para las aplicaciones de tasa de bit alta, que a menudo las aplicaciones de tasa de bit baja pueden tolerar más interferencia que las aplicaciones de tasa de bit alta.

La interfaz aérea WCDMA de UMTS (de ahora en adelante simplemente WCDMA) tiene un ancho de banda nominal de 5 MHz. Mientras 5 MHz es el canal espaciado nominal, es posible tener un canal espaciado de 4.4 MHz a 5 MHz en pasos de 200 kHz. Esto habilita espacio que podría necesitarse para evitar la interferencia, particularmente si el próximo bloque de 5 MHz se asigna a otro canal.

La proporción de bit en WCDMA es  $3.84 \times 10^6$  chips/segundo (3.84 Mcps). En teoría, para un servicio de voz a 12.2 Kbps (y, para ahora, no asumiendo ningún ancho de banda extra para la corrección del error), el factor de ensanchamiento sería  $3.84 \times 10^6 / 12.2 \times 10^3 = 314.75$ . Esto igualaría a una ganancia del proceso de 25 dB. En realidad, sin embargo, WCDMA incluye codificación extra para la corrección del error. Por consiguiente, un factor de ensanchamiento tan alto como 314.75 no está soportado, por lo menos no en la subida (uplink). Los factores de ensanchamiento soportados en la subida son 4, 8, 16, 32, 64, 128, y 256. El factor de ensanchamiento más alto (256) se usa principalmente por los varios canales de control. Algunos canales de control también pueden usar factores de ensanchamiento bajos, mientras los servicios del usuario generalmente usan factores de ensanchamiento bajos.

La tabla 3 proporciona un resumen de los factores de extendido y las correspondientes tasas de datos en la subida.

FACTOR ENSANCHAMIENTO	DE	TASA DE DATOS (Kbps)	DE DATOS	TASA DE DATOS DEL USUARIO (Kbps)
256		15		7.5
128		30		15
64		60		30
32		120		60
16		240		120
8		480		240
4		960		480

Tabla 3 Factores de Ensanchamiento en la Subida y tasas de datos

A primera vista, parece que el factor de ensanchado más bajo (4) proporciona una tasa gruesa de sólo 960 Kbps y una tasa utilizable de sólo 480 Kbps. Esto no se

encuentra en los requisitos de IMT-2000, en el cuál un usuario debe poder lograr velocidades de 2 Mbps. Para reunir ese requisito, UMTS brinda la capacidad para un usuario dado de transmitir en seis canales de datos simultáneos. Así, si un usuario quiere transmitir los datos a una tasa mayor a 480 Kbps, entonces se usan los canales múltiples, cada uno con un factor de ensanchado de cuatro. Con seis canales paralelos, cada uno a un factor de ensanchado de cuatro, un simple usuario puede obtener velocidades de 2 Mbps.

En el canal de bajada (downlink), los mismos factores de ensanchado están disponibles, con un factor extra de ensanchado de 512. Una diferencia entre subida y bajada, sin embargo, es el número de bits por símbolo. El de subida usa un bit por símbolo del usuario, mientras el la bajada usa dos bits por símbolo del usuario. Por consiguiente, para un factor de ensanchado dado, la tasa de bits del usuario en la bajada es mayor que la tasa de bits correspondiente en la subida. La tasa de usuario en la bajada no es el doble que en la subida, debido a las diferencias en que los canales de control y los canales de tráfico son multiplexados en la interfaz aérea. La tabla 4 proporciona un resumen de los factores de ensanchado y las tasas de los datos correspondientes en el canal de bajada.

FACTOR DE ENSANCHAMIENTO	TASA DE INTERFERENCIA AÉREA (Kbps)	TASA DE DATOS USUARIO (Kbps)	TASA DE DATOS APROXIMADA EN LA RED (Kbps)
512	15	3-6	1-3
256	30	12-24	6-12
128	60	42-512	21-25
64	120	90	45
32	240	210	105
16	480	432	216
8	960	912	456
4	1920	1872	936

Tabla 4 Factores de ensanchamiento y tasas de datos

Como es el caso del canal de subida, WCDMA soporta múltiples canales de datos de usuarios simultáneamente en la bajada, para que un solo usuario pueda lograr tasas de 2 Mbps. Debe notarse, sin embargo, que la tabla 4 no dice la historia entera de posibles tasas de datos en la bajada. WCDMA soporta un concepto conocido como el modo comprimido, donde existen huecos en las transmisiones de bajada tal que el terminal puede tomar medidas en otras frecuencias. Cuando el modo comprimido se usa, una reducción tendrá lugar en la tasa de datos comparada a lo mostrado en la tabla 4.

Una importante capacidad de WCDMA es que las tasas de datos del usuario, no necesitan ser arregladas. En WCDMA, los canales se transmiten con una

TEMA CON  
FALLA DE ORIGEN

estructura de cuadro de 10-ms. Es posible cambiar el factor de ensanchado en una base de cuadro-por-cuadro. Así, dentro de un cuadro, la tasa de datos de usuario es fija, pero la tasa de datos de usuario puede cambiar de cuadro a cuadro. Esta capacidad significa que WCDMA puede ofrecer el ancho de banda por demanda. Note que la tasa cambia cada 10 ms no aplica a voz de AMR como cada paquete de voz es de 20 ms de duración, para que la tasa de voz pueda cambiar cada 20 ms si se necesita, pero no cada 10 ms.

### Asignación del espectro

Con la opción de WCDMA FDD, los pares de canales de 5-MHz en la subida y bajada son como sigue: subida de 1920 MHz a 1980 MHz; la bajada de 2110 MHz a 2170 MHz. Así, para el modo de funcionamiento FDD, una separación de 190 MHz existe entre subida y bajada. Aunque 5 MHz es el espacio nominal de un canal, es posible tener un espacio de canal de 4.4 MHz a 5 MHz en pasos de 200 kHz. Esto habilita espacio que podría necesitarse para evitar la interferencia, particularmente si el próximo bloque de 5 MHz se asigna a otro canal.

Para la opción TDD, se han definido varias frecuencias, incluidas de 1900 MHz a 1920 MHz, y de 2010 MHz a 2025 MHz. Claro, con TDD, un canal dado es usado para ambos subida y bajada para que ninguna separación exista.

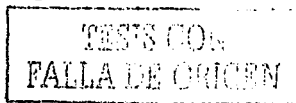
No hay ninguna razón clara, por qué WCDMA no pudiera desplegarse a otras frecuencias. De hecho, el uso de otras frecuencias debe ser necesario en algunos países. Usted puede haber notado que las bandas de frecuencia definidas previamente se traslapan significativamente con frecuencias usadas para PCS en Norte América. Por consiguiente, en Norte América, será necesario mover a algunos usuarios existentes de la banda de PCS y/o adquirir un nuevo espectro en alguna otra banda. El movimiento de usuarios de PCS existentes probablemente sólo pasara cuando en un canal dado se quiera ya llevar a cabo UMTS teniendo un sistema de PCS existente y usar algo del espectro para UMTS. El resultado neto para tal uso del operador, claro, es el límite del espectro para PCS y UMTS.

### Apreciación global de 3GPP

#### Arquitectura de Red 1999

La figura 4.4 muestra la arquitectura de la red para 3GPP 1999, el primer set de especificaciones para UMTS. Trabajando de izquierda a derecha, podemos ver en primer lugar el dispositivo del usuario o Equipo del Usuario (UE). Estrictamente hablando, el UE contiene el Equipo Móvil (ME) y el Módulo de Identidad del Suscriptor UMTS (USIM). El USIM es un chip que contiene alguna información relacionada con el suscriptor, más las llaves de seguridad. Es similar al SIM en GSM.

La interfaz entre el UE y la red es llamada interfaz Uu. Ésta es la interfaz aérea previamente descrita para WCDMA. Hablando estrictamente, la interfase WCDMA, por lo menos a la capa física, está entre el UE y el BTS. En las especificaciones 3GPP, la estación base es conocida como el Nodo B. Éste era originalmente un nombre temporal que de algún modo quedó.



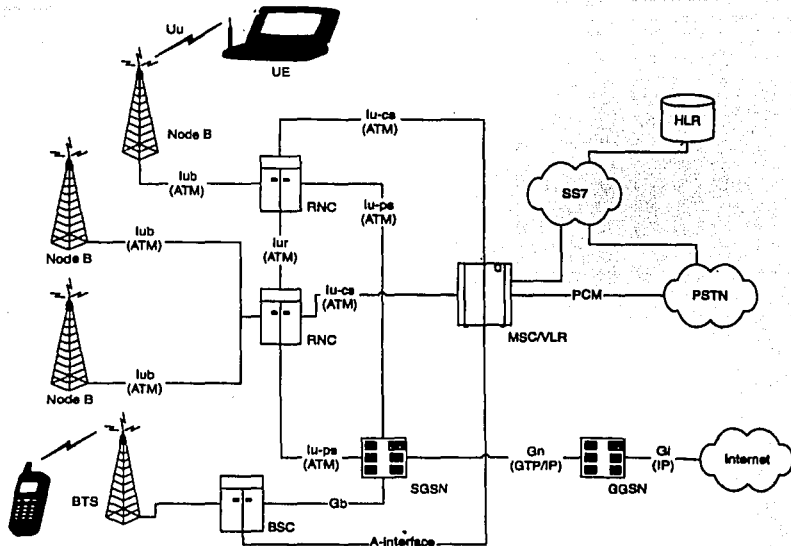


Figura 4.4 Arquitectura de red 3GPP 1999

Un Nodo B se conecta a un solo Controlador de Radio de Red (RNC). El RNC controla los recursos de radio de los Nodos B que son conectados a él.

El RNC es análogo a un BSC en GSM. Combinados, un RNC y los Nodos B que se conectan a él son conocidos como el Subsistema de Radio de Red (RNS). La interfaz entre un Nodo B y un RNC es la interfaz de Iub, diferente de la interfase Abis en GSM, la interfaz de Iub es totalmente estandarizada y abierta. Es posible conectar un Nodo B a un RNC de un vendedor diferente. Al contrario de GSM dónde no se conectan BSCs a diferentes vendedores, en el UTRAN (oficialmente, el UTRAN de Acceso de Radio Terrestre a la Red, o UTRAN), una interfaz existe entre los RNCs. Esta interfaz es llamada Iur. El propósito primario de esta interfaz es soportar movilidad Inter RNC y el handover suave entre Nodos B conectados a RNCs diferentes.

El UTRAN se conecta a la red central vía la interfaz de Iu. La interfase Iu, sin embargo, tiene dos componentes diferentes. La conexión de UTRAN a la parte de conmutación de circuitos de la red central es vía la interfase Iu-CS, que conecta un RNC a un solo Centro de Switcheo Móvil (MSC)/(VLR). La conexión de UTRAN

a la parte de conmutación de paquetes de la red central es llamada lu-PS. Esta conexión es de un RNC a un SGSN.

Puede verse de la Figura 4.4 que todas las interfaces en el UTRAN de 3GPP 1999 son basadas en el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM). ATM fue seleccionado debido a su capacidad de soportar un rango de diferentes tipos de servicios (como una tasa variable de transferencia para servicios basados en conmutación de paquetes y con una tasa constante de transferencia para servicios basados en conmutación de circuitos).

Podemos ver de la Figura 4.4 que la red central usa la misma arquitectura básica que la de GSM/GPRS. Esto fue hecho intencionalmente para que la nueva tecnología de acceso de radio pudiera ser soportada por una establecida, y robusta tecnología de red central. Debe ser posible para una red central existente ser actualizada para soportar UTRAN, para que un MSC dado, por ejemplo, pudiera conectar a ambos, un UTRAN RNC y un GSM BSC.

De hecho, las características técnicas de UMTS incluyen el apoyo para un handover duro de UMTS a GSM y viceversa. Éste es un requisito importante, puesto que el nivel extenso de la cobertura de UMTS tomará tiempo para completarse, y si existen agujeros en la cobertura de UMTS, es deseable que un suscriptor de UMTS pueda recibir servicio de la cobertura más extensa de GSM. Si los BSS UTRAN y GSM son soportados por diversos MSCs, entonces un handover Inter-sistema se podría alcanzar a través de un handover Inter-MSC. Dado que muchas de las funciones del MSC/VLR son similares para UMTS y GSM.

En más aplicaciones del vendedor, muchos de los elementos de la red están actualizándose para soportar simultáneamente GSM/GPRS y UMTS. Tales elementos de red incluyen el MSC/VLR, el Registro de Situación de Casa (HLR), el SGSN, y el GGSN. Para algunos vendedores, se han diseñado las estaciones base desplegada para GSM/GPRS para que ellos puedan actualizarse para soportar GSM y UMTS simultáneamente. Ésta es una consideración mayor por aquéllos operadores de red que quieren desplegar una red de UMTS en paralelo con una red de GSM existente. Para algunos vendedores, el BSC está actualizándose para actuar como un GSM BSC y un UMTS RNC. Esta configuración es rara, sin embargo. Las diferentes interfaces y funciones (como un handover suave) requeridas de un RNC UMTS significan que su tecnología es bastante diferente de un BSC GSM. Por consiguiente, es normal encontrar separados UMTS RNCs y GSM BSCs.

#### Liberación 4 Arquitectura de Red

La figura 4.5 muestra la arquitectura de la red básica para 3GPP 4. La diferencia principal entre la arquitectura 1999 y la arquitectura 4 es que la red central se vuelve una red distribuida. En lugar de tener tradicionales MSCs de conmutación de circuitos, como ha sido el caso en las arquitecturas de la red anteriores, una arquitectura de interruptor distribuida se introduce.

Básicamente, el MSC es dividido en un servidor de MSC y una entrada de los medios de comunicación (MGW). El servidor de MSC contiene toda la dirección de movilidad y lógica de mando de llamada que se contendrían en un MSC normal. No contiene, sin embargo, una matriz de Switcheo. La matriz de Switcheo se contiene dentro del MGW que se controla por el servidor de MSC y puede ser controlado remotamente por el MSC.

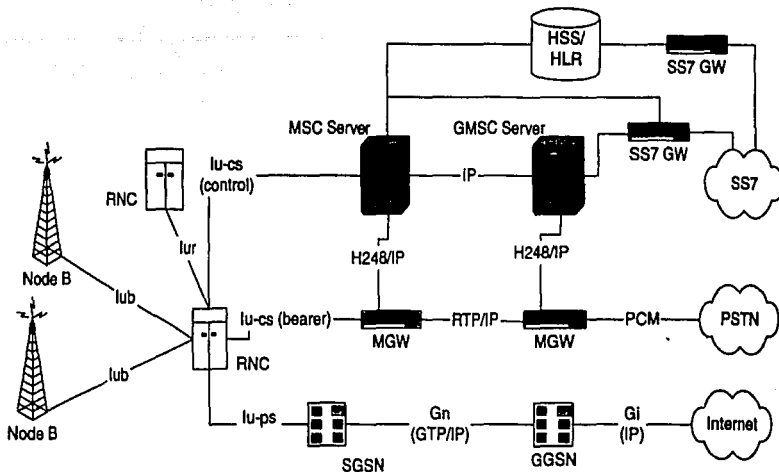


Figura 4.5 3GPP actualización 4 Arquitectura de Red

La señalización de control para las llamadas de conmutación de circuitos está entre el RNC y el servidor de MSC. El camino de los medios para las llamadas de conmutación de circuitos es típicamente entre el RNC y el MGW, un MGW tomará llamadas del RNC y dirige esas llamadas hacia sus destinos encima de una estructura de paquete. En muchos casos, esa estructura de paquete usará el Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP) encima del Protocolo de Internet (IP). Como puede verse de la figura 4.5, el tráfico de los paquetes de datos del RNC se pasa al SGSN y del SGSN al GGSN encima de una estructura de IP. Dado que datos y voz pueden los dos usar transporte IP dentro de la red central, una sola estructura puede construirse para apoyar ambos tipos de servicio. Esto puede significar ahorro significativo de capital y gastos de operación comparados a la construcción y funcionamiento de redes de conmutación de paquetes y circuitos por separado.

Al fin remoto, dónde una llamada necesita ser transferida a otra red, como el PSTN, otra compuerta de medios (MGW) se controla por una Entrada al servidor de MSC (servidor GMSC). Este MGW convertirá la voz paquetizada a un estándar PCM para la entrega al PSTN. Sólo es a estas alturas que un transcodificador necesita tener lugar. Asumiendo, por ejemplo, que la voz encima de la interfaz aérea se lleva a 12.2 Kbps, entonces la voz no necesita ser convertida a 64 Kbps hasta que localice el MGW que une con el PSTN. Este transporte paquetizado puede significar ahorro de ancho de banda en la estructura de red, particularmente si los dos MGWs son separados por una distancia significativa.

ENTRADA CON  
FALLA DE ORIGEN



El protocolo de control entre el servidor de MSC o servidor de GMSC y el MGW es el protocolo ITU H.248. Este protocolo se desarrolló conjuntamente por el ITU y la Internet Engineering Task Force (IETF). También pasa por el nombre de entrada de control de medios (MEGACO). El protocolo de control de llamada entre el servidor de MSC y el servidor de GMSC puede ser cualquier protocolo de control de llamada conveniente. Las normas 3GPP sugieren pero no asignan el Protocolo de Mando de Control de Llamada Independiente (BICC), que es basado en la recomendación de ITU-T Q.1902.

En muchos casos, un servidor de MSC soportará también las funciones de un servidor de GMSC. Es más, un MGW puede tener la capacidad para unir los dos con el RAN y con el PSTN. En ese caso, llamadas del o al PSTN puede darse localmente. Esto puede representar otra economía mayor.

Por ejemplo, considere el caso donde un RNC se localiza en una ciudad (la Ciudad A) y es controlado por un MSC en otra ciudad (la Ciudad B). Asumamos que un suscriptor en la Ciudad A hace una llamada telefónica local. Sin una arquitectura distribuida, la llamada necesita viajar de la Ciudad A a la Ciudad B (donde está el MSC), sólo ser conectado a través de un número de PSTN local en la Ciudad A. Con una arquitectura distribuida, la llamada puede controlarse por un servidor de MSC en la Ciudad B, pero el camino real de los medios puede permanecer dentro de la Ciudad A, reduciendo requisitos de transmisión y reduciendo los costos de funcionamiento de red.

Notamos que, en la figura 4-5, el HLR puede además ser conocido como un Servidor de Suscriptor de Casa (HSS). El HSS y HLR son funcionalmente equivalentes, con la excepción que la interfase a un HSS usará transporte basado en paquetes como IP, considerando que es probable que un HLR use el estándar de Sistema de Señalización 7 (SS7). Aunque no mostrado, una interfaz lógica existe entre el SGSN y HLR/HSS y entre el GSN y HLR/HSS.

Muchos de los protocolos usados dentro de la red central son basados en paquetes, usando IP o ATM. La red debe, sin embargo, interactuar con redes tradicionales a través del uso de entradas de medios. Es más, la red también debe unir con las redes con estándar SS7. Esta interfaz se logra a través del uso de una entrada de SS7 (SS7 GW). Ésta es una entrada que de un lado soporta el transporte de un mensaje de SS7 encima de un estándar de transporte de SS7. En el otro lado, transporta los mensajes de aplicación SS7 encima de una red de paquete como IP. Las entidades como el servidor de MSC, el servidor de GMSC, y HSS comunican con la entrada de SS7 que usa un juego de protocolos de transporte especialmente diseñados para llevar los mensajes de SS7 en una red de IP. Esta colección de protocolos es conocida como Sigtran.

#### Actualización 5 Arquitectura de la Red Todo IP

El siguiente paso en la evolución de UMTS es la introducción de una arquitectura de red de todo-IP multimedia (vea Figura 4.6). Este paso en la evolución representa un cambio en el modelo de la llamada global. Específicamente, los dos la voz y datos son principalmente manejados de la misma manera del terminal del usuario al último destino. Esta arquitectura puede ser considerada la última convergencia de voz y datos.

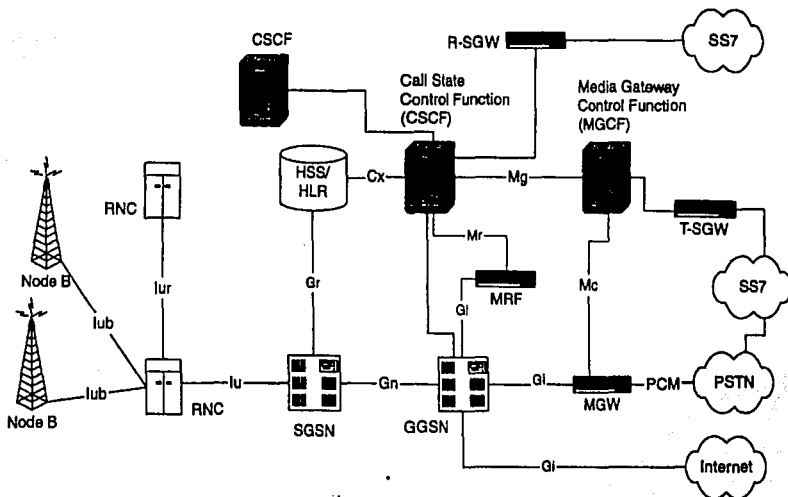


Figura 4.6 3GPP IP Arquitectura de Red

Como podemos ver en la figura 4.6, voz y datos no necesitan la interfaz separada; simplemente una interfaz Iu puede llevar todos los medios. Dentro de la red central, esa interfaz termina en el SGSN no hay ninguna entrada de los medios separada.

También encontramos varios nuevos elementos de la red, notablemente la Función de Control de Estado de Llamada (CSCF), la Función del Recurso Multimedia (MRF), la Función de control de Medios de Puerta (MGCF), la Señalización de Transporte de Entrada (T-SGW), y la Entrada de la Señalización de Roaming (R-SGW).

Un aspecto importante de la arquitectura todo-IP es el hecho que el equipo del usuario se refuerza grandemente. La lógica significativa se pone dentro del UE. De hecho, el UE soporta el Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP). El UE se hace un agente de usuario de SIP. Como tal, el UE tiene mayor control lejano de servicios que previamente.

El CSCF maneja el establecimiento, mantenimiento, y descargo de sesiones multimedia a y de los dispositivos del usuario. Esto incluye las funciones como traducción y ruteo.

El SGSN y GGSN son las versiones reforzadas de los mismos nodos usados en GPRS y UMTS 1999 y UMTS 4. La diferencia es que estos nodos, además de los servicios de datos, ahora soportan servicios que han sido tradicionalmente de conmutación de circuitos tal como la voz. Por consiguiente, las capacidades apropiadas de Calidad de Servicio (QoS) necesitan ser soportadas dentro del

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SGSN y GGSN o, a un mínimo, en los ruteadores inmediatamente conectadas a ellos.

La Función del Recurso Multimedia (MRF) es una función usada para soportar llamadas multipartita y servicio de encuentro en conferencia.

La Entrada de Señalización de Transporte (T-SGW) es una entrada SS7 que proporciona trabajo interno en SS7 con estándares de redes externas como la PSTN. El T-SGW soportará los protocolos de Sigtran. La Entrada de la Señalización de Roaming (R-SGW) es un nodo que proporciona señalización interna con redes móviles que usan SS7. En muchos casos, el T-SGW y R-SGW existirán dentro de la misma plataforma.

La entrada de los medios (MGW) realiza el trabajo interno con las redes externas al nivel de camino de los medios. El MGW en la arquitectura 3GPP 5 es el mismo que la función equivalente dentro de la arquitectura 3GPP 4. El MGW se controla por una Función de Control de Entrada de Medios (MGCF). El protocolo del control entre estas entidades es el ITU-T H.248. El MGCF también se comunica con el CSCF. El protocolo de opción para esa interfaz es el SIP.

Debe notarse que la arquitectura UMTS 5 todo-IP es una mejora a las redes existentes UMTS 1999 y UMTS 4. Es eficazmente la suma de un nuevo dominio en la red central, el dominio IP-multimedia (IM). Este nuevo dominio que permite que la voz y los datos sean llevados sobre IP toda la manera del microteléfono, usa los servicios del dominio de PS para los propósitos de transporte. Es decir, usa el SGSN, GGSN, Gn, Gi, etc. Nodos e interfaces que pertenecen al dominio de PS.

#### Apreciación global CDMA2000

CDMA2000 es una plataforma inalámbrica que es parte de la especificación de IMT-2000 y es una extensión de la plataforma CDMA UNO que usan el IS-95 A/B y estándares J-STD-008. CDMA2000, llegando a ser un estándar de IMT-2000, se engrana hacia el transporte y tratamiento de servicios inalámbricos 3G soportando aplicaciones multimedia para situaciones fijas y móviles.

En las plataformas 2G existentes que son operacionales hoy día para ambos celular y PCS, el mismo ancho de banda se asigna para voz y datos. Los servicios de los datos son, claro, servicios realmente de conmutación de circuitos, sin la capacidad para sobre reservar el servicio de datos y así aumentar la capacidad de un sistema inalámbrico a través del uso apropiado de servicios de datos.

#### Camino de migración

El camino de migración que un operador inalámbrico debe tomar para realizar CDMA2000 como está previsto para 3G normalmente se piensa como un acercamiento organizado para la aplicación. El concepto detrás del acercamiento escalonado es habilitar a operadores inalámbricos que usan las plataformas IS-95 para emigrar hacia 3G sin tener que elevar sus plataformas existentes o adquirir un nuevo espectro. CDMA2000 también es compatible hacia atrás con sistemas existentes 2G de CDMA, mientras se va acelerando el tiempo para su comercialización.

Desde el punto de vista de un operador, la migración de 2G a 3G y la realización de 3G deben incluir:

- Costo efectivo basado en la infraestructura ya colocada.

- Capacidad incrementada a través de poner ambos servicios de voz y de datos que utilizan las asignaciones de espectro existentes.
- Sistemas estándar que habilitan hacia atrás así como adelante la compatibilidad con otra red y plataformas de datos.
- La flexibilidad para encontrarse en las condiciones del mercado cambiante.

CDMA2000 fase 1 es un paso interino entre IS-95B y realización plena de la especificación IMT-2000 MC. CDMA200 puede desplegarse en un canal existente IS-95 o sistema y exhibirá las numerosas mejoras, algunas de las cuales se han incluido aquí:

- Soporte a canales de 1X y 3X 1.25-MHz
- 144-Kbps para transferencia de datos de paquetes
- 2X aumentado en la capacidad de la voz
- 2X aumentado en el tiempo de standby
- Handoff Mejorado

Se prevé que IS-95, CDMA200 1x:RTT, y CDMA2000-3x:RTT puede y coexista en el mismo mercado y posiblemente en el mismo sitio celular. Obviamente, uno puede tomar los numerosos provechos en el curso de llevar a cabo cualquier plataforma de tecnologías, y CDMA2000 no es por ningún medio único a esta situación. Sin embargo, se están siguiendo varios caminos de migración comunes por llevar a cabo CDMA2000. El camino de migración, claro, es dependiente si el operador está utilizando actualmente IS-95NB o J-STD-008 y actualizando a CDMA2000, o en el proceso de estar instalando un nuevo sistema o segmentando el espectro existente para facilitar la introducción de CDMA2000 en la red (vea tabla 5).

Estándar	Ediciones Salientes
IS-95A	9600 bps o 14.40Kbps
IS-95B	Principalmente voz, datos en el forward link, Handoff mejorado, y velocidades de datos de 64/56 Kbps
CDMA2000 fase 1	SR1 (1.2288 Mcps), Voz y Datos (paquetes de datos vía canales deparados), 128 códigos Walsh, 2X sobre la capacidad de voz de IS-95, 144 Kbps usando 1xRTT con SR1
CDMA2000 fase 2	SR3 (3.6864 Mcps), orientado a paquetes de datos, alta tasa de datos 144 Kbps para móvil, 384 Kbps para peatonal, 2Mbps para fijo, 256 códigos Walsh

Tabla5 Migración a CDMA 2000

Los siguientes son tres posibles caminos de migración que un operador puede elegir.

- CDMAOne (IS-95A)-CDMA2000 (fase 1)-CDMA2000 (fase 2)
- CDMAOne (IS-95A)-CDMA one (IS-95B)-CDMA2000 (fase 1) - CDMA2000 (fase 2)
- CDMA2000 (fase 1)-CDMA2000 (fase2)

Para complicar un poco más la materia para problemas de migración, varios pasos intermedios, dentro del proceso de aplicación de CDMA2000 se mencionan relativos a los aspectos de un canal simple (1x). El camino de migración esperado o, más bien, las opciones para el posible despliegue de un sistema de CDMA2000-1x se muestran en la figura 4 .7.

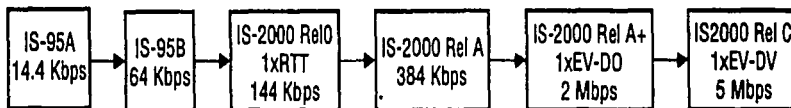


Figura 4.7 CDMA2000-1X proceso de evolución

#### Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema que comprenderá una red de CDMA2000 es una extensión lógica de una red de CDMAOne existente. Con la diferencia fundamental de la introducción de servicios de paquetes de datos. La implementación de un sistema de CDMA2000 significa involucrar actualizaciones al BTS y BSC con el propósito de ocuparse de los servicios de paquetes de datos. Adicionalmente, el uso de paquetes de datos también debe hacer necesario la introducción de un servidor complejo de paquete que ya puede existir para soportar servicios como CDPD.

Sin embargo, se recomienda que la red de datos de paquete existente, no deba ser considerada por default para inclusión en la arquitectura de red CDMA2000. La arquitectura del sistema para una red de CDMA2000, debido a los servicios de paquetes de datos, o puede centralizarse o puede distribuirse. La decisión acerca de si el sistema utiliza un sistema distribuido o centralizado es dependiente de los requisitos del diseño, así como de los problemas operacionales. La figura 4.8 es un ejemplo de un sistema de CDMA2000 autónomo que tiene la inclusión de un PDSN para ocuparse de servicios de paquetes de datos.

TRABAJA CON  
FALLA DE ORIGEN

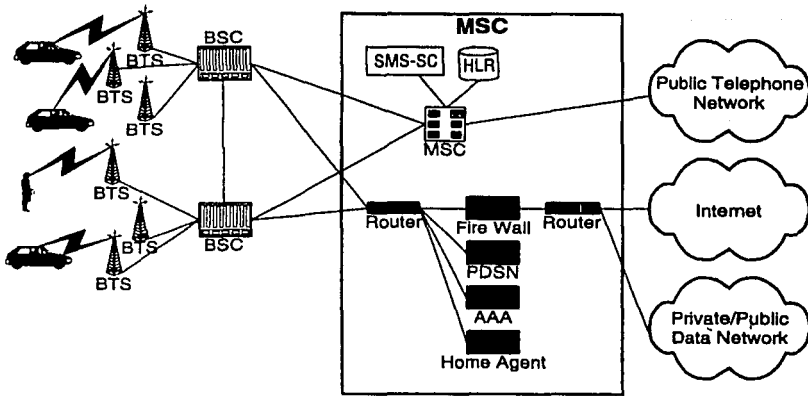


Figura 4.8 Arquitectura de un sistema CDMA2000

### Espectro

Los requisitos del espectro para un sistema de CDMA2000 tienen sus raíces en IS - 95, pero algunas diferencias existen. Una comparación para los requisitos del espectro entre los canales IS-95, CDMA2000-1x, y de CDMA2000-3x se muestra en la figura 4.9.

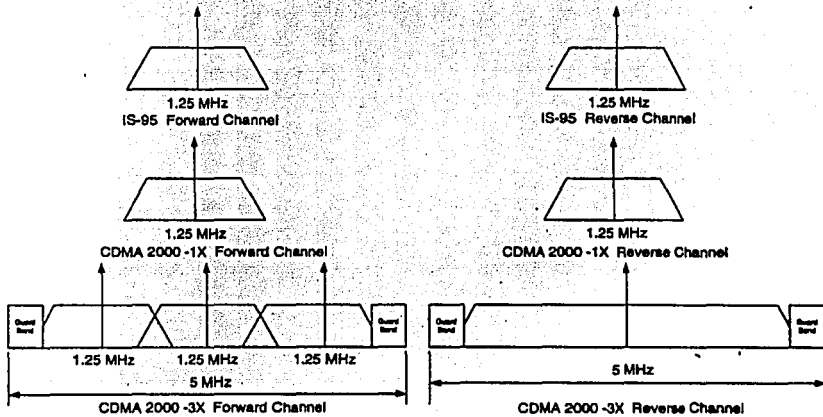


Figura 4.9 Canales 1X y 3X

TESTEADO  
FALLA DE CALIDAD

El canal mostrado en la figura 4.9 indica que para cualquier versión de CDMA2000-1x que el operador decida desplegar, puede ser recubierto en los canales existentes de IS-95, a través de una actualización 1:1 o N:1.

Cuando la decisión se toma de emigrar a un sistema CDMA2000-3x, el operador puede hacer dos opciones eficaces. El sistema se asignará a su propio espectro específico o los canales existentes 1x serán parte de la plataforma 3X ofrecida.

### Similitudes entre WCDMA/CDMA2000

WCDMA y CDMA2000 comparten varias similitudes que son parte de la plataforma IMT2000. Ambos sistemas utilizan la tecnología de CDMA y los dos requieren, en su última versión, un total de 5 MHz de espectro. Ambos sistemas serán capaces de Inter operar entre sí y es posible para un operador inalámbrico desplegar ambos una red de CDMA2000 así como un sistema de WCDMA, obstruyendo, claro, los problemas del costo.

Ambos sistemas tienen un camino de migración de plataformas existentes 2G a 3G. Sin embargo, el camino que hay que tomar para ambos sistemas es diferente y se maneja por la infraestructura conectada que el operador existente ya ha desplegado. Desde que el fin del juego es ofrecer los servicios de paquetes de datos a gran velocidad al usuario final, el problema real entre los dos estándares dentro de la especificación de IMT2000 es la metodología para cómo ellos realicen la velocidad deseada.

WCDMA utiliza un canal de banda ancha, mientras CDMA2000 utiliza ambos uno ancho y algunos canales estrechos en el proceso de lograr los niveles de transporte requeridos. Adicionalmente, ambos WCDMA y CDMA2000 son diseñados para operar en múltiples bandas de frecuencia. Ambos sistemas pueden operar en las mismas bandas de frecuencia proporcionadas si el espectro está disponible.

Por consiguiente, las similitudes entre WCDMA y CDMA2000 pueden resumirse en los puntos siguientes:

- Estándar global
- La compatibilidad de servicio dentro de IMT-2000 y otras redes fijas
- Alta calidad
- Banda de frecuencia común en todo el mundo
- Terminales pequeños para uso mundial
- La capacidad de Roaming mundial
- Equipos y servicios de aplicaciones multimedia
- Mejorada eficacia del espectro
- Flexibilidad para la evolución a la próxima generación de sistemas inalámbricos
- Tasas de paquetes de datos de gran velocidad
  - 2 Mbps para el ambiente fijo
  - 384 Kbps para el peatón
  - 144 Kbps para el tráfico vehicular

# Capitulo V.- Tercera generación (WCDMA)

## CDMA Ancho (WCDMA)

WCDMA es el sistema de tercera generación de radio digital que usa una combinación de acceso múltiple por división de código (CDMA) y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para soportar servicios de datos multimedia y servicios de voz a costos eficaces. WCDMA surgió de un grupo de compañías que desearon desarrollar una norma global para la tercera generación de sistemas de comunicación móvil.

### Historia

WCDMA es una especificación celular digital que fue creada para proporcionar inicialmente un solo sistema celular global. Comenzó el desarrollo de WCDMA en 1996, y el primer sistema WCDMA comercial se activó en Japón en el 2001. Dado que la especificación se creó por representantes de muchos países, se acepta como la norma para la próxima generación en más de 75 países.

En el 2001, GSM era el líder mundial en los sistemas celulares digitales con la porción del mercado global del 60%. Esta dominación de porción de mercado se logró a pesar de que el sistema GSM tiene rasgos de características avanzadas limitados y un uso menos eficaz del espectro de radio comparado con otros sistemas inalámbricos digitales. Los sistemas de GSM ganaron la dominación del mercado mundial a través de la estandarización detallada, la cooperación entre los múltiples fabricantes, y agresivo (económico) precio de sistemas y de los teléfonos móviles.

En la figura 5.1 se muestra el desarrollo del estándar WCDMA. Este diagrama muestra que los estándares de tercera generación fueron influenciados por una variedad de normas, incluyendo las normas no tradicionales como paginación, tierra de la radio móvil, y la tecnología del teléfono inalámbrica.

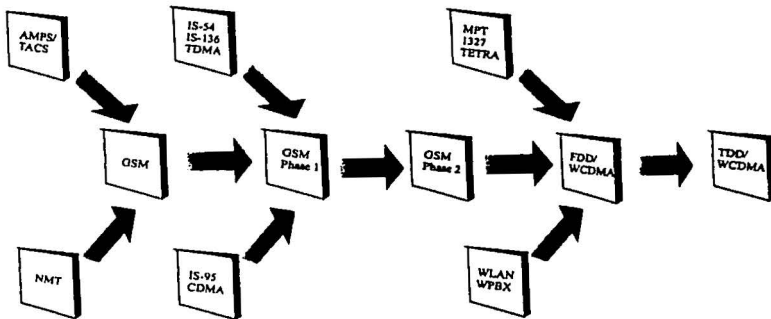


Figura 5.1 Desarrollo del estándar WCDMA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



## La Apreciación global del sistema

El sistema celular WCDMA permite a encima de 100 teléfonos móviles (voz) y muchos más dispositivos de datos compartir simultáneamente un simple canal con un ancho de banda de 5-MHz para voz o comunicaciones de datos. La estructura de un canal de radio WCDMA permite a múltiples teléfonos móviles comunicar en la misma frecuencia usando códigos diferentes en el canal de radio.

El sistema WCDMA incluye muchos de los mismos subsistemas básicos como en la segunda generación de sistemas inalámbricos. Sin embargo, algunas de las partes de la red se han renombrado y unas de las funciones (switcheo) se han reforzado. Hay tres partes básicas en el sistema WCDMA: el equipo del usuario (UE), acceso terrestre a la red UMTS (UTRAN), y el sistema central de red.

La red de WCDMA incluye los teléfonos móviles (algunas veces llamados estaciones móviles), estaciones de radio base (llamada Nodo B), controladores de radio de red, circuitos de conmutación de paquetes y de circuitos, entradas que adaptan el sistema WCDMA a la red pública de voz y redes de datos, y una variedad de bases de datos y protocolos que conectan todos los elementos de red. El sistema WCDMA separa la función de control de estación base y la mueve a una red controladora de radio (RNC). UN solo RNC puede servirle a varias estaciones base WCDMA. Los sistemas WCDMA pueden servir a los teléfonos móviles con una variedad de tasas de transferencia de datos y servicios.

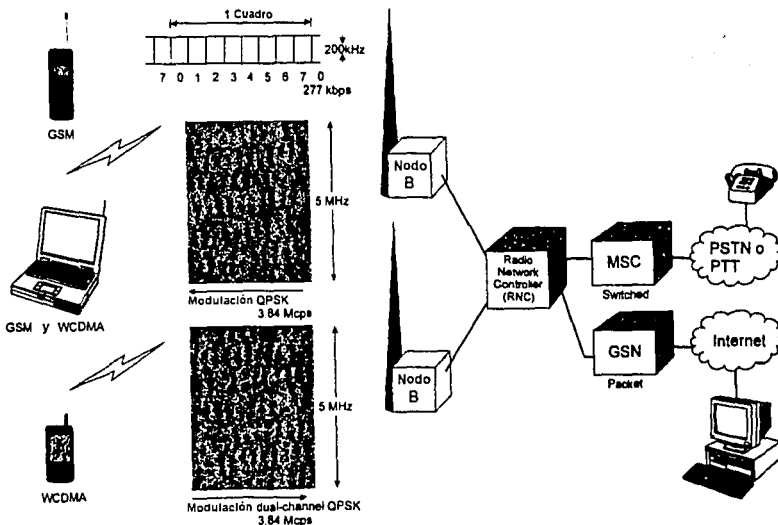


Figura 5.2 Sistema básico WCDMA

La figura 5.2 muestra las funciones básicas del sistema de radio WCDMA, este diagrama muestra el equipo de usuario (UE) comunicando con la red UTRAN. La red UTRAN se interconecta por medio de la red central (CN). Este diagrama muestra que la red UTRAN provee funcionamiento para WCDMA y GSM. Un sistema WCDMA usa un solo tipo de canal de radio para transferir voz, datos, e información de control. Este canal de radio es dividido en canales traslapados físicos y lógicos (transporte). Los canales físicos son definidos singularmente por códigos de ensanchamiento, y los canales lógicos (funcional) (por ejemplo, control, voz, y datos) está compuesto de grupos de bits (cuadros y campos). El canal físico básico es organizado en cuadros de 10 mseg que tienen 15 ranuras de tiempo de 666  $\mu$ sec cada una. De cada cuadro, cada usuario puede asignarse a una o más ranuras de tiempo para la recepción, y una ranura particular correspondiente para la transmisión. Algunas ranuras en el canal de transporte de datos pueden asignarse temporalmente para la información de control, y algunas para la información de canales de voz.

Las comunicaciones de voz en WCDMA son conducidas normalmente en dos canales de 5 MHz de frecuencia, un canal de downlink o canal forward (del sitio celular al teléfono móvil), y un uplink o canal reverse (del teléfono móvil al sitio celular). Las ranuras de tiempo entre los downlink/forward y canales uplink/reverse están relacionadas de tal forma que el teléfono móvil no transmite y recibe simultáneamente. Esto simplifica el diseño del teléfono móvil.

El sistema WCDMA tiene varios tipos de canales de control que se usan en conjunción con los canales de tráfico digital. Cada frecuencia del portador que se usa en cada célula o sector lleva los canales de control. Estos canales de control digitales llevan la información del sistema y compaginando, y coordina el acceso a los canales de control en los sistemas analógicos. Los canales digitales de control en WCDMA tienen muchas más capacidades que ser canales de control en GSM como son la coordinación de multimedia, paquetes de datos a velocidad, mensajería de difusión, y el control de poder rápido. Dado que los canales de control en WCDMA pueden usar códigos de ensanchamiento diferentes, ellos coexisten en la misma frecuencia del portador con canales de tráfico que se usan para la voz y comunicación de datos.

Los sistemas WCDMA permiten a varios usuarios compartir cada radio canal portador de frecuencia dedicando una sucesión de códigos extendidos específicos de usuarios individuales. Los canales de voz pueden ser tasa llena o media tasa. Tasa llena en los sistemas WCDMA asigna una ranura de tiempo por cuadro a cada usuario, permitiendo a 100 usuarios compartir un canal de radio simultáneamente. WCDMA es diseñado para que pueda acomodar fácilmente una tasa de bit variable y una tasa baja de bit para codificación de voz. El codificador de voz de tasa variable se llama codificador de voz de Multitasa Adaptable (AMR). También pueden usarse los codificadores de voz de tasa baja de bit (aproximadamente 6.5 kbps para cada usuario), permitiendo a 200 usuarios compartir un canal de radio simultáneamente.

Hay dos tipos de sistemas WCDMA: el dúplex por división de frecuencia (FDD) Acceso Múltiple por División de Código Ancho (FDD/WCDMA) y dúplex por división de tiempo (TDD) Acceso Múltiple por División de Código Ancho (TDD/WCDMA). FDD/WCDMA usa dos frecuencias para permitir transmisión

separada y recepción en dos frecuencias diferentes. TDD/WCDMA permite la transmisión doble en la misma frecuencia asignando ranuras de tiempo diferentes en un solo cuadro para la transmisión y la recepción.

## FDD/WCDMA

El sistema FDD/WCDMA usa dos canales de radio de 5 MHz; uno para el downlink (de la base al teléfono móvil) y uno para el uplink (del teléfono móvil a la base). Cada uno de los canales de radio es dividido en cuadros de 10 mseg, y cada cuadro es dividido en 15 ranuras de tiempo. Durante una conversación de voz al teléfono móvil, una o más ranuras de tiempo están dedicadas para transmitir, una o más por recibir, y algunas permanecen ociosas. El teléfono móvil usa las ranuras de tiempo ociosas para medir la fuerza de las señales que rodean los canales del portador celular. Estas medidas ayudan a la selección del canal y del handoff.

Códigos de ensanchamientos variables y ranuras de tiempo comparten resultados en una disponibilidad de datos de usuario con tasas disponibles de 960 kbps para cada canal downlink y 480 kbps para cada transmisión del uplink (asumiendo que cada canal usa codificación convolucional a media-tasa para protección del error). Varios canales físicos (tráfico de datos), de cuatro a seis pueden coexistir en las mismas frecuencias usando diferentes códigos extendidos y pueden combinarse para proporcionar tasas de usuario de hasta 2 Mbps.

Los subscriptores hablan y escuchan al mismo tiempo, así que el teléfono móvil debe funcionar enviando y recibiendo simultáneamente (llamado full duplex). Cuando estamos en el modo de conversación (llamado modo dedicado), los teléfonos móviles WCDMA normalmente no transmiten y reciben simultáneamente cuando examinamos en detalle la escala de tiempo, pero sólo parece hacer esto. Los datos de voz alternan entre transmitir y recibir, y cuando reciben, la voz comprimida se extiende en el tiempo para crear una señal de audio continua.

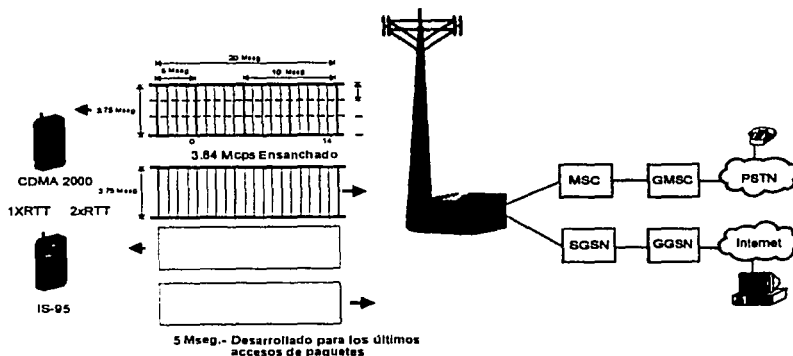


Figura 6.3 FDD/WCDMA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la figura 6.3 se muestra cómo los canales de radio FDD/WCDMA full duplex son divididos usando dos frecuencias, secuencias de códigos, y períodos de tiempo. Los teléfonos móviles WCDMA transmiten en una frecuencia y reciben en otra frecuencia que es superior 190 MHz. Cuando transmiten y reciben, usan una secuencia de código que es singularmente identificable para que otros teléfonos móviles y otras estaciones base no reciban la información. Durante el funcionamiento usual, el teléfono móvil transmite una ráfaga de datos en una frecuencia en una ranura de tiempo específica (o ranuras de tiempo), después recibe una ráfaga en otra frecuencia y ranura de tiempo (o ranuras de tiempo), y está brevemente ocioso antes de repetir el proceso.

### TDD/WCDMA

El sistema de TDD/WCDMA permite a un solo canal físico de radio de 5 MHz servir a los usuarios. Cada canal de la radio es dividido en cuadros de 10 mseg, y cada cuadro es dividido en 15 ranuras de tiempo (666  $\mu$ seg). Las ranuras de tiempo asignadas en tiempos diferentes para transmisión y recepción para permitir la comunicación bidireccional entre el teléfono móvil y el sistema.

El sistema TDD/WCDMA fue creado para permitir la comunicación en dos direcciones en sistemas que no tienen dos bandas de frecuencia disponibles. Muchos de los atributos del sistema FDD/WCDMA fueron mantenidos, incluso el ancho del canal de radio de 5-MHz, tamaño del cuadro, y tamaño de la ranura de tiempo para permitir la inter operación con el sistema de FDD/WCDMA.

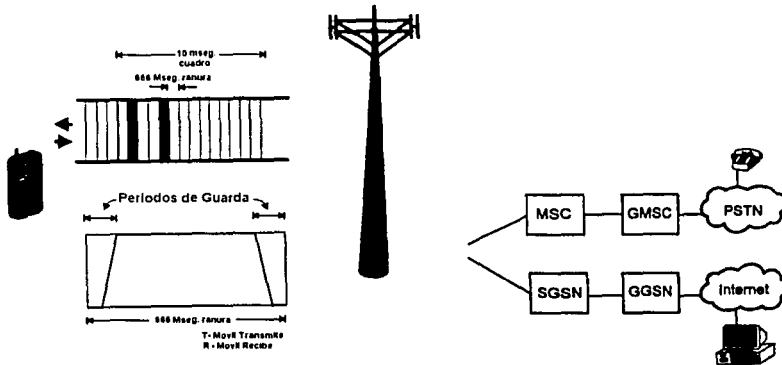


Figura 6.4 TDD/WCDMA

La figura 6.4 muestra cómo opera el sistema TDD/WCDMA. Este diagrama muestra cómo los canales de radio full dúplex TDD/WCDMA son divididos por las secuencias de códigos, y períodos de tiempo. Los teléfonos móviles TDD/WCDMA transmiten y reciben en una misma frecuencia. Ranuras de tiempo separadas se asignan para transmisión y recepción y múltiples ranuras de tiempo pueden ser

asignadas para permitir la transmisión de los datos a diferentes tasas para el downlink y el uplink. Durante el funcionamiento usual, el teléfono móvil recibe una ráfaga de datos, espera hasta su ranura de tiempo asignada para la transmisión y transmite una ráfaga en la misma frecuencia. Este proceso es continuamente repetido para permitir que los datos continuamente puedan fluir firmemente en ambas direcciones.

Una desventaja importante de funcionamiento en TDD es el requisito agregado de tiempos de guarda para asegurar que las ráfagas de datos no se traslapen. Para distancias cercanas, la cantidad (el porcentaje) de tiempo de guarda es pequeño, sin embargo, conforme la distancia del sitio celular se hace más grande, el porcentaje de tiempo de guarda se vuelve excesivo, limitando el uso de TDD para áreas más pequeñas (por ejemplo, dentro de edificios de oficinas).

### Los Atributos del sistema

Los atributos importantes de un sistema WCDMA incluyen un canal de radio con un gran ancho de banda CDMA, la coexistencia de canales físicos múltiples en la misma frecuencia, muchos canales lógicos (transporte), múltiples métodos de señalización, mejor reuso de frecuencias, múltiples tecnologías de codificación de voz, métodos de paginación mejorados, operación multisistema, y otros rasgos operativos avanzados.

### El Canal de radio, Extendido, Mezclado y Modulación.

El ancho de banda de los canales de radio WCDMA es relativamente ancho si se compara con la primera y segunda generación de sistemas inalámbricos. Un canal de radio con un ancho de banda de 5 MHz permite el desvanecimiento reducido de la señal y tiene el potencial para muy altas tasas de datos, más de lo que era posible en los sistemas anteriores. El sistema WCDMA incluye un nuevo set de canales de control y rasgos que permiten al teléfono móvil realizar funciones avanzadas como paquetes de datos que no habían sido disponibles o ineficazmente desplegados por los sistemas inalámbricos anteriores.

Los sistemas WCDMA usan la tecnología de Secuencia Directa de acceso múltiple por división de código que representa los datos del usuario en la forma de muchos bits de señal codificada. Para producir una señal digital con una alta tasa de bit, esta señal digital es especialmente codificada (Extendida) para identificarla de otras secuencias que están operando en el sistema, y esta señal digital se impone en un portador de radio modulando (cambiando) las características (la fase y amplitud) de la onda de radio.

### Modulación

El canal de radio en el sistema WCDMA se modula diferentemente en el downlink y uplink. La modulación del downlink usa Quadrature Phase shift keying (QPSK cuadratura de fase de desplazamiento fino) para todos los canales de transporte. El uplink usa modulación dual del canal, una para los canales de datos y una para los canales de control.

El downlink es continuo, mientras el canal de datos uplink velocidad-lenta puede completar un ciclo encendido durante la transmisión discontinua. La modulación de Uplink utiliza dos canales de transmisión: uno para los datos y otro para el control. Se utilizan dos canales físicos separados así que el completar un ciclo del transmisor en y durante las ranuras de tiempo no causa interferencia audible substancial. La interferencia audible debido a los resultados pulsados de la transmisión del RF fue descubierta durante la introducción de los sistemas móviles de la segunda generación (Ej. GSM, IS-95 CDMA, e IS-136 TDMA). Aunque el nivel de la energía del RF será reducido cuando la operación del DTX está apagada, un nivel bajo RF debido a una señal de información de control continua (señal piloto y control de poder) permanecen.

La figura 6.5 muestra la modulación que se usa en el uplink, cuadratura de fase de desplazamiento fino (QPSK). Este diagrama muestra que los datos del usuario es un canal codificado y aplicado al canal I del modulador DQPSK, y los datos de control es un canal codificado (código diferente) y aplicado al canal Q del modulador.

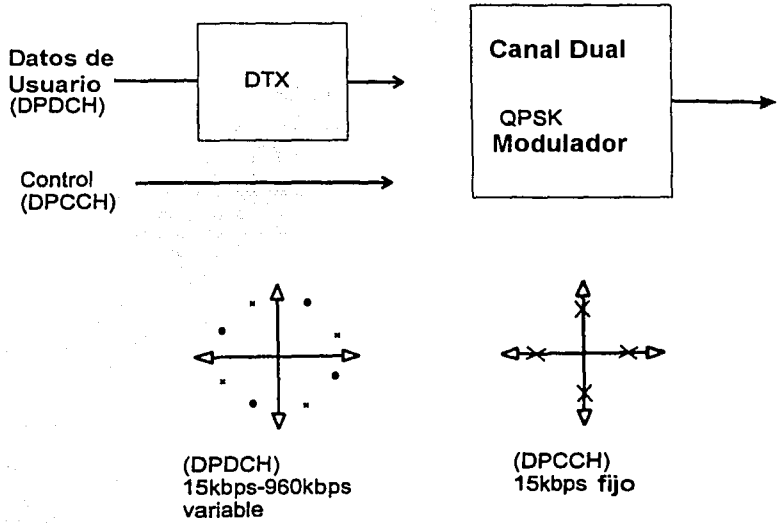


Figura 6.5 Modulación QPSK

Radio canal Extendido y mezclando

La información digital (datos) del usuario (voz digital o datos) se multiplica (ensancha) por un código para producir una secuencia larga por cada bit digital de información. El resultado es varios chips de la señal transmitida para cada uno de

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

los bits de información. Por lo que cada bit de datos se representa por varios chips de información, si unos de los chips son perdidos debido a las colisiones con otras señales, la mayoría terminará y los datos correctos del usuario pueden recrearse.

El factor más alto de ensanchamiento, tiene la mayor protección contra la interferencia (menos susceptibilidad) de la señal transmitida. Pero usando cantidades más altas de ensanchamiento resulta en una más baja proporción de transmisión de datos. Así, las comunicaciones de espectro ensanchado son un método de comunicaciones bastante robusto.

Para lograr el ancho de banda en demanda (BoD), el número de chips que representan cada bit de información es cambiado. Cada canal físico de comunicación en el sistema WCDMA es identificado por una única secuencia de ensanchamiento. Cambiando la cantidad de ensanchamiento, la cantidad de datos representados puede cambiar.

La tabla 1 muestra los procesos de ensanchado y mezclado en el canal de radio downlink. Esta tabla muestra que los datos de usuario son multiplicados (ensanchados) por la combinación de un código de canalización y un código de mezclado. El código de canalización expande el canal, produciendo un canal de radio ancho con una señal de tasa de datos baja. Este canal ancho de alta velocidad se modifica entonces por un código de mezclado que únicamente identifica la señal de la de otros usuarios que están operando en la misma frecuencia.

Factor de Ensanchado	Tasa de Datos del Canal (kbps)	Tasa de Datos de Red (kbps)
4 (mínimo ensanchado)	1920	936
8	960	456
16	480	215
32	240	105
64	120	45
128	60	12
256	30	6
512	15	3

Tabla 1 Ensanchado del radio canal Downlink

El canal downlink usa modulación QPSK que se transmite a una proporción de símbolo de 3.84 millones de símbolos por segundo. Cada símbolo representa 2 bits de información (cuatro niveles). Usando el mínimo factor de ensanchado de 4, esto proporciona un canal (desprotegido) con tasas de datos de 1920 kbps. Agregando protección del error (convolución codificada de media tasa) y algo de información de señalización (datos y control del mismo canal downlink), esto produce una tasa de datos netos máximos de 936 kbps.

Para lograr las altas tasas de datos requeridas por IMT-2000, hasta tres canales físicos downlink pueden combinarse en la misma célula y frecuencia. Usando un factor extendido de 4, esto proporciona una tasa de transmisión de datos gruesa

máxima de 5760 kbps y una tasa de transmisión de datos neta de 2300 kbps. La suma de canales físicos múltiples en la misma célula y frecuencia aumenta el nivel de la interferencia y reduce el tamaño eficaz de la célula.

El canal uplink usa modulación dual del canal dónde cada símbolo equivale a 1 bit de información. Transmitiendo a una tasa de símbolo de 3.84 millones de símbolos por segundo, y usando un factor mínimo de ensanchamiento de 4, esto proporciona un canal (desprotegido) con una tasa de datos de 960 kbps. Agregando protección de error (convolución codificada de media tasa) esto produce tasas de datos netos máximos de 480 kbps. Por el canal uplink, información de control y datos se envían sobre canales separados.

Hasta seis canales físicos uplink pueden combinarse en la misma célula y frecuencia. Usando un factor de ensanchamiento de 4, esto proporciona una tasa máxima de transmisión de 5760 kbps. Y una tasa de transmisión de datos neta de 2880 kbps. Vea tabla 2.

Factor de Ensanchado	Tasa de Datos del Canal (kbps)	Tasa de Datos de Red (kbps)
4 (mínimo ensanchado)	960	480
8	480	240
16	240	120
32	120	60
64	60	30
128	30	15
256	15	7.5

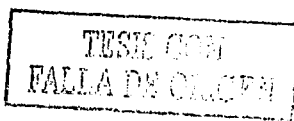
Tabla 2 Ensanchado del radio canal Uplink

### Árboles del código de canalización

Cada canal de comunicación se identifica particularmente por un código de canalización. Los códigos de canalización seleccionados por cada canal son parte de un set especial (llamados códigos ortogonales) esto es, que no interfieren entre sí durante la transmisión. Agrupándose los códigos ortogonales en sets, permiten múltiples códigos de ensanchamiento para ser usados en el mismo canal de RF sin interferir entre sí. Esto se llama factor ortogonal de ensanchado variable (OVSF).

Los códigos de canalización no cambian la cantidad de ensanchamiento. Ellos sólo modifican la señal que se ha extendido para identificarla singularmente entre otros canales que tienen códigos de canalización diferentes que están operando en la misma frecuencia.

Los códigos de canalización tienen una estructura jerárquica dónde el código de bajo nivel de factores de ensanchamiento son subsets de códigos de nivel superior. Los códigos de nivel superior se relacionan a las más altas tasas de transferencia. Cuando un código de nivel alto se usa, no pueden usarse los





códigos de nivel más bajo. La figura 6.6 muestra el proceso de codificación de canales y el ejemplo de codificación de árbol. Este diagrama muestra que el canal está primero compuesto por el código de mezcla del canal y modificado por el código de canalización. Una vez que un código de alto nivel se usa (cantidad pequeña de factor de ensanchamiento), no pueden usarse códigos de bajo nivel derivados de ese código.

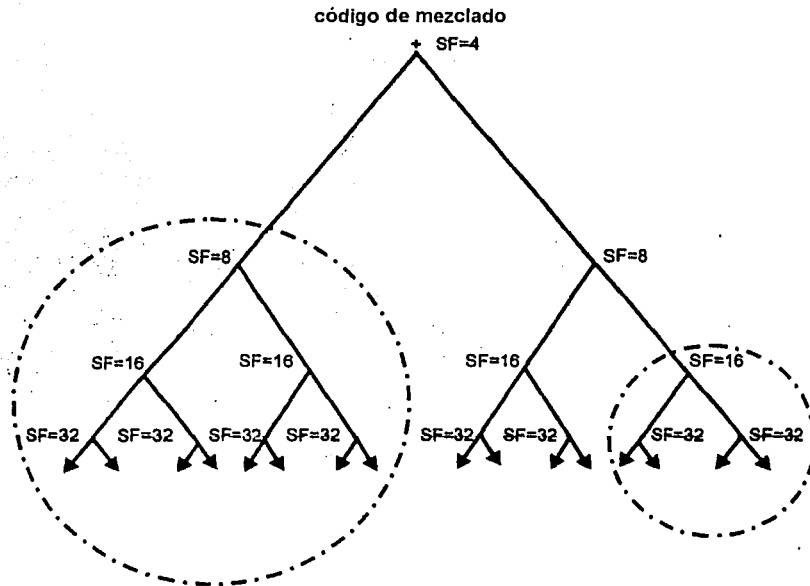


Figura 6.6 Árbol de Codificación de Canal

La figura 6.6 muestra que la codificación en árbol se extiende hacia abajo a los factores de ensanchamiento más grandes, 512 para los downlink y 256 para el uplink.

El cuadro y Estructura de ranura

La figura 6.7 muestra la estructura dedicada del canal uplink.

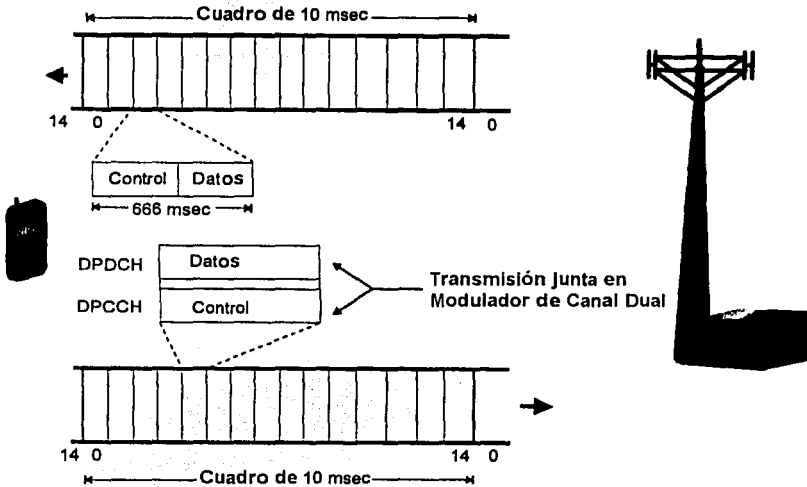


Figura 6.7 Canal Uplink

Este diagrama muestra que el canal físico es dividido en cuadros de 10-mseg y cada cuadro tiene 15 ranuras de tiempo de 666  $\mu$ seg cada uno. Cada ranura de tiempo contiene grupos de bits llamados campos. Los campos sirven un propósito específico como es mantener mensajes de control o datos del usuario. Hay varias estructuras de ranura, dependiente en los canales físicos y lógicos. El número de bits contenido dentro de una ranura de tiempo depende de la tasa de datos del canal (determinado por el factor de ensanchamiento). Un mensaje que es transferido en un canal lógico puede extenderse sobre algunas ranuras de tiempo. La proporción de chip del canal de 3.84 Mcps y el número de bits por ranura de tiempo depende de la cantidad de ensanchado del canal. Este diagrama muestra dos diferentes ranuras de tiempo para el uplink. Esto es porque la modulación de canal dual tiene dos canales simultáneos. La ranura de tiempo de control contiene una señal piloto, identificadora de transporte de combinación de formato (TFCI), información de la regeneración (FBI), y control del poder de transmisión (TPC). El canal dedicado usa diferentes códigos de ensanchado, y los canales de control usan típicamente arreglos de ensanchado fijo. El diagrama muestra que las ranuras de tiempo en el canal downlink son divididas en control y datos.

### Operación Multisistema

Aunque el sistema WCDMA usa un solo tipo de ancho de banda sólo canal digital, el sistema fue diseñado para ser compatible hacia atrás con otros sistemas

celulares establecidos. Esto permite la transición gradual entre los sistemas legados como GSM y el sistema avanzado WCDMA.

### Canales físicos de Radio

Los canales de radio WCDMA usan una compleja forma de onda de radio que es dividida en señales codificadas donde muchos elementos de frecuencia llamados "chips" son usados para identificar datos que son para un teléfono móvil específico o grupos de teléfonos móviles. Los teléfonos móviles constantemente descifran (correlacionan) las sucesiones de código que se asignan para su funcionamiento. Cada canal de radio WCDMA es dividido en varios tipos diferentes de canales de control y datos por el uso de diferentes códigos y ranuras de tiempo. En un sistema celular analógico, hay una frecuencia de portador por cada canal de voz, para que las dos condiciones sean usadas sinónimamente. En un sistema TDMA como GSM, la terminología normal establecida en sus normas distingue claramente entre una forma de onda de un canal de frecuencia y los canales divididos en tiempo que lo componen. Para el sistema GSM, la voz y señales de control pueden compartir el mismo canal, pero ellos son divididos en periodos de tiempo diferentes. Para el sistema WCDMA, canales diferentes pueden usar secuencias de código diferentes, pero ellos también son asignados a ranuras de tiempo específicas.

Los canales de control WCDMA continuamente proveen información a los teléfonos móviles que están operando en el sistema pero no intervienen en la conversación, y coordina su acceso al sistema. Cada canal WCDMA tiene un sistema de transporte dedicado (lógico) para el control del canal.

El sistema de radio WCDMA transmite y multiplexa varios usuarios hacia un solo canal de radio a través del uso de secuencias de código y asignación de las ranuras de tiempo. Un canal de WCDMA transmite a una tasa de chip de 3.84 Mcps. Sin embargo, basado en la secuencia de ensanchamiento (4-512 chips por bit), número de ranuras de tiempo asignadas (1-15), y la codificación de protección de error (de 1 a  $\frac{1}{4}$  de tasa de codificación convolucional), la tasa de datos para cada usuario puede variar de 1 kbps a 1920 kbps (el downlink) y 960 kbps (el uplink). Pueden combinarse múltiples canales físicos para producir las tasas de transferencia de datos más altas. Hasta tres canales paralelos pueden combinarse en el downlink, y hasta seis canales físicos pueden combinarse en el uplink.

La figura 6.8 muestra cómo un canal de RF de 5-MHz puede compartirse por múltiples canales físicos. Dado que cada canal de RF tiene una única secuencia de ensanchamiento. Este diagrama muestra que mientras cada uno de estos canales puede causar alguna interferencia a los otros canales físicos, es mínimo. Algunos canales de radio físicos se usan exclusivamente como canales de control, y otros canales de datos encauzan control e información del usuario sobre el mismo canal físico. Para los canales de control físico dedicados, una secuencia específica fija de ensanchamiento se usa típicamente para identificar cada canal. Esto permite al teléfono móvil descubrir más fácilmente y descifrar el canal de control.

Hay diferentes tipos de canales físicos usados para propósitos específicos. Ellos se diseñan para realizar un ciclo a través de la secuencia de operaciones, y se transmiten diferentes tipos de información en cada ranura de tiempo durante este ciclo. Estos canales físicos incluyen los canales de control compartidos y dedicados.

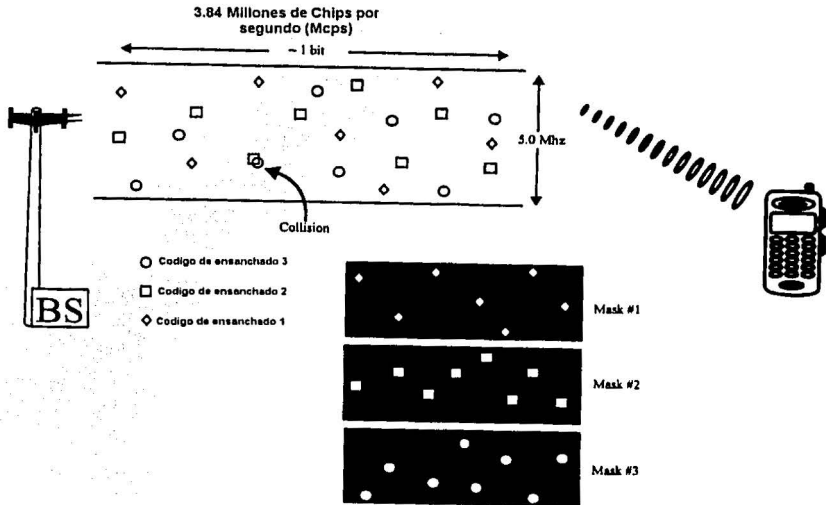


Fig. 6.8 Canales Físicos Múltiples en la Misma Frecuencia.

### Canal Físico Primario Común de Control (PCCPCH)

El canal físico primario común de control es un canal del downlink que continuamente transmite (difusión) la identificación del sistema e información de control de acceso. Su código de ensanchado se asigna permanentemente a 256 para proporcionar una tasa de transmisión de datos gruesa de 30 kbps. Para proteger la información crítica de difusión, media tasa de codificación convolucional se usa, y se realiza entrelazado sobre dos cuadros consecutivos (interleaving de 20 mseg).

### Canal Físico Secundario Común de Control (SCCPCH)

El canal físico secundario común de control es un canal del downlink que lleva el canal de acceso hacia adelante (FACH), información (control) junto con el canal de paginación (PACH) y mensajes para teléfonos móviles que se han registrado con el sistema. El factor de ensanchamiento es fijo según las capacidades de recepción del teléfono móvil. El código de ensanchamiento es cambiado para

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

permitir la máxima (más rápida) tasa de transferencia de datos que el teléfono móvil puede procesar.

La configuración mínima del sistema es por lo menos un canal de control secundario. Sin embargo, pueden asignarse canales de control secundarios múltiples basado en las necesidades de paginación y de control del sistema además de la capacidad de los teléfonos móviles que están operando dentro del sistema.

#### Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH)

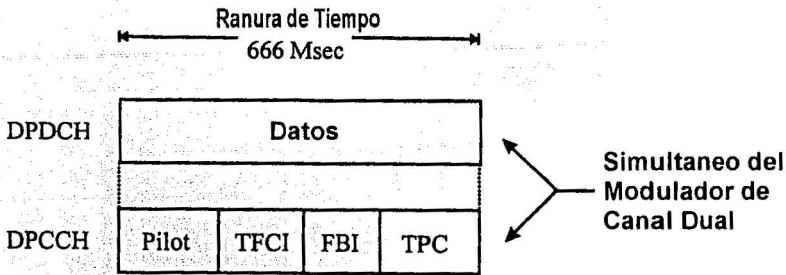
El canal físico de acceso aleatorio es un canal del uplink que permite a un teléfono móvil transmitir las peticiones de acceso al azar (ráfagas) cuando un teléfono móvil intenta acceder al sistema celular. Porque las peticiones de acceso de este servicio son recibidas al azar por el sistema, para ayudar a la estación base para descubrir y decodificar los mensajes del servicio de petición, se usa un factor fijo de ensanchamiento fijo. La tasa de transmisión de datos básica en el canal RACH es de 16 kbps.

#### Canal Físico Dedicado de Datos (DPDCH)

El canal físico dedicado de datos transfiere los datos de usuario en los canales uplink y downlink. Dado que los canales uplink y downlink usan diferentes modulaciones, la cantidad de ensanchamiento que el canal físico dedicado puede usar difiere entre el canal uplink y el downlink. El DPDCH usa un factor de ensanchamiento que puede ir de 4 a 256 para el downlink y de 4 a 512 para el uplink. El ensanchado para el canal de datos pueden cambiar en una base de cuadro a cuadro. El canal físico dedicado de datos para el uplink usa modulación dual del canal I/Q (fase). Esto permite a cada símbolo (cambio de fase) representar bits de dos fuentes de datos diferentes. Una de las fuentes de datos en la modulación de canal dual es de datos de usuario, y la otra es la señal de control. Esto permite el envío simultáneo de datos e información de control. La figura 6.9 muestra la estructura de la ranura de tiempo para los dos canales de comunicación.

#### Canal Físico de Control dedicado (DPCCH)

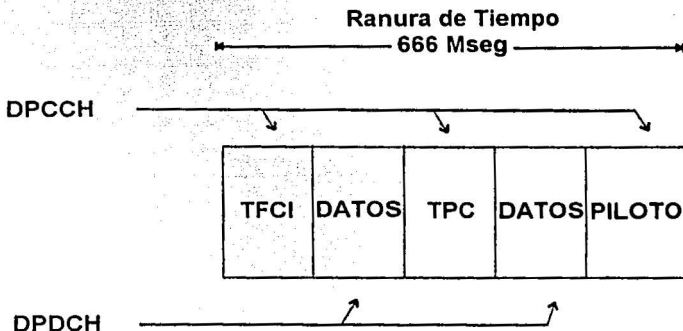
El canal físico de control dedicado downlink (DPCCH) transfiere la información de control entre el sistema y el teléfono móvil. Ambos el uplink y el downlink DPCCH llevan bits piloto y la identificación de combinación del formato de transporte (TFCI). Los bits piloto ayudan a la recuperación del canal de control y datos, y el TFCI determina si se combinan múltiples canales físicos. El canal de control downlink también debe incluir el control de poder de transmisión (TPC) y bits de información de regeneración (FBI).



TFCI- Transport Format Combination Indicator  
 FBI- Feedback Information  
 TPC- Transmitter Power Control

Fig. 6.9 Estructura de los canales Uplink

La figura 6.10 muestra la estructura de ranura del canal downlink físico de datos. Al contrario de las señales del canal dual usado en el uplink, el canal downlink se subdivide en los datos lógicos y canales de control por ranuras de tiempo. La porción de control de la ranura incluye bits piloto, TFCI, y TPC.



TFCI- Transport Format Combination Indicator  
 TPC- Transmitter Power Control

Fig. 6.10 Estructura de los canales Downlink

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### Canal Físico Downlink Compartido (PDSCH)

El canal físico downlink compartido proporciona (conlleva) información de control a teléfonos móviles que operan dentro de su área de cobertura. El PDSCH siempre es asociado con un canal dedicado downlink (DCH). El factor de ensanchamiento del PDSCH se permite variar de 4 a 256.

### Canal Físico Común de Paquetes (PCPCH)

El canal físico común de paquetes (PCPCH) es diseñado específicamente para llevar paquetes de datos. El funcionamiento del canal PCPCH es similar al canal RACH. Para ganar la atención del sistema, los teléfonos móviles monitorean el sistema para ver si no está ocupado, transmite las ráfagas de demanda de acceso breves, y gradualmente aumenta el poder de cada ráfaga hasta que el sistema responda a su demanda. Al contrario de los canales RACH, el canal PCPCH continúa transmitiendo los datos en el canal común después de que el sistema reconoce la transmisión del teléfono móvil.

### Canal de sincronización (SCH)

El canal de sincronización (SCH) ayuda en el proceso escudriñador celular y es dividido en canales primario y secundario. El canal primario usa una secuencia de 256 que es idéntica en cada célula. El canal secundario proporciona referencia de tiempo de sincronización del cuadro y de la ranura de tiempo para cada célula en particular.

### Canal Piloto común (CPICH)

Cada transceiver del sitio celular en WCDMA transmite una señal piloto para tiempo de referencia para demodular la señal. El canal piloto también se puede usar para estimar la fuerza de la señal recibida para indicar qué sitio celular puede comunicarse mejor con el teléfono móvil. El CPICH usa un factor de ensanchado de 256 que produce una tasa de transmisión de datos de 30 kbps.

El canal piloto es distinguido de otros canales codificados por un código de corrimiento particular. Los teléfonos móviles WCDMA simultáneamente miden la fuerza de las señales piloto de las estaciones base vecinas en el sistema.

Hay dos tipos de canales piloto: el primario y el secundario. Hay sólo un código de canal primario para cada célula (o sector). El canal piloto secundario puede tener otros códigos. El canal piloto secundario puede ayudar a direccionar los sistemas inteligentes de antena.

### Cauce de Indicación de adquisición (AICH)

El canal de AICH se usa para asignar un teléfono móvil a un canal de datos (DCH) donde puede empezar a comunicarse con el sistema. Un mensaje de asignación de canal es una contestación del sistema después de un canal de acceso aleatorio

(RACH) el mensaje de petición de servicio se ha enviado del teléfono móvil al sistema base.

#### Canal Indicador de página (PICH)

El canal indicador de página (PICH) es usado para coordinar los modos de sueño del receptor del teléfono móvil. El PICH trabaja con el canal de paginación (PCH) para asignar al teléfono móvil en una repetición de proporción de paginación que determina que a menudo un teléfono móvil deba despertarse para recibir sus mensajes de paginación.

#### Canales de Transporte (Lógicos)

WCDMA usa un solo tipo de forma de onda de portador de radio frecuencia para transferir los datos entre la estación base y el teléfono móvil. Los datos en este canal de radio son divididos en canales de transporte (Lógicos) que realizan funciones específicas. Los canales de transporte llevan información de control y datos de usuario. Los canales de control transfieren difusión, paginación, y control de acceso. Los canales de control transfieren información de voz y datos (por ejemplo, fax). Estos canales lógicos se asignan a canales físicos (codificado).

#### Canal de difusión (BCH)

El canal de difusión (BCH) es un canal downlink que transmite información que es específica a ese sistema y célula que pueden usarse para identificar y asistir a los teléfonos móviles que están operando con su sistema. El canal de difusión proporciona información del sistema al teléfono móvil, listas de canales de radio vecinos, y otra información de configuración del sistema. El canal de difusión identifica los canales de acceso aleatorio disponibles y sus códigos de corrimiento. Cada célula tiene un canal de difusión. Examinando la fuerza de la señal de cada canal de difusión cercano, y usando los códigos detectores de error que están incorporados en la transmisión digital de esa estación de la base, los teléfonos móviles WCDMA que no están comprometidos en una conversación pueden medir la calidad de los canales de radio de sitios celulares cercanos. Esto se hace para determinar cual es el canal de control óptimo para seleccionar. Una vez que el teléfono móvil ha encontrado el mejor canal de difusión, continúa recibiendo ese código y ranura de tiempo hasta que hay una razón para escoger otro.

#### Canal de Acceso Delantero (FACH)

El canal de acceso delantero (FACH) es un canal downlink que lleva la información de control a terminales que están registrados con el sistema. El canal FACH también puede llevar paquetes de datos, y puede haber más de un FACH en una célula. Sin embargo, por lo menos un canal FACH debe tener una proporción de transmisión de datos baja para permitir a todos los móviles poder recibir los mensajes FACH. Si se usan múltiples canales FACH en la célula, los



mensajes FACH adicionales pueden tener una proporción de transmisión de datos más alta.

### Canal de Paginación (PCH)

El canal de paginación (PCH) es un canal downlink que lleva mensajes que alertan a los teléfonos móviles de un evento inminente, a menudo una página de la llamada. El canal de paginación es también usado para alertar a un teléfono móvil de un mensaje corto (SMS), una sesión de datos, o servicio de mantenimiento requerido (por ejemplo, registro de localización).

Uno de los parámetros más importantes es la información acerca del periodo de sueño y el rastro del ciclo de paginación. Para conservar el poder de la batería, el sistema base fija los mensajes de paginación (qué ocurre cuando alguien origina una llamada a un teléfono móvil) para que el teléfono móvil no necesite guardar a su receptor todo el tiempo. El teléfono móvil puede "ir a dormir" (apaga todos sus circuitos electrónicos interiores excepto el contador de hyperframe) la mayoría del tiempo, y se "despierta" (enciende los circuitos del receptor) sólo periódicamente cuando sabe que las páginas destinadas para él (si cualquiera) pueden ocurrir.

### Canal de Acceso aleatorio (RACH)

El canal de acceso aleatorio (RACH) es un canal uplink que lleva las peticiones para el servicio de los teléfonos móviles a las estaciones base cuando ellos empiezan a preparar una llamada. El RACH es un canal compartido que se reconoce a través del canal indicador de adquisición (AICH).

Una característica avanzada del canal RACH para WCDMA es la habilidad del teléfono móvil para enviar cantidades pequeñas de datos con el mensaje RACH. Éste es un sistema eficaz de transmisión de paquetes de datos porque el teléfono móvil no tendrá que ser asignado a un canal de datos dedicado cuando sólo necesita enviar cantidades pequeñas de datos.

### Canal Uplink de Paquetes Común (CPCH)

Canal Uplink que extiende la capacidad del RACH para permitir los servicios de paquetes. Cuando el teléfono móvil tiene cantidades pequeñas de datos para transmitir, y si el sistema soporta el canal CPCH, el teléfono móvil puede acceder al sistema usando el canal CPCH. La diferencia importante entre el RACH y el canal CPCH es que el teléfono móvil continúa transmitiendo los datos en el CPCH después de que intenta el acceso. También es posible para el sistema controlar el nivel de poder del canal CPCH.

### Canal Downlink Compartido (DSCH)

El canal downlink compartido permite compartir a usuarios múltiples la misma secuencia de código de canal físico por compartido en tiempo. Para usar el enlace de radio más eficazmente en la transmisión de datos, el sistema de paquete UMTS programa dinámicamente asignar una ranura de tiempo en una frecuencia

del canal en particular y codifica a un usuario particular que tiene paquetes para transmitir en la dirección apropiada. Cuando ese usuario termina el envío de los paquetes, el paquete que fija el sistema puede asignar el canal inmediatamente a otro usuario de paquetes.

### Trazado del Transporte en Canales Físicos

Los diferentes canales de transporte (lógico) son asignados (trazados) a los canales físicos. Algunos canales de transporte pueden asignarse a varios canales físicos diferentes dependiendo de las necesidades del sistema, y algunos canales de transporte son especialmente asignados a su propio tipo de canal físico. La figura 6.11 muestra los canales lógicos y los canales físicos a los que pueden trazarse.

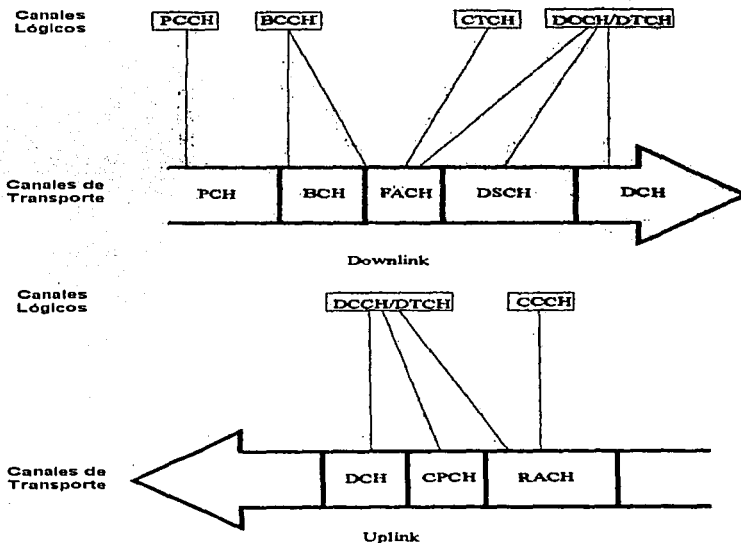
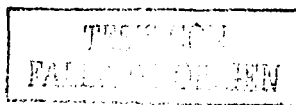


Figura 6.11 Trazado de Canales Lógicos sobre Canales Físicos

### Reuso de Frecuencia (Planificación de Código)

La capacidad de expansión en el sistema WCDMA es principalmente el resultado de permitirles a varios usuarios compartir una sola frecuencia de portador de radio simultáneamente a través del uso de canales codificados múltiples. Una mejora secundaria en la capacidad se levanta de la habilidad de WCDMA para reusar las frecuencias en cada célula ( $n = 1$ ). La habilidad de reusar las frecuencias en cada



célula es debida al uso coordinado de códigos de ensanchamiento que promedian la interferencia de otros canales de radio que operan en la misma frecuencia y que usan códigos de ensanchamiento diferentes.

WCDMA usa un canal de radio con un ancho de banda más amplio que sus predecesores celulares de primera y segunda generación. Usa codificación de protección de error digital y modulación para un mejor rechazo de interferencia en las señales de radio. Estos factores permiten reusar las frecuencias del canal de radio en todas las células dentro del sistema.

## Paquetes de Datos

La transmisión de paquetes en WCDMA se controla por el planificador de paquetes (PS). El PS divide la capacidad de la interfaz aérea entre múltiples usuarios, decide cuál canal de transporte será usado para cada paquete de datos del usuario, y también monitorea y coordina las asignaciones de paquetes de datos en el sistema.

El sistema de paquetes de datos en WCDMA mejora al Servicio General de Paquetes de radio (GPRS) que es usado por los sistemas GSM. Mejora este servicio permitiendo enviar los datos de paquetes en los canales comunes además de los canales dedicados.

El planificador de paquetes puede asignar códigos diferentes y/o diferentes ranuras de tiempo dependiendo de las necesidades de los usuarios. Los usuarios de paquetes de datos pueden compartir el mismo código y/o ranuras de tiempo como otros usuarios, o pueden ser asignados a un recurso dedicado (código de canal o ranuras de tiempo).

El planificador de paquetes normalmente se localiza en el RNC. Esto permite coordinar la transmisión de paquetes de datos entre varias células. Hay tres tipos de canales de transporte usados para los paquetes de datos: común, dedicado, y transporte compartido.

Los canales comunes son los RACH (para el uplink) y el FACH (para el downlink). Los canales normalmente llevan datos de señalización; sin embargo, ellos también pueden llevar cantidades pequeñas de paquetes de datos. Desafortunadamente, los canales comunes no tienen la habilidad de ofrecer la regeneración para la transmisión de paquetes de datos.

En conmutación de paquetes y de circuitos pueden enviarse datos en canales dedicados. Aunque enviando los datos en canales dedicados involucra un tiempo de arreglo adicional, esto tiene la capacidad de transmitir datos a gran velocidad y el handover suave.

Los canales compartidos están bien situados para transferir paquetes de datos cortos. Para canales compartidos, un solo código ortogonal puede asignarse a muchos usuarios de paquetes de datos. Cuando esto ocurre, cada usuario debe compartir el canal por división de tiempo (ranura de tiempo).

El canal de paquete común (CPCH) es similar a un canal compartido. Varios usuarios pueden compartir este canal por división de tiempo. Puede haber varios CPCHs por célula, y cada uno puede tener tasas de datos diferentes.

## Codificación de Voz

Para permitir a muchos usuarios compartir un solo portador de radio de 5-MHz de ancho, las señales de voz son digitalmente codificadas y comprimidas (codificación de voz) antes de la transmisión. Dado que el medio de transmisión es digital, y muchas tasas de transmisión de datos diferentes pueden permitirse, pueden usarse procesos diferentes de codificación de voz. La tasa más baja de transmisión de datos es (la compresión de voz más alta), la capacidad más alta del sistema puede ser (más usuarios pueden compartir un canal de radio simultáneamente).

La codificación de voz en el sistema WCDMA puede usar múltiples fuentes de transferencia. Éstos incluyen el estándar 12.2 kbps GSM normal tasa completa reforzada (EFR), 10.2 kbps, 7.95 kbps, 7.4 kbps norma 641 interina (SER-641), 6.7 kbps Celular Pacífico Digital (PDC) EFR, 5.9 kbps, 5.15 kbps, y 4.75 kbps. Otros tipos de codificadores pueden agregarse como adelantos en la codificación de voz se vallan dando.

La selección del codificador de voz es determinada por el sistema. La combinación de estas diferentes tasas de datos se llama Multitasa adaptable (AMR) de codificación de voz. Usando la tecnología de codificación de voz adaptable, la tasa de transmisión de datos para cada usuario puede reducirse cuando sea necesario, aumentando así la capacidad del sistema o extendiendo los límites del tamaño celular.

La codificación de voz Multitasa adaptable que es usada en el sistema UMTS esta basado en el código multitasa algebraico predictivo excitado lineal (MR-ACELP). La tasa de codificación máxima se especifica por el sistema y no es dependiente en la actividad de voz. La tasa de codificación de voz puede cambiarse cada 20 mseg.

El sistema de UMTS protege los bits codificados de voz según su nivel de importancia. Hay tres clases de bits: A, B, y C. Los bits clase A son los más importantes, como los errores pueden ocurrir en los bits de clase A resultando en cambios dramáticos en el sonido. Así, los bits de clase A reciben un nivel más alto de protección de error que los de clase B, y los de clase B recibe más protección de error que los bits de clase C.

En el caso de varios cuadros que son perdidos debido a errores, pueden repetirse los cuadros de voz anteriores o puede enmudecer. Esto se llama ocultación del error. Los codificadores AMR pueden tolerar cerca del 1% de proporción de error de cuadro (FER), sin una degradación de calidad de la voz.

El proceso de codificación de voz puede combinarse con un detector de actividad de voz (VAD) para permitir transmisión discontinua (DTX). Cuando no hay ninguna actividad de voz (por ejemplo, cuando un usuario deja de hablar para escuchar al otro usuario temporalmente), la compresión de voz puede suspenderse temporalmente y el transmisor puede desconectarse. Cuando esto ocurre, el que habla no tendría ningún sonido del usuario y puede creer que la conexión está perdida (¿usted todavía "esta allí? "). Para superar este problema, un descriptor de silencio (SID) se envía para permitir la creación realista de ruido de confort periódico (el ruido de fondo) en el receptor cuando ninguna actividad de la voz está presente.

## Recepción discontinua (Modo dormido)

Para aumentar el tiempo de la recarga de la batería de un teléfono móvil WCDMA, el sistema fue diseñado para permitirle al teléfono móvil apagar la circuitería no esencial (dormir) durante los períodos cuando no se reciban mensajes de paginación. Esto es conocido como recepción discontinua (DRX). Para mantener la capacidad del DRX, el canal de paginación es dividido en grupos de canales de paginación subalterna. El número de canales subalternos de paginación es determinado por el sistema que asigna al teléfono móvil a un grupo de paginación. El canal indicador de paginación (PICH) es dividido en cuadros de 10 mseg. Cada ranura de 10 mseg del canal indicador de paginación (PICH) está compuesta de 300 bits (288 bits para los datos de paginación, y 12 bits están libres). El principio del cuadro del canal de paginación es un indicador de paginación (PI) que identifica el grupo de la paginación. El sistema asigna al teléfono móvil a indicadores de paginación específicos que se fijan para la repetición. Las proporciones de repetición pueden ponerse en un ciclo de 18, 36, 72, o 144. La figura 6.12 muestra el proceso DRX (modo dormido). Los teléfonos móviles pueden dormir durante grupos de paginación que no son parte de su indicador de paginación. En el modo de sueño, sólo un simple cronómetro electrónico está operando en el set del teléfono móvil, y el receptor y circuitos del transmisor están apagados y no están usando energía.

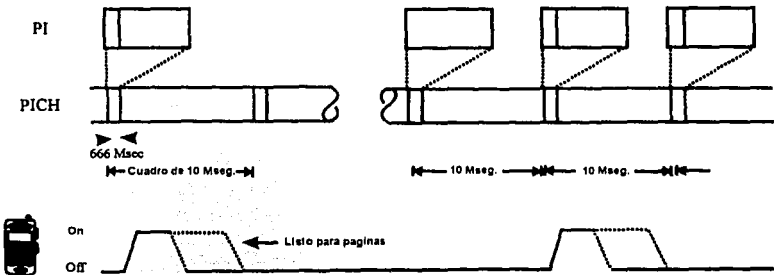


Figure 6.12 Recepción Discontinua (Modo Dormido).

## Handover Inter sistema

El sistema WCDMA tiene capacidad para el handover del sistema GSM. Esto le permite a los teléfonos móviles WCDMA tener acceso a los sistemas establecidos GSM mientras los sistemas WCDMA están construyéndose.

TEBIC CON  
FALLA DE ORIGEN

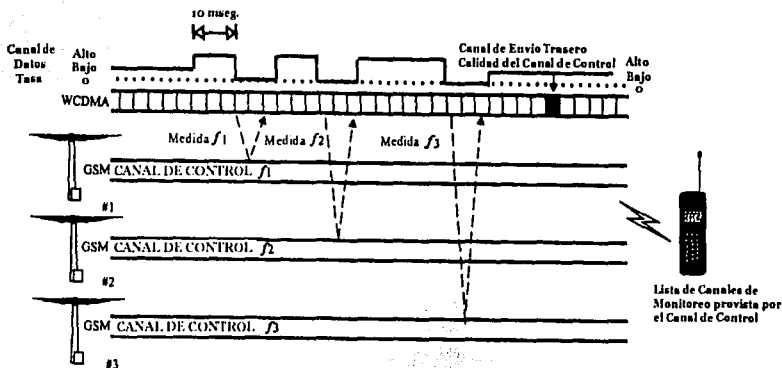


Figure 6.13. Modo Comprimido y Handover Inter-sistema.

Realizando el handover de llamadas entre el canal de RF de 5 MHz WCDMA y un canal de 200 kHz en TDMA tiene desafíos únicos. Éstos incluyen diferentes frecuencias, y períodos de ranura de tiempo particulares. El sistema WCDMA normalmente transmite una señal continua de datos. Esto normalmente no permitiría a los teléfonos WCDMA sintonizar otro canal de RF mientras se están comunicando con el sistema WCDMA. Para permitir al teléfono WCDMA monitorear canales GSM, un modo especial de transmisión comprimido fue creado. Este modo comprimido permite a los teléfonos móviles adaptar su tasa de transmisión para permitir las pausas del informe en la transmisión de datos para que el teléfono móvil pueda supervisar la transmisión y pueda transferir a GSM (y posiblemente a otros tipos) de canales de radio.

En el modo comprimido (también llamado modo ranurado), se detienen la transmisión y recepción de señal WCDMA por unos milisegundos para permitirle al sistema WCDMA realizar medidas de otros canales de radio. Estos pequeños períodos de tiempo se llaman longitudes del hueco de transmisión (TGLs). Estos TGLs que bajan los datos se crean para cualquier tasa (por ejemplo cambiando la tasa de codificación de voz), reduciendo el factor de ensanchamiento (aumentando la tasa de datos del canal), o punzando el código de protección de error (reduciendo la cantidad de protección del error).

La figura 6.13 muestra cómo el modo comprimido habilita el proceso de handover inter sistema. Este diagrama muestra que durante una conversación, el proceso de compresión de voz se acelera para permitir los huecos en la transmisión de datos. Estos huecos permiten al teléfono móvil examinar y resintonizar los canales de radio de otros sistemas (por ejemplo, GSM). Esta información puede usarse por el sistema UMTS para determinar si el handoff a otro sistema es necesario.

## Control de Potencia en RF

WCDMA usa control de RF en ambos la estación base y el teléfono móvil. Los teléfonos móviles y las estaciones base exigen que la energía necesaria de radio para mantener la calidad del enlace de radio a la estación base más cercana. Minimizar la energía transmitida permite reusar las mismas frecuencias de radio y códigos por los sitios celulares cercanos con menos interferencia. Las ventajas del control de potencia en RF incluyen:

- Minimizar los cambios en el receptor base de la fuerza de la señal de ranura a ranura
- Minimizar la interferencia a sitios celulares cercanos que operan en el mismo canal de radio
- Aumentar el intervalo de tiempo hasta la recarga de la batería para los teléfonos móviles portátiles.
- Reducir la radiación fuera de banda.

El control de potencia de RF en el sistema WCDMA es una combinación de control de poder de ciclo abierto y ciclo cerrado. El control de poder de ciclo abierto está basado en el teléfono móvil que determinando su nivel de poder transmitido de varias fuentes de información.

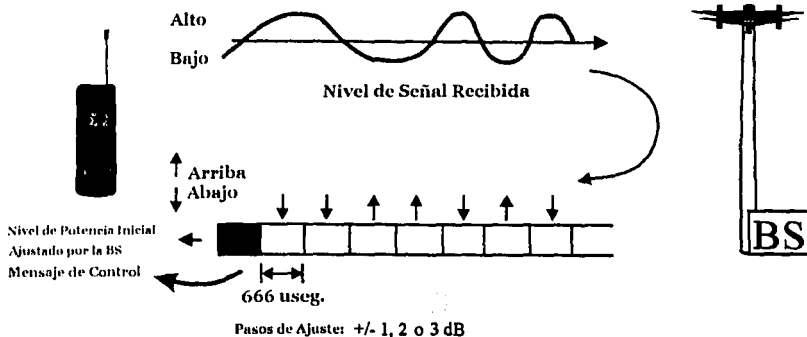


Figura 6.14 Control de Potencia RF de ciclo abierto y cerrado en WCDMA

El control de poder de ciclo cerrado involucra ajustes continuos del nivel de poder del teléfono móvil usando mensajes que son recibidos por la estación base. El control de poder de ciclo abierto puede ser el resultado de un valor máximo de potencia del transmisor que el teléfono móvil ha descubierto del canal de difusión de esa célula. También puede estimarse basado en el nivel de la señal recibida del transmisor de la estación base.

TRABAJA CON  
FALLA DE ORIGEN

El sistema WCDMA también usa control de poder de ciclo cerrado dónde la estación base comanda la reacción del ciclo que ocurre 1,500 veces por segundo. Cuando en el funcionamiento de ciclo cerrado, el teléfono móvil puede cambiar su potencia de salida en pasos de 1, 2, o 3 dB, y su nivel de poder es controlado por la estación base.

CLASE DE EQUIPO DE USUARIO (UE)	MÁXIMO NIVEL DE POTENCIA (dB)	MÁXIMO NIVEL DE POTENCIA (WATTS)
1	+ 33 dBm	2.0 Watts
2	+ 27 dBm	0.5 Watts
3	+24 dBm	0.25 Watts
4	+ 21 dBm	0.125 Watts

Tabla 3 Clasificación de Potencia para Equipo de Usuario de Teléfono Móvil (UE).

Cuando el control de potencia de ciclo cerrado se usa, el nivel de poder puede ajustarse 1500 veces por segundo (cada 666  $\mu$ seg). La figura 6.14 muestra que los dos tipos, el control de poder de ciclo abierto y el control de poder de ciclo cerrado se usan en el sistema WCDMA.

Los teléfonos móviles en el sistema WCDMA se agrupan en clases de poder de equipo del usuario (UE). El nivel de poder máximo permitido para teléfonos móviles depende del tipo de dispositivo. Por ejemplo, teléfonos móviles montados en los automóviles pueden tener un nivel de poder máximo más alto que los teléfonos móviles portátiles. Se agrupan tipos diferentes de teléfonos móviles de acuerdo al poder de transmisión de 1 a 4. La tabla 3 muestra los diferentes niveles de poder asociados con cada tipo de teléfono móvil.

### Códigos de Canales Combinados

UMTS es capaz de combinar múltiples canales físicos para mantener tasas altas de transmisión de datos. La combinación de múltiples códigos de canal (multiplexaje inverso) permite tasas de datos que son hasta de 2 Mbps. Para combinar múltiples canales, el sistema coordina los datos proporcionados a cada canal físico y transmite un mensaje de control que identifica cómo se combinan los canales físicos independientes y sus canales lógicos asociados o divididos.

La figura 6.15 muestra cómo el sistema WCDMA combina múltiples canales físicos para proporcionar la gran velocidad de datos para los servicios de ancho de banda por demanda (BoD). Este diagrama muestra que el canal de 5 MHz puede compartir su espacio con varios portadores de RF. Cada portador de RF se diferencia por un código de corrimiento diferente. Estos canales físicos están dando un código indicador de combinación de formato de transporte (TFCl). El TFCl es decodificado para proporcionar un indicador de formato de transporte (TFI) para cada transporte (canal lógico).



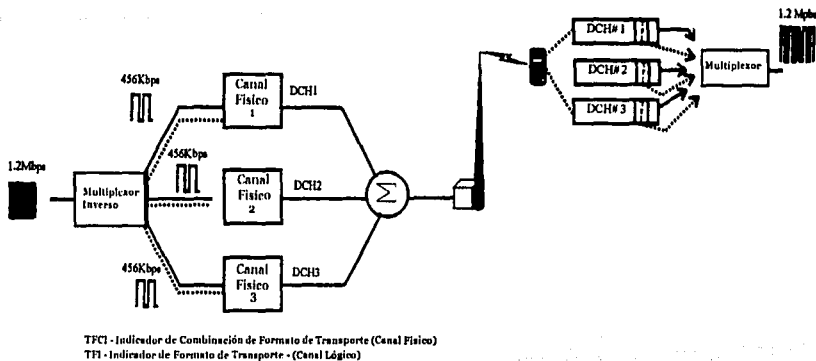


Figura 6.15 Combinando Canales Codificados

### Funcionamiento básico

Cuando un teléfono móvil WCDMA es primeramente encendido, se inicializa por el escaneo de las frecuencias piloto, canal de sincronización (SCH), y canales de difusión (BCH). Después de encontrar inicialmente más de un canal de difusión, sintoniza normalmente el canal con la señal más fuerte o la de mejor calidad. El teléfono móvil puede sintonizar un canal de difusión alternativo si la calidad de la señal es aceptable y el canal de difusión es de un sistema preferido (por ejemplo, sistema casero comparado con un sistema visitado). Inicializará entonces con el sistema.

Durante la inicialización, adquiere toda la información del sistema que necesita supervisar para compaginar mensajes e información sobre cómo acceder al sistema. Después de que el teléfono móvil ha inicializado con el sistema, registrará su presencia con el sistema. Esto permite al sitio celular servidor informar de su localización para que las llamadas y mensajes entrantes puedan remitirse a esa célula en particular. El teléfono móvil registrará continuamente con el sistema hasta descubrir que ha entrado un área de cobertura con un nuevo sitio de radio celular.

Después de que el teléfono móvil se ha inicializado y registrado con el sistema, entra en un modo de listo y espera ser compaginado para una llamada entrante o por el usuario para realizar una llamada (acceso). Cuando una llamada esta siendo recibida o hecha, el teléfono móvil entra en el modo de acceso al sistema para intentar acceder al sistema vía el canal de control RACH (regular) o el CPCH (paquete).

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuando el acceso se concede, los comandos del canal de control del teléfono móvil sintonizan un canal de datos dedicado donde se transmiten los mensajes del arreglo de llamada extensos de un lado a otro, y entonces finalmente la conversación puede empezar.

Durante la conversación, el teléfono móvil se puede mover a lo largo del sistema y puede requerir el traslado (handover) del camino de radio de una célula (saliendo del rango de cobertura de radio) a otra célula (entrando en el rango de cobertura de radio). Hay tres opciones para el handover: el handover suave, handover más suave y handover duro.

Eventualmente, en el futuro la conversación o sesión de comunicaciones de datos ha de acabar, por cualquiera de las partes o enviando un mensaje de terminación de llamada. El otro dispositivo (o sistema) confirma la desconexión con un mensaje de reconocimiento.

## Acceso

Un teléfono móvil intenta ganar el servicio del sistema celular transmitiendo una petición en el canal de acceso aleatorio (RACH). Si el sistema no está ocupado, el teléfono móvil intenta el acceso transmitiendo el acceso de ráfaga en el canal de RACH. Las ráfagas de acceso son coordinadas en las ranuras de tiempo de acceso específicas.

La ráfaga de acceso empezará inicialmente a un nivel de poder bajo y gradualmente aumentará a un nivel aceptable máximo. Si el sistema no responde a la petición de acceso dentro de un período específico de tiempo, el teléfono móvil dejará de transmitir y esperará una cantidad aleatoria de tiempo antes de intentar el acceso de nuevo. La ráfaga de acceso contiene un número corto de identificación que temporalmente identifica el teléfono móvil que intenta el acceso. Si el sistema descubre el mensaje de petición de acceso, reconocerá enviando un mensaje de confirmación en el canal indicador de adquisición (AICH).

Cuando el sistema ha reconocido la petición de servicio, el teléfono móvil continuará transmitiendo su petición de servicio (y puede tener un pequeño paquete de datos) en el canal RACH. La demanda de acceso contendrá un código que identifica el tipo de acceso pedido, así como la contestación de la página, origen de la llamada, o reconexión de una llamada accidentalmente desconectada (debido a una pobre calidad de las señales de radio). Si el sistema recibe el mensaje de demanda de acceso con éxito, envía un mensaje de comando en el canal de control al teléfono móvil que le ordena que sintonice una frecuencia de radio específica y el código del canal y la conversación pueden empezar. La figura 6.16 ilustra el proceso del acceso al sistema.

## Paginación

Paginación es el proceso de enviar un mensaje de la página al teléfono móvil para indicar que una llamada será recibida. Los mensajes de la paginación se envían en el canal de paginación (PCH) en un grupo específico de paginación que se identifica por un código indicador de paginación (PI).

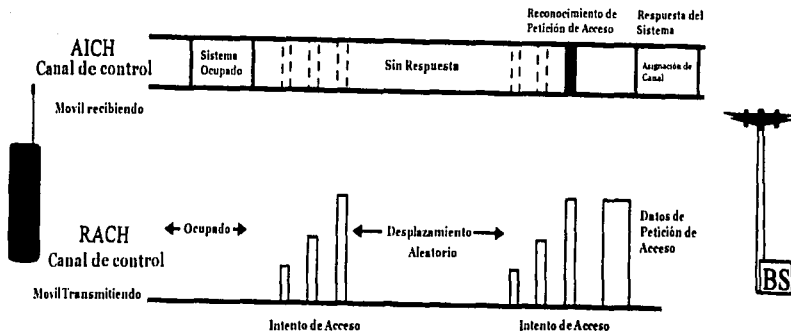


Figure 6.16 Acceso al Sistema

Después de que el teléfono móvil ha descubierto que ha sido paginado, intenta el acceso al sistema con una indicación es el resultado de una demanda de paginación.

El proceso básico de paginación involucra la recepción de un mensaje de paginación por el teléfono móvil del sistema en el PCH. El teléfono móvil transmite después un mensaje de petición de acceso en el canal RACH junto con una indicación que el mensaje de petición de acceso es en contestación a una paginación (u otros tipos de alerta). Cuando el sistema responde, asigna el teléfono móvil a un canal de datos específico y la conversación puede empezar.

#### Acceso de paquetes

El acceso de paquetes involucra el envío de paquetes de datos entre el teléfono móvil y la red de UMTS. Los teléfonos móviles pueden enviar paquetes de datos al sistema a través del canal RACH o el CPCH. Cuando la cantidad de datos a ser transmitido es muy pequeña, el teléfono móvil puede enviar los datos directamente a través del canal RACH. Cuando los paquetes de datos son un poco más grandes, puede enviarlos a través del canal CPCH. Si la cantidad de datos es muy grande, el teléfono móvil puede pedir la asignación de un canal a través del RACH y transmitir los datos en un canal dedicado de datos (DCH).

Para enviar paquetes en el canal CPCH, el teléfono móvil intenta el acceso en el CPCH en un método similar al de acceder al canal RACH. Si el sistema no está ocupado, el teléfono móvil intenta el acceso transmitiendo una ráfaga de acceso en el canal CPCH. Las ráfagas de acceso son coordinadas en las ranuras de tiempo de acceso específicas.

TECH. GEN.  
FALLA DE ORIGEN

La ráfaga de petición de acceso inicia con un nivel de poder bajo y gradualmente se incrementa a un nivel máximo aceptable. Si el sistema no responde a la petición de acceso dentro de un período específico de tiempo, el teléfono móvil dejará de transmitir y esperará una cantidad aleatoria de tiempo antes de intentar el acceso de nuevo. El mensaje de intento de acceso contiene un número corto de identificación que temporalmente identifica al teléfono móvil que intenta el acceso. Si el sistema detecta el mensaje de petición de acceso, reconocerá enviando un mensaje de confirmación en el CPCH AP-AICH.

Después que el teléfono móvil ha determinado que el sistema ha notado su presencia, continuará transmitiendo información adicional que es necesaria para preparar la sesión de transmisión del paquete de datos. Esta transmisión continua es confirmada y coordinada por el canal de CD/CA-ICH. El canal CD/CA-ICH ayuda a coordinar el canal de acceso de paquete compartido del sistema WCDMA.

Cuando el sistema ha reconocido la petición de servicio, el teléfono móvil continuará transmitiendo los datos del paquete en el canal CPCH. Para la transmisión de datos de paquete extendida, el nivel del poder de transmisión del teléfono móvil puede ser controlado por el sistema.

La figura 6.17 muestra las opciones básicas para el teléfono móvil de enviar datos a través del sistema WCDMA en el CPCH. En este diagrama, el teléfono móvil intenta el acceso al sistema en el CPCH. Esta petición se reconoce en el AP-AICH y el teléfono móvil continúa transmitiendo información de petición de acceso de paquetes de datos. El canal CD/CA-ICH coordina el acceso, y el teléfono móvil continúa enviando los datos en el canal CPCH. Como el teléfono móvil transmite los datos, su poder se ajusta de arriba a abajo por comandos recibidos del sistema.

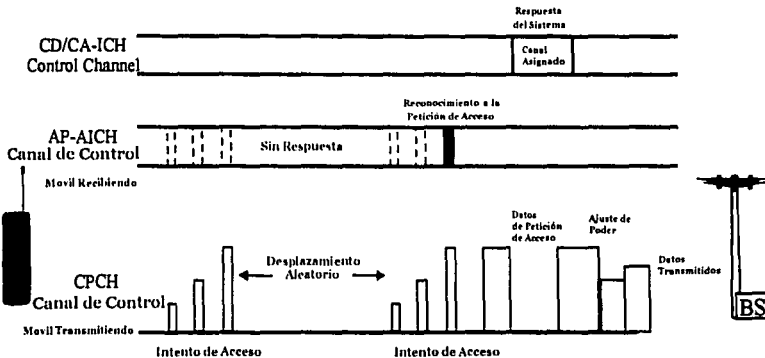


Figura 6.17 Acceso de Paquetes

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Handover

El handover (a veces llamado handoff) es el proceso de transferir una llamada entre los sitios celulares. La primera generación (sistemas analógicos) cuenta completamente en los receptores de las estaciones base con equipos para medir la fuerza de la señal de los móviles para determinar cuando un handover se requiere. Los sistemas de segunda generación usan información recopilada por el teléfono móvil para ayudar en el proceso del handover. La tercera generación de sistemas WCDMA refuerza el proceso del handover permitiendo al teléfono móvil transferir llamadas entre los diferentes tipos de sistemas.

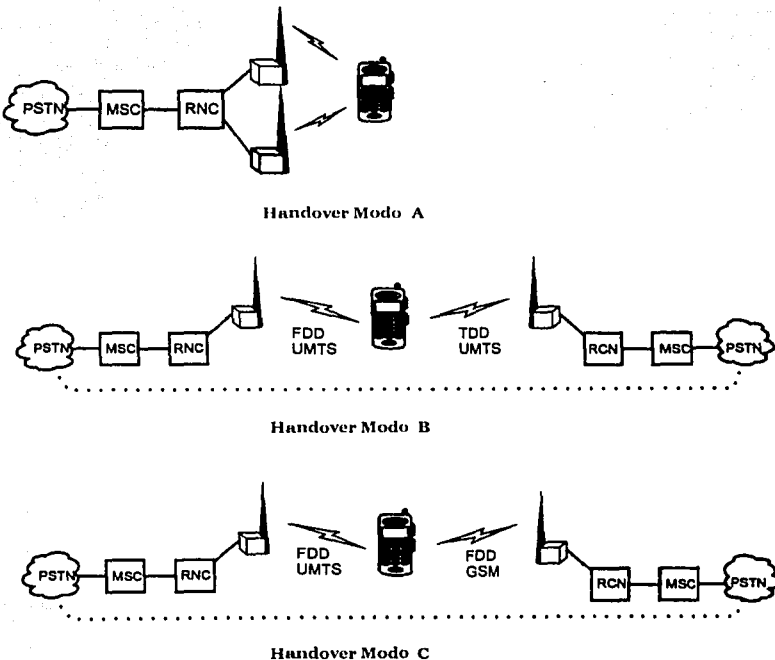


Figure 6.18 Handover en el Sistema WCDMA.

El sistema WCDMA tiene tres tipos básicos de handover: el handover suave, handover más suave, y el handover duro. El handover suave requiere la recepción simultánea de comunicación con dos sitios celulares (dos canales de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

comunicación). El handover más suave involucra la coordinación del handover entre dos sitios, pero sólo uno de los canales de radio tiene control de poder. El handover duro es el proceso de traslado de la llamada entre otras frecuencias o sistemas dónde la transmisión simultánea (canales múltiples) no es posible.

Una comunicación de radio se entrega cuando el RNC determina que la calidad del canal se ha caído por debajo de un nivel deseado, y otro canal de radio mejor está disponible. El RNC recibe continuamente información de la calidad del canal radio de la estación base y el teléfono móvil. El RNC también puede recibir la información continua de calidad del canal del teléfono móvil durante el proceso del handover. El teléfono móvil mide el código de poder de la señal recibida (RSCP) y recibe el indicador de fuerza de señal (RSSI) e ingresa estos al sistema en el canal de control del uplink.

Si un handover duro se requiere, el RNC ordenará al teléfono móvil entrar en el modo comprimido para permitir cronometrar los huecos. Durante estos huecos, el teléfono móvil puede medir la calidad de otros canales de radio. La figura 6.18 ilustra los diferentes tipos de handover que son posibles en el sistema WCDMA. El modo A muestra el proceso del handover suave dónde dos sitios están simultáneamente comunicándose con el teléfono móvil. El modo B muestra el handover más suave dónde uno de los canales de la radio tiene el mando del poder. El modo C muestra que la llamada será transferida a sistemas diferentes. Al transferir a otro sistema, el teléfono móvil entrará en el modo comprimido para permitir medida de otras frecuencias de canal de radio.

## Conclusiones

Como hemos podido ver a lo largo del presente trabajo, cualquier avance tecnológico está basado en el uso y la puesta en marcha de los sistemas para notar sus deficiencias y encontrar la forma de corregirlas además de poder contemplar sus alcances en la generación de un nuevo servicio.

Como se pudo ver en la industria de la telefonía celular en un principio era suficiente con poder tener comunicación móvil entre dos puntos, pero luego se busco proteger esa comunicación contra fraudes como clonación o interferencia de llamadas, protecciones que fueron agregadas como elementos constitutivos inherentes en la siguiente generación de sistemas, además la demanda del servicio celular fue incrementándose tanto que el sistema era incapaz de soportar tantos usuarios.

Con el advenimiento de avances en la electrónica fue posible realizar estas tareas de manera digital logrando cubrir estas demandas, pero ahora se pretendía usar eficientemente los servicios de datos además de contar con un Roaming mundial, por lo que la siguiente generación tenía la encomienda de cubrir estas demandas tales como transmisiones de datos de hasta 2 Mbps, servicios multimedia y un Roaming mundial.

Hasta el momento no se encuentra algún sistema operando comercialmente pero ya se empiezan a ver las futuras demandas al servicio como una tecnología universal abierta sin versiones europea y americana para garantizar una itinerancia mundial del sistema, además de incrementar las velocidades de transmisión a más de 2 Mbps.

Por lo que ya podemos estar hablando, sin aún desplegarse un sistema comercial de tercera generación, de la cuarta generación de sistemas celulares que pretende solventar estas demandas y solo el tiempo permitirá que cuajen estas tecnologías para dar paso a los vertiginosos avances que experimenta la humanidad y quien sabe, podríamos estar hablando en un futuro de imágenes tridimensionales para este tipo de sistemas y otras características solo limitadas por el alcance y la imaginación de cada uno de nosotros.

Por lo que es nuestra obligación como universitarios, y como el talento tecnológico de este país conocer, impulsar y comprender estas tecnologías para estar a la vanguardia y en un futuro ser generadores de la tecnología de este tipo de sistemas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Bibliografía

Christopher Anderson  
GPRS and 3G wireless applications  
Wiley  
2001

Clint Smith, Daniel Collins  
3G wireless Networks  
Mc Graw-Hill Telecom  
2002

Lawrence Harte, Richard Levine, Roman Kikta  
3G wireless Demystified  
Mc Graw-Hill Telecom  
2002

Penelope Stetz  
The cell phone handbook  
AEGIS  
1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN