

**TRANSPORTE DE INFORMACIÓN IP SOBRE IMT-2000:
UNA PRIMERA APROXIMACIÓN**



**LUIS EDUARDO AGREDA POTOSÍ
DEIRO ROSALES ROSALES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN
2003**

**TRANSPORTE DE INFORMACIÓN IP SOBRE IMT-2000:
UNA PRIMERA APROXIMACIÓN**



**LUIS EDUARDO AGREDA POTOSÍ
DEIRO ROSALES ROSALES**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones**

Director: Ing. Giovanni López Perafán

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN
2003**

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y por brindarme la oportunidad de formarme como persona y como profesional, por ser mi luz en los momentos difíciles y por darme la gran familia con la que cuento.

A los ingenieros y profesores de la FIET, por compartir sus conocimientos y experiencia.

Al Ingeniero Giovanni López, por dirigir este proyecto y por permitirme llevarlo a buen termino.

A mis compañeros y amigos de la FIET, por ser buenos compañeros y amigos.

A mis padres por su amor y su apoyo incondicionales.
A mis hermanas y hermanos por su comprensión.
A mi sobrina y sobrino por darme la alegría de haberlos visto nacer.

Luis

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme esta oportunidad, por cuidar de mis padres y hermanos y guiarme por el buen camino que me llevó a la culminación de esta meta.

A los profesores de la FIET, por brindarme sus conocimientos y experiencias para lograr una formación integral.

Al Ingeniero Giovanni López, director del trabajo de grado, agradezco su colaboración por el seguimiento y la orientación que me dio en el desarrollo del proyecto y por brindarme su sincera amistad.

A mis compañeros con los que compartí los buenos y malos momentos de la carrera.

A Angélica, Carlos, Edgar, Gina, Jhon Edison, Jojoa, Mercedes, Ortiz, Paruma, Villamarín, ... quienes me brindaron su amistad incondicional y de quienes recibí todo el apoyo durante esta etapa de mi vida ... seguro que la pasamos muy bien!!

Deiro

A mis padres, por brindarme sus bendiciones,
por el esfuerzo realizado y por creer en mí.

A mis hermanos y hermanas por su incondicional apoyo,
Por brindarme su confianza y por creer en todos mis proyectos.

Deiro



TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	3
1. IMT 2000: GENERALIDADES Y TRANSPORTE IP	3
1.1. INTRODUCCION	3
1.2. SISTEMAS DE TELEFONÍA MÓVIL.....	3
1.2.1. Telefonía Inalámbrica	3
1.2.2. Telefonía Celular.....	3
1.2.3. Telefonía Móvil Satelital.....	5
1.3. IMT-2000.....	5
1.3.1. Características	7
1.3.2. Interfaces	7
1.3.3. Aplicaciones y servicios	7
1.4. EL PROTOCOLO IP	7
1.4.1. Características Generales y Funciones	8
1.4.2. Evolución	8
1.4.3. Métodos de Acceso	9
1.5. SERVICIO DE DATOS POR PAQUETES	9
1.5.1. Objetivos de diseño del sistema	9
1.5.2. Descripción del servicio de datos por paquetes	10
1.5.3. Modelo Funcional.....	13
1.5.4. Arquitectura General.....	16
1.5.5. Fronteras del Proveedor de Servicio	19
1.5.6. Interfaces Lógicas.....	19
1.5.7. Consideraciones del Protocolo de AAA	19
1.6. ALTERNATIVAS PARA LA MIGRACIÓN HACÍA 3G E INTERNET MÓVIL.....	22
CAPITULO 2	23
2. IP SOBRE CDMA2000.....	23
2.1. INTRODUCCIÓN	23
2.2. CARACTERÍSTICAS DE CDMA2000.....	23
2.3. MIGRACIÓN DESDE 2G	24
2.3.1. Migración vía cdmaOne	24
2.3.2. Migración directa desde TDMA.....	26
2.4. FASES DE EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA2000	27
2.4.1. CDMA2000 1X.....	27
2.4.2. CDMA2000 1xEV.....	27
2.4.3. CDMA2000 3X.....	30



2.4.4.	Todo sobre IP	30
2.5.	ARQUITECTURAS DE RED Y DE PROTOCOLOS DE CDMA2000	31
2.5.1.	Arquitectura de Red.....	31
2.5.2.	Arquitectura de Protocolos.....	33
2.6.	VENTAJAS DE CDMA2000.....	39
2.7.	APLICACIONES Y SERVICIOS.....	40
2.8.	VIABILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL.....	40
2.8.1.	Consideraciones de Espectro	41
2.8.2.	Terminales	42
2.9.	CONCLUSIONES	43
CAPITULO 3	.....	44
3. IP SOBRE WCDMA (UMTS)	.....	44
3.1.	INTRODUCCIÓN	44
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE UMTS (WCDMA).....	44
3.3.	EVOLUCIÓN DE UMTS (WCDMA)	45
3.3.1.	Las Redes de Segunda Generación (GSM)	45
3.3.2.	Las Redes 2.5G (GPRS)	45
3.3.3.	Las redes de Tercera Generación (UMTS).....	46
3.4.	EVOLUCIÓN A UMTS VÍA GSM	50
3.4.1.	Migración desde GSM (Actuales Operadoras de GSM).....	50
3.4.2.	Vía de migración para operadoras de TDMA/IS-136.....	51
3.5.	ARQUITECTURAS DE RED Y DE PROTOCOLOS WCDMA (UMTS)	52
3.5.1.	Arquitectura de Red.....	52
3.5.2.	Arquitectura de Protocolos.....	54
3.6.	VENTAJAS DE UMTS (WCDMA).....	66
3.7.	APLICACIONES Y SERVICIOS.....	67
3.8.	VIABILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL.....	68
3.9.	CONCLUSIONES	69
CAPITULO 4	.....	70
4. CDMA2000 Vs WCDMA	.....	70
4.1.	INTRODUCCIÓN	70
4.2.	CDMA2000 Vs WCDMA: ASPECTOS TÉCNICOS	70
4.2.1.	Ventajas e Inconvenientes en la migración: CDMA2000 Vs WCDMA.....	71
4.2.2.	CDMA2000 frente a GSM.....	71
4.2.3.	Inconvenientes Técnicos presentes en la vía de migración hacia UMTS.....	72
4.3.	CDMA2000 VS WCDMA: ASPECTOS COMERCIALES	73
4.3.1.	Aspectos Comerciales en la vía de migración	75
4.4.	CONCLUSIONES	78
CAPITULO 5	.....	79
5. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS DE INTERNET SOBRE REDES 3G	.....	79
5.1.	INTRODUCCIÓN	79



5.2.	EL MODELO FUNCIONAL DE LAS REDES 3G	79
5.3.	LOS SERVICIOS DE INTERNET SOBRE REDES 3G.....	79
5.3.1.	Las Oportunidades de Internet Móvil.....	80
5.3.2.	Componentes de Internet Móvil.....	80
5.4.	REQUERIMIENTOS PARA INTERNET MÓVIL	81
5.4.1.	Requerimientos desde la perspectiva de los Usuarios.....	81
5.4.2.	Requerimientos desde la perspectiva de los Operadores de Red.....	82
5.4.3.	Requerimientos desde la perspectiva de los Proveedores de Servicios	83
5.5.	SERVICIO DE ASISTENCIA REMOTA EN SITUACIONES DE EMERGENCIA.....	84
5.5.1.	Definición del Servicio.....	84
5.5.2.	Características del Servicio	84
5.5.3.	Requerimientos de Tecnología.....	85
5.5.4.	Identificación de Entidades Funcionales.....	88
5.5.5.	Selección y aplicación del proceso de desarrollo al Servicio.....	89
5.6.	CONCLUSION	89
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
	DESCRIPCIÓN DE ANEXOS.....	91
	BIBLIOGRAFÍA	92
	GLOSARIO	94



LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1.1. Modelo Funcional e Interfaces de IMT-2000.....	6
Figura 1.2. Estructura Jerárquica de 3G	6
Figura 1.3. Modelo Funcional del Servicio de Datos por Paquetes en IMT-2000	13
Figura 1.4. Modelo de Arquitectura IMT-2000 para Simple IP	17
Figura 1.5. Modelo de Arquitectura IMT-2000 para Mobile IP.....	17
Figura 1.6. Modelo de Referencia de Protocolos para Simple IP.....	18
Figura 1.7. Modelo de referencia para Control e IKE con Mobile IP	18
Figura 1.8. Modelo de Referencia para Datos de Usuario Mobile IP	18
Figura 1.9. Arquitectura de Interworking del protocolo de AAA.....	20
Figura 2.1. Vías de Migración desde 2G hacia 3G.....	24
Figura 2.2. Arquitectura de Red: Componentes y Funciones. a. Red CDMA IS-95. b. Red CDMA2000 1X	25
Figura 2.3. Arquitectura de Red: Componentes y Funciones. a. Red TDMA b. Red TDMA-CDMA2000 1X	26
Figura 2.4. Arquitectura de la Red 1xEV-DO	29
Figura 2.5. Arquitectura de Red 1xEV-DV.....	29
Figura 2.6. Arquitectura 3GPP2 para Todo sobre IP.....	30
Figura 2.7. Arquitectura de Red de CDMA2000.....	31
Figura 2.8. Modelo de Referencia de Protocolos para RADIUS	33
Figura. 2.10. Estados de control MAC.....	35
Figura 2.11. Estructura del Enlace Directo de CDMA2000	36
Figura 2.12. Estructura del Enlace Directo de CDMA2000	38
Figura 3.1. Estructura de UMTS (R99).....	47
Figura 3.2. Estructura de UMTS (R4).....	48
Figura 3.3. Estructura de UMTS (R5).....	49
Figura 3.4. Migración vía GSM.....	50
Figura 3.5. Arquitectura General del Sistema UMTS	53
Figura 3. 6. Asignación de frecuencias de UMTS	54
Figura 3.7. Arquitectura de la Red de Acceso Radio UMTS R-99	55
Figura 3.8. Arquitectura de Protocolos de la interfaz Radio	56
Figura 3.9. Arquitectura de la Capa Física.	58
Figura 3.10. Arquitectura de la Capa MAC.....	59
Figura 3.11. Arquitectura de la capa RLC	60
Figura 3.12. Arquitectura de la capa BMC	61
Figura 3.13. Arquitectura de la capa PDPC	61
Figura 3.14. Arquitectura de la capa RRC.....	62
Figura 3.15. Arquitectura de protocolos de las interfaces Iu, Iub, Iur.	63
Figura 3.16. Arquitectura de protocolos de la interfaz Iub	64
Figura 3.17. Arquitectura de protocolos de la interfaz Iur.....	64
Figura 5.1. Componentes de Internet Móvil	81
Figura 5.2. Arquitectura de red estratificada	82



Figura 5.3. Servicios y Transporte basados en IP.....	83
Figura 5.4. Distribución de contenidos multimedia.....	85
Figura 5.5. Protocolos 3GPP/3GPP2 para el servicio de Streaming.....	86
Figura 5.6. FEs relacionadas con el Servicio de Datos por Paquetes	88



LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 2.1. Resumen de las Tasas de Datos para CDMA2000.....	28
Tabla 2.2. Servicios en CDMA2000	40
Tabla 4.1. Diferencias entre UMTS y CDMA2000.....	70
Tabla 4.2. Estado del despliegue de UMTS y CDMA2000.....	74
Tabla 4.3. Principales proveedores y operadores	74



INTRODUCCIÓN

La evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles en el mundo se está llevando a cabo a pasos agigantados, obligando a la industria y a los organismos de normalización a estandarizar nuevos sistemas capaces de satisfacer las necesidades de una demanda cada vez más exigente, a los operadores a actualizar sus redes para no quedar fuera del mercado y cumplir con las expectativas de los usuarios para proveerles mayores velocidades de transmisión y mayor movilidad y a los proveedores a desarrollar y desplegar con la mayor rapidez los servicios y aplicaciones.

Así, la convergencia móvil-Internet, la cual representa una oportunidad enorme del mercado, pretende proveer nuevas comunicaciones personales que garanticen un nivel de servicio en función del perfil del usuario, independientemente del terminal que utilice. Para ello, IMT-2000 está habilitando una tercera generación de sistemas móviles capaces de ofrecer, con una capacidad, una calidad y unas velocidades de datos mejoradas además de los servicios móviles actuales, prestaciones multimedia y de alta velocidad, con acceso de acuerdo a la premisa "en cualquier momento y lugar y de cualquier modo".

Aunque las actuales tecnologías de las redes 2G son diferentes, los retos para operadores de red son similares: deben actualizar sus redes para soportar estos servicios. En muchos casos, los operadores están haciendo esto en pasos escalonados, introduciendo nuevos elementos de red sobre una red 2G existente ("2.5G") para manejar datos por paquetes hacia y desde los terminales móviles.

La llegada de estándares como CDMA2000 y W-CDMA pretende garantizar una transición perfecta y sin complicaciones, permitiendo el diseño de las redes multimedia "Todo sobre IP" que soporten todos estos servicios sobre un núcleo común de red IP. Esta tendencia y su potencial gran demanda obliga a implementar IPv6 como la tecnología de transporte que permita la conectividad a todos los usuarios de servicios 3G sin límite de direcciones IP y acelere el despliegue de los sistemas IMT-2000 y más avanzados.

Todo este proceso de evolución y convergencia de tecnologías genera la necesidad de disponer de información que permita tener claridad sobre los requisitos para llevar a cabo el transporte de datos sobre los sistemas de Tercera Generación, lo cual hace que, como parte del presente Trabajo de Grado, a partir de un estudio de las dos tecnologías de acceso radioeléctrico con mayor aceptación en el mundo y sus caminos de evolución, sean identificados y utilizados como referencia en el diseño de un servicio de Internet para estas redes.

Para lograr este propósito, en el Capítulo I se hace una breve introducción a los Sistemas de Comunicaciones Móviles y su evolución, se consideran las generalidades, servicios y aplicaciones basados en el estándar IMT-2000, sus principales ventajas y características, para finalmente abordar el Protocolo de Internet, los modelos de referencia de los Protocolos Simple IP y Mobile IP y sus requerimientos para la operación de servicios de datos por paquetes en una red 3G. En los Capítulos II y III se hace la presentación de CDMA2000 y WCDMA respectivamente, mostrando el camino que deben seguir los



operadores para su implementación, sus principales características, arquitectura, servicios y aplicaciones soportados y viabilidad técnica y comercial. En el Capítulo IV, se realiza una comparación de las dos tecnologías considerando las ventajas tecnológicas y comerciales de una respecto a la otra, de la viabilidad de cada una de ellas. Finalmente, en el Capítulo V, se definen los criterios o requerimientos para la prestación de servicios de Internet sobre redes 3G y se describe el Servicio de Atención Remota en Situaciones de Emergencia, un servicio de Internet Móvil, sobre el cual se hará el modelamiento con la aplicación de los mismos.

Lo anteriormente expuesto motiva la realización de este trabajo de grado, el cual pretende complementar y fortalecer dentro del Departamento de Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, una serie de investigaciones orientadas por el GNTT, encaminadas al conocimiento y apropiación de las nuevas tecnologías en telecomunicaciones.



CAPITULO 1

1. IMT 2000: GENERALIDADES Y TRANSPORTE IP

1.1. INTRODUCCION

La realización de este capítulo pretende contextualizar la temática que motiva la ejecución de este trabajo de grado en el marco de los Sistemas de Tercera Generación basados en el estándar IMT-2000. Para ello, se hace necesario retomar temas relacionados con las comunicaciones móviles y su evolución, además de las características, interfaces, servicios y aplicaciones soportadas por este estándar, los cuales ya han sido abordados en los trabajos de grado [1] y [2], realizados en la FIET.

De igual manera se abordan los modelos de referencia y los requerimientos de los servicios de datos por paquetes para la operación de los protocolos Simple y Mobile IP sobre redes 3G basadas en IMT-2000, además de presentar las alternativas para la migración hacia estos sistemas.

1.2. SISTEMAS DE TELEFONÍA MÓVIL

Son sistemas que permiten mantener comunicaciones telefónicas normales, facilitando al usuario el desplazarse libremente, utilizando un canal full-duplex, con calidad similar a la que se obtiene en los sistemas cableados y que se clasifica [3] en los siguientes tipos:

1.2.1. Telefonía Inalámbrica

También denominados sistemas de baja movilidad que surgieron como evolución del teléfono inalámbrico CT1 que permitía una movilidad en un radio de unos 200 metros alrededor de la unidad base. Corresponden a estos sistemas tecnologías como CT2 (Cordless Technology Second Generation), DECT (Digitally Enhanced Cordless), PACS (Personal Access Communication System) y PHS (Personal Handyphone System).

1.2.2. Telefonía Celular

La solución celular resuelve el problema de limitación del espectro dividiendo el área a servir en celdas radiales, cada una equipada con una radiobase y reutilizando el espectro asignado en las celdas con tanta frecuencia como sea posible y utilizando técnicas de modulación eficientes y evitando las redundancias de información. Estos sistemas han evolucionado pasando por las siguientes generaciones [4]:

- **Redes Celulares Analógicas o de 1ª Generación:** caracterizadas por utilizar la modulación analógica de frecuencia (FM), multiplexado por división de frecuencia (FDM), despliegue de macroceldas relativamente grandes y conmutación de circuitos. Entre las tecnologías correspondientes a estos sistemas se encuentran: NMT (Nordic Mobile Telephone), AMPS (Advanced Mobile Phone System), TACS



(Total Access Communication System) y J-TACS (Sistema Celular Analógico Japonés).

- **Redes Celulares Digitales o de 2ª Generación:** caracterizadas por el uso de las interfaces de radio digitales e impulsadas por el aumento de usuarios y la escasez de espectro radioeléctrico. El método de acceso al medio primario sigue siendo acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), con cada canal de banda angosta resultante soportando una cantidad de canales digitales de voz. Para compartir cada uno de estos canales de banda angosta de radio se utilizan TDMA y CDMA.
 - **TDMA:** Time Division Multiple Acces o Acceso Múltiple por División de Tiempo. En la actualidad existen tres estándares que utilizan TDMA: D-AMPS (Digital AMPS o IS 136), GSM (Global System for Mobile Communications) y sus derivaciones DCS 1800 o PCN y PCS 1900, Sistema PDC Japonés (PDC o Personal Digital Cellular).
 - **CDMA:** Code Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Código. Es un sistema de origen estadounidense cuyo desarrollo ha sido impulsado por el CDG (CDMA Development Group), el cual promueve el uso de CDMA (IS 95) en todo el mundo para redes celulares, de PCS, de acceso local inalámbrico (WLL) y móviles satelitales (MSS).
 - **Sistema Compuesto CDMA/TDMA:** Explota los beneficios de las tecnologías FDMA, TDMA y CDMA, para posibilitar el acceso a la red de múltiples usuarios. Emplea la técnica de expansión del canal a través de DSSS ("spread spectrum" con secuencia directa).

En Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communication Services), concepto que engloba un conjunto muy grande de sistemas y tecnologías móviles así como su posible integración con las redes fijas actuales y futuras. La característica más importante que destaca el FCC acerca del PCS es la tendencia hacia una comunicación de persona a persona más que de terminal a terminal. Para ello, la banda de 1,9 Ghz corresponde al PCS en los Estados Unidos, donde las licencias son tecnológicamente neutras, es decir que el FCC no impone un estándar técnico para PCS.

- **Segunda y Media Generación de Teléfonos Móviles (2.5G):** La migración hacia esta generación se da por la necesidad de mayor velocidad y capacidad en la transferencia de datos requeridas por los nuevos servicios, así como el manejo de datos por paquetes que se necesitan para dar soporte a IP Móvil.

La generación 2.5G ofrece características extendidas, ya que cuenta con capacidades adicionales a los sistemas 2G, incluyendo: GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B y IS-95Bm.

- **Sistemas de Tercera Generación:** El objeto de los sistemas de tercera generación es extender geográficamente el acceso a los servicios de comunicaciones móviles sin aumento proporcional de la infraestructura terrestre. Complementan con un segmento



espacial (satélites) al segmento hertziano de GSM y, en general, ofrecen servicios de voz, audio, video, datos (aplicaciones multimedia), mensajería y de localización geográfica (los sistemas de banda ancha por satélite permiten servicios de alta velocidad donde no exista la infraestructura terrestre), junto con una plataforma integrada para la creación de nuevos servicios.

3G operará en la banda de 2 GHz y estará basada principalmente en CDMA por ofrecer ventajas en cuanto a características como consumo de potencia, latencia, tasa de error de bits que otras tecnologías de acceso. Entre las tecnologías más importantes contendientes de la tercera generación se encuentran: UMTS (W-CDMA), CDMA2000 y UWC-136.

1.2.3. Telefonía Móvil Satelital

Los satélites de comunicaciones son usados hoy en día para satisfacer una gran variedad de necesidades de comunicación y se podrían clasificar en satélites para servicio fijo, satélites para servicios de broadcasting y satélites para comunicaciones móviles.

Los sistemas móviles satelitales o MSS por Mobile Satellite Systems son una solución para el problema de dar cobertura a zonas muy grandes de manera económica y poder servir a abonados remotos o muy dispersos en zonas desarrolladas o en desarrollo, así como también en el mar, en el espacio aéreo y en zonas rurales. Se los conoce también como GMPCS por Global Mobile Personal Communications by Satellite.

Entre estos sistemas satelitales se destacan los GEOs de Primera Generación, los LEOs de Próxima Generación (pequeños LEO, grandes LEO, LEOs de banda ancha).

1.3. IMT-2000

IMT-2000 es el proyecto que pretende estandarizar el despliegue de los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación que tiene por objeto proporcionar futuros sistemas públicos de comunicaciones que puedan soportar aplicaciones de banda ancha y multimedia, debiendo suministrar acceso inalámbrico a la infraestructura global de comunicaciones, mediante sistemas terrestres y satelitales, atendiendo a usuarios fijos y móviles de las redes públicas y privadas. Su modelo funcional se puede observar en la Figura 1.1, la cual permite identificar los subsistemas funcionales y las interfaces que componen los sistemas basados en el estándar.

De igual manera, la Figura 1.2 muestra la estructura jerárquica del sistema de comunicaciones móviles 3G, la cual comprende tres niveles sobre los cuales se lleva a cabo el tratamiento de la información de señalización y de usuario.

Estos dos modelos son importantes por que sirven de referencia para los modelos respectivos de las tecnologías de acceso radioeléctrico abordados en los dos capítulos siguientes.

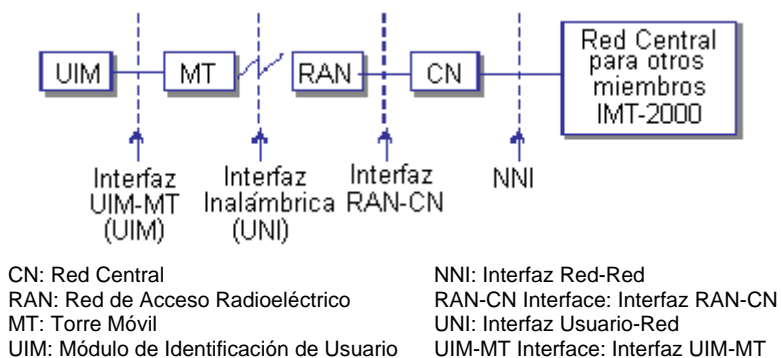


Figura 1.1. Modelo Funcional e Interfaces de IMT-2000

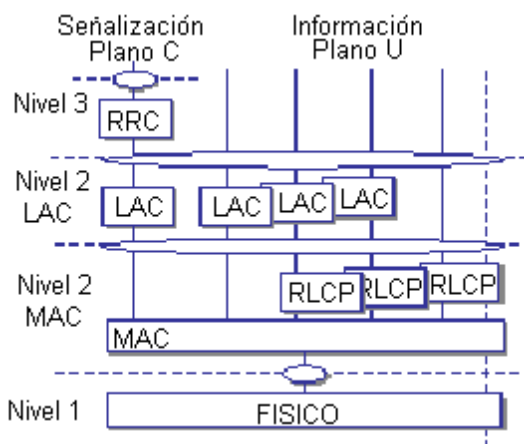


Figura 1.2. Estructura Jerárquica de 3G

- **Nivel Físico:** compuesto por una serie de canales físicos que corresponden al enlace de subida y al enlace de bajada.
- **Nivel de Enlace:** compuesto por los subniveles MAC y LAC. El subnivel MAC gestiona y controla los recursos del nivel físico de acuerdo a los requerimientos de las diferentes entidades de servicio del subnivel LAC y proporciona el nivel requerido de QoS mediante las entidades de servicio del subnivel LAC. El subnivel LAC implementa gestión y control de enlace relativamente independientes, y es responsable de proveer nivel de QoS más alto que el subnivel de control MAC no puede proveer, el cual puede ser realizado mediante ARQs y otros medios para satisfacer la fiabilidad de transmisión de las entidades de servicio desde capas más altas.
- **Nivel Superior:** integra el nivel de red, nivel de transmisión, nivel de conversación, nivel de presentación y nivel de aplicación del modelo OSI. Las entidades de nivel superior son principalmente responsables del procesamiento de la señalización de llamada para todos los servicios, del control y procesamiento del servicio de voz



(modo circuito y modo paquete), y del servicio de datos (incluido servicio IP, servicios de modo circuito y paquete, mensajes cortos, etc.).

Los anteriores modelos son importantes por que deben ser aplicados a cada una de las tecnologías de 3G que se implanten para poder cumplir con sus expectativas.

1.3.1. Características

IMT-2000 permitirá compatibilidad con sistemas de comunicaciones basados en redes fijas, un alto grado de compatibilidad y estandarización a nivel mundial, alta calidad de comunicaciones, terminales pequeños con capacidad de ser utilizados en todo el mundo a través del roaming, capacidad de prestar servicios multimedia a los usuarios móviles y terminales que los soporten.

1.3.2. Interfaces

Son básicamente dos las interfaces de aire propuestas para IMT-2000: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y CDMA2000. UMTS basada en GSM (su evolución) y CDMA2000 basada en TDMA, CDMA o GSM.

Una de las formas viables de la 3G, se apoya en la tecnología satelital puesto que los grandes avances tecnológicos y el proceso de liberalización de las telecomunicaciones están moviendo a los agentes industriales a ofrecer nuevos servicios mundiales de telefonía y mensajería móvil complementarios a las líneas terrestres y a proporcionar servicios de alta velocidad donde éstas no existen.

1.3.3. Aplicaciones y servicios

La evolución de la comunicación multimedia móvil se lleva por la demanda de una infraestructura fácil de usar y aplicaciones y soluciones basadas en Internet e Intranet, relacionadas con terminales portátiles y de tamaño de bolsillo, que darán cuerpo a las capacidades de más alto valor de un sistema de tercera generación. Estos servicios se podrán ofrecer en entornos de operación simultánea de distintos sistemas, en una estructura de celdas por capas, desde un ambiente de alta capacidad en picoceldas y servicios de voz, hasta un ambiente de cobertura satelital.

1.4. EL PROTOCOLO IP

El objetivo de las comunicaciones del futuro consiste en soportar todos los servicios en tecnología IP, con el fin de permitir estar "siempre conectados" gracias a que 3G está cambiando las redes móviles y transformando sus anteriores redes monoservicio en redes multiservicio. Esto significa que será necesario disponer de una red básica móvil multiservicio compatible con IP y una interfaz radioeléctrica con pleno soporte mundial para la movilidad que ofrezca gran capacidad y alta velocidad. En general se considera que IP va a ser la base de las redes de conectividad multiservicio, incluyendo en principio en muchos casos el sistema ATM como tecnología de apoyo para poder ofrecer QoS y gestionar la capacidad.



1.4.1. Características Generales y Funciones

Como núcleo principal de Internet, IP incluye entre sus características:

- IP es un protocolo no orientado a conexión: no utiliza información de control para establecer una conexión lógica punto a punto antes de transmitir datos.
- IP deja en manos de las capas superiores el establecimiento de la conexión si se requiere un servicio orientado a conexión.
- IP es un protocolo de mejor esfuerzo (Best Effort) en cuanto a que intenta por varios mecanismos encaminar adecuadamente la información hacia el destino, a pesar de que no pueda asegurar que se recibirá correctamente.
- IP también deja en manos de otras capas la verificación de datos y la recuperación de errores cuando es necesaria.

Así mismo, IP incluye entre sus funciones:

- Definir el datagrama, que es la unidad básica de transmisión.
- Definir el esquema de direccionamiento.
- Trasladar los datos entre las capas de acceso a la red y las capas de transporte.
- Encaminar datagramas hacia hosts remotos.
- Gestionar la fragmentación y reensamblado de datagramas.

1.4.2. Evolución

La evolución hacia las redes 3G plantea un gran número de nuevos retos para la familia de protocolos IP:

- Necesidad de técnicas de conmutación más rápidas, capaces de soportar servicios multimedia cada vez más complejos y con mayores requisitos de ancho de banda.
- Implementación de mecanismos de calidad de servicio que permitan transportar de forma diferenciada los distintos tipos de tráfico que va a soportar el protocolo IP: tráfico de gestión, tráfico de señalización y control, tráfico de usuarios con distintos requisitos de retardo, integridad de los datos, etc.
- Los problemas derivados de la movilidad de los usuarios que supone estar conectado a la red en puntos de acceso muy distintos y la necesidad de ser visto siempre con la misma dirección IP.
- La falta de espacio de direccionamiento IP que se deriva de la expansión exponencial de Internet y de los usuarios "always on".
- Necesidades de seguridad.

Algunos de los problemas han encontrado solución en mecanismos adicionales que han venido a completar a IPv4, tales como Diff Serv para calidad de servicio, Mobile IP para la movilidad de los usuarios, IPSec para la seguridad o MPLS que aumenta el rendimiento de las redes de transporte. Otros problemas como la escasez de direcciones, aunque haya sido minimizada por el uso de técnicas de traducción de direcciones (NAT), sólo se podrán resolver con la nueva versión de IP: IPv6.

IPv6

La tecnología IPv4 no está preparada para gestionar dichas redes, ya que carece del espacio de direccionamiento necesario. La versión 6 de IP (IPv6) ha sido diseñada para



satisfacer las demandas de redes muy grandes [5]: se ha ampliado el espacio de direccionamiento (128 bits para la dirección IP) y el soporte de gestión y de configuración automática (los equipos podrán averiguar su dirección IP al conectarse a la red). Por lo tanto, IPv6 va a ser un componente esencial en las redes móviles 3G gracias al direccionamiento jerarquizado que posibilitará una mejor agregación de rutas, y, por tanto, un incremento de las capacidades y prestaciones de enrutamiento de los routers IPv6.

Además, IPv6 integra de forma nativa, como parte básica del protocolo, gran parte de los mecanismos auxiliares añadidos a IPv4. Para ello IPv6 define un conjunto de extensiones estándar opcionales de la cabecera IP que son entendibles por todos los equipos que implementan IPv6. También, IPv6 soporta las mismas soluciones para calidad de servicio (Diff Serv) que IPv4, y especificaciones de seguridad (IPSec) para cifrado de paquetes y autenticación del origen, así como de movilidad (Mobile IP).

Por todo ello, IPv6 parece llamado a ser el protocolo dominante en las IMT-2000, sin embargo, se prevé una transición lenta desde IPv4 y un amplio periodo de convivencia de ambos protocolos durante el cual, para la comunicación entre los nodos IPv4 y los nodos IPv6 será necesaria una doble pila de protocolos o métodos de traducción, mientras que la comunicación entre las islas IPv6 se realizará a través de túneles (IPv6 sobre IPv4).

1.4.3. Métodos de Acceso

La arquitectura del sistema IP sin hilos [6] se soporta sobre un sistema de transmisión de paquetes que permite ofrecer al usuario móvil acceso a redes Locales y Públicas y a redes Privadas mediante dos métodos de acceso llamados Simple IP y Mobile IP.

1.5. SERVICIO DE DATOS POR PAQUETES

En esta sección se describe la arquitectura del sistema de datos por paquetes para un sistema inalámbrico de tercera generación basado en IMT-2000 [6]. Es importante aclarar que las capacidades para este sistema se ajustan con las descritas en el documento Q.1701 de la ITU sobre los requerimientos de IMT-2000 y que se han utilizado protocolos del IETF para minimizar el requerimiento de nuevos protocolos en el desarrollo de esta arquitectura.

1.5.1. Objetivos de diseño del sistema

Los sistemas de datos por paquetes basados en IMT-2000 pretenden:

- Soportar un amplio rango de configuraciones de direccionamiento
- Proveer roaming sin costuras
- Proveer servicios robustos de autenticación y autorización
- Proporcionar soporte para QoS
- Proporcionar servicios de contabilidad



1.5.2. Descripción del servicio de datos por paquetes

Como ya se mencionó anteriormente, son proporcionados dos servicios generales al usuario móvil mediante esta arquitectura:

- Acceso a Red Local y Pública
- Acceso a Red Privada

Estos dos servicios pueden ser proporcionados por cualquiera de los dos métodos de acceso:

- **Simple IP:** al usuario le es asignada una dirección IP dinámica desde un proveedor de acceso al servicio, que puede ser mantenida dentro de algún área geográfica dependiente de la red. Cuando el usuario se mueve fuera de esta área geográfica no está habilitado para mantener esta dirección IP.
- **Mobile IP:** el usuario puede usar o una dirección IP estática o dinámica perteneciente a su red IP propia. El usuario estará habilitado para mantener su dirección IP incluso cuando se mueve por toda la red IMT-2000 o por otras redes.

Manteniendo relaciones de negocios con únicamente un proveedor de servicio IMT-2000, el usuario móvil puede acceder al servicio desde múltiples proveedores de servicio y mediante la MS establecer una sesión de datos por paquetes con la red IMT-2000. Los requerimientos para el establecimiento de una sesión de datos por paquetes en este modelo de referencia se organizan en 4 niveles: Nivel de Acceso, Nivel de Enlace de Datos, Nivel de Red y Seguridad.

Nivel de Acceso

- La MS debe soportar los estándares de tecnología de acceso radioeléctrico y de señalización apropiados de la red proveedora a la cual se conecta.
- La red de acceso debe autenticar y autorizar a la MS para que acceda al servicio, establezca una conexión hacia la red IMT-2000, y luego inicialice un nivel de enlace de datos.
- Después de que el nivel de enlace de datos es establecido, son ejecutados los protocolos y procedimientos del nivel de red para establecer la sesión de datos.
- Los estándares de señalización para acceso radioeléctrico soportarán una opción única de servicio de datos para todos los servicios IP (Simple y Mobile IP). En consecuencia, una petición de señalización de acceso hacia la red radioeléctrica por una conexión desde la MS hacia la red no indicará si es Servicio Simple o Mobile IP; esta diferenciación ocurrirá en la sesión PPP o en niveles más altos.

Nivel de enlace de datos

La red IMT-2000 soportará dos tipos de niveles de enlace de datos:

- PPP para las versiones 1 y 2 de Mobile IP.
- Protocolo Simple de nivel de enlace de datos para la Versión 2 de Mobile IP.

PPP

- El protocolo PPP soportará los protocolos de control LCP e IPCP y los protocolos de autenticación PAP y CHAP, este último opcional para Simple IP y no debe ser usado para Mobile IP.



- Debe soportarse por parte de la red y de la MS compresión de cabecera TCP/IP de Van Jacobson.
- El protocolo de control de compresión PPP usado para negociar un algoritmo de compresión de carga útil, será soportado por la red y opcionalmente por la MS.
- Una MS tendrá únicamente un enlace PPP establecido en algún momento dado en la Versión 1 de Mobile IP.
- Para el servicio Mobile IP, el móvil no reseteará los niveles superiores cuando reestablece PPP y se registra satisfactoriamente con la misma dirección IP como resultado de su movimiento a una nueva área de servicio en la red IMT-2000.

Nivel de Red

A este nivel, los requerimientos para los dos tipos de acceso a la red definidos son:

- Para Mobile IP:
 - Acceso a Red Local y Pública: el HA reside en la red IMT-2000 proveedora de servicio y la información de autenticación y autorización es mantenida y procesada o por la red IMT-2000 proveedora de servicio o por una red privada.
 - Servicio de acceso a Red Privada: el HA reside en una red privada y la información de autenticación y autorización es mantenida y procesada en la red privada.
- Para Simple IP:
 - Acceso a Red Local y Pública: la dirección IP es asignada dinámicamente desde la red servidora y el acceso a Internet se realiza directamente.
 - Servicio de Acceso a Red Privada: es idéntico al Acceso a Red Local y Pública con la adición de SW de VPN en la MS.
- La selección del servicio ocurre durante la inicialización de PPP o inmediatamente después durante el registro Mobile IP. Para que la red provea ambos servicios a la MS, ésta puede solicitar primero servicio Simple IP y luego servicio Mobile IP enviando una Solicitud de Agente.
- Para Mobile IP, la red IMT-2000 proveedora de servicio usa el NAI en la RRQ Mobile IP para determinar la red IP propia que contiene los servidores de AAA que autentican y autorizan el servicio. La dirección del HA es determinada mediante RRQ MIP, o, en el caso de asignación dinámica de HA, mediante un servidor de AAA. El acceso Mobile IP soportará un HA estático en la Versión 1, y adicionalmente, un HA asignado dinámicamente en la Versión 2. En la asignación dinámica el HA puede ser asignado o por la red IP propia o por la red proveedora de acceso visitada. El usuario puede conectarse a múltiples redes destino a la vez. En este caso, el usuario tendría múltiples direcciones IP, una por cada red destino. El acceso a una red privada se hace mediante asociaciones de seguridad con IPsec entre el PDSN y el HA.
- Para el servicio Mobile IP, después de la inicialización de PPP, la red IMT-2000 enviará Avisos de Agente a la MS. Para iniciar el acceso Mobile IP, la MS debe entonces realizar registro Mobile IP. Si no es enviada solicitud de Registro Mobile IP por el móvil hacia la red IMT-2000 y la red no requiere CHAP para servicio Simple IP, la red IMT-2000 proporciona al usuario servicio Simple IP.



- Para Simple IP, la red usa el NAI en el CHAP u opcionalmente construye un NAI a partir del IMSI usando códigos E.212 para determinar algorítmicamente el dominio NAI de la red propia. El proveedor de servicio IMT-2000 puede entonces usar el NAI para acceder los servidores AAA en la red asociada con el NAI, y puede usar el NAI para propósitos de contabilidad.

Gestión de Direcciones

- Un móvil puede activar direcciones IP múltiples sobre un enlace PPP, aunque únicamente es soportada una dirección Simple IP.
- El servicio Mobile IP soportará direcciones propias asignadas estática y dinámicamente.
- Un móvil puede indicar una petición de asignación de una dirección propia dinámica en el RRQ Mobile IP, o puede indicar una dirección estática.
- Las direcciones propias pueden ser públicas o privadas.
- El HA y el FA deben tener direcciones públicamente visibles.
- Para el servicio Simple IP, la red proveedora de servicio proporciona una dirección pública dinámica o una dirección privada dinámica perteneciente a la red de acceso.

QoS

- Las entidades IP en la red IMT-2000 deben ser capaces de proveer QoS basada en Servicios Diferenciados (no será provista en la Versión 1).

IP Multicast

- En la Versión 1 la red de acceso no proporcionará servicios IP multicast usando un canal de acceso radioeléctrico compartido. El servicio IP Multicast puede obtenerse con el uso de IGMP.

Seguridad

Desde la perspectiva de la MS, la seguridad es provista en tres niveles en esta arquitectura:

- **Seguridad de Acceso Radioeléctrico:** debe soportar autenticación de la MS para evitar violaciones de seguridad y encriptación de la interfaz de aire con el fin de evitar la escucha involuntaria.
- **Seguridad de Red IP:** para los mecanismos de acceso Simple y Mobile IP la autenticación en la red IP de la MS se hace mediante la asociación estática de seguridad entre la MS y la red IP propia. Para Mobile IP, la red proveedora de servicio deberá usar la Foreign Agent Challenge para autenticar y autorizar a la MS. Para Simple IP la red proveedora de servicio puede usar CHAP o PAP para autenticar y autorizar la MS; si la MS no soporta CHAP o PAP, no hay autenticación de red IP.

Para el caso de una MS cuya red IP propia es externa a la red proveedora de servicio, la MS y la red IP propia usarán una asociación de seguridad no conocida por la red proveedora de servicio para autenticar y autorizar a la MS. En algunos casos será usado un servidor de AAA broker para procesar y/o transmitir información de



seguridad entre la red proveedora de servicio y la red IP propia. Pueden ser soportados servidores de AAA proxy y no proxy. La información de AAA entre servidores de AAA puede estar encriptada. Dependiendo del tipo de servidor AAA involucrado, la información de AAA puede estar más protegida con firmas y encriptación adicional mediante mecanismos de clave pública dentro de mensajes para proteger la información desde los servidores AAA brokers.

La seguridad IP es capaz de proveer integridad y encriptación a los paquetes de registro Mobile IP así como a los paquetes de datos de usuario. La red proveedora de servicio únicamente proporciona seguridad IP para paquetes de datos de usuario si es autorizada por la red IP propia. La red proveedora de servicio proporciona por defecto protección de los paquetes de registro Mobile IP a menos que sea instruida por la red IP propia para no hacerlo.

Las redes proveedoras de servicio pueden soportar claves configuradas estáticamente, distribución de clave dinámica o certificados de seguridad entre el HA y el FA. Pueden existir asociaciones de seguridad entre el HA y el FA dentro de Mobile IP (Mobile IP Foreign-Home Authentication Extension), o pueden ser proporcionadas por los protocolos IPsec HA o ESP. Pueden ser soportados IKE y certificados. El uso de certificados requiere una infraestructura de clave pública. El servidor AAA propio puede ser capaz de distribuir claves Foreign-Home Authentication Extensión o clave pre-compartida para IKE. La capacidad de distribuir una clave pre-compartida para IKE es una alternativa para que el HA y FA soporten certificados. Los servidores AAA de la Versión 1 soportarán encriptación salto a salto, pero no encriptación extremo a extremo de atributos y datos de AAA.

En la Versión 2 de Mobile IP pueden ser distribuidos otros tipos de claves de seguridad IP (claves Mobile IP MN-FA y MN-HA y SPI) mediante estos servidores.

- **Seguridad de Usuario extremo a extremo:** el usuario puede agregar medidas de seguridad adicionales.

1.5.3. Modelo Funcional

El modelo funcional para el servicio de datos por paquetes para un sistema de tercera generación basado en IMT-2000 se muestra en la Figura 1.3.

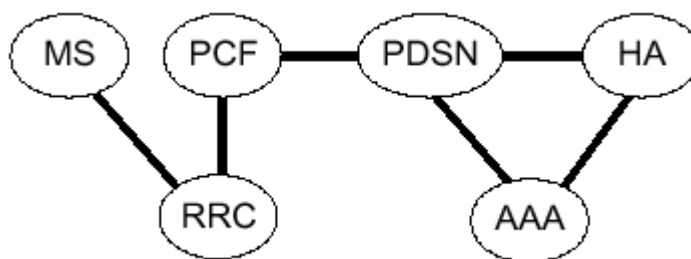


Figura 1.3. Modelo Funcional del Servicio de Datos por Paquetes en IMT-2000

A continuación se presentan las funciones para cada uno de los componentes de este modelo:



Agente Propio (HA)

- Autentica los registros Mobile IP de la MS
- Redirige paquetes hacia el FA y opcionalmente recibe y enruta paquetes inversos tunelados desde el FA
- Opcionalmente, establece, mantiene y termina comunicaciones seguras hacia el PDSN (como FA Mobile IP) usando procedimientos IKE o la Mobile IP Foreign-Home Authentication Extensión. Estas asociaciones de seguridad pueden ser configuradas estática o dinámicamente
- Recibe información de aprovisionamiento desde el servidor AAA para los usuarios
- Opcionalmente asigna la dirección IP propia

Nodo Servidor de Datos por Paquetes (PDSN)

- Establece, mantiene y termina la sesión PPP hacia la MS
- Asigna/provee la dirección IP para Simple IP. La dirección dinámica puede ser escogida mediante el PDSN o el servidor AAA
- Soporta funcionalidad de FA
- Inicia autenticación, autorización y contabilidad hacia el servidor AAA para la sesión de datos por paquetes de la MS
- Para Simple IP, mapea la dirección de la MS con una única conexión de nivel 2 usada para comunicarse con la PCF. Para Mobile IP, mapea las direcciones IP de la MS y del HA con un único identificador del nivel de enlace usado para comunicarse con la PCF
- Para Mobile IP Versión 2, opcionalmente, interactúa con un PDSN previo para soportar traspasos entre PDSNs que no involucran la red IP propia
- Opcionalmente establece, mantiene y termina comunicaciones seguras hacia el HA usando procedimientos IKE o la Mobile IP Foreign-Home Authentication Extensión. Esta asociación de seguridad puede ser configurada estática o dinámicamente
- Recibe parámetros de perfil de usuario desde el servidor AAA para la MS. El perfil de usuario puede contener servicios diferenciados y seguridad
- Registra datos de uso, recibe información de contabilidad desde la PCF, asocia para generar la información de contabilidad y transmite la información asociada al servidor AAA
- Enruta paquetes hacia redes IP o directamente al HA en el caso de tunelado inverso
- Interactúa con la PCF para establecer, mantener y terminar la conexión de nivel 2 entre PCF y PDSN
- Interactúa con la PCF servidora y la PCF destino para mantener la sesión PPP hacia la MS como parte del traspaso duro o del traspaso en estado inactivo
- Monitorea las direcciones de origen de los paquetes recibidos desde las MSs. Cuando los paquetes recibidos tienen direcciones de origen no asignadas o registradas hacia la MS, el PDSN los descartará y reiniciará la sesión PPP hacia la MS
- Marca y procesa paquetes como sea necesario de acuerdo con el perfil de QoS
- Opcionalmente, envía Avisos de Agente si la PCF indica que la MS ha experimentado un traspaso en estado inactivo

Autenticación, Autorización y Contabilidad (AAA)

- AAA en la red proveedora de servicio



- Pasa solicitudes de Autenticación desde el PDSN hacia la red IP propia, y respuestas de autorización desde la red IP propia hacia el PDSN
- Almacena la contabilidad para la MS desde el PDSN y opcionalmente transmite hacia una red broker o IP propia
- Proporciona un perfil de usuario e información de QoS al PDSN a medida que es recibida desde la red IP propia
- Opcionalmente asigna dirección IP dinámica para servicios Simple IP
- Para Mobile IP Versión 2, opcionalmente, interactúa con un PDSN previo para soportar traspasos entre PDSNs que no involucran a la red IP propia
- Para Mobile IP Versión 2, identifica dinámicamente un HA y le asigna un usuario
- AAA en la red IP propia
 - Autentica y autoriza a la MS con base en peticiones del servidor AAA local. Estas involucran o CHAP para Simple IP o la Foreign Agent Challenge de Mobile IP
 - Opcionalmente proporciona información de claves al HA y al AAA local. Esta información de claves puede ser usada por la clave pre-compartida para IKE o la Mobile IP Foreign-Home Authentication Extensión
 - Proporciona un perfil de usuario e información de calidad de servicio al PDSN
 - Para Mobile IP Versión 2, identifica dinámicamente un HA y le asigna un usuario
- AAA en una red broker
 - Transmite peticiones y respuestas entre la red proveedora de servicio y la red IP propia que no tienen asociaciones bilaterales directas. Son posibles tres modos de operación broker:
 - No transparente: el servidor AAA broker examina peticiones y respuestas y crea nuevas peticiones y respuestas. Esto ocurriría más probablemente si la red AAA broker asume responsabilidad financiera para la red servidora
 - Transparente: el servidor AAA broker transmite peticiones y respuestas y no crea nuevas peticiones y respuestas
 - Redirección: el servidor AAA broker refiere al proveedor de servicio a otro servidor AAA
 - Opcionalmente, verifica certificados cuando pasan en peticiones AAA entre las redes propia y servidora

Función de Control de Paquetes (PCF)

- Establece, mantiene y termina la conexión de nivel 2 hacia el PDSN
- Interactúa con el PDSN para soportar traspaso en estado inactivo
- Mantiene conocimiento del estado de los recursos radioeléctricos (activo, inactivo)
- Almacena temporalmente paquetes que llegan desde el PDSN, cuando los recursos radioeléctricos no están listos o son insuficientes para soportar el flujo desde el PDSN
- Se comunica con el RRC para solicitar y gestionar recursos radioeléctricos con el fin de transmitir paquetes hacia y desde la MS
- Transmite paquetes hacia y desde el PDSN
- Como parte del traspaso duro hacia otro RRC, transmite información de la PCF servidora a la PCF destino para re-establecer la sesión de datos por paquetes hacia el PDSN
- Mapea el ID de la MS y la referencia de la conexión a un identificador único de conexión de nivel 2 usado para comunicarse con el PDSN



- Recoge y envía información de contabilidad relacionada con el enlace aire hacia el PDSN

Control de Recursos Radioeléctricos (RRC)

- Opcionalmente, soporta autenticación y autorización de la MS para el acceso radioeléctrico
- Opcionalmente, soporta encriptación de la interfaz aérea hacia la MS
- Establece, mantiene y termina recursos radioeléctricos para el intercambio de paquetes entre la MS y la PCF
- Mantiene conocimiento del estado de los recursos radioeléctricos (activo, inactivo)
- Difunde el ID de zona de paquete (packet zone ID) en el mensaje de overhead del sistema

Estación Móvil (MS)

- Establece, mantiene y termina un protocolo de enlace de datos hacia el PDSN
- Opcionalmente, soporta encriptación de la interfaz de aire hacia el RRC
- Opcionalmente, soporta Mobile IP y Simple IP
- Solicita los recursos radioeléctricos apropiados de la red para el intercambio de paquetes
- Mantiene conocimiento de los recursos radioeléctricos (activo, inactivo) para la sesión de paquetes
- Almacena temporalmente paquetes de las aplicaciones móviles cuando los recursos radioeléctricos no están listos o son insuficientes para soportar el flujo hacia la red
- Si mientras está inactivo, detecta un cambio en el ID de zona del paquete, ID de sistema o ID de red, envía un Origination message hacia el RRC para iniciar traspaso en estado inactivo
- Para Mobile IP Versión 2, opcionalmente soporta traspasos entre PDSNs que no involucran la red IP propia
- En la Versión 2 de Mobile IP, acepta un HA asignado dinámicamente por el servidor AAA en la red proveedora de servicio o red IP propia
- Para Simple IP, acepta una dirección IP asignada dinámicamente mediante el PDSN o el servidor AAA en la red proveedora de servicio
- Para Mobile IP, usa una dirección propia estática o acepta una dirección propia asignada dinámicamente

1.5.4. Arquitectura General

En esta sección se representa los modelos de referencia de la arquitectura IMT-2000 para la operación de los servicios de datos por paquetes con Simple IP y Mobile IP (Figuras 1.4 y 1.5 respectivamente).

De igual manera, son representados unos modelos de referencia de protocolos para Simple IP, Control Mobile IP y Datos de Usuario Mobile IP por las Figuras 1.6, 1.7 y 1.8 respectivamente.

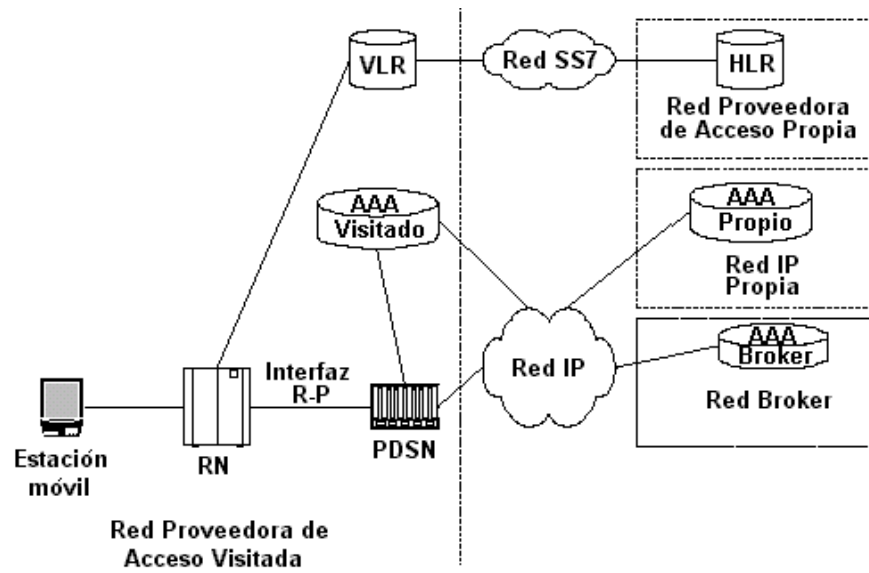


Figura 1.4. Modelo de Arquitectura IMT-2000 para Simple IP

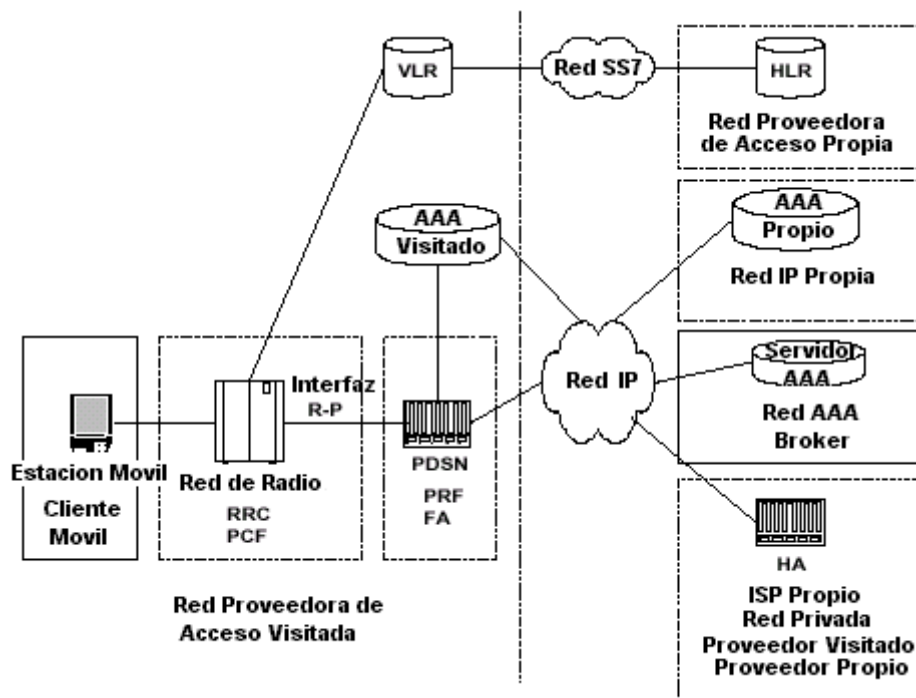


Figura 1.5. Modelo de Arquitectura IMT-2000 para Mobile IP

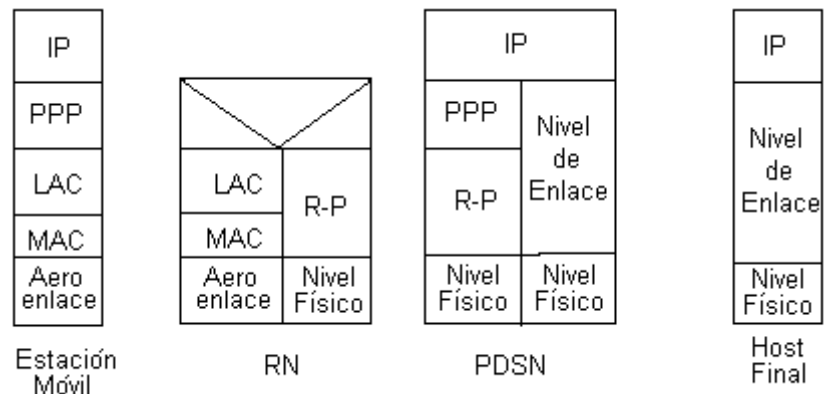


Figura 1.6. Modelo de Referencia de Protocolos para Simple IP

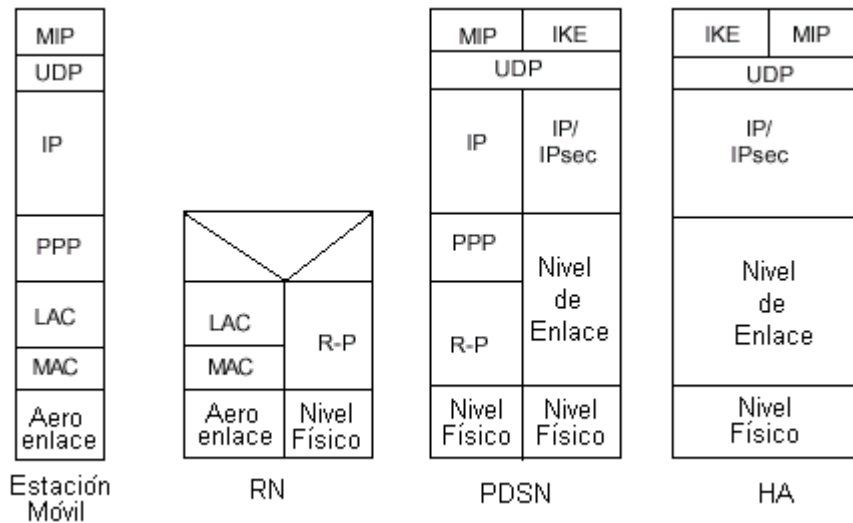


Figura 1.7. Modelo de referencia para Control e IKE con Mobile IP

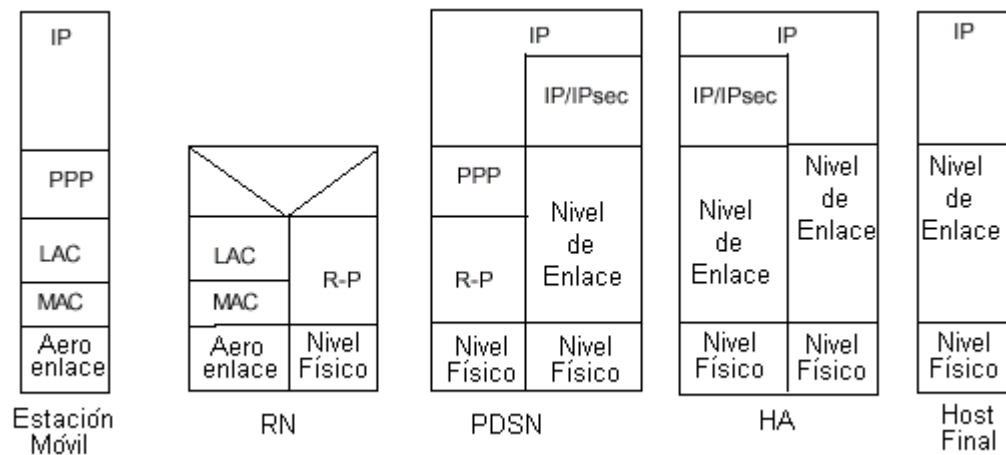


Figura 1.8. Modelo de Referencia para Datos de Usuario Mobile IP



Los anteriores modelos son importantes porque muestran la estructura de la red para los servicios de datos y los requerimientos de protocolos en cada uno de los nodos que los componen, así como las interfaces entre ellos y las fronteras del proveedor de servicio.

1.5.5. Fronteras del Proveedor de Servicio

Para el acceso al servicio, la MS debe mantener una relación de negocios con una red proveedora de servicio. El ID de la MS (por ejemplo, el IMSI) identifica a la MS hacia esa red. La MS puede asociarse con una o más redes IP propias (redes IP privadas, ISPs propios) para el servicio de datos. Estas redes identifican al usuario móvil mediante un NAI. Las redes broker pueden estar involucradas en el soporte de mensajería de AAA y funciones entre el servidor de AAA de la red proveedora de servicio y el servidor de la red IP propia. Estas también identifican al usuario móvil mediante el NAI.

1.5.6. Interfaces Lógicas

Las interfaces par a par entre las entidades de la red propia e IMT-2000 visitada (intrafamilia) son:

- Entre HA y PDSN: Mobile IP
- Entre Servidor AAA y Servidor AAA: Protocolo AAA (de par a par)
- Entre HLR y VLR: protocolo ANSI-41

Las interfaces intra-servicio del proveedor son:

- PDSN y AAA: protocolo AAA (cliente servidor)
- HA y AAA: protocolo AAA (cliente servidor)
- RN y PDSN: interfaz R-P

1.5.7. Consideraciones del Protocolo de AAA Requerimientos

- Las comunicaciones de servidor AAA a servidor AAA pueden ser protegidas usando IP Security ESP cuando los datos atraviesan los recursos públicos.
- Es deseable que el protocolo entre servidores AAA soporte un mecanismo de transporte confiable, que sea capaz de indicar a una aplicación AAA que un mensaje fue entregado a la aplicación AAA por siguiente o que ha ocurrido un time out.
- La retransmisión es controlada por ese mecanismo de transporte y no por protocolos de nivel más bajo como TCP.
- Aún si el mensaje AAA tiene que ser reexpedido o las opciones o semántica del mensaje no se adaptan con el protocolo AAA, el mecanismo de transporte debe reconocer que el par recibió el mensaje AAA. Sin embargo, si el mensaje no pasa la autenticación, no debe ser reconocido.
- Debe permitirse que los reconocimientos sean transportados en mensajes AAA.
- Las características del mecanismo de transporte deben tener la capacidad de detectar fallas silenciosas del servidor AAA par o del camino hacia el servidor AAA par, para gestionar fallas en una base proactiva.
- Además, los protocolos de AAA a AAA deben ser capaces de transportar un certificado digital en un mensaje AAA con el fin de minimizar el número de interacciones asociadas con las transacciones AAA.



- Debe haber soporte para servidores brokers proxy y no proxy.
- Es deseable que se provea integridad del mensaje y autenticación de identidad por salto (nodo AAA).
- Se debe proveer soporte para protección de replay y capacidades opcionales de no rechazo para todos los mensajes de autorización y contabilidad.
- El protocolo AAA debe proveer la capacidad para que los mensajes de contabilidad sean emparejados con mensajes de autorización previos.
- El uso de servidores AAA en standby o en redundancia es importante cuando un servidor AAA o cliente falla.

Interworking del protocolo AAA

Es posible que haya más de un tipo de servidores de AAA desplegado en las redes IMT-2000. Por lo tanto el servidor AAA de interworking debe hacer las veces de un proxy entre un protocolo nuevo de AAA y uno más viejo. Las posibles configuraciones de la arquitectura de interworking de AAA se muestran en la Figura 1.9, en la que un servidor basado en un protocolo más viejo autentica a la MS.

A continuación se hace una breve referencia a los protocolos y servidores usados en los sistemas 3G basados en IMT-2000 para llevar a cabo las funciones de AAA.

El servidor RADIUS

RADIUS [7] es un protocolo estándar de la industria que implementa autenticación, autorización y contabilidad para conexión a servidores durante los accesos remotos. En el pasado los servidores de acceso eran típicamente servidores tipo “network access server” (NAS) que mediante una conexión discada o una tipo red privada virtual (VPN) daban servicios de Internet a quien lo solicitara. Hoy por hoy, los requerimientos han cambiado, y los usos para el protocolo RADIUS esta cambiando a puntos de acceso inalámbricos (AP), swiches Ethernet y otros tipos de equipos de red que requieren autenticar y autorizar sus conexiones.

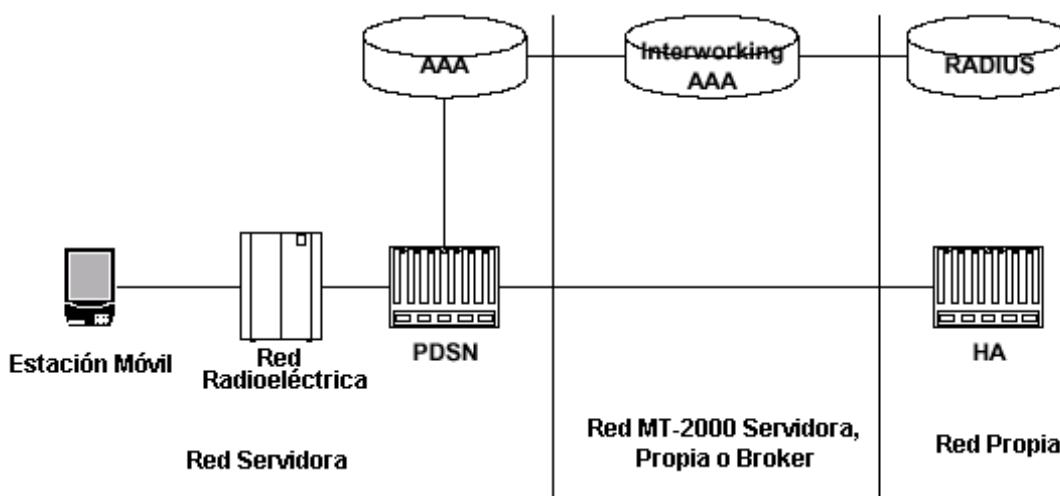


Figura 1.9. Arquitectura de Interworking del protocolo de AAA



La arquitectura del protocolo es cliente/servidor. Cuando se produce un intento de acceso de un usuario, el cliente RADIUS, que reside en los servidores de acceso, intermedia entre el usuario y un servidor RADIUS, que tiene la potestad de denegar o autorizar los intentos de conexión. El diálogo entre cliente y servidor se realiza utilizando paquetes del protocolo RADIUS.

El Servidor TACAS

El servidor TACAS [8] (Terminal Access Control Access System), es otra alternativa de servidores para autenticación remota al uso de los servidores RADIUS que permiten controlar el acceso hacia otros sistemas.

Entre las tareas de configuración del servidor TACAS se incluyen:

- Fijar el número de intentos de registro al sistema permitidos hacia el servidor TACAS
- Ampliar el modo del protocolo TACACS
- Fijar un host TACAS

TACACS (Terminal Access Controller Access Control System) es un protocolo de Autenticación común de las redes UNIX que permite a un servidor de acceso remoto enviar una contraseña de validación de usuario hacia un servidor de autenticación para determinar si el acceso puede ser permitido hacia un sistema dado. Los servicios de este protocolo son proporcionados mediante y mantenidos en una base de datos en el servidor TACACS que corre en una estación de trabajo. TACACS es un protocolo de encriptación y en consecuencia menos seguro que los protocolos posteriores TACACS+ y RADIUS. Una versión posterior de TACACS es XTACACS o TACACS extendido.

A pesar de su nombre, TACACS+ es un protocolo totalmente nuevo. TACACS+ y RADIUS generalmente han reemplazado los antiguos protocolos en las redes actualizadas o construidas más recientemente. TACACS+ usa TCP y RADIUS usa UDP. Mientras que RADIUS combina autenticación y autorización en un perfil de usuario, TACACS+ separa las dos operaciones.

Como ya se dijo, se puede usar uno de tres protocolos TCP/IP especiales relacionados con el protocolo TACACS: TACACS regular, TACACS extendido o AAA/TACACS+. Una descripción comparativa de estas versiones es la siguiente:

- TACACS proporciona chequeo de password, autenticación y notificación de acciones de usuario para propósitos de seguridad y contabilidad.
- TACACS extendido proporciona información acerca del traductor de protocolos y uso del conmutador ATM. Esta información es usada en el rastreo de intervenciones en UNIX y en archivos de contabilidad.
- AAA/TACACS+ proporciona información de contabilidad más detallada así como más control administrativo de los procesos de autenticación y autorización.

El servidor DIAMETER

En contraste con los servidores RADIUS y TACAS los cuales han sido desarrollados no específicamente para redes de acceso inalámbrico, DIAMETER [9] (sustituto del tradicional RADIUS) será capaz de soportar movilidad Inter Dominio (roaming) de usuarios en el acceso a redes inalámbricas.



En conclusión, los servidores TACAS, RADIUS y DIAMETER son necesarios para la autenticación y autorización en el control de acceso a rutas IP o servidores directos de acceso a redes universales.

1.6. ALTERNATIVAS PARA LA MIGRACIÓN HACÍA 3G E INTERNET MÓVIL

Con el fin de aprovechar al máximo los beneficios de las inversiones hechas en los sistemas móviles actuales, es conveniente determinar la manera en la que estos sistemas pueden evolucionar hacia IMT-2000 de manera que se permita un alto grado de reutilización de la infraestructura de redes existentes.

Este aspecto se está considerando sobre la base de que los sistemas previos a IMT-2000 pueden poseer ya algunas características y admitir desarrollos ulteriores que permitan su evolución. Cabe señalar también que este enfoque puede ser el más apropiado para los sistemas que funcionan en bandas de frecuencias próximas a las bandas identificadas para IMT-2000, como es el caso del sistema GSM. En este sentido, la industria global de telecomunicaciones ha reducido en general el número de normas de tercera generación, respetando al mismo tiempo las normas existentes. Así, se han logrado dos hechos importantes: la convergencia de TDMA/136 y GSM, y la convergencia de modos CDMA.

La convergencia de TDMA/136 y GSM comienza con GPRS (General Packet Radio Service), que crea una arquitectura de la red común y comparte componentes de red de radio y terminales, por lo que su introducción en las redes resulta fácil y económica. La convergencia de modos CDMA crea una sola familia de acceso radioeléctrico CDMA de tercera generación: DS-WCDMA y MC-WCDMA (multi-carrier W-CDMA) en modo FDD. Los modos WCDMA de Secuencia Directa DS-WCDMA (también llamados de Espectro Ensanchado) son los modos principales aceptados por la UIT para UMTS. El modo multi-portadora (MC-WCDMA) es sobre todo para la evolución de cdmaOne/CDMA2000.

Luego, las opciones de migración hacia 3G para los operadores de TDMA, que es el caso de Colombia y de la mayoría de países latinoamericanos, tiene despliegue en diferentes tecnologías, siguiendo dos caminos:

- Inclinarsse por CDMA2000, mediante sus fases de evolución 1X, 1xEV-DO y 1xEV-DV.
- Migrar hacia 3G a través de la familia de tecnologías GSM: GSM, GPRS, EDGE y WCDMA.

Es importante que para que puedan trabajar juntas las normas de segunda generación con las de tercera generación se debe dar funcionalidad de interoperabilidad a nivel de red (protocolos) y al nivel terminal (terminales multi-entorno y multi-modo).

Las dos opciones de migración anteriores son abordadas con más detalle en los capítulos 2 y 3 de este trabajo de grado respectivamente.



CAPITULO 2

2. IP SOBRE CDMA2000

2.1. INTRODUCCIÓN

Teniendo como base la temática referida en el capítulo anterior, es importante ahora identificar los factores que deben ser tenidos en cuenta en la migración de los sistemas de comunicaciones móviles actuales hacia los de 3G, entre los cuales es de gran importancia la tecnología de acceso radioeléctrico que se esté usando y de la cual depende en gran medida la selección de la tecnología de 3G que mejor se adapte a las condiciones actuales y a las expectativas de los operadores.

En este sentido, siendo CDMA2000 una importante tecnología CDMA de 3G que como una aproximación evolucionista basada en IS-95 está diseñada para incrementar las tasas de transmisión de datos y capacidad de voz de las redes IS-95, TDMA IS-136 o GSM, en este capítulo se realiza un estudio de la misma, identificando sus características y mostrando las alternativas de despliegue que pueden seguir los operadores para su implementación. Se presentará su arquitectura de red, de protocolos, sus principales ventajas, aplicaciones y servicios soportados, y finalmente, su viabilidad técnica y comercial.

La realización de este capítulo es importante porque, como fuente de información, permitirá identificar los requisitos de infraestructura de red y funcionales para soportar servicios de datos (paquetes IP) sobre sistemas 3G que utilicen CDMA2000, además de proporcionar los puntos de referencia de ésta en la comparación con otras tecnologías de acceso radioeléctrico, tal es el caso de WCDMA que se tratará en el siguiente capítulo, permitiendo realizar una evaluación apropiada en la selección de una u otra tecnología en la evolución de los sistemas actuales de comunicaciones móviles hacia la 3G, además de dar la base en la definición de criterios para la prestación de servicios de Internet sobre redes que utilicen esta tecnología de acceso.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE CDMA2000

Entre las características más importantes de esta tecnología de interfaz radioeléctrica de banda ancha se tiene:

- Su evolución desde redes 2G es independiente de la tecnología (cdmaOne, IS-136 TDMA o GSM).
- Ofrece velocidades desde 1.2 kbit/s hasta 2 Mbit/s, y soporte para canales de 1.25, 3.75, 7.5, 11.25 y 15 MHz con una o con múltiples portadoras operando en modo TDD y/o FDD.



- Permite al usuario obtener mayores velocidades de transmisión de datos (servicios de datos multimedia de alta velocidad) y un uso más eficaz del espectro radioeléctrico que las técnicas de radio existentes en la actualidad.
- Permite que las inversiones del operador queden protegidas y que las 2G puedan encontrar una vía de migración sencilla, rentable y eficaz.
- Está diseñada para operar en las actuales bandas de frecuencia celular (850 MHz) y PCS (1900 MHz) y la nueva banda de 2 GHz. Además agrega una banda de guarda de 640 KHz por lado para protección contra interferencia en canales adyacentes (interferencia co-canal) y opera con sincronismo entre el móvil y la estación base.

2.3. MIGRACIÓN DESDE 2G

Los sistemas 2G basados en TDMA tienen 2 caminos de migración hacia CDMA2000: uno vía cdmaOne (IS-95) y otro directamente [10], como lo muestra la Figura 2.1.

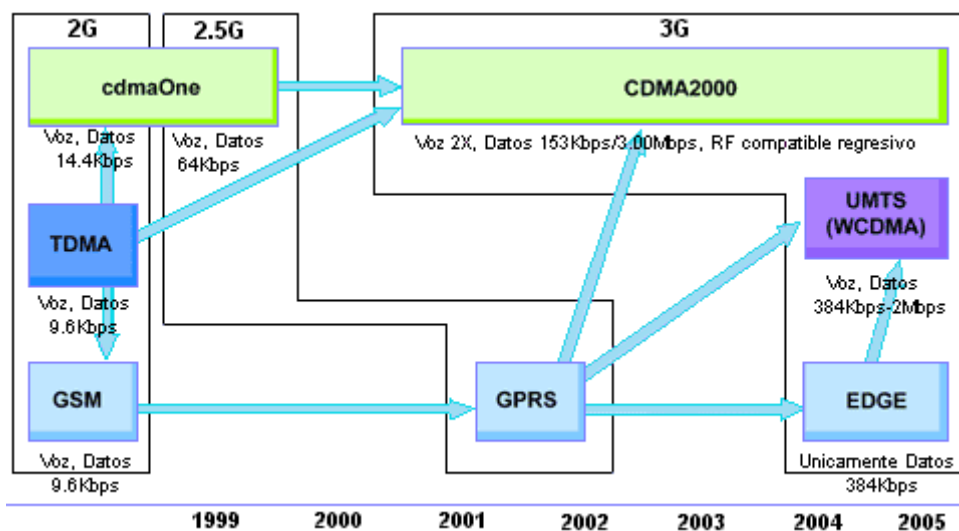


Figura 2.1. Vías de Migración desde 2G hacia 3G

2.3.1. Migración vía cdmaOne

El uso de la misma red fundamental por parte de cdmaOne y TDMA, basada en la norma ANSI-41, facilitaría la migración al permitir la reutilización de la mayoría de componentes en la adaptación de TDMA a cdmaOne. Una vez las redes se basen en cdmaOne de banda estrecha (IS-95A), como las existentes en los Estados Unidos y otros países de su área de influencia, la transición hacia IMT-2000 consistiría en dos pasos migratorios:

- **IS-95B:** mejora las velocidades de 64 a 115 Kbit/s agregando a los 8 canales de tráfico CDMA 14,4 kbit/s y asignando a un móvil el tiempo que dure su operación (en ráfaga). Conveniente para acceso a Internet y aplicaciones que requieran velocidades medias, particularmente en áreas de bajo tráfico (suburbano/rural).



- **IS-95C:** también conocida como CDMA2000 1XRTT (o únicamente CDMA2000 1X), emplea un canal de 1,25 MHz de ancho de banda y ofrece una velocidad nominal de 144 Kbit/s para aplicaciones móviles y estacionarias. Conveniente para requerimientos superiores en áreas de alto tráfico, pero no llega a soportar los servicios 3G.

La Figura 2.2 muestra las arquitecturas de red de cdmaOne y CDMA2000 1X en las que se destacan los requerimientos de infraestructura para este camino de migración. Como puede verse en este camino de evolución, aunque los elementos principales (BSC, BTS, MSC, EIR, VLR, HLR) son en sentido físico similares para los sistemas IS-95 y CDMA2000, son necesarios algunos cambios en la red central subyacente, en el enlace hacia la red de datos, en el software y en el hardware.

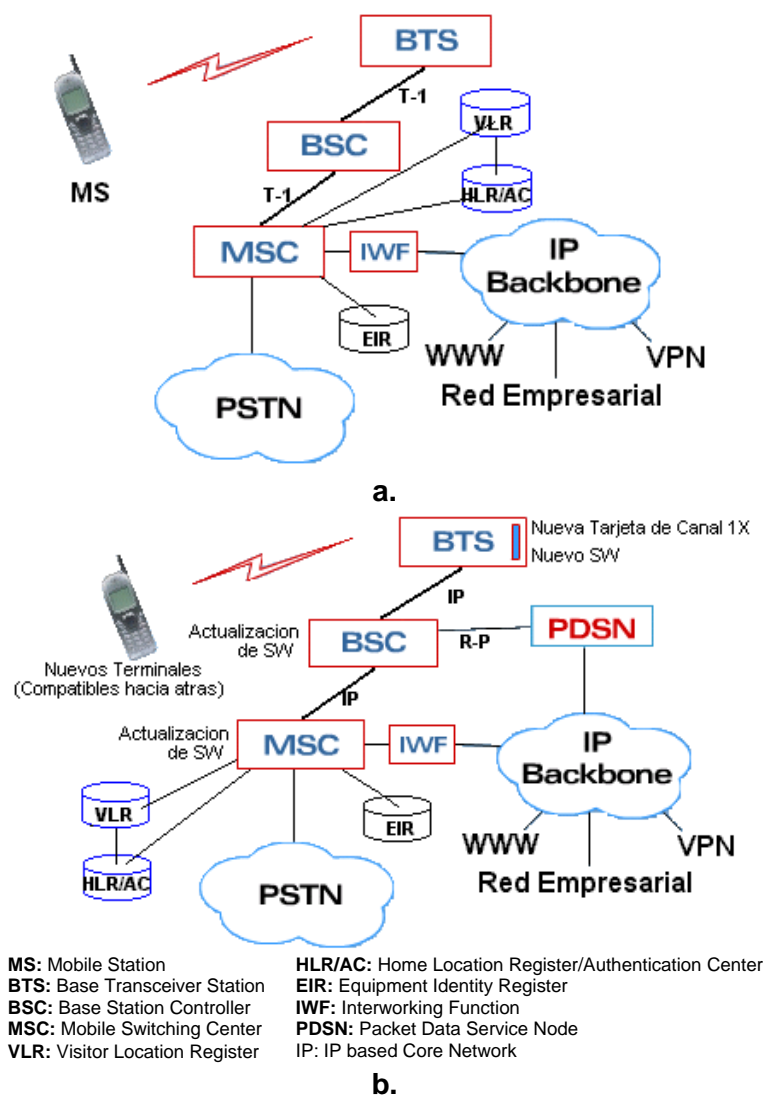


Figura 2.2. Arquitectura de Red: Componentes y Funciones. a. Red CDMA IS-95. b. Red CDMA2000 1X



Además, en esta arquitectura de 3G hay una red funcional completamente de datos (Red Central basada en IP) incorporada y componentes (descritos con más detalle más adelante) específicos para el transporte de paquetes como es el PDSN (Packet Data Service Node).

2.3.2. Migración directa desde TDMA

La Figura 2.3 muestra las arquitecturas de la red TDMA y TDMA-CDMA2000 1X, esta última refiriendo los requerimientos de infraestructura para este camino de evolución.

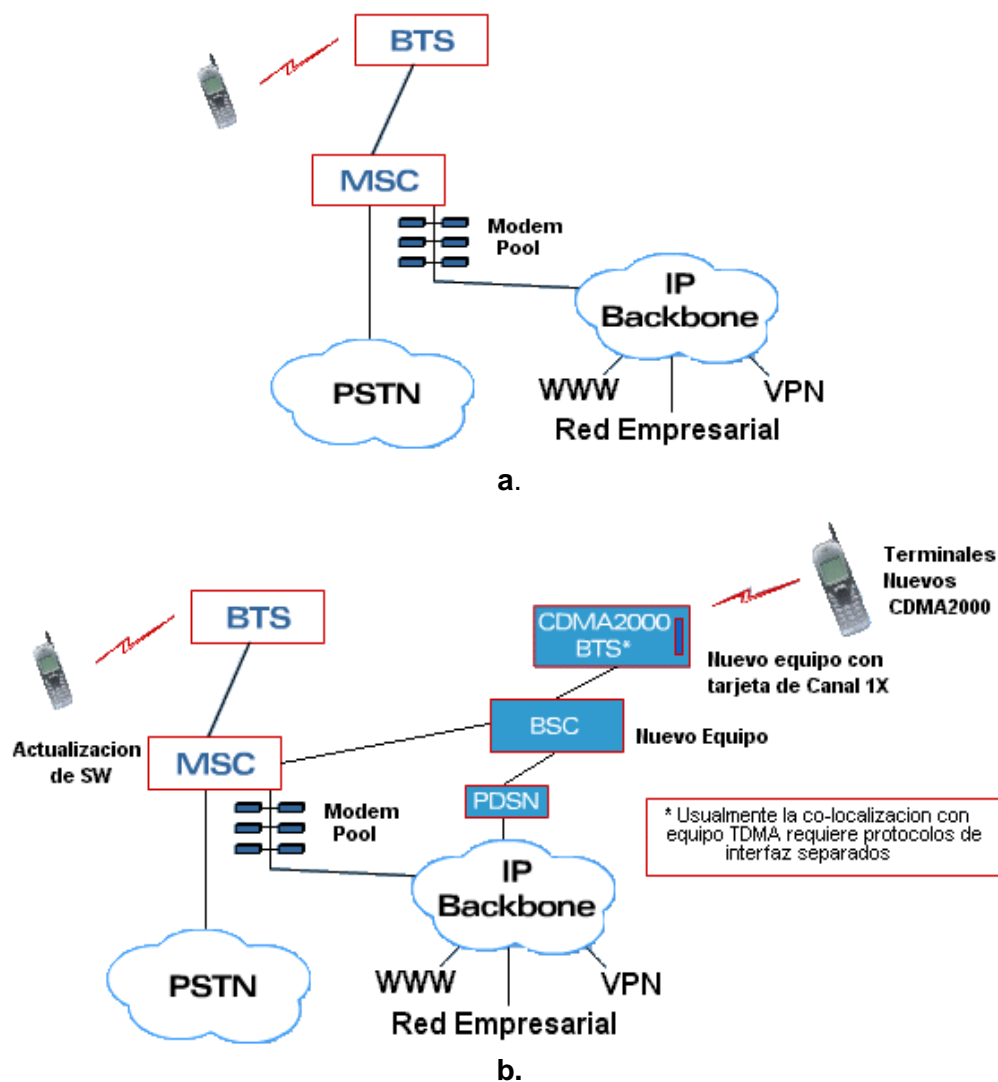


Figura 2.3. Arquitectura de Red: Componentes y Funciones. a. Red TDMA b. Red TDMA-CDMA2000 1X



2.4. FASES DE EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA2000

En principio, CDMA2000 está dividido en dos fases conocidas generalmente como CDMA2000 1X y CDMA2000 3X, para habilitar su despliegue rápido, permitiendo a los operadores introducir mayor capacidad para los servicios de voz e incrementos de la velocidad de datos en intervalos que coinciden con la demanda emergente del mercado.

2.4.1. CDMA2000 1X

Se puede implantar en las actuales o en nuevas asignaciones del espectro y proporciona aproximadamente el doble de capacidad vocal que cdmaOne y velocidades de datos mejoradas, además de ofrecer compatibilidad con ella y mejorar su funcionamiento gracias a su capacidad de red (más usuarios, menos llamadas perdidas) y, en teoría, más duración de las baterías para los terminales.

Es justo asumir que los esfuerzos para estandarizar esta tecnología requerirá varias fases, lo que puede representar problemas serios para los vendedores de terminales, particularmente en regiones donde el tiempo para el mercadeo es crítico.

Limitaciones de CDMA2000 1X

CDMA2000 1X está diseñada para manejar una tasa pico de 614.4 Kbps bajo condiciones de radio ideales; sin embargo, la tasa promedio por usuario está únicamente entre 64 y 144 Kbps.

Otro inconveniente es la eficiencia espectral, que a pesar de ser mejor comparada con los sistemas IS-95, adolece por el soporte simultáneo de servicios inherentemente diferentes de voz y datos: al optimizar la interfaz de aire para un tipo de servicio se causa ineficiencias para el otro. Como resultado, la eficiencia espectral de los sistemas de radio CDMA2000 1X es más baja de lo esperado para servicios de datos.

Estas limitaciones conllevan a que IMT-2000, sólo en una banda de 1,25 MHz de espectro, con una norma avanzada conocida como CDMA2000 1xEV [11], mejore las posibilidades más allá de CDMA2000 1X.

2.4.2. CDMA2000 1xEV

CDMA2000 1xEV mejora la velocidad de procesamiento de datos, obteniendo velocidades máximas de 2 Mbits/seg. Los requisitos para los recién establecidos operadores CDMA2000 1xEV establecen dos fases: en la primera, CDMA2000 1xEV-DO, es necesario obtener una velocidad de procesamiento de datos de hasta 2 Mbits/seg para lograr una transmisión de datos eficaz y con máximo aprovechamiento; la fase 2, CDMA2000 1xEV-DV, se centra en las funciones de datos y de voz en tiempo real, así como en la mejora del funcionamiento para mayor eficiencia en transmisión de voz y datos.

Características

- **Requerimientos de Espectro.** Debido a que ambos sistemas CDMA2000 1xEV requieren espectro en el mismo rango de 1.25 Mhz que las redes CDMA2000 1X, los operadores pueden asignarlo sin tener que reparticionarlo.



Como el nombre lo indica, el sistema CDMA2000 1xEV-DO no soporta servicios de voz ya que está diseñado para servicios de datos por paquetes que no necesitan consideraciones de tiempo real. Los servicios de voz se soportan mediante el despliegue de servicios CDMA2000 1X en un espectro de 1.25 Mhz separado.

Por su parte, los sistemas CDMA2000 1xEV-DV soportan ambos servicios. De hecho, este sistema es diseñado como una extensión de los sistemas CDMA2000 1X adicionada en forma de nuevos canales físicos para soportar tasas altas, servicios de datos por paquetes que no requieran manejo de tiempo real.

- **Tasas de Datos.** La Tabla 2.1 muestra las tasas de datos pico y agregadas para sistemas CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV, de la cual se pueden hacer varias observaciones:
 - Ambos sistemas CDMA2000 1xEV implementan técnicas para alcanzar tasas de datos más altas sobre el enlace directo aunque el rendimiento del enlace inverso permanece idéntico que para CDMA2000 1X. Esto se debe a que las redes CDMA2000 1xEV se enfocan en aplicaciones cliente servidor en las que es requerido más ancho de banda en el enlace directo.
 - Las tasas pico y tasas de datos agregadas para los sistemas CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV son diferentes debido a que las tasas pico son alcanzadas bajo un entorno radioeléctrico ideal. Además, las tasas de datos agregadas en estos sistemas dependen del tipo de programado (scheduler) usado para organizar los recursos radioeléctricos.

	ENLACE DIRECTO		ENLACE INVERSO	
	Tasas Pico	Tasas Agregadas	Tasas Pico	Tasas Agregadas
CDMA2000 1X	9.6 – 614.4 Kbps	300 – 400 Kbps	9.6 – 460.8 Kbps	300 Kbps
CDMA2000 1xEV-DO	38.4 Kbps – 2.45 Mbps	~600 Kbps	9.6 – 153.6 Kbps	~250 Kbps
CDMA2000 1xEV-DV	9.6 Kbps – 3.09 Mbps	420 Kbps – 1.7 Mbps	9.6 – 460.8 Kbps	300 – 400 Kbps

Tabla 2.1. Resumen de las Tasas de Datos para CDMA2000

- **Arquitectura de Red.** Ambos sistemas CDMA2000 1xEV reusan muchos de los componentes de red (red central) de las redes CDMA2000 1X con cambios mínimos, además de soportar los servicios de movilidad Simple IP y Mobile IP y de usar, con modificaciones menores, la Interfaz R-P de IOS existente entre la BSC y la red de datos central.

- **Arquitectura de red de CDMA2000 1xEV-DO.** Esta arquitectura (Figura 2.4) incluye el PDSN y el servidor AAA, los cuales son retenidos de las redes de datos centrales de CDMA2000 1X. Si la red soporta Mobile IP, como en las redes CDMA2000 1X el FA y el HA también están presentes en la red central. Las BTSs y BSC juntas se llaman Red de Acceso (Access Network o AN) y los terminales móviles son referidos como Terminales de Acceso (Access Terminals AT o MS). El BSC/PCF interactúa con el PDSN usando la interfaz R-P de IOS.

Como las redes CDMA2000 1xEV-DO no soportan servicios de voz el BSC no interactúa con los MSCs de las redes centrales de conmutación de circuitos. Sin embargo, esto hace que se requiera la adición de un nuevo componente AN-AAA para proporcionar servicios de autenticación radioeléctrica los cuales son prestados por el MSC/HLR en las redes CDMA2000 1X.

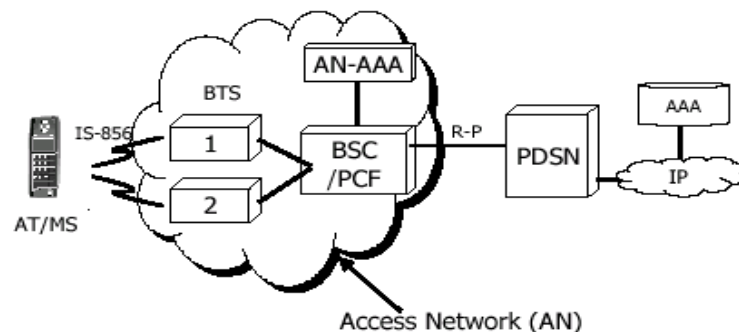


Figura 2.4. Arquitectura de la Red 1xEV-DO

- **Arquitectura de Red CDMA2000 1xEV-DV.** La arquitectura de red para estos sistemas (Figura 2.5) es compatible con la arquitectura de red CDMA2000 1X, por ser una extensión de ella, usando su misma Interfaz aire entre el terminal móvil y la BTS. El BSC interactúa con el MSC (Red Central de circuitos) y el PDSN (Red Central de Paquetes) usando interfaces de IOS.

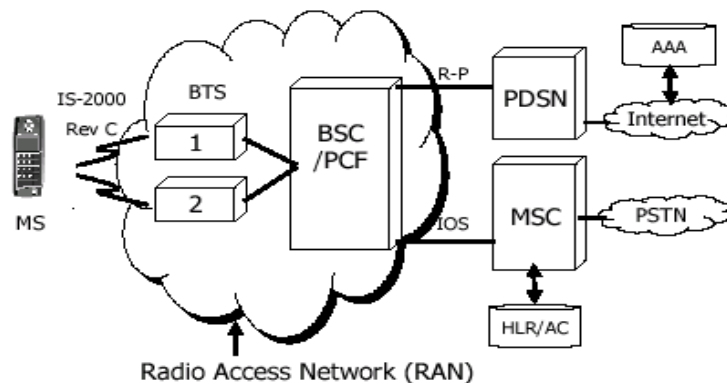


Figura 2.5. Arquitectura de Red 1xEV-DV

2.4.3. CDMA2000 3X

Este sistema permitiría aumentar la capacidad por encima de CDMA2000 1X y obtener velocidades de transmisión de datos de hasta 2 Mbits/seg con un sistema multiportadora, esto es, usando tres portadoras de 1,25 MHz para prestar servicios 3G de banda ancha. A pesar de que CDMA2000 3X soporta tasas de datos de 2 Mbps usando 3.75 Mhz de espectro, no hay soporte industrial para esta opción por que es compleja de implementar y espectralmente ineficiente. Las tecnologías CDMA2000 1xEV la han hecho obsoleta. [12].

2.4.4. Todo sobre IP

La evolución de la Red Central de Paquetes (PCN) de acuerdo al modelo Todo sobre IP permitirá la migración de la infraestructura de conmutación de circuitos total, pero requerirá mejoras en los estándares de la red de paquetes y en la tecnología básica IP de transporte empleada. Con este modelo, cuya arquitectura de red se muestra en la Figura 2.6, lo que se pretende es capitalizar sobre las tecnologías de Internet y usar una red única para todos los servicios.

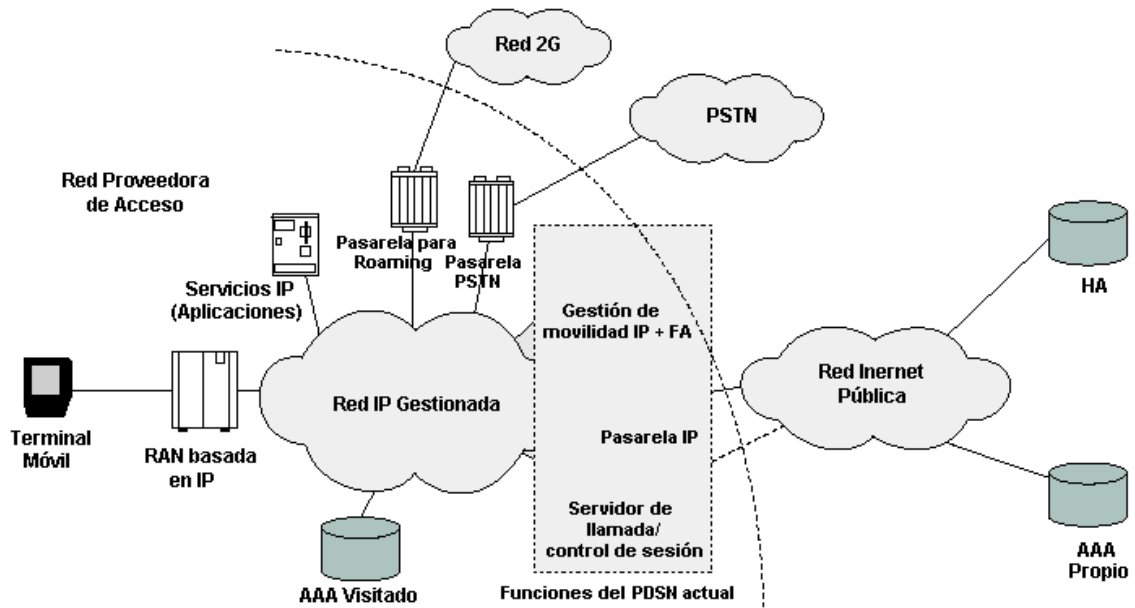


Figura 2.6. Arquitectura 3GPP2 para Todo sobre IP

Los atributos esenciales de una red Todo IP son conectividad IP extremo a extremo, servicios y control distribuidos y pasarelas hacia las redes heredadas. La conectividad IP cubre todo el camino hacia la BTS. La RAN (BTS y BSC) está basada en IP. Esto significa que la BSC será un nodo enrutador basado en IP que contiene funciones críticas de control de radio (control de potencia, selección de trama de traspaso suave). Las funciones restantes de control, como llamada/sesión, gestión de movilidad y funciones de pasarela son movidas hacia la red IP gestionada. Esto permite una arquitectura de control distribuida y modular.

2.5. ARQUITECTURAS DE RED Y DE PROTOCOLOS DE CDMA2000

2.5.1. Arquitectura de Red

Antes que usar infraestructura para datos especializada basada en protocolos celulares específicos, CDMA2000 impulsa desarrollos de Internet y usa PPP para conectar usuarios a un PDSN (Figura 2.7) y Mobile IP para soportar el roaming de los clientes entre redes de este tipo.

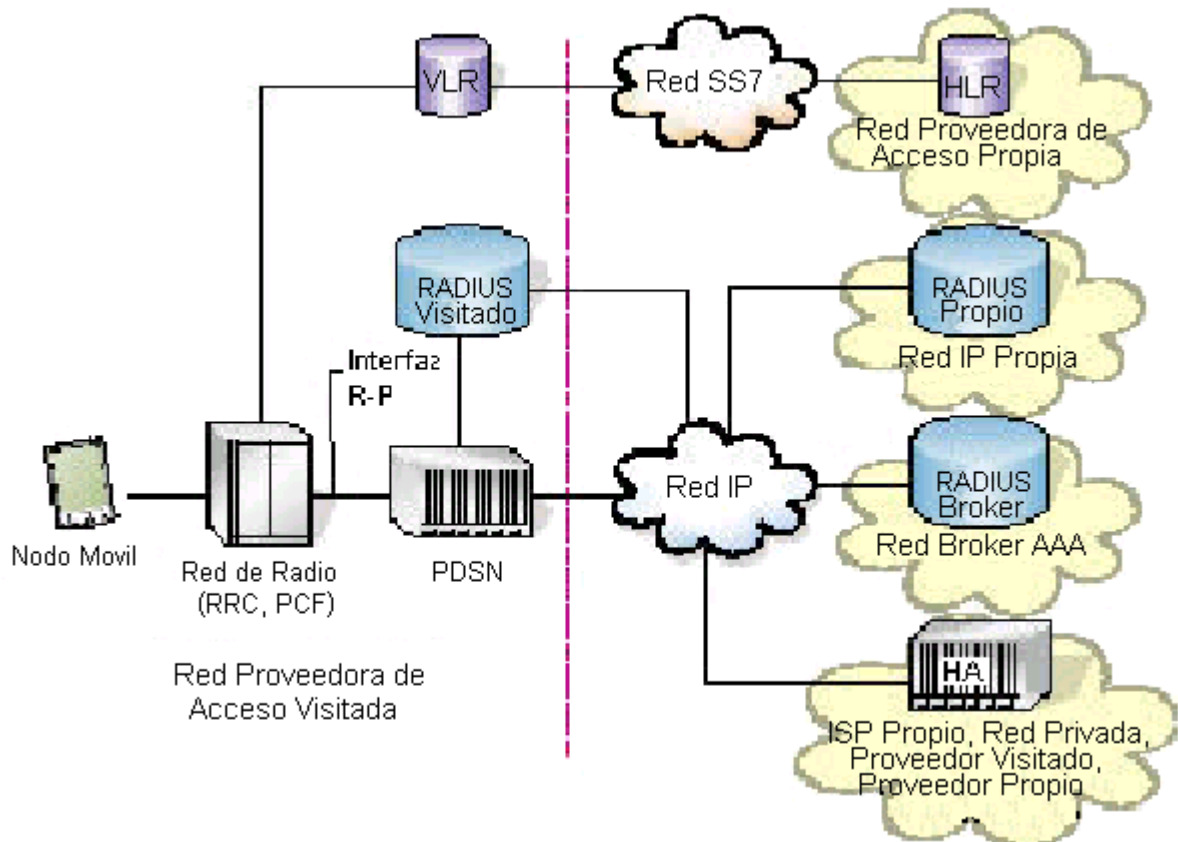


Figura 2.7. Arquitectura de Red de CDMA2000

A continuación se describen las funciones de los componentes de esta arquitectura de red [13] [14]:

Estación Móvil (MS): su principal función es la de establecer, mantener y terminar conexiones de voz y datos a través del PDSN solicitando y utilizando los recursos radioeléctricos apropiados de la RN. Una vez establecida la conexión es responsable de mantener el conocimiento de estos recursos, almacenando temporalmente paquetes de las aplicaciones móviles cuando los recursos radioeléctricos no están listos o son insuficientes para soportar el flujo hacia la red. Opcionalmente soporta encriptación y los protocolos Mobile IP y Simple IP.



Red Radioeléctrica (RN): consiste de dos componentes lógicos:

- **Función de Control de Paquetes (Packet Control Function PCF):** su función primaria es establecer, mantener y terminar una conexión de nivel 2 (L2) con el PDSN. Esta también se comunica con el RRC para solicitar y gestionar recursos radioeléctricos con el fin de transmitir paquetes hacia y desde la MS. Durante el traspaso duro hacia otro RRC, la PCF servidora envía su información a la PCF destino para reestablecer la sesión de datos con el PDSN. Finalmente la PCF es responsable de recoger información de contabilidad y enviarla hacia el PDSN.
- **Control de Recursos Radioeléctricos (Radio Resources Control RRC):** soporta la autenticación y autorización de la MS para el acceso radioeléctrico y la encriptación de la interfaz aérea.

Nodo Servidor de Datos Por Paquetes (PDSN): incorpora numerosas funciones dentro de un único nodo. Su mayor esfuerzo es el enrutamiento de paquetes hacia las redes IP o directamente hacia el HA. Asigna direcciones IP dinámicas y mantiene las sesiones PPP hacia las estaciones móviles. Inicia la autenticación, autorización y contabilidad hacia el servidor AAA para la sesión de datos por paquetes de la estación móvil. En retorno, el PDSN recibe desde el servidor AAA los parámetros del perfil de usuario (servicios y seguridad diferenciados) de la estación móvil. El PDSN puede soportar opcionalmente funcionalidades de FA tales como tunelaje inverso, registro y asignación de direcciones dinámicas propia y de agente propio.

Agente Propio (HA): juega un papel importante en la implementación del Protocolo Mobile IP redireccionando paquetes hacia el FA, y recibe y enruta paquetes del tunelaje inverso provenientes desde el FA. El HA proporciona seguridad autenticando la MS a través del registro Mobile IP. Además mantiene conexión directa con el servidor AAA para recibir información de aprovisionamiento para los suscriptores.

Servidores de Autenticación, Autorización y Contabilidad (AAA): tiene diferentes personalidades dependiendo del tipo de red a la cual está conectado el servidor:

- Cuando un servidor AAA está conectado a una red proveedora de servicio, su principal papel es pasar peticiones de autenticación desde el PDSN hacia la Red IP propia y autorizar respuestas desde ésta hacia el PDSN. Además almacena información de contabilidad para la MS y proporciona información de los perfiles de usuario y QoS al PDSN.
- Un servidor AAA conectado a la red IP propia autentica y autoriza a la estación móvil basado en peticiones del servidor AAA local.
- Finalmente, un servidor AAA aprovisionado en la red broker envía peticiones y respuestas entre la red proveedora de servicio y la red IP propia que no tienen asociaciones bilaterales.

Para la Versión 1 de Mobile IP se usa RADIUS como el protocolo de AAA y para la Versión 2 se usa DIAMETER. La Figura 2.8 muestra el modelo de referencia de protocolos para los servidores RADIUS en el manejo de entidades de datos inalámbricas.

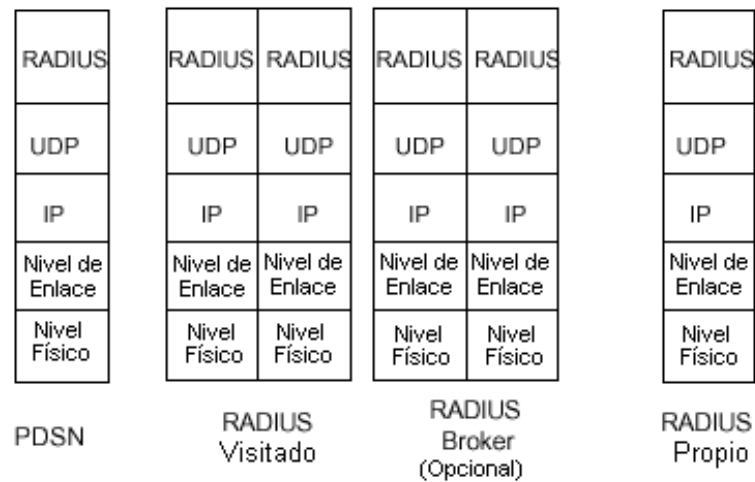


Figura 2.8. Modelo de Referencia de Protocolos para RADIUS

2.5.2. Arquitectura de Protocolos

La Figura 2.9 presenta la arquitectura por niveles o capas de protocolos [15] para un sistema CDMA2000, en la cual se indica la relación con el modelo de referencia OSI.

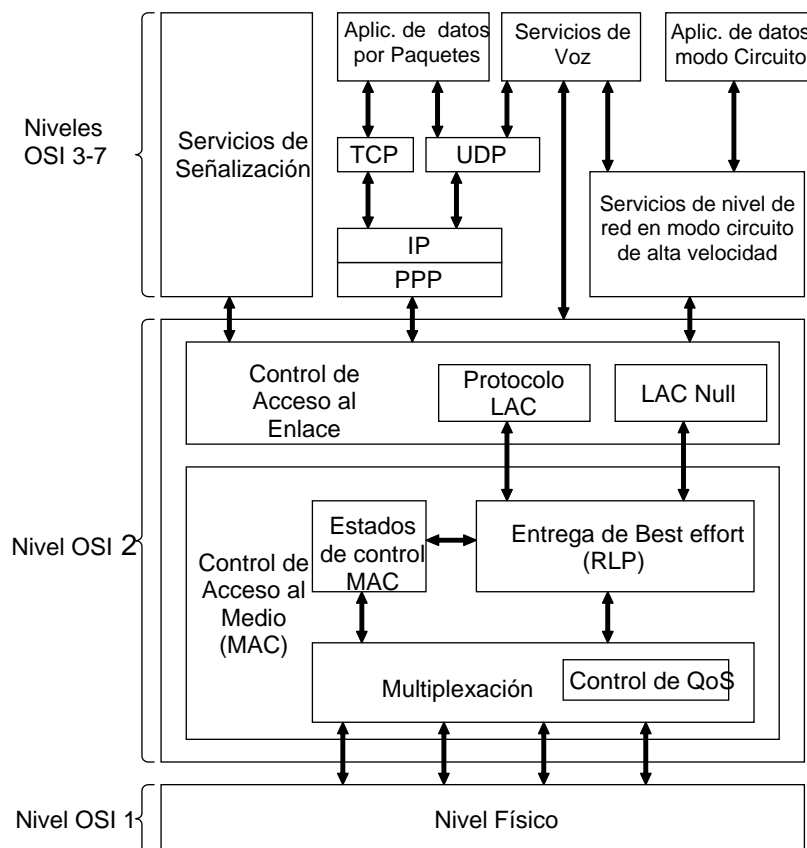


Figura 2.9. Arquitectura de Protocolos de CDMA2000



Para este modelo, como se había mencionado para las redes 3G, la red CDMA2000 soporta dos tipos de protocolo: Simple IP y Mobile IP.

Operación con Simple IP

- **Protocolo Punto a Punto (PPP).** CDMA2000 usa PPP como protocolo de enlace de datos permitiendo que sea establecida únicamente una sesión PPP entre la MS y el PDSN. El PDSN inicia una sesión PPP enviando una Solicitud de Configuración LCP (LCP Configure-Request) hacia la MS inmediatamente después de que se establece una sesión R-P.
- **Control de Acceso al Enlace (LAC).** LAC corre por encima de PPP. Consiste de cinco subniveles: Autenticación, ARQ, Direccionamiento, Utilidad y Segmentación y Reensamblado. El subnivel de Autenticación es responsable de la autenticación inicial y actúa sobre el Canal de Acceso únicamente (por ejemplo, MS hacia RN). El subnivel de ARQ es el encargado de la entrega asegurada y no asegurada de datos. El subnivel de Direccionamiento se presenta solamente en los canales comunes. Su función es asignar y emparejar las direcciones (IMSI y ESN, ESN, IMSI, TMSI) de los móviles receptor y transmisor. El subnivel de Utilidad ensambla y reensambla las PDU LAC adicionando el tipo de mensaje, encriptación, reporte del entorno radioeléctrico, relleno y longitud LAC, y arreglando la PDU LAC con la PDU de nivel 3. Finalmente, el subnivel SAR convierte la PDU a flujo de bits (y viceversa), y agrega la longitud del mensaje y el CRC.
- **Control de Acceso al Medio (MAC).** Ofrece procedimientos para controlar el acceso de los servicios de datos hacia el nivel físico. MAC además garantiza la transmisión confiable sobre el Protocolo de Enlace Radioeléctrico (RLP) el cual proporciona el servicio de entrega de mejor esfuerzo (best-effort). Además de mantener la integridad de los datos, el nivel MAC proporciona multiplexación de los canales lógicos hacia/desde los canales físicos basado en la tabla de mapeo lógico y físico. MAC además hace cumplir parámetros de QoS negociados arbitrando peticiones conflictivas de servicios que compiten y priorizando apropiadamente el acceso. El protocolo SRBP (Signalling Radio Burst Protocol) es uno de los protocolos del nivel MAC usado en CDMA2000 para comunicar funciones de señalización de nivel 3 vía subnivel ARQ del nivel LAC sobre el Canal de Acceso. Su responsabilidad es seleccionar el modo de acceso y procedimiento de acceso. Otro protocolo de control del nivel MAC escogido es el RLP que viene con capacidad ARQ limitada, diseñado para soportar la ejecución confiable de IP sobre los protocolos del nivel MAC.

Es importante en este nivel el hecho de que se utilicen 4 estados de control MAC [15] (Figura 2.10) porque permite cumplir los requerimientos de los servicios de datos de muy alta velocidad con muchos usuarios en competencia, evitando así la interferencia causada por usuarios ociosos en estado Activo y el tiempo relativamente largo y la sobrecarga alta del sistema requerida para la transición desde el estado Latente al estado Activo. La transición entre estos estados puede ser iniciada por señalización de control MAC o por la expiración de timers.

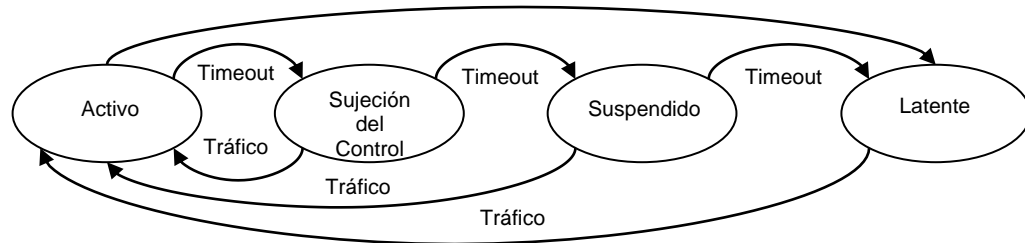


Figura. 2.10. Estados de control MAC

- **Estado Activo:** es asignado un canal de tráfico al móvil y es establecido un nivel de enlace y una conexión PPP entre la IWF y el móvil.
 - **Estado Latente:** no es asignado canal de tráfico a la llamada sin embargo se mantiene el conocimiento del registro del usuario para el servicio de datos junto con la conexión PPP. Para soportar la entrega de mensajes cortos sin tener que incurrir en la sobrecarga asociada con la transición desde el estado Latente al estado Activo, es agregado un modo de ráfaga de datos cortos en este estado.
 - **Estado de Sujeción del Control:** se mantiene un canal dedicado de control entre el usuario y la BS en el que pueden ser transmitidos comandos de control MAC (para empezar una ráfaga de datos de alta velocidad, por ejemplo) con virtualmente ninguna latencia. También se mantiene el control de potencia para que la ráfaga de alta velocidad pueda empezar sin ningún retardo debido a la estabilización del control de potencia.
 - **Suspendido:** no se mantienen canales dedicados hacia y desde el usuario; sin embargo, se mantiene la información para el RLP, y la BS y el usuario mantienen un set virtual activo que permite al usuario o a la BS conocer cual BS puede ser usado mejor (accedida por el usuario o buscada por la BS) en el evento en que el tráfico de datos ocurre para el usuario. Este estado además soporta un sub-estado ranurado que permite al dispositivo móvil del usuario preservar potencia de una manera muy eficiente.
- **Nivel Físico.** Proporciona funciones específicas como modulación/demodulación, codificación/decodificación y control de potencia a la interfaz aérea y alamburada. El nivel físico de CDMA2000 consiste de los radiocanales directo (RN hacia móvil) e inverso (móvil hacia RN) que se derivan de los predecesores CDMA 2G, para los cuales se usan las técnicas de acceso CDMA/TDD y CDMA/FDD (ver Anexo A) en varios de sus canales, en los que se utilizan Tramas con longitud de 20 mseg para la transmisión de datos y 5 mseg para las señales de control. A continuación se hace una corta referencia a estos radiocanales y sus arquitecturas.

Arquitectura del Enlace Directo

Utilizando modulación QPSK, CDMA2000, en sus primeros pasos de despliegue, conserva de la estructura del enlace directo (conocido también como enlace de bajada) de IS-95 los siguientes canales:

- Canal de Piloto
- Canal de Sincronismo
- Canal de Paging



- Canal de Tráfico Fundamental conocido como canal de Tráfico solamente

Así mismo, CDMA2000 incluye los siguientes canales nuevos al enlace directo:

- Canales Suplementales de Tráfico
- Canal Dedicado de Control

De estos canales, tres son canales dedicados diferentes y tres canales comunes de control. Los canales Fundamental y Suplemental llevan datos de usuario y el canal Dedicado de Control lleva mensajes. El Canal Dedicado de Control contiene bits de control de potencia e información de la tasa de bits. Para adquirir sincronización de tiempo inicial las MSs usan el canal de Sincronismo. Uno o más canales de Paging es/son usado(s) para requerir (buscar) a las MSs. El canal Piloto proporciona una señal de referencia para detección coherente, adquisición de celda y handover.

La Figura 2.11 muestra la estructura del canal o enlace directo en un sistema CDMA2000 de acuerdo con los releases 0, A, B, C para la Tasa de Ensanchamiento 1 (Spreading Rate 1, SR1, o 1X). En [16] se puede encontrar una descripción más detallada de los canales mencionados arriba.

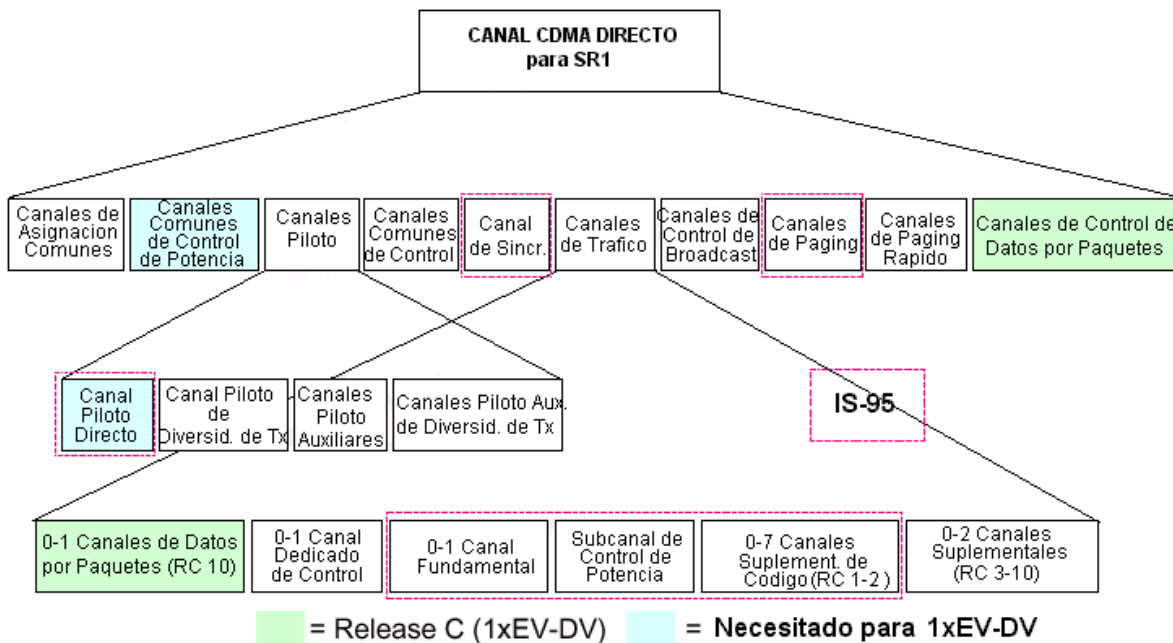


Figura 2.11. Estructura del Enlace Directo de CDMA2000

El diseño de la release CDMA2000 1xEV-DV mantiene compatibilidad hacia atrás con las releases previas de CDMA2000 e IS-95, soportando de esta manera los canales existentes. Así, una BS que soporta un enlace directo CDMA2000 1xEV-DV puede también soportar MSs correspondientes a TIA/EIA/IS-95-A, TIA/EIA/IS-95-B y a las



Revisiones 0, A y B de CDMA2000. En consecuencia CDMA2000 1xEV-DV incluye los siguientes canales nuevos para el enlace directo:

- **Canal Directo de Datos por Paquetes (Forward Packet Data Channel F-PDCH):** compartido por usuarios de datos por paquetes. Consiste de un número de subcanales de Walsh en cuadratura multiplexados por división de código, cada uno ensanchado mediante una función de Walsh 32 aria. Una BS puede soportar hasta dos canales; la MS recibe como máximo uno a la vez.
- **Canal Directo de Control de Datos por Paquetes (Forward Packet Data Control Channel F-PDCCH):** usado para enviar el ID MAC de usuario programado, ID del canal ARQ, Tamaño de Paquete Codificador e ID de Sub-paquete. Puede también ser usado para difundir información Walsh de espacio disponible. Una BS puede soportar hasta dos F-PDCCHs; se requiere que la MS que está soportando el F-PDCH sea capaz de recibir ambos canales. Cuando el ID MAC se compara en uno de los canales F-PDCCHs, la MS recibe el F-PDCH correspondiente.

Arquitectura del Enlace Inverso

Utilizando BPSK, en el enlace inverso conocido también como enlace de subida, hay cuatro canales dedicados diferentes: Canales Suplementales para llevar datos de usuario; Canal Fundamental para transportar voz, señalización y datos de baja velocidad; Canal Dedicado de Control, de longitud de trama de 5 ó 20 ms, para llevar información de control (datos de mediciones); Canal Piloto, usado como una señal de referencia para detección coherente y para llevar símbolos de control de potencia multiplexados en tiempo; Canales Inverso de Acceso (R-ACH) y Común Inverso de Control (R-CCCH), usados para la comunicación de mensajes de los niveles 3 (nivel de red) y MAC. El canal R-ACH es usado para acceso inicial, mientras el canal R-CCCH es usado para acceso rápido. Una descripción más detallada de estos canales puede encontrarse en [16].

La Figura 2.12 muestra la estructura del enlace inverso de un sistema CDMA2000 de acuerdo con los releases 0, A, B, C para la Tasa de Ensanchamiento 1 (Spreading Rate 1, SR1, o 1X).

Para CDMA2000 1xEV-DV, los siguientes canales del enlace inverso soportan la operación de datos por paquetes del enlace directo:

- **Canal ACK Inverso (Reverse ACK Channel R-ACKCH):** el canal de ACK es para indicar a la estación base si un sub paquete transmitido en el F-PDCH fue recibido satisfactoriamente o no.
- **Canal Inverso Indicador de Calidad de Canal (Reverse Channel Quality Indicator Channel R-CQICH):** usado por la MS para indicar a la BS las medidas de calidad de canal del mejor sector servidor.

CDMA2000 1xEV-DV mantiene el cubrimiento actual de CDMA2000 ya que reusa las celdas existentes, proporciona una tasa de datos pico de 3.09 Mbps para el enlace directo. La velocidad de un sistema común oscila desde 420 Kbps hasta 1.7 Mbps,



dependiendo del tráfico y de los modelos de los canales. La tasa pico del enlace inverso es de 451.2 Kbps.

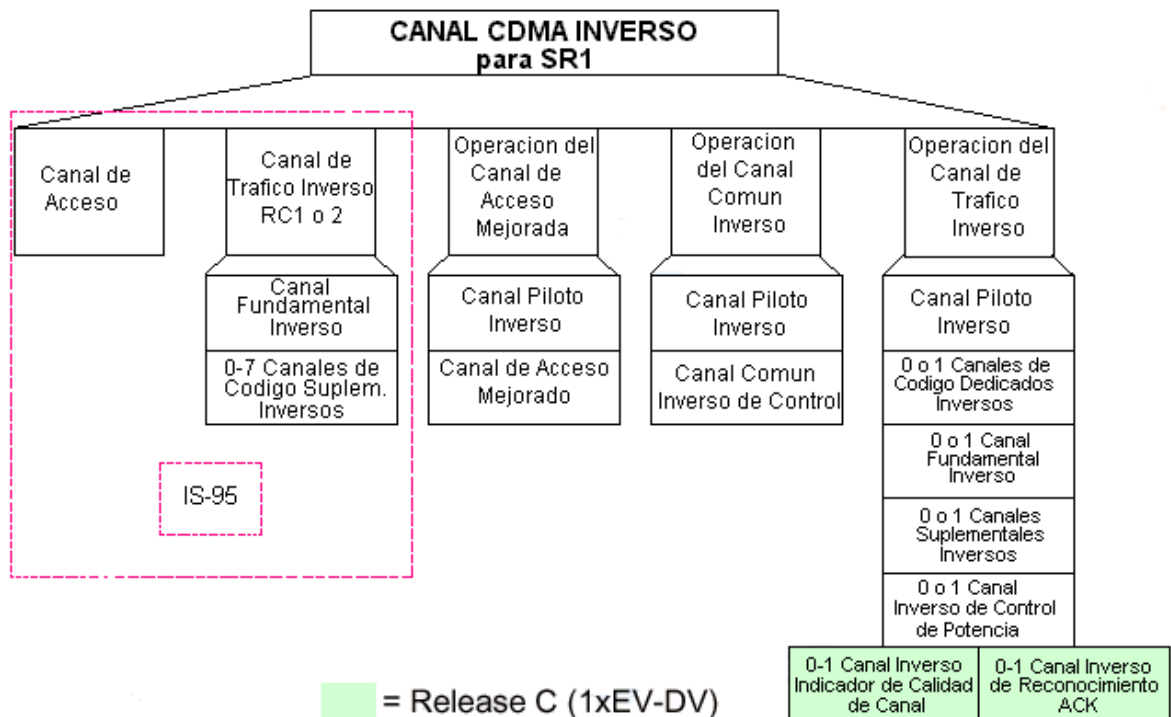


Figura 2.12. Estructura del Enlace Directo de CDMA2000

Operación con Mobile IP

Mobile IP (MIP) introduce a los requisitos de operación descritos anteriores un entramado de procedimientos, mensajes y formatos de mensajes que permiten a un usuario móvil realizar traspaso desde un PDSN hacia otro sin requerir la alteración de su dirección IP, lo cual de otra manera desestabilizaría las operaciones del nivel 3 y niveles más altos. La MS, el PDSN y el HA soportarán avisos de agente, extensiones MIP, tunelaje inverso, etc. Además Mobile IP permite realizar manejo de seguridad durante el establecimiento, duración y terminación de una sesión de datos por paquetes:

- **Seguridad IP y Protocolo de Intercambio de Clave de Internet (IPSec/IKE).** IPSec proporciona seguridad para la transmisión de información delicada sobre redes no protegidas como Internet. IPSec actúa en el nivel de red, protegiendo y autenticando paquetes IP entre los dispositivos IPSec participantes. IPSec usa IKE para manipular la negociación de protocolos y algoritmos basados en la política local, y para generar las claves de encriptación y autenticación a ser usadas por IPSec.

La autenticación Mobile IP consiste de tres partes:

- Acceso, autenticación y autorización iniciados por el PDSN.
- Registro Mobile IP y autenticación iniciados por el HA.



- Asociación de Seguridad del FA y del HA.

Para el primer caso, es usada autenticación CHAP durante el establecimiento de la sesión PPP y registro Mobile IP con extensión FAC. Para el segundo caso, son usados autenticación PAP con distribución de clave de MS con autenticación local de HA con clave configurada estáticamente por la asociación de seguridad MS-HA. Para el caso final, las opciones son o no tener ninguna asociación de seguridad, o tener las siguientes claves de seguridad:

- Clave compartida FA-HA configurada estática.
- Clave compartida FA-HA dinámica distribuida.
- IKE/IPSec con clave compartida estáticamente.
- IKE/IPSec con clave dinámicamente distribuida desde el servidor RADIUS propio.
- IKE/IPSec con certificación pública como lo define X.509.

2.6. VENTAJAS DE CDMA2000

Debido a su optimizada tecnología de radio, CDMA2000 hace posible a los operadores invertir en menos celdas y desplegarlas más rápido, permitiendo finalmente a los proveedores de servicio incrementar sus ingresos con más rápido Retorno de Inversiones (ROI) que junto con un arreglo de servicios más amplio, hacen de ésta, la tecnología de su escogencia al ofrecerles las siguientes ventajas:

- Capacidad aumentada de voz
- Throughput más alto de datos
- Flexibilidad de bandas de frecuencia
- Vida aumentada de la batería
- Sincronización
- Control de potencia
- Hand-off suave
- Diversidad de transmisión
- Canales para voz y datos
- Canal de tráfico
- Canales suplementales
- Codificación turbo
- Conectividad a redes ANSI-41, GSM-MAP e IP
- Completa compatibilidad hacia atrás
- Multiplexación de servicios mejorada y gestión de QoS
- Estructura de canales flexible en el soporte de múltiples servicios con varias QoS y tasas de transmisión variables
- Los caminos de migración



2.7. APLICACIONES Y SERVICIOS

CDMA2000 1X, el primer paso de la 3G, se convierte en una plataforma para nuevas aplicaciones, como se ve en la Tabla 2.2:

SERVICIOS DE OFICINA MÓVIL	SERVICIOS DE INFORMACIÓN Y NOTICIAS	Servicios Personalizados
Correo Electrónico	Información Financiera	Mensajería Instantánea
Descargas	Clima	Chat en Línea
Acceso a Internet	Deportes	Servicios de Localización
Navegación Web	Noticias	Página Propia
Aplicaciones Empresariales	Restaurantes	Gestión Bancaria
Calendario	Eventos Locales	Noticias y Finanzas
Comercio Electrónico	Películas	
Invent. de Negocios/Bancos	Juegos	
	Música	

Tabla 2.2. Servicios en CDMA2000

2.8. VIABILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL

Las siguientes son las razones claves que deben ser tenidas en cuenta por los operadores de TDMA en su estrategia de migración hacia CDMA2000:

- CDMA2000 es un estándar de IMT-2000 aprobado para usar únicamente 1.25 Mhz.
- Elección de tecnología global bien establecida en las bandas de frecuencia de TDMA.
- Capacidades superiores para voz y datos.
- Migración directa hacia 3G.
- Sinergias con la red central IS-41 y asignaciones del espectro para TDMA.
- Diseño con la filosofía de independencia espectral.
- Migración suave y estandarizada hacia All-IP.
- Sinergias con el Internet y capacidades multiacceso.
- Generación de ingreso por roaming.
- Capacidades multimedia para un conjunto de características mejoradas.
- Selección amplia de microteléfonos.
- Posibilidad de ser desplegada también en un entorno WLL fijo.
- Ser la primera tecnología 3G desplegada comercialmente en el mundo.
- Posibilidad de instalación y despliegue rápidos de la red a partir de la escogencia de estaciones base pequeñas y fáciles de montar que facilitan la co-colocación con la red TDMA.
- Posibilidad de migrar los suscriptores de la red TDMA hacia la red CDMA en dos formas: agresivamente (por ejemplo, a través de incentivos) o lentamente (dirigido por los propios suscriptores). En algún punto en el futuro, los operadores pueden además considerar terminar el servicio TDMA completamente y ahorrar así en su costo operacional.



- Posibilidad de contar con Parámetros de QoS para paquetes de datos en tiempo real, que provean QoS garantizada y eficiencia del ancho de banda.

2.8.1. Consideraciones de Espectro

Debido a que TDMA y CDMA están generalmente desplegadas en los espectros de 850 Mhz y 1900 Mhz en todo el mundo, a medida que los productos comerciales CDMA2000 1X llegan a estar disponibles en estas bandas, los operadores tendrán la flexibilidad de escoger productos competitivos para la temprana introducción de servicios 3G.

Los siguientes puntos claves deben ser considerados cuando se migre de redes TDMA hacia CDMA2000 1X:

- CDMA2000 1X puede ser introducida con tan poco espectro como 1.77 Mhz (portadora de 1.23 Mhz y banda de guarda de 0.54 Mhz para la primera portadora).
- Cada portadora CDMA2000 1X subsiguiente requiere únicamente 1.23 Mhz de espectro.
- Siendo las redes CDMA2000 1X compatibles hacia atrás con las redes cdmaOne, los terminales cdmaOne actuales pueden operar en celdas CDMA2000 1X y viceversa.

Los siguientes pasos son recomendados para la migración de la RAN TDMA actual en los espectros de 850 y 1900 Mhz hacia la RAN CDMA2000 1X.

Introducción de la primera portadora CDMA. Como un primer paso, debe ser introducida una portadora CDMA2000 1X en todo el área de cubrimiento TDMA. Como se ve en la Figura 2.13 esto puede darse en superposición 1:1 (tráfico alto) o N:1 (cuando hay menos emplazamientos CDMA que TDMA, lo que significa que se puede proporcionar cubrimiento con un menor número de estaciones base que el requerido por TDMA) dependiendo de la red y de la geografía. Las ventajas claves de esta estrategia son:

- No necesidad de microteléfonos TDMA/CDMA en modo dual
- Transparencia de servicio por toda la red
- Capacidad adicional para introducir más suscriptores de voz
- Capacidad adicional para introducir más suscriptores de datos
- Compartición de antenas para ahorrar costos
- No es necesaria una pasarela inter-red
- Sólo un sistema de facturación para un suscriptor dado

Adición de portadoras CDMA. A medida que se incrementa el tráfico, los operadores deben introducir la segunda y algunas portadoras CDMA subsiguientes en la red. Donde los operadores TDMA ya están usando su espectro disponible, el espectro requerido para CDMA2000 se obtendrá de clarear alguna de las portadoras TDMA existentes. Para la primera portadora CDMA (1.77 Mhz), el operador debe clarear tres portadoras TDMA de cada sector para reuso 7/21. Para cada portadora CDMA adicional (1.23 Mhz), los operadores necesitan clarear dos portadoras TDMA por cada sector. La adición de portadoras CDMA puede estar dada o a través de la red completa o únicamente en áreas geográficas seleccionadas, dependiendo de los requerimientos de tráfico.



La adición de una portadora CDMA puede incrementar la capacidad de voz TDMA por 7 veces, dependiendo del patrón de reuso empleado en la red TDMA en uso. Esto quiere decir que la portadora CDMA adecuará las portadoras TDMA migradas y proporcionará capacidad adicional que pueda ser usada para o adicionar mas suscriptores de voz, proveerles servicios de datos de valor agregado, o adicionar suscriptores de sólo datos.

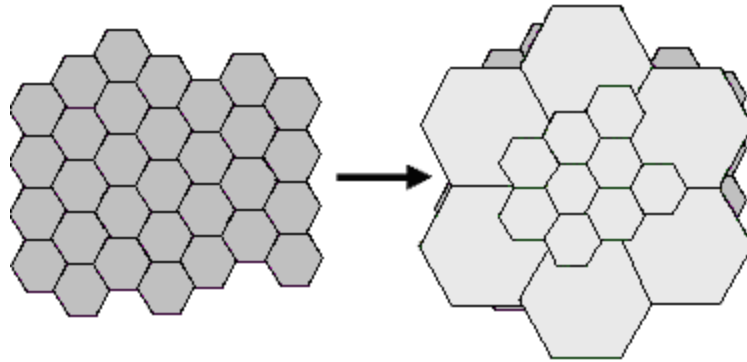


Figura 2.13. Superposición de CDMA2000 sobre TDMA

Evolución Futura de CDMA2000 1X. Una vez que los operadores han migrado a CDMA2000 1X, tendrán una red 3G completa capaz de proveer capacidad de voz significativamente alta y servicios de datos de hasta 144 Kbps, los cuales podrán ser mejorados a partir de los pasos evolutivos de CDMA2000 1xEV de esta tecnología, ya descritos en secciones anteriores.

Los operadores pueden empezar con el primer paso simple de migración hacia CDMA2000 1X, luego favorecer la evolución de sus redes para proveer servicios de voz y datos más eficientes y eventualmente servicios “Todo sobre IP”. Debido a que esta evolución sucede en el mismo espectro con la misma canalización, esto asegura a los operadores TDMA la protección de sus inversiones, compatibilidad hacia atrás y suave migración.

2.8.2. Terminales

El teléfono móvil juega un papel incrementalmente importante en la estrategia de evolución de los operadores hacia 3G y planes financieros puesto que este puede representar una parte significativa de los costos de migración.

Actualmente, no hay duda que los dispositivos CDMA tienen las mejores economías de escala en los rangos de 850 y 1900 Mhz. Ya existe una extensa y bien establecida industria en los rangos mencionados para dispositivos CDMA. Esto es muy tranquilizante para la migración de los operadores TDMA, puesto que elimina los riesgos de tiempo de mercadeo y fijación de precios competitivos asociados con la introducción de nuevos dispositivos de mano en estos espectros TDMA. Aún más, con la introducción de cada nuevo paso en la evolución de CDMA, está garantizada la compatibilidad hacia atrás. Esto significa que no es necesario dispositivos de modo dual o múltiple.



2.9. CONCLUSIONES

Todos los aspectos abordados para la interfaz radioeléctrica CDMA2000 en este capítulo proporcionan las bases para el conocimiento de esta tecnología que pueden servir de referencia en la comparación con otras tecnologías de acceso radioeléctrico.

Es así como, respecto a la tecnología en cuestión se pueden resaltar los siguientes aspectos importantes en su evolución desde las tecnologías de 2G hacia las redes Todo sobre IP a las cuales finalmente se pretende llegar en el proceso de evolución de las mismas:

- Los operadores TDMA tienen la posibilidad de escoger CDMA2000 o GSM/GPRS/EDGE/UMTS para migrar sus redes y ofrecer servicios 3G. Los beneficios ofrecidos por CDMA2000 han hecho que varios operadores de TDMA hayan escogido este camino de migración. CDMA está ya bien establecida en los mercados y bandas de frecuencia TDMA asegurando las oportunidades de roaming regional y la producción en volumen de productos. CDMA2000 permite migración flexible del espectro de radio, ayuda a maximizar las inversiones en la red TDMA existente permitiendo el reuso de celdas y reforzando una red central común ANSI-41, proporciona soporte para servicios avanzados de datos y ofrece protección de las inversiones con un camino de evolución tecnológica suave.
- La arquitectura de CDMA2000 comparte la visión de IMT-2000 para proveer acceso a Internet inalámbrico de banda ancha y a pesar de que recibe sustancial influencia de su predecesora, el diseño de esta tecnología está centrado en IP con sus interfaces aérea y alámbrica bien definidas. El requerimiento de convergencia sin fisuras de la tradicional transmisión de voz y el incremento en la demanda de entrega de datos está creando nuevas oportunidades de negocios para los fabricantes, operadores y proveedores de contenidos y aplicaciones.
- Las directrices más importantes para la migración desde TDMA hacia CDMA2000 1X son: capacidad y cubrimiento, calidad del servicio, operabilidad, costo de propiedad, generación de ingresos y compromiso del cliente, reflejadas todas éstas en la compatibilidad hacia atrás con IS-95A/B, en la protección de las inversiones, en la transparencia de las características de los suscriptores y en la migración de la red.



CAPITULO 3

3. IP SOBRE WCDMA (UMTS)

3.1. INTRODUCCIÓN

UMTS se presenta como la convergencia entre internet y las redes móviles donde los usuarios tendrán acceso a contenidos multimedia para banda ancha independientemente del lugar donde se encuentren. En esta evolución el protocolo IP jugará un papel fundamental no solo para el transporte de contenidos, sino también para el transporte de información de control y señalización. El objetivo principal de UMTS será el de conseguir una red Todo IP.

Teniendo como base la temática abordada en los capítulos anteriores, es importante ahora identificar los factores que deben ser tenidos en cuenta en la migración de los sistemas de comunicaciones móviles actuales hacia los de 3G que utilizan WCDMA, otra de las tecnologías de radio. Así, en este capítulo se hace un estudio de dicho sistema, identificando sus características más importantes y mostrando las alternativas de despliegue a seguir por los operadores para su implementación. Se presentará su arquitectura de red, de protocolos, sus principales ventajas, aplicaciones y servicios soportados, y finalmente, su viabilidad técnica y comercial.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE UMTS (WCDMA)

El Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), es miembro de IMT-2000 y una norma de telefonía móvil para 3G de la ITU. En 1992, la Conferencia Mundial de Radio (WRC-92) identificó las bandas de frecuencias de 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz para los futuros sistemas IMT-2000, destinando las bandas de 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz para la comunicación por satélite de estos sistemas.

La característica más conocida de UMTS es su potencial para soportar grandes tasas de transferencia. En conmutación de circuitos la tasa llega a los 384Kbps y en conmutación de paquetes hasta 2Mbps; estas tasas sumadas al soporte del Protocolo IP, se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos de banda ancha y nuevos servicios como videoconferencia, descarga rápida de información, etc.

UMTS utiliza WCDMA como la tecnología de radio que permite obtener esas velocidades de transmisión de datos para el usuario y un uso más eficiente del espectro de radio que los sistemas actuales. WCDMA es también usada en el estándar japonés ARIB 3G. Esta tecnología se destinará principalmente a aquellos operadores del espectro de 2 GHz, especialmente en mercados en los que el GSM ha sido la primera tecnología en implantarse.

Las nuevas bandas de espectro de WCDMA permitirán aprovechar plenamente las ventajas de esta tecnología. Por ejemplo, un sólo operador WCDMA de 5 MHz podrá



ofrecer servicios mixtos con velocidades de entre 8 kbits/s y 2 Mbits/s, y los terminales WCDMA podrán acceder de forma simultánea a diversos servicios. En el futuro, WCDMA permitirá alcanzar velocidades de transmisión de datos de hasta 8 Mbits/s.

Dado que la interfaz de radio WCDMA emplea una estructura de protocolo de señalización de red similar a la de GSM y TDMA/IS-136, parte de la capa de conmutación básica de estas redes ya existentes podrá reutilizarse para WCDMA.

3.3. EVOLUCIÓN DE UMTS (WCDMA)

El camino recorrido por los servicios desplegados sobre las redes móviles ha seguido las posibilidades que les marcaban las distintas generaciones. Su evolución ha recorrido varias etapas, partiendo de las primeras redes analógicas, con capacidades muy limitadas para los servicios, pasando por las redes de segunda generación GSM, hasta alcanzar finalmente la tecnología de red UMTS, que se anuncia como la explosión de los servicios sobre las redes móviles y la convergencia del móvil con Internet.

3.3.1. Las Redes de Segunda Generación (GSM)

La segunda generación de redes móviles surgió en los años 90 y supuso el paso a los sistemas celulares digitales. La tecnología GSM aparece como resultado del esfuerzo de estandarización realizado en Europa a través de ETSI, y el éxito, tanto en su grado de aceptación por los distintos países y operadores europeos como en su nivel de penetración en el mercado (con tasas del 70 por ciento en algunos países), es innegable.

Los avances a nivel de servicio que experimentó la red son parte del éxito obtenido:

- Mejoras continuas en los procedimientos de codificación y transmisión de la voz.
- Posibilidad de Roaming entre redes de distintos operadores.
- Servicio de envío de mensajes de texto de hasta 160 caracteres.
- Conexión de datos CSD, que permite la transmisión en modo de circuito a 9,6 kbit/s.
- Servicios de Red Inteligente.
- Lanzamiento de servicios basados en WAP.

3.3.2. Las Redes 2.5G (GPRS)

En el camino hacia la tercera generación desde GSM se produce un paso intermedio en el año 2000, que corresponde a la tecnología de red GPRS (también conocida como 2,5G). Por varias razones, la tecnología GPRS se considera el punto de lanzamiento hacia las redes 3G. Servirá a los operadores para comenzar a implantar infraestructuras y ofrecer nuevos servicios y aplicaciones que serán plenamente desarrolladas con los sistemas 3G, como es el caso de UMTS.

GPRS básicamente añade conmutación de paquetes de datos a todos los niveles de la red GSM (radio, nodos de conmutación, red de transmisión, tarificación, etc.), optimizando, de este modo, la utilización de los canales de radio para el tráfico a ráfagas y facilitando un uso más eficaz de los recursos de la red, de manera que:



- El canal radio sólo se mantiene mientras dure la transferencia de datos.
- El canal físico puede ser compartido hasta por ocho usuarios.

La tecnología GPRS incorpora una serie de mejoras funcionales, muy próximas a las que se esperan en las redes 3G:

- Transmisión de datos en modo paquete, con tasas teóricas de hasta 171,2 kbit/s.
- Soporta servicios del tipo "siempre conectado" (always on).
- Canales de datos compartidos por los usuarios conectados a la misma célula.
- Dispone de recursos radio asignados a voz o datos.
- Tiene una mayor eficiencia en la transmisión de mensajes cortos.
- Los terminales de clase A permiten efectuar simultáneamente, tanto la conexión (GSM voz) como la conexión GPRS (datos).

Características de la red

- La tecnología GPRS incorpora un backbone para transmisión de datos en modo paquete, paralelo al de circuitos.
- Introduce los dos elementos fundamentales en la nueva arquitectura: GGSN y SGSN.
- Se añade la Unidad de Control de Paquetes (PCU) al Sistema de Estaciones Base.
- Necesidad de adaptación de los sistemas de facturación, para facturar por volumen en lugar de facturar por tiempo.

Todas estas capacidades suponen un paso muy importante hacia el sistema UMTS. Capacidades que van a permitir el desarrollo de servicios pre-UMTS, muy similares a los servicios UMTS finales, basados en mayores velocidades de transmisión y en la característica "siempre conectado".

3.3.3. Las redes de Tercera Generación (UMTS)

Las redes móviles de tercera generación siguen presentando importantes diferencias en las interfaces radio entre las soluciones de Europa, Japón y EE.UU., a pesar de los esfuerzos de estandarización. Los sistemas de 3G han sido especialmente diseñados para soportar servicios más avanzados basados en comunicaciones multimedia. Para ello, se basan en la tecnología WCDMA, para la interfaz radio, lo que supone un cambio significativo frente a la tecnología tipo TDMA presente en GSM.

El estándar UMTS es la solución europea para sus sistemas móviles de 3G, y es parte de la iniciativa IMT-2000 auspiciada por ITU. El proceso de estandarización lo realiza el grupo 3GPP. Para alcanzar la funcionalidad de UMTS ya están previstos dos puntos de inflexión:

1. La Release 1999 de UMTS, prevista comercialmente para finales del año 2001.
2. La Release 2000 de UMTS, Release 4 prevista comercialmente para el año 2003.

La evolución de las redes móviles hacia UMTS se producirá en varias fases hasta alcanzar el objetivo final, una red integrada de servicios avanzados multimedia, independientes de la posición del usuario con dos directrices básicas:

- La separación de los planos de transporte y servicio, para desarrollar nuevas aplicaciones, independientes de la red de transporte o de la tecnología de acceso.
- Utilización de IP como protocolo de transporte a todos los niveles, tanto de datos como de señalización, hasta llegar a una red Todo IP.

Fases previstas en la evolución de UMTS

La estandarización de una norma como UMTS supone la definición de un extenso conjunto de especificaciones que garanticen el funcionamiento global del sistema. Al ser un proceso gradual con continuas evoluciones y revisiones, el 3GPP se propuso proporcionar cada cierto tiempo un conjunto de normas que constituyeran de por sí el estándar. Dicho conjunto se conoce con el nombre de Release [17]. Esta forma de trabajo permite tener un sistema funcionando, a la vez que se va mejorando y completando.

Release 99 (R99): es un estándar firmemente establecido y será la que se utilice en el despliegue inicial de UMTS en todas las operadoras europeas. Conserva la estructura de la red GSM/GPRS, con la separación de los dominios de circuitos y paquetes, por lo que no introducirá cambios significativos en el Core Network introducido en GPRS.

En la R99, y a diferencia de GPRS, aparece la nueva interfaz radio con la creación de la UTRAN de UMTS. En la UTRAN las BTSs serán sustituidas por nodos B y las BSCs por los RNCs. Aparece, por tanto, la interfaz Iu en lugar de la interfaz A (Iu CS para Comutación de circuitos e Iu PS para Comutación de paquetes). La estructura de UMTS en la R99 se muestra en la Figura 3.1.

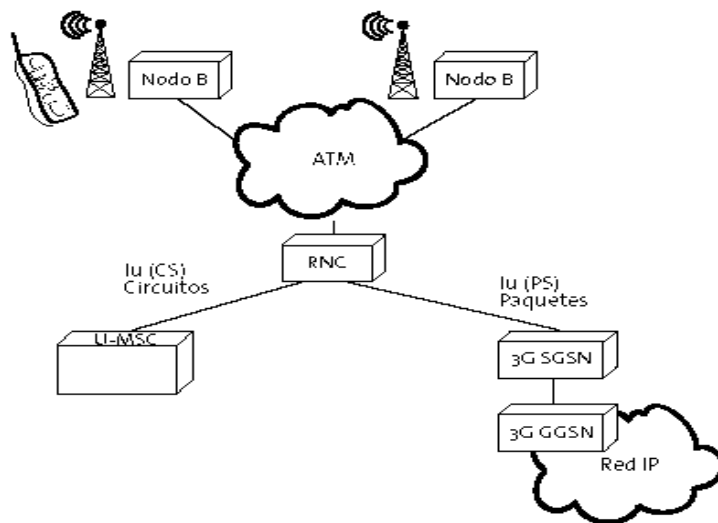


Figura 3.1. Estructura de UMTS (R99)

Tanto en la red de acceso radio como en la interfaz de la misma con la Red Central se utilizará ATM como protocolo de transporte.

Release 4: en la Release 4 (R4) de UMTS, la voz se transporta sobre IP y aparecen separadas las funciones de control y conectividad para voz:

- **MSCs:** se dividen en MG para conectividad y servidores de control para señalización.
- **MG:** proporciona conexión con las redes de conmutación de circuitos, bajo las instrucciones de un MGC.

Para la comunicación entre el MG y el MGC se utilizará el protocolo MEGACO. La Figura 3.2 ilustra la Release 4.

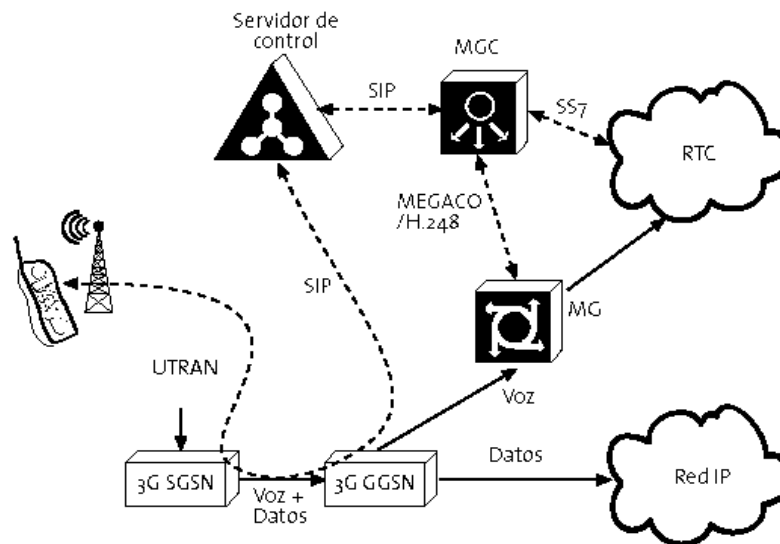


Figura 3.2. Estructura de UMTS (R4)

Release 5 (R5): La Release 5, Figura 3.3, será una versión Todo IP. IP será la tecnología de transporte en el CN para todo tipo de datos e, incluso, posiblemente también en la UTRAN, en lugar de ATM. En la R5 se culmina también la separación entre los planos de transporte y control, con la aparición del IP IMS para la gestión de servicios multimedia utilizando señalización SIP sobre portadora de paquetes.

En esta arquitectura, las entidades funcionales del IMS son:

- **HSS:** contiene los perfiles de suscripción de los usuarios; es la evolución del HLR con la incorporación de funciones de control IP multimedia.
- **CSCF:** se encarga del control de la sesión.
- **MRF:** gestiona las funciones de llamada o sesión con varios participantes y conexiones.

En UMTS se mantendrá la interoperabilidad con otras redes de segunda generación y con las entidades que permiten dicha interconexión: MG, MGC y SGW.

Las futuras redes incorporarán un backbone interno basado en conmutación de paquetes, que sustituirá para la mayoría de los servicios la red actual basada en conmutación de circuitos. La utilización de este nuevo medio de transporte de información llevará consigo:

- Mayor eficiencia en el uso de la red.
- Menores costes de red.
- Posibilidad de mayores velocidades de transmisión.
- Posibilidad de nuevas capacidades en los servicios.

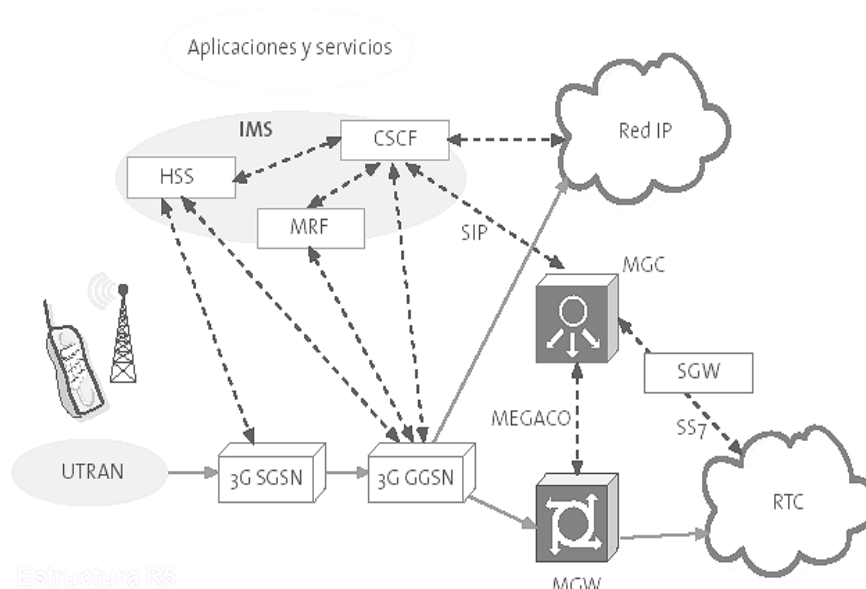


Figura 3.3. Estructura de UMTS (R5)

La migración de los servicios actuales hacia el uso de esta red de conmutación de paquetes se prevé que no sea inmediata, sino que las sucesivas versiones de las nuevas redes proporcionarán cada vez más capacidades adicionales.

La tecnología GPRS, incorpora ya un backbone GPRS basado en comunicaciones IP sobre ATM para la transmisión de datos y la característica "always on" para los terminales.

La Release 1999 de UMTS, con la cual se lanzan los primeros servicios de los países europeos (años 2001 y 2002, España en agosto de 2001), está basada en las características del backbone GPRS previo, y prevé la utilización de la red de conmutación de paquetes para la transmisión de datos.

La Release 2000 de UMTS que se sitúa alrededor del año 2003, si bien existen serias dudas sobre esta fecha, prevé la posibilidad de generalizar la utilización de la tecnología IP basada en conmutación de paquetes, para que también sea el medio de transmisión de la voz mediante técnicas VoIP.

3.4. EVOLUCIÓN A UMTS VÍA GSM

3.4.1. Migración desde GSM (Actuales Operadoras de GSM)

La vía de migración, Figura 3.4, para las actuales operadoras de GSM prevé las etapas de perfeccionamiento GPRS y EDGE para la tecnología GSM [18], seguidas por la transición para UMTS en un nuevo espectro. La implementación de GPRS y EDGE podrá ocurrir en los espectros de 900, 1800 y/o 1900 MHz, en los cuales la tecnología GSM está actualmente implementada. Esa migración presupone la disponibilidad de aparatos telefónicos multimodo/multibanda, que permitirán una operación perfectamente consistente entre los sistemas GSM (incluso GPRS-EDGE) y UMTS que en un futuro previsible será implementado en los espectros de 1900 y 2100 MHz.

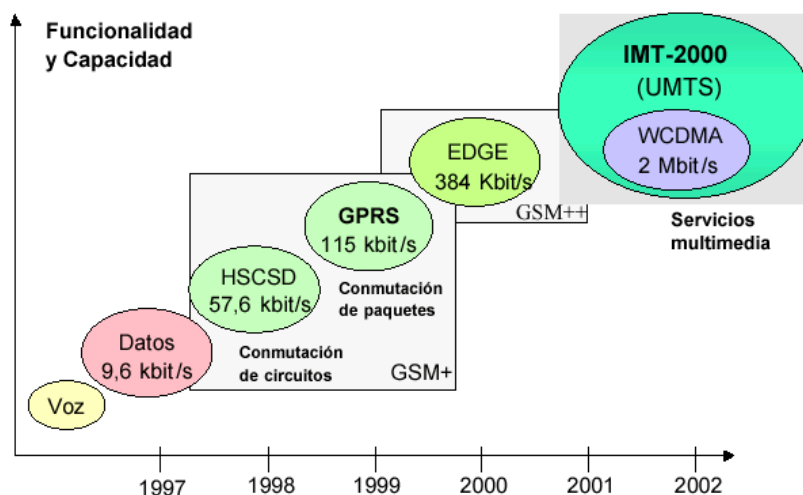


Figura 3.4. Migración vía GSM

La evolución de las redes GSM hacia UMTS se basa en tres tecnologías:

- **HSCSD:** esta tecnología aumenta la capacidad de transmisión de GSM agrupando hasta 8 time-slot de un canal, con velocidades de $N \times 9,6$ kbit/s con valores de N desde 1 hasta 8. Los canales de tráfico deben usar y emplear las mismas secuencias de Training y Frequency Hopping. Así, HSCSD puede transmitir hasta 57,6 kbit/s en modo circuito conmutado. Aquí el número de time-slot utilizado puede ser variable dependiendo de la saturación de la celda donde se encuentre el móvil pero el ancho de banda no se utiliza eficientemente, pues se trata de conmutación de circuito. Aunque requiere pocas inversiones en red, no parece ser muy adecuado y su adopción no se está llevando a cabo, salvo en contadas ocasiones.
- **GPRS:** esta tecnología añade conmutación de paquetes a todos los niveles de la red GSM (radio, nodos de conmutación, red de transmisión, tasación, etc.) agregando nuevas entidades funcionales. Con GPRS 8 usuarios pueden compartir un único time-slot que antes se asignaba a uno sólo. Además, cada usuario puede utilizar hasta 8 time-slot logrando 115 kbit/s teóricos, aunque en la práctica son bastante menos.



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

- **EDGE:** también llamado GSM384, utiliza un esquema de modulación y codificación alternativo que alcanza hasta 384 kbit/s, o sea 48 kbit/s por time-slot GSM. Tiene aplicación en ambiente urbano con movimientos lentos o casi estacionarios. Se acerca a las velocidades IMT-2000 (en exteriores), por lo que es una buena opción para aquellos operadores GSM que no han conseguido una licencia UMTS.
- **CAMEL:** es un estándar propuesto por ETSI, estas tecnologías darán a los abonados un apoyo continuado para servicios de red inteligente, cuando hacen itinerancia en otras redes, por ejemplo, al crear un VHE, propios de IMT-2000, para abonados visitantes. Esta capacidad habilita al operador a ofrecer servicios 2.5G como Internet Móvil. También puede soportar la tecnología WAP.

3.4.2. Vía de migración para operadoras de TDMA/IS-136

Una vía de migración ya establecida para TDMA/IS-136 presupone una transición inicial para el GSM, con la adopción subsecuente de GPRS y EDGE y una implementación final de la tecnología UMTS [19], que es el patrón 3G generalmente aceptado para GSM.

Al examinar esa vía establecida, se descubre lo que podrían venir a constituirse como barreras para las operadoras de TDMA que implementan el GSM. Debido a esas barreras, algunas operadoras de TDMA tal vez puedan reevaluar las ventajas globales de costo de la opción GSM y considerar la CDMA2000 1X (también denominada CDMA 1xRTT) como una alternativa para la habilitación de servicios 3G. Esto será particularmente útil para las operadoras que operan en el espectro de 800 MHz.

La migración de la TDMA/IS-136 para la 3G debería ser originalmente paralela a la migración del GSM para la 3G. Las operadoras de TDMA deberían haber superpuesto la tecnología GPRS basada en paquetes a su infraestructura TDMA. Enseguida, deberían haber introducido una interfaz de RF de la tecnología EDGE. Sin embargo, con la adopción del GSM por AT&T, esa vía de migración fue alterada. Actualmente se presupone que las operadoras de TDMA implementarán, antes, una red GSM en su actual espectro de 800 y/o 1900 MHz, ya atribuido. Con eso, tendrán una estructura superpuesta o en paralelo a su red TDMA establecida. Después, seguirán la vía de las operadoras de GSM, efectuando la migración de sus redes GSM para GPRS, tal vez para EDGE y por fin para UMTS. En teoría, esa alteración en la vía de migración permitirá que las operadoras de TDMA se beneficien de los avances en investigación y desarrollo y de las economías de escala ya disfrutados por el mundo GSM.

En carácter de concepto, ese abordaje es coherente. Presenta, sin embargo, por lo menos cuatro desafíos de implementación, todos ellos referentes a las operadoras de TDMA/IS-136 que ocupan las frecuencias de 800 MHz. Dos de ellos se refieren a las operadoras de TDMA que ocupan las frecuencias de 1900 MHz.



El equipo de GSM está disponible, por ahora, tan solo para las frecuencias de 900, 1800 y 1900 MHz. No hay todavía suficiente infraestructura ni terminales disponibles para las frecuencias de 800 MHz, en las cuales hubo implementación de las principales operadoras de TDMA/IS-136. Las empresas Nokia, Ericsson, Motorola y Nortel prometieron una infraestructura para GSM 800, y ya la están produciendo. Esto significa que las operadoras de TDMA designadas al espectro de 800 MHz todavía tienen que esperar para iniciar su migración hacia 3G mientras los proveedores entregan la infraestructura para GSM 800 y, lo que es más importante, los terminales GSM 800. En América Latina, esto afectará prácticamente a todas las operadoras de TDMA.

En muchos países de las Américas del Norte y del Sur, donde la tecnología TDMA/IS-136 fue bastante implementada, la parte inferior del espectro de 1900 MHz (que en otros lugares está asignada para UMTS) está siendo utilizada por los PCS. Esto significa que no hay un espectro disponible para las operadoras de TDMA, aunque estén utilizando las frecuencias de 800 o 1900 MHz, que les permita migrar de GSM-GPRS-EDGE para UMTS. Brasil es una excepción, pues el órgano regulador del país, ANATEL, asignó el PCS en las frecuencias GSM de 1800 MHz. Aunque ANATEL no haya tomado decisiones formales sobre la 3G, su asignación de los servicios PCS en el espectro de 1800 MHz dejó abiertas las frecuencias de 1900 y 2100 MHz para el UMTS.

En resumen, está claro el concepto de adoptar GSM como vía de migración de la TDMA/IS-136 para 3G. En la práctica, sin embargo, hay una serie de barreras para seguir esa vía. En el caso de las operadoras TDMA de los 800 MHz, hay una incertidumbre en la disponibilidad de equipos GSM 800, principalmente teléfonos, además de la necesidad potencial de una red GSM inesperadamente densa. Y en el caso de las operadoras, tanto de 800 como de 1900 MHz, existe el potencial impedimento de utilización, por los abonados, de los servicios GSM cuando estén deambulando en redes TDMA.

3.5. ARQUITECTURAS DE RED Y DE PROTOCOLOS WCDMA (UMTS)

3.5.1. Arquitectura de Red

La Figura 3.5. muestra una posible arquitectura simplificada de UMTS [20], la cual se compone de tres grandes bloques:

1. Red troncal o núcleo de red CN
2. Red terrestre de acceso radio de UMTS (UTRAN).
3. Terminales móviles UE.

Además incluye dos interfaces generales: la interfaz Iu entre la red UTRAN y la red troncal, y la interfaz Uu (o interfaz radio) entre la red UTRAN y el UE.

El SMG3 de ETSI acordó una división funcional de la arquitectura del sistema que introduce los conceptos de access stratum y de nonaccess stratum. Esta división implica que la UTRAN se encarga de todos los procedimientos que son específicamente de radio, mientras que la red troncal se encarga de los procedimientos específicamente de servicios, incluyendo la gestión de movilidad MM y el control de las llamadas CC.

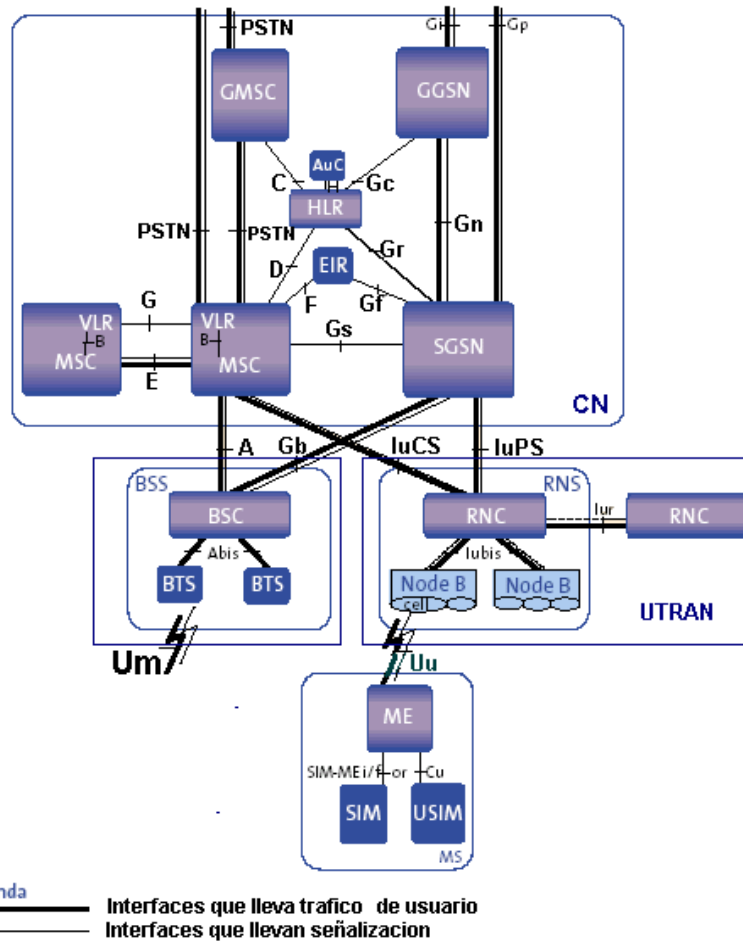


Figura 3.5. Arquitectura General del Sistema UMTS

CN: debe incluir los MSC de GSM, y los nodos GSN de GPRS.

La red troncal realiza labores de transporte de información, tanto de tráfico como de señalización, y contiene también la inteligencia del sistema (encaminamiento de las llamadas, así como la lógica de prestación de servicios y su control y gestión de la movilidad). Por otra parte, a través de la red troncal el sistema UMTS se conecta a otras redes de comunicaciones. La red troncal del sistema UMTS es una evolución de la de GSM + GPRS, por lo que consta de sus mismos elementos (HLR, VLR, AuC, EIR y centros de SMS). Los elementos del dominio de circuitos MSC y GMSC pasan a denominarse U-MSC y U-GMSC, anteponiendo el calificativo "UMTS", y, de modo similar, los del dominio de paquetes SGSN y GGSN pasan a denominarse U-SGSN y U-GGSN.

La separación de los dominios de paquetes y circuitos se concibe como necesaria, en principio, debido a la evolución desde las redes actuales, si bien la tendencia es hacia una única red troncal "ALL IP", que incluiría también a la red de acceso.

UTRAN: está formada por los RNS. Cada RNS está formado por un RNC y varios nodos B. Cada nodo B consiste de un SC y varias estaciones base BTS.



La red de acceso radio tiene una arquitectura similar a la de GSM, es bien los elementos se han denominado de forma distinta para distinguirlos: el equivalente a la BTS de GSM se denomina Nodo B y el equivalente a la BSC se denomina RNC. El aspecto más novedoso respecto a GSM es probablemente que se ha definido una interfaz normalizada (la Iur) entre RNCs, interfaz que no existía en GSM entre BSCs. El procedimiento de acceso radio se basa en la tecnología CDMA de ensanchamiento directo (Direct Spread). Se trata de una técnica de espectro ensanchado (200 kHz por portadora GSM, UMTS 5 MHz) en la que todos los usuarios de la celda comparten la misma portadora, utilizando distintos códigos para distinguir su señal. Los dos sistemas que abarca UMTS, llamados modos FDD y TDD, se distinguen por la forma de conseguir la transmisión dúplex.

- **FDD:** presenta Ortogonalidad de Código y Frecuencia. Voz y datos a alta velocidad, para cobertura amplia y urbana. Donde el uplink y el downlink utilizan frecuencias diferentes separadas 190 Mhz.
- **TDD:** presenta Ortogonalidad de Código y Tiempo. IP y Multimedia (2Mbps), para servicios interactivos con downlink de alta capacidad. Donde el uplink y el downlink utilizan la misma frecuencia pero se encuentran separados en el tiempo.

La asignación hecha para los dos modos se muestra en la siguiente Figura 3.6.

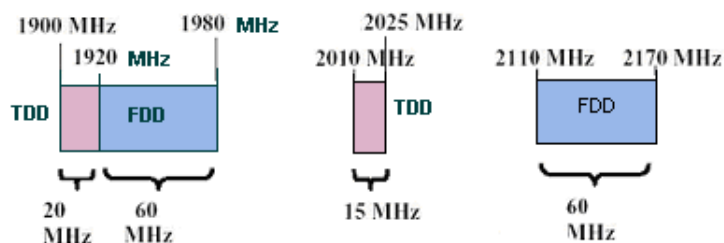


Figura 3. 6. Asignación de frecuencias de UMTS

En la Figura 3.5, donde se muestra la arquitectura del sistema UMTS, también se puede apreciar los bloques Red Central (CN), Red de Acceso Radio de UMTS (TSG RAN), Red de Acceso Radio de GSM (TSG GERAN) y los terminales MS o UE (TSG T). Los aspectos de servicios y sistema que normaliza el TSG SA abarcan todo el sistema y no pueden identificarse con ningún bloque.

3.5.2. Arquitectura de Protocolos

Arquitectura de Protocolos en la red de acceso de UMTS

La Figura 3.7 muestra la arquitectura de la red de acceso UTRAN según la Release 99 [21], en la que se distinguen los siguientes elementos:

- **Nodo B:** estación radio da cobertura a los móviles. En general es sectorial con lo que una estación cubre tres células. Las funciones que realiza están relacionadas con el nivel físico (codificación de canal, modulación, spreading) y algunas del RRC como el control de potencia o la ejecución del softer handover. Equivale a la BTS de GSM.



- **RNC:** equipo que controla a un grupo de Nodos B. Es equivalente a la BSC de GSM. Realiza funciones de terminación de los protocolos radio y control de los recursos radio.
- **UE:** consiste en el equipo terminal del usuario formado por el terminal móvil MT y por el USIM (tarjeta que almacena la identidad del usuario y que lleva a cabo los algoritmos de autenticación y encriptación).

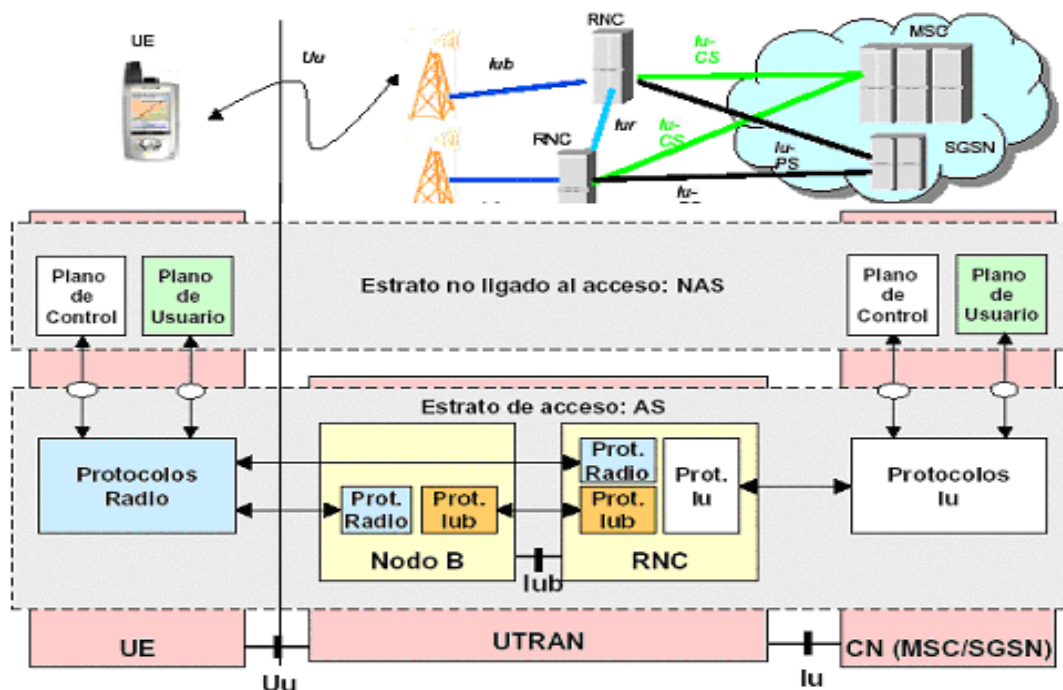


Figura 3.7. Arquitectura de la Red de Acceso Radio UMTS R-99

Los interfaces de la red UTRAN se pueden clasificar en internos y externos. Dentro de los primeros se tiene:

- **Interfaz Iub:** interfaz entre los Nodos B y el RNC que permite el transporte de las tramas radio desde el UE hasta el RNC. Utiliza el protocolo NBAP de señalización.
- **Interfaz Iur:** permite la ejecución de trasposos suaves. Proporciona funciones de macrodiversidad provenientes de la tecnología CDMA.

En los externos se tiene:

- **Interfaz Iu:** se encuentra entre el RNC y la MSC (Iu-CS) o SGSN (Iu-PS). El protocolo de señalización que utiliza es el RNAP.
- **Interfaz Uu:** es la interfaz que se encuentra entre el móvil y el Nodo B. Se encuentra basado en la tecnología WCDMA.



Puede realizarse una división de la red en dos estratos desde un punto de vista de agrupación de funciones. Un estrato es una agrupación de protocolos (flujos de comunicación) asociados a uno o más aspectos de servicio. Se distingue entonces:

- **Estrato de Acceso:** representa la comunicación entre el UE y la UTRAN. Comprende las capas 1, 2 y parte de la 3 del modelo OSI. Se considera que es la capa portadora de las funciones del estrato de no acceso. Es dependiente de la tecnología de acceso utilizada en la interfaz radio.
- **Estrato de No acceso:** representa la comunicación entre el UE y el CN y se considera que comprende parte de la capa 3 y las capas 4 al 7 del modelo OSI.

Arquitectura de Protocolos de la interfaz radioeléctrica

En la Figura 3.8. se muestra la arquitectura de protocolos de la interfaz radio válida tanto para el móvil como para la red. Se compone de tres protocolos:

- Capa Física L1
- Capa de Enlace L2
- Capa de Red L3

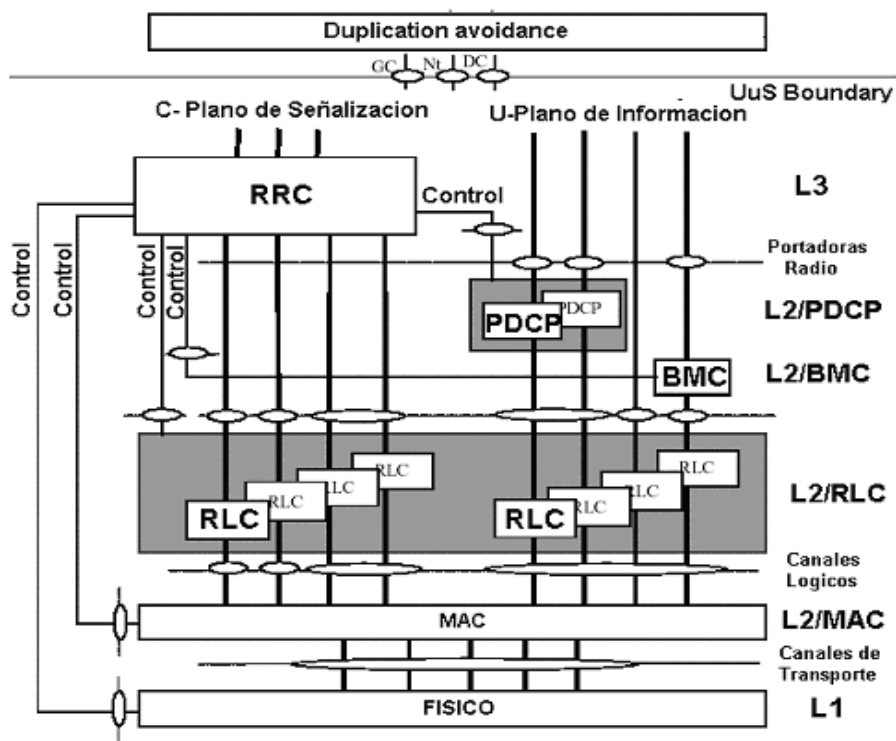


Figura 3.8. Arquitectura de Protocolos de la interfaz Radio

La Capa de Enlace L2 se compone de 4 subcapas: MAC, RLC, PDCP y BMC. Estas dos últimas subcapas sólo afectan al plano de datos de usuario. El PDPC existe para el



dominio de paquetes y su función es de compresión de cabeceras. El BMC se utiliza para difundir sobre la interfaz radio mensajes provenientes del centro de Difusión.

La capa L3 se divide en dos partes: **access stratum** y **non access stratum**. La parte de acceso al estrato está formada por la entidad RRC y la entidad “duplication avoidance”. La parte del no acceso está formada por las partes de control de llamadas CC y gestión de la movilidad MM. Todos los mensajes de señalización de las capas superiores (Non Access Stratum) y de la propia capa son encapsulados en los mensajes RRC para su transmisión sobre la interfaz radio. La entidad “duplication avoidance” se encarga de garantizar la protección de los datos cuando cambia el punto de conexión en la interfaz lu cambia.

En la Figura 3.8, cada bloque representa una instancia del protocolo y los círculos los puntos de acceso al servicio. Las capas del modelo se relacionan entre sí a través de enlaces de control que son dependientes de la implementación. Estos enlaces de control permiten a la capa RRC configurar las capas bajas del modelo:

- Configuración de la capa 1 para una reconfiguración de una portadora radio y envío de comandos para realizar medidas.
- Intercambio de información sobre volumen de tráfico entre la MAC y RRC lo que permite conmutar entre canales de transporte (por ejemplo de FACH a DSCH)
- Reporte de medidas de la capa 1 a la RRC.
- Reporte de estadísticas de errores de transmisión de la capa RLC a la RRC lo que da lugar a cambios de formatos de transporte.
- Configurar la capa PDPC para realizar la compresión de cabeceras.

Cada capa ofrece servicios en los SAPs y cada servicio viene definido por un conjunto de operaciones (primitivas) que una capa proporciona a las superiores. Para las primitivas se sigue el siguiente convenio:

- Las primitivas proporcionadas por SAPs entre capas adyacentes se nombran con el prefijo de la capa que proporciona el servicio PHY, MAC, RLC, PDPC, BMC o UUS.
- Las primitivas proporcionadas por un SAP a una aplicación se nombran con el prefijo de la capa que proporciona el servicio RRC.

Las primitivas proporcionadas por un SAP de control añaden al nombre de la capa que proporciona el servicio el prefijo C: CPPHY, CMAC, CRLC, CPDCP o CBMC.

La capa física trabaja con canales físicos y ofrece servicios en los SAPs denominados canales de transporte al subnivel más bajo de la capa de enlace MAC. A su vez el subnivel inferior MAC de la capa de enlace ofrece servicios en los canales lógicos al superior RLC. La capa RLC proporciona tres tipos de SAPs dependiendo del modo de operación del protocolo RLC (UM, AM o TM). El servicio que proporciona la capa 2 se conoce con el nombre de portador radio (radio bearer). Las proporcionadas por el plano de control se les conoce con el nombre de portadoras de señalización radio.

Capa Física

La Capa Física de UMTS está basada en la técnica de acceso por división de códigos de banda ancha WCDMA. En los sistemas CDMA tradicionales los usuarios comparten los



recursos radioeléctricos: ancho de banda, tiempo y espacio (zona de cobertura). CDMA tiene su fundamento teórico en las técnicas de espectro ensanchado (spread spectrum) donde la señal ocupa una anchura de banda muy superior a la que sería estrictamente necesaria para su transmisión. Para ensanchar la señal se utiliza una secuencia de código que es independiente de la señal de información. Existen dos modalidades fundamentales para la generación de un código de expansión:

- Modulación por secuencia directa DS que se realiza en banda base. WCDMA es una técnica de modulación por secuencia directa.
- Modulación por saltos de frecuencia FH que se realiza en radiofrecuencia.

Arquitectura de la Capa Física

La capa física L1, Figura 3.9, se divide en dos subcapas: la de transporte y la física. La primera se encarga de todo el procesado (macro-diversidad, ejecución de handover suave, detección de errores en los canales de transporte e indicación a las capas superiores, codificación/decodificación e interleaving/desinterleaving de canales de transporte, multiplexado/demultiplexado de canales compuestos de transporte y mapeado de canales de transporte en canales físicos) para proporcionar diferentes servicios con diferentes calidades de servicio QOS.

La segunda se encarga del mapeado de los bits procedentes de la subcapa de transporte a señales eléctricas que puedan ser transmitidas sobre la interfaz aire (multiplexación de datos y control, modulación NRZ, conversión serie-paralelo, sincronización en frecuencia y tiempo, medidas e indicación a las capas superiores FER, SIR, interferencia, etc., control de potencia).

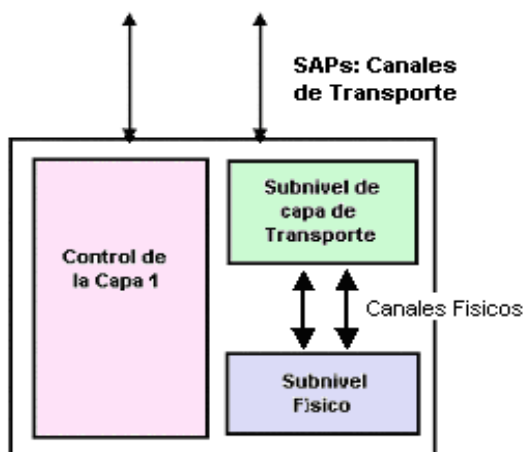


Figura 3.9. Arquitectura de la Capa Física.

Estas dos subcapas están manejadas por la entidad de control L1M. Está formada por varias unidades localizadas en el móvil y en el Nodo B. La capa L1 ofrece servicios de transporte de datos a las capas superiores mediante los canales de transporte. Estos servicios se ofrecen a través de enlaces radio formados por uno o varios canales de transporte y un canal físico que se establecen mediante enlaces de señalización. Estos

enlaces radio son manejados por la entidad de control de la capa físico L1M. Las funciones de la capa física son realizadas por el móvil y por el Nodo B (excepto la macro-diversidad que es realizada por el RNC).

Arquitectura de la capa MAC

La Figura 3.8. muestra la arquitectura de la capa MAC. El subnivel MAC se describe a partir de las entidades MAC. Las entidades son la siguientes:

- **MAC-b:** entidad que maneja el canal de transporte BCH. Hay una entidad en el UE y una por cada celda de la UTRAN (localizada en el Nodo B). El punto de acceso al servicio de control de la capa MAC se utiliza para transferir información de control a la MAC-b.
- **MAC-c/sh:** entidad que maneja los siguientes canales de transporte comunes PCH, FACH, RACH, y los compartidos CPCH (sólo FDD), DSCH y USCH (sólo TDD). Hay una sólo entidad MAC-c/sh en cada móvil y una sólo entidad MAC-c/sh en cada celda de la UTRAN.
- **MAC-d:** maneja los canales de transporte DCH. Hay una sólo entidad MAC-d en cada móvil y una sólo entidad MAC-d en la UTRAN por cada UE que tiene uno o más canales lógicos dedicados hacia o desde la UTRAN.

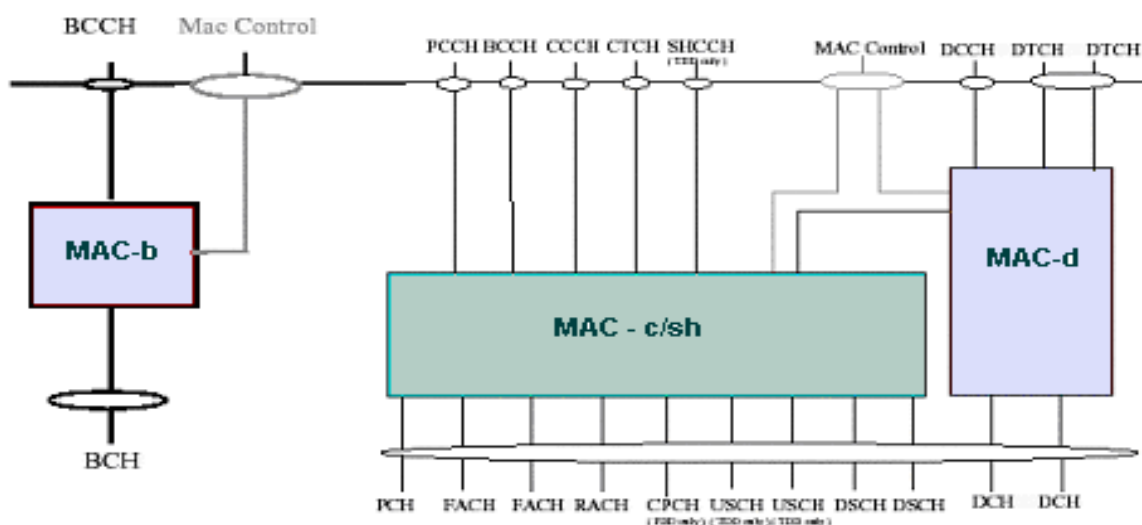


Figura 3.10. Arquitectura de la Capa MAC

Cada una de estas tres entidades es accedida desde la capa RLC usando los canales lógicos e intercambian los datos con la capa física mediante los canales de transporte.

Esta subcapa está conectado a la capa RRC mediante los SAPS de control. Estos puntos de acceso al servicio son utilizados por la capa RRC para configurar la MAC para los procedimientos de transferencia de datos y medidas.



Las funciones exactas que realizan las diferentes entidades son ligeramente diferentes en el UE que en la UTRAN.

Arquitectura de la capa RLC

En la Figura 3.11 se muestra la arquitectura de la capa RLC. Está formada por tres entidades: modo transparente TM, modo sin confirmación UM y modo con confirmación AM. Puede verse esta capa como formada por dos partes: una transmisora y otra receptora que se encuentran en los planos de control y usuario. En los modos TM y UM hay una entidad transmisora y otra receptora mientras que en la AM hay una sola entidad que es transmisora y receptora. En este último caso pueden enviarse las unidades de protocolo PDU con información de control y datos en canales lógicos separados. Los servicios que ofrece la capa RLC a las superiores se les conoce con el nombre de portadora radio (señalización o datos). La capa RLC notifica los errores irrecuperables, para lo que en todos los modos la capa física calcula el CRC y notifica al RLC el resultado de la comprobación.

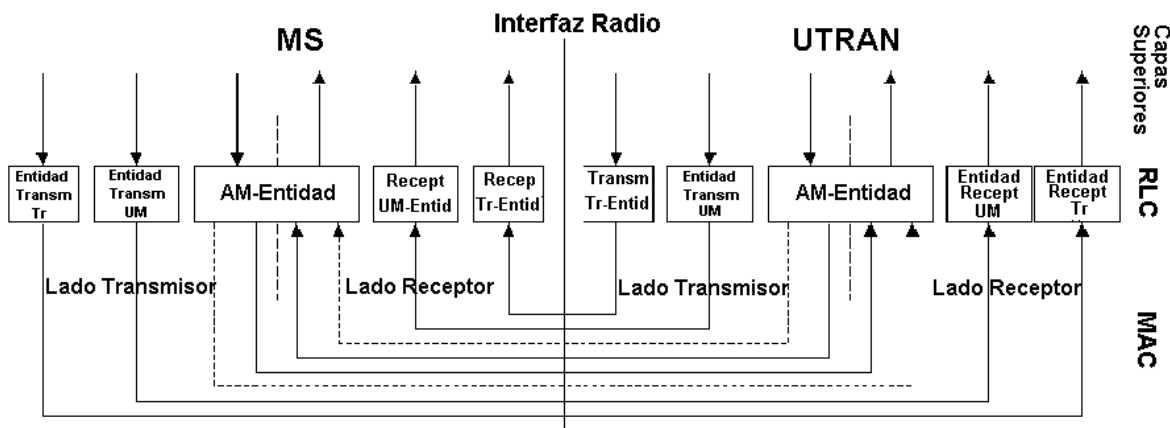


Figura 3.11. Arquitectura de la capa RLC

Arquitectura de la capa BMC

La figura 3.12 muestra la arquitectura de la capa BMC, el protocolo BMC existe sólo en el plano de usuario. Se localiza sobre la capa RLC pero se considera parte del nivel 2. Utiliza el servicio UM del RLC para la transferencia de los mensajes de difusión de celda CB. El RLC transfiere estos mensajes utilizando la combinación CTCH/FACH. Está pensado para adaptar servicios de difusión y multicast aunque para esta Release (R99) este protocolo se utiliza solo para el servicio SMS-CB de GSM aunque en futuras Releases se espera que proporcione mayores funcionalidades. Hay una entidad BMC en el UE y una en el RNC por cada celda lo que permite la programación de los mensajes de forma separada en cada una de ellas.

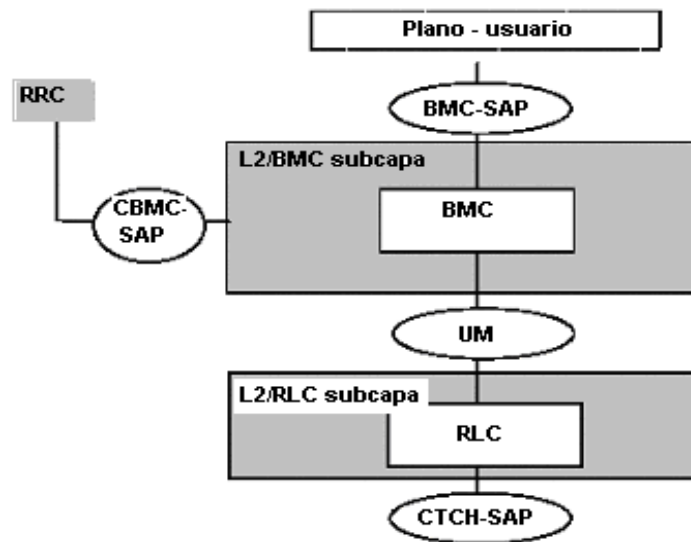


Figura 3.12. Arquitectura de la capa BMC

Arquitectura de la capa PDPC

La figura 3.13 muestra la arquitectura de la capa PDPC, el protocolo PDPC existe sólo en el plano de usuario para los servicios en modo paquete. El PDPC tiene acceso a los servicios en los tres modo del RLC: TM, UM y AM. Para la Release 99 hay una correspondencia uno a uno entre los PDPC-SAPs y los RLC-SAPs. Para posteriores Releases se espera incluir multiplexado de las portadoras radio.

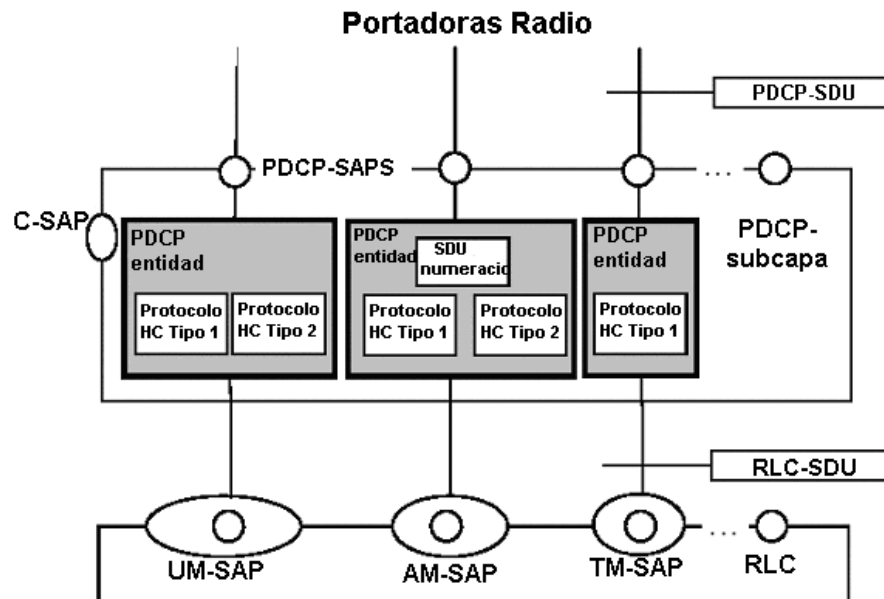


Figura 3.13. Arquitectura de la capa PDPC

En esta arquitectura, cada entidad PDPC usa uno o varios tipos de algoritmos de compresión de cabeceras con parámetros configurables que se negocian durante el establecimiento o reconfiguración de una portadora radio por medio del SAP de control. Para la Release 99 sólo se soporta el algoritmo de compresión de cabeceras de la RFC2507.

Arquitectura de la capa RRC

La figura 3.14 muestra la arquitectura de la capa RRC, RRC transporta toda la señalización de las capas superiores control de movilidad MM, control de llamadas CC y control de sesiones SM así como la movilidad del UE en modo conectado (handovers, medidas, etc.).

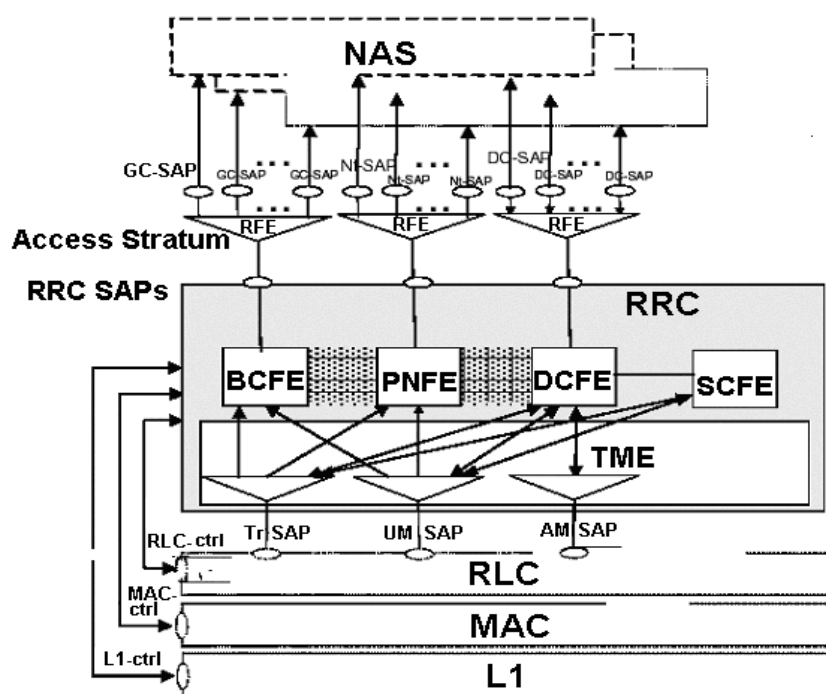


Figura 3.14. Arquitectura de la capa RRC

Las entidades que forman parte de la arquitectura de esta capa son:

- **RFE:** asegura el correcto enrutamiento de la información desde/hacia el NAS. De esta forma los mensajes de diferentes entidades de la capa superior o diferentes dominios de Núcleo de red son enrutadas correctamente.
- **BCFE:** maneja la difusión de la información del sistema. Hay al menos una BCFE por cada celda en el RNC. Utiliza los canales lógicos BCCH y FACH a través de los SAPs transparentes.
- **PNFE:** maneja los pagings y las notificaciones cuando los UEs se encuentran en modo idle (sin tener una conexión RRC con la red). En la UTRAN hay una PNFE por



cada celda en el RNC. Usa el canal lógico PCCH a través de un SAP transparente de la capa RLC.

- **DCFE:** maneja todas las funciones y señalización específica de un UE cuando está en modo conectado. En el SRNC existe una DCFE por cada UE que tiene una conexión con este RNC. Usa habitualmente el servicio AM de la capa RLC aunque algunos mensajes son enviados en modo AM (RRC Conection Release) o transparente (Cell Update etc...).

Los servicios que ofrece el RRC a las capas superiores lo hace a través de tres tipos de SAPs: SAP de Control General GC-SAP, SAP de Notificación Nt-SAP y SAP de Control dedicado DC-SAP. El GS-SAP proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad BCFE. El Nt-SAP proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad PNFE. El DC-SAP proporciona acceso a los servicios ofrecidos por la entidad DCFE.

Arquitectura de protocolos de las interfaces lu, lub, lur

En la Figura 3.15 se muestra la arquitectura de protocolos de los interfaces lu, lub, lur. Se distinguen dos capas:

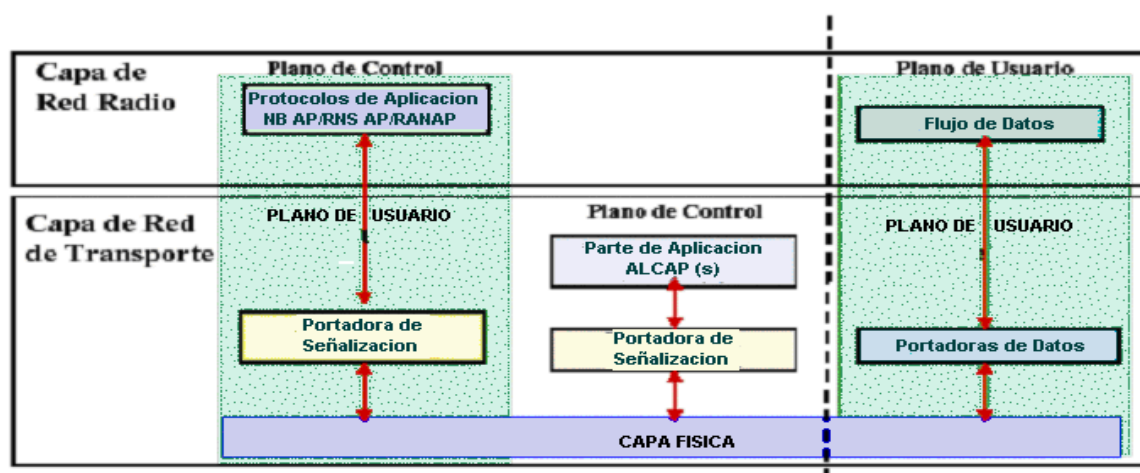


Figura 3.15. Arquitectura de protocolos de las interfaces lu, lub, lur.

- **Capa de Red Radio:** protocolos específicos de UMTS.
- **Capa de Red de Transporte:** transportan la información de la capa de red radio sobre los Interfaces lux. Se basa en ATM en la Release 99 lo que facilita la migración. Se ha utilizado ATM por permitir una asignación flexible del ancho de banda, un uso eficiente de los recursos, proporciona mecanismos de calidad de servicio y es una tecnología madura.

A continuación se describe brevemente cada parte de la arquitectura.



Protocolos de Aplicación

- **NBAP:** es el protocolo de señalización de la capa radio que se utiliza en la interfaz lub entre el Nodo B y el RNC. La Figura 3.16 muestra la arquitectura de protocolos de la Interfaz lub. Se divide en dos componentes:
 - **NBAP común y la lógica de O& M:** Se encarga de la señalización que no es común a un terminal específico como la difusión de información de sistema, configuración de celdas, establecimiento/reconfiguración/liberación de canales de transporte comunes. Permite la gestión de fallos y la configuración.
 - **NBAP dedicado:** Una vez establecida una comunicación con un UE se crea un NBAP dedicado para ese UE, modificación del contexto de UE, soporte de los canales dedicados y compartidos, soporte de la combinación e inicio y reporte de medidas del enlace en modo dedicado.

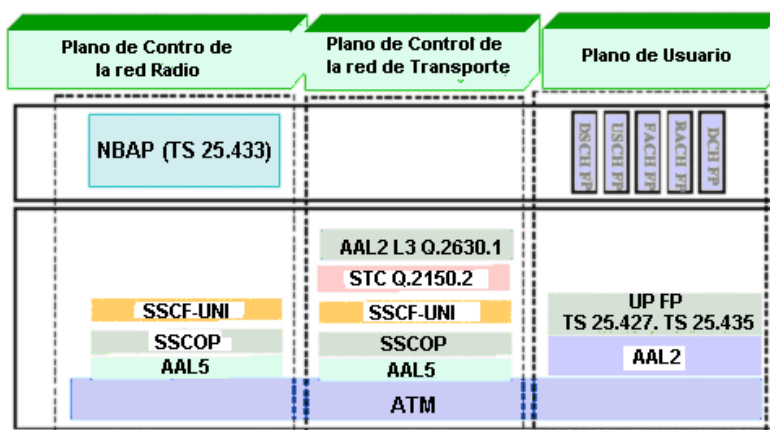


Figura 3.16. Arquitectura de protocolos de la interfaz lub

- **RNSAP:** es el protocolo de señalización de la capa radio que se utiliza en la interfaz lur entre dos RNCs. La Figura 3.17 muestra la arquitectura de protocolos de la interfaz lur.

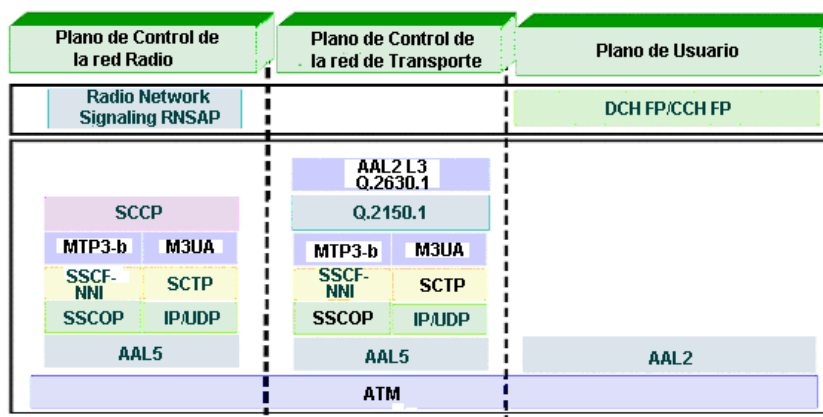


Figura 3.17. Arquitectura de protocolos de la interfaz lur.



Entre sus funciones se encuentran:

- Transferir las señalizaciones de UL Y de DL.
 - Reporte de las medidas sobre recursos dedicados en DRNS.
 - Control de potencia sobre DRNS (DL).
 - Gestión de enlaces radio UE/DRNC/SRNC.
 - Paging sobre DRNS y Reubicación de SRNC (DRNC=>SRNC).
 - Gestión de errores.
 - Establecimiento/reconfiguración/liberación de enlaces radio UE/DRNC/SRNC.
- **RANAP:** es el protocolo de señalización de la capa radio que se utiliza en la interfaz lu entre UTRAN y CN. Entre sus funciones se encuentran:
- **Relocation:** se encarga de las funciones de reubicación de SRNS y de handover duro incluyendo handover entre sistemas (desde/hacia GSM).
 - **Reubicación SRNS:** se cambia el RNS que está sirviendo un RNS a otro sin cambiar los recursos radio y sin interrumpir el flujo de datos.
 - **Hard handover inter RNS:** se cambia la funcionalidad de RNS servidora de una a otra y se cambian los recursos radio con un hard handover
 - **Gestión del RAB:** incluye:
 - Establecimiento de RAB incluyendo la posibilidad de encolado.
 - Modificación de las características.
 - Eliminación del RAB.

Otras funciones de RANAP son: liberación del lu, reporte de información no entregada, gestión de ID común, paging, gestión del trazado, transferencia de señalización UE-CN, control del modo seguro. gestión de sobrecarga, reset, reporte de localización.

Portadoras de Datos

Las portadoras de datos son:

- **lub/lur:** son miniconexiones AAL2 donde se envían las tramas radio de la capa MAC (voz, datos, señalización).
- **lu-CS:** son miniconexiones AAL2 donde se envían tráfico CS hacia MSC.
- **lu-PS:** túneles IP sobre AAL5. Para ello se utiliza el protocolo GTP.

Portadoras de Señalización

Permiten el transporte de la parte de aplicación:

- **Capa radio:** se compone de los protocolos NBAP, RANAP y RNSAP.
- **Capa de transporte:** utiliza el protocolo ALCAP para establecer/liberar las miniconexiones AAL2 así como la transmisión de señalización AAL2.

Para el transporte de la señalización hay dos opciones: la propuesta por IETF (SIGTRAN) y la de ITU-T (RDSI-BA/SS7).



En la primera se utilizan los siguientes protocolos:

- **SCTP (RFC 2960):** que permite el transporte fiable de señalización RTC sobre IP.
- **Protocolos de Adaptación de usuario:** permiten transmitir la señalización de usuario sobre el anterior. Se utiliza M3UA y M2UA.

En la segunda se utilizan:

- **SCCF - NNI:** ofrece los siguientes servicios:
 - Paso/recepción de datos del SSCOP.
 - Estado y gestión del enlace.
 - Control de flujo y Procedimientos de alineación.
- **SSCOP:** sus funciones son:
 - Secuenciamiento de paquetes.
 - Retransmisión de paquetes erróneos.
 - Test periódico del enlace (keep alive timer)
- **Q. 2630.1:** protocolo de señalización capaz de establecer y liberar conexiones con AAL2. Tiene las siguientes características:
 - Establecer y liberar conexiones AAL2 sobre extremos y conmutadores AAL2.
 - Encaminamiento salto a salto.
 - Capaz de controlar AAL2 conexiones en más de un VCC.
 - Independiente del protocolo de transporte de señalización.
 - Ofrecer un mecanismo de extensión en el futuro.
- **AAL2. Q. 2150:** Conversores de transporte de señalización. Hay dos conversores para el uso de protocolos de transporte de señalización:
 - **Q. 2150.1** Conversor de transporte de señalización en el MTP de banda ancha. Se usan los servicios de MTP.
 - **Q. 2150.2** Conversor para el transporte de señalización en SSCOP. Se usan los servicios de SSCOP, que a su vez puede usar AAL2 o AAL5.

3.6. VENTAJAS DE UMTS (WCDMA)

Entre las ventajas más importantes de esta tecnología se pueden mencionar:

- La nueva generación de redes UMTS va a aportar nuevas capacidades genéricas, que van a poder ser aprovechadas para enriquecer los servicios ya existentes y para comercializar otros que hasta el momento eran impensables.
- UMTS puede soportar velocidades hasta 2Mbit/s lo que sumado al soporte del Protocolo IP, se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos de banda ancha.



- Comparado con GSM y otras tecnologías de telefonía móvil, UMTS permite una nueva e interesante característica llamada negociación de las propiedades de la portadora de radio.
- Dotación de mayor grado de inteligencia en los terminales, de forma que éstos van a desempeñar un papel clave en el desarrollo de servicios.
- Las nuevas redes van a acercar a los usuarios móviles a los contenidos accesibles hoy en día a través de Internet.
- EDGE y WCDMA son tecnologías complementarias que juntas pueden dar apoyo a las necesidades de los operadores para lograr la cobertura y capacidad global de la red de tercera generación. La implementación de las dos tecnologías en paralelo permite menores tiempos para acceder al mercado con los nuevos servicios de datos de alta velocidades así como menores gastos de capital.
- La migración vía GSM, GPRS, EDGE puede ser visto como el cimiento para una red sin fronteras WCDMA, con una red central combinada y diferentes métodos de acceso que serán transparentes para el usuario final.
- Los abonados podrán navegar en Internet sobre sus teléfonos móviles, asistentes personales digitales o laptops a la misma velocidad que en su computadora personal estacionaria.

3.7. APLICACIONES Y SERVICIOS

UMTS ofrecerá acceso unificado a todo tipo de contenidos: datos, voz, video, etc. La disponibilidad de un mayor ancho de banda (hasta 2 Mbit/s) para los usuarios inalámbricos, la convergencia de los distintos contenidos en una sola red y los nuevos mecanismos de control de las sesiones multimedia, harán que UMTS revolucione el mundo de las comunicaciones. Por un lado, brindará a los usuarios nuevos servicios y contenidos más ricos, que podrán recibir en un entorno de movilidad y de conexión permanente a la red (always on), por otro, proporcionará a los operadores nuevos modelos de negocio y facturación, orientados no sólo al tráfico, sino a los servicios.

En este escenario, el protocolo IP soportará el transporte de los distintos tipos de datos y será la base para los nuevos protocolos de control que gestionarán las sesiones multimedia.

Las nuevas redes de tercera generación (UMTS) vienen a tratar de responder a una necesidad cada vez más evidente de la sociedad del siglo XXI, el acceso a la información. La sociedad demanda una convergencia entre los dos sectores más activos del mundo de las telecomunicaciones.

El mundo de la información Internet/Intranet, la telefonía móvil con ello, cabe esperar un cambio en el modelo de negocio; por una parte, se producirá un incremento de los ingresos totales; y, por otra, adquirirán cada vez más importancia los ingresos derivados de los servicios, los portales móviles y la explotación de contenidos.

A este entorno, tan cambiante desde el punto de vista tecnológico, se añade una competencia cada vez más fuerte y un interés creciente de sectores que observan estos cambios como una nueva oportunidad. Son los casos del sector financiero, los medios de



comunicación, las empresas de distribución o el sector automovilístico, que ven en estas tecnologías una nueva fuente de ingresos. Para los participantes en este negocio y, en especial, para las operadoras de telecomunicaciones, es esencial no perder de vista las capacidades adicionales de las nuevas redes y a partir de ellas:

- El impacto de las nuevas redes en los servicios actuales.
- Las oportunidades que ofrecen las redes UMTS para la explotación de nuevos servicios.

Las capacidades teóricas enumeradas a continuación se traducen en un conjunto de posibilidades básicas, sobre las que se puede enriquecer los servicios actuales y construir los nuevos servicios:

- La importancia creciente de los contenidos, unido a la convergencia de servicios de voz y datos .
- La posibilidad de facturación por tráfico .
- Los servicios de datos de modo paquete siempre conectado (always on) a altas velocidades.
- Capacidades multimedia en los servicios.
- La posibilidad de acceso a Internet desde el terminal móvil.
- El acceso a datos de Intranet desde el terminal móvil.
- La evolución de los terminales móviles hacia capacidades multimedia.
- Capacidades de comercio electrónico y micropagos.
- El avance en los servicios basados en la personalización y localización del usuario
- Servicios clásicos de 2G sobre redes móviles de 3G

3.8. VIABILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL

En lo técnico cabe destacar de UMTS que la interfaz de radio WCDMA empleada tiene una estructura de protocolo de señalización de red similar a la de GSM y TDMA (IS-136), parte de la capa de conmutación básica de estas redes ya existentes podrá reutilizarse para WCDMA.

UMTS cuenta la ventaja de que el camino hacia 3G vía GSM, efectuando la migración de sus redes GSM para GPRS y para EDGE, ya ha sido recorrido por algunas operadoras en el mundo lo que muestra que esta vía de migración tiene todas las posibilidades de éxito y que puede favorecerse de los avances en investigación y desarrollo y de las economías de escala ya disfrutados GSM en otros países.

En cuanto a las operadoras TDMA (IS-136), que ocupan las bandas de los 800 Mhz, cabe destacar que las empresas proveedoras de equipo Nokia, Ericsson, Motorola y Nortel prometieron una infraestructura para GSM 800 que no demoraran en producirla.

En lo comercial se destaca el hecho de que WCDMA cuenta con la ventaja en lo referente a la penetración de mercados y economías de escala a nivel mundial, debido a la alta difusión del sistema GSM y cantidad de equipos y de usuarios en el mundo GSM.



En el camino hacia UMTS, se destaca la buena cantidad de servicios de datos que ya se han implementado sobre GSM y que son la base para la prestación de los mismos servicios sobre UMTS, además se cuenta con la experiencia en la prestación de estos servicios lo que permite mejorarlos para satisfacción de los clientes y con ello mantener el mercado y abrir las posibilidades a otras aplicaciones.

3.9. CONCLUSIONES

El estudio realizado en este capítulo sobre la tecnología WCDMA en sus diferentes aspectos permite alcanzar un alto grado de claridad y conocimiento de esta tecnología en la actualidad lo que proporciona unos puntos de referencia respecto a las ventajas e inconvenientes que presenta el seguir este camino de evolución hacia 3G. En este sentido se pueden deducir como aspectos más relevantes los siguientes:

- La falta de equipamiento y de terminales de cliente han obligado a retrasar el despliegue de UMTS sobre todo para aquellos operadores de TDMA (IS-136) en la banda de 800 MHz.
- Las interfaces, protocolos y arquitecturas están en un estado de especificación muy avanzado, que permite tener una visión nítida de cual será la evolución de UMTS y la naturaleza de los nuevos servicios integrados multimedia a los que dará soporte.
- En esa evolución hacia UMTS, el protocolo IP jugará un papel primordial en el transporte de todo tipo de contenidos y como base para nuevos protocolos.
- El camino de evolución vía GSM es realmente la mejor opción para las empresas licenciadas para operar en las frecuencias de 900, 1800 y 1900 MHz, que les permite gozar de la experiencia y los avances que en investigación y desarrollo del mundo GSM.
- En cuanto a las operadoras en la banda de 800 Mhz, el problema ya se ha solucionado con el compromiso de los proveedores de equipos para suministrar la nueva infraestructura para GSM 800.
- Los primeros pasos hacia las redes 3G son hoy una realidad que viene a confirmar la importancia del protocolo IP.



CAPITULO 4

4. CDMA2000 Vs WCDMA

4.1. INTRODUCCIÓN

Ya en los capítulos 2 y 3 se realizó el estudio de las tecnologías CDMA2000 y WCDMA en su evolución hacia 3G, se identificó la arquitectura de red y protocolos, servicios soportados, características y ventajas de cada una de ellas sobre las tecnologías actuales. Con base en lo hecho, en este capítulo se realiza la comparación de las dos tecnologías de radio, teniendo como referencia los aspectos abordados para cada una de ellas.

Esto permitirá identificar los puntos de referencia de una tecnología con respecto a la otra y contar así con los criterios para seleccionar la mejor opción, cuando los aspectos considerados para esta selección sean los tenidos en cuenta en esta comparación.

4.2. CDMA2000 Vs WCDMA: ASPECTOS TÉCNICOS

Tanto UMTS como CDMA2000 están basadas en la tecnología CDMA. Sin embargo, UMTS utiliza la tecnología WCDMA que tiene un espectro de frecuencias más ancho que CDMA2000. Además, la tasa de chip de UMTS es tres veces mayor que la de CDMA2000 lo cual se traduce en una mejor encriptación y eventualmente mayor seguridad de las comunicaciones. La tasa de chip para UMTS es 3.84 Mcps mientras que para CDMA2000 es de 1.2288 Mcps. Dado que uno no es múltiplo de otro no hay compatibilidad entre ellos. Si este es el caso, se podría tener múltiples canales CDMA2000 para tener un simple canal de UMTS. Respecto a los códigos de canalización, UMTS opera en 4 canales con 256 bits cada uno mientras que CDMA2000 tiene 4 canales con 128 bits cada uno. Nuevamente esto coloca a CDMA2000 en desventaja. La máxima tasa de datos para UMTS es de 2 Mbps mientras que para CDMA2000 es de 614 Kbps. La Tabla 4.1 muestra un resumen de las diferencias más importantes entre UMTS y CDMA2000.

	UMTS	CDMA2000
Tecnología (BW)	WCDMA (5 MHz)	CDMA1.25 MHz
Longitud de Trama	10 ms	20 ms
Tasa de Chip	3.84 Mcps	1.2288 Mcps
Códigos de Canalización	4-256 bits	4-128 bits
Tasa Pico de Datos	2 Mbps	614 Kbps
Interoperabilidad	Handover GSM-UMTS	Compatible con IS-95

Tabla 4.1. Diferencias entre UMTS y CDMA2000



4.2.1. Ventajas e Inconvenientes en la migración: CDMA2000 Vs WCDMA

Ventajas de CDMA2000

- No es necesario planificar frecuencias.
- Proporciona una mayor capacidad.
- Proporciona una mayor calidad de servicio.
- Soporta handover suave.
- Hace un uso más efectivo de la potencia, □ mayor duración de las baterías.
- No requiere de infraestructura nueva ya que reutiliza los componentes de las redes existentes sólo con actualizaciones.

Inconvenientes de CDMA2000

- Los receptores son más complejos.
- El traspaso entre distintas bandas de frecuencia es muy complejo.
- El alcance máximo de la celda es función del tráfico que cursa (cell breathing).
- En entornos multiservicio la planificación resulta muy compleja.

4.2.2. CDMA2000 frente a GSM

Siendo GSM el punto de partida y el primer paso que deben dar las operadoras en su acción para migrar hacia UMTS, a continuación se muestran las ventajas y desventajas del GSM actual respecto a CDMA2000.

Ventajas de CDMA2000

- Incremento de la seguridad en las comunicaciones.
- Conversaciones Simultaneas.
- Incremento en la eficiencia, las portadoras pueden soportar mas abonados.
- Teléfonos Pequeños.
- Baja potencia requerida y necesita poca coordinación celda a celda por parte de los operadores.
- Beneficios Extendidos para usuarios rurales situados lejos de las celdas.

Desventajas de CDMA2000

- Debido a la naturaleza propietaria, todos los defectos de CDMA no son conocidos por la comunidad de Ingeniería.
- CDMA es relativamente nueva, y la red no es tan madura como la de GSM.
- CDMA no puede ofrecer Roaming internacional, una gran ventaja de GSM .

Ventajas de GSM

- GSM ya cuenta con cerca de 450 millones de suscriptores.
- El Roaming Internacional permite a los suscriptores usar los teléfonos a través de toda Europa Occidental. CDMA trabajará en Asia, pero no en Francia, Alemania y Reino Unido y otros destinos populares de Europa.
- GSM es maduro, en vista de comenzó su despliegue a mediados de los 80s. Esta madurez significa una red mas estable con características robustas. CDMA esta apenas construyendo su red.



- La madurez de GSM significa que los ingenieros dan todo su respaldo, creando una preferencia hacia esta tecnología.
- De la disponibilidad de Módulos de Identificación de Suscriptor, las son Tarjetas Inteligentes que suministran encriptación segura da ventajas a GSM de m-commerce.

Desventajas de GSM

- Baja penetración en el creciente Mercado Americano.

En este contexto, la batalla entre CDMA y GSM está enredada debido a que algunos aspectos favorecen a GSM en Europa y otros a CDMA en Norte América; las diferentes ventajas de una respecto a la otra y las recientes pruebas que incluso han mostrado compatibilidad entre las dos tecnologías han confundido a los operadores en la selección de la tecnología a seguir. Sin embargo, GSM aun conserva la ventaja numérica con 456 millones de usuarios frente a los 82 millones de CDMA.

4.2.3. Inconvenientes Técnicos presentes en la vía de migración hacia UMTS

El camino hacia 3G tomado por las operadoras vía GSM, efectuando la migración de sus redes GSM para GPRS, tal vez para EDGE y por fin para UMTS, puede permitir que las operadoras de TDMA se beneficien de los avances en investigación y desarrollo y de las economías de escala ya disfrutados por el mundo GSM.

Sin embargo las operadoras de TDMA pueden encontrarse con algunas barreras para implementar GSM, debido a esas barreras, algunas operadoras de TDMA tal vez reevalúen las ventajas globales de costo de la opción GSM y consideren CDMA2000 1X como una alternativa para la habilitación de servicios 3G.

Entre los desafíos que pueden afrontar las operadoras de TDMA/IS-136 que ocupan las frecuencias de 800 MHz para la implementación de GSM está el hecho de que los equipos de GSM están disponible, por ahora, tan solo para las frecuencias de 900, 1800 y 1900 MHz. No hay todavía suficiente infraestructura ni terminales para las frecuencias de 800 MHz, en las cuales hubo implementación de las principales operadoras de TDMA/IS-136. Las empresas Nokia, Ericsson, Motorola y Nortel prometieron una infraestructura para GSM 800, que aún la están produciendo. Esto significa que las operadoras de TDMA designadas al espectro de 800 MHz no podrán iniciar su migración hacia 3G mientras los proveedores no entreguen la infraestructura completa para GSM 800. En América Latina, esto afectará prácticamente a todas las operadoras de TDMA.

Entre los desafíos que pueden afrontar las operadoras de TDMA/IS-136 que ocupan las frecuencias de 1900 MHz para la implementación de GSM está el hecho de que en muchos países de las Américas del Norte y del Sur, donde la tecnología TDMA/IS-136 fue bastante implementada, la parte inferior del espectro de 1900 MHz (que en otros lugares está asignada para UMTS) está siendo utilizada por los Servicios de Comunicaciones Personales (PCS). Esto significa que no hay un espectro disponible para las operadoras de TDMA, aunque estén utilizando las frecuencias de 800 o 1900 MHz, que les permita migrar desde GSM-GPRS-EDGE hacia UMTS.

Entonces se tiene que las operadoras de GSM, o más precisamente aquellas licenciadas para el espectro de 900 y/o 1800 MHz, evolucionarán antes hacia GSM-GPRS y en



últimas hacia UMTS, y podrán implementar o no, GSM-GPRS-EDGE como paso intermedio. La implementación de UMTS exigirá que tales operadoras utilicen una parte del espectro 3G (UMTS) recién asignada y recién atribuida en 1900 MHz (enlace ascendente) y 2100 MHz (enlace descendente), conjuntamente con el espectro GSM actualmente atribuido de 900 y/o 1800 MHz. La misma requerirá también aparatos telefónicos multimodo/multibanda para GSM-GPRS-UMTS (o GSM-GPRS-EDGE-UMTS).

En resumen, está claro el concepto de adoptar GSM como vía de migración de la TDMA/IS-136 hacia la 3G. En la práctica, sin embargo, hay una serie de barreras para seguir esa vía. En el caso de las operadoras TDMA de los 800 MHz, hay una incertidumbre en la disponibilidad de equipos GSM 800, principalmente teléfonos, además de la necesidad potencial de una red GSM inesperadamente densa. Y en el caso de las operadoras, tanto de 800 como de 1900 MHz, existe el potencial impedimento de utilización, por los abonados, de los servicios GSM cuando estén deambulando en redes TDMA.

En el camino hacia CDMA2000 las operadoras de cdmaOne pueden actuar en las frecuencias de la banda de 800 MHz, 1900 MHz o ambas, y podrán evolucionar hacia CDMA2000 1X utilizando su espectro actual, lo que elimina el desafío de encontrar un nuevo espectro. La evolución hacia CDMA2000 1X requiere tarjetas de canal y actualizaciones de software para las estaciones base de cdmaOne, además del lanzamiento de aparatos telefónicos para CDMA2000 1X.

Concluimos que GSM es realmente la mejor opción especialmente para las empresas licenciadas para operar en las frecuencias de 900, 1800 y 1900 MHz. Y CDMA2000 es la opción más viable para aquellas empresas que actualmente trabajan con CDMAONE en cualquiera de las bandas y posiblemente una buena opción para aquellas que actualmente operan en la banda de 800 MHz con tecnología TDMA.

4.3. CDMA2000 VS WCDMA: ASPECTOS COMERCIALES

- WCDMA tiene muchas ventajas respecto a la penetración de mercado y economías a escala a nivel mundial, debido a la alta difusión del sistema GSM y a la cantidad de equipos y de usuarios, además cuenta con la experiencia y los avances que en investigación y desarrollo se ha presentado en el mundo GSM.
- **Estado de Despliegue:** es posible que el gusto por UMTS este tomando más fuerza que por CDMA2000. En términos de despliegue, UMTS avanza a un paso mas rápido que CDMA2000 especialmente en Europa.

La Tabla 4.2. muestra algunas fechas de despliegue en los principales países. El despliegue de CDMA en Europa ha sido incierto debido al no pronunciamiento para abordar esta fase. CDMA2000 está muy distante de convertirse en el siguiente estándar de redes 3G en Europa.



	UMTS	CDMA2000
Japón	Oct. 2001	2002
Korea	2003	SKT- Oct. 2000 KTF- Dic. 2000
Europa	Iniciado GPRS UMTS en 2002	N/A
USA	GPRS en pruebas UMTS N/A	2001

Tabla 4.2. Estado del despliegue de UMTS y CDMA2000

La Tabla 4.3. lista los principales proveedores y operadores para UMTS y CDMA2000.

■ UMTS (3GPP)	■ CDMA2000 (3GPP2)
• Proveedores	• Proveedores
— Ericsson	— Qualcomm
— Nokia	— Lucent
— Nortel	— Nortel
— Motorola	— Motorola
— Alcatel, Lucent,...	— Samsung, Ericsson...
• Operadores	• Operadores
— NTTDoCoMo	— Sprint PCS
— Vodafone,...	— Verison,KDDI, SKT...

Tabla 4.3. Principales proveedores y operadores

- Al poder migrar directamente, CDMA2000 tiene la posibilidad de prestar servicios 3G desde sus primeras fases en contraposición a UMTS que inicialmente orientará sus servicios a voz y no a datos, porque esto puede hacerla muy atractiva para los usuarios móviles.
- Dentro de los principales avances de GSM se cuenta con la introducción de la tarjeta inteligente SIM CARD, la cual tiene asignado un número único que le permite hacer y recibir llamadas desde cualquier aparato GSM, en cualquier lugar del mundo. Sólo es necesario introducirla en el teléfono que se va a ocupar.



- CDMA2000, por su parte, es una tecnología de última generación y entre sus virtudes está el hecho de que requiere de menores celdas móviles para operar y admite comunicaciones simultáneas, cuestión que en GSM es imposible. La principal diferencia entre ambas radica en que "cuando te comunicas con la tecnología GSM, por ejemplo desde el auto y te alejas de una antena para pasar a otra, se escuchan unos ruidos extraños o se corre el riesgo de que se corte la llamada. Con la tecnología CDMA, se evitan esos problemas.
- Es importante destacar que ambas opciones son incompatibles y si uno adquiere un PCS-GSM no puede después adaptarlo a un CDMA. Frente a esto, la política de las telecomunicaciones es que el mercado se autorregule, sin imponer una plataforma estándar.

Otros aspectos a tener en cuenta hacen referencia a disponibilidad de aparatos telefónicos, de su costo y de las economías de la escala de producción a corto y a mediano plazo. Al evaluar tales cuestiones, se llega a la conclusión que, en la transición de TDMA/IS-136 hacia 3G, las ventajas generalmente atribuidas a las tecnologías maduras pueden no confirmarse en la práctica.

Al examinar las vías de migración, se debe tener en cuenta los aspectos comerciales con los cuales deben enfrentarse las operadoras de TDMA/IS-136 en la elección de una alternativa 3G. En ese proceso, se destacaron cinco conjuntos de aspectos, que son:

1. Elevar el ingreso promedio por usuario.
2. Minimizar los costos de implementación de la tecnología.
3. Adoptar un proceso de implementación tan simple (y, por lo tanto, tan indoloro) como sea posible.
4. Implementar servicios comerciales viables, en tiempo hábil.
5. Mantener un servicio satisfactorio para el usuario final durante ese proceso.

Las dos últimos aspectos son especialmente importantes. En el caso de que las operadoras no puedan implementar servicios comerciales viables y en tiempo hábil, correrán el riesgo de perder su posición competitiva. Y si la red y/o los aparatos telefónicos prestaran un servicio deficiente al usuario final, no sólo dejarán de generar ingresos, sino que también incentivarán un fenómeno de rechazo.

4.3.1. Aspectos Comerciales en la vía de migración

Volúmenes de Mercado Globales y Regionales Proyectados

La ruta basada en GSM se beneficia del dominio del mercado ya establecido por ella. Siendo la solución dominante en cuanto a tecnología móvil, con un 70% de los suscriptores alrededor del mundo, la tecnología GSM ha establecido economías de escala sin paralelo que se han manifestado en una mayor variedad de terminales y más aplicaciones que las que los sistemas basados en CDMA o TDMA pueden ofrecer. Además, la evolución a servicios de la 3G basada en el patrón GSM se ha beneficiado del apoyo de los del Instituto Europeo de Estándares de las Telecomunicaciones (ETSI). En enero de 1998, la ETSI creó un acuerdo unánime entre sus miembros para apoyar la interfaz aérea de UMTS como la interfaz aérea principal de Tercera Generación. Debido a



que la red de datos de paquete GPRS es un elemento necesario para utilizar UMTS, la adopción de UMTS ha promovido también el despliegue de GPRS. Los operarios que instalan la red GPRS también tienen la opción de emplear la interfaz aérea de EDGE en sitios donde se esperan densidades de tráfico menor o donde el espectro nuevo no está disponible.

La posible disponibilidad proyectada de roaming internacional usando GPRS/EDGE y UMTS está relacionada de cerca con el despliegue a gran escala basado en la solución en el roaming internacional usada por GPRS/EDGE y UMTS. El 3GPP estima que los operadores de GSM a nivel mundial reciben hoy el 25% de sus ganancias por roaming internacional y los expertos de la industria ven al roaming como una extensión natural del éxito fenomenal del roaming de GSM, que se pone de manifiesto con los más de 900 millones de llamadas en roaming efectuadas en las redes GSM cada mes.

La solución CDMA2000 1X se ve beneficiada con relativa facilidad de actualización de los operadores actuales de CDMA. Sin embargo, existe una gran preocupación relacionada con la falta de interoperabilidad con UMTS, lo cual requiere una solución que involucra la instalación de equipo especializado con mayores costos y complejidad.

Disminuir los niveles de adopción del CDMA2000 significa incrementar la dificultad para lograr la adopción del roaming global, así como mayores costos de infraestructura y terminales. Mientras que los defensores de CDMA argumentan que el caso del negocio 3G estará basado más en una capacidad técnica que en las ganancias por roaming, la alta movilidad internacional de los usuarios más frecuentes hace que el roaming internacional parezca una característica atractiva para obtener altas ganancias. La capacidad proyectada de las soluciones basadas en CDMA2000 para operar junto con las soluciones basadas en GSM no es segura, especialmente para la evolución del "DO" y el "DV", debida cuenta la situación del trabajo de estandarización. CDMA2000 no forma parte de 3GPP y no hay ninguna indicación de que los operadores de UMTS sientan la necesidad de operabilidad entre UMTS y CDMA2000. Por lo tanto, una inversión en el sistema CDMA2000 1X requiere de la presunción de un riesgo elevado y el despliegue de una red con un tiempo de depreciación mucho más corto que el de EDGE y UMTS.

Las condiciones del mercado en América Latina permitieron una ventaja favorable para el despliegue de GPRS, EDGE y/o UMTS. Los operadores de TDMA capaces de emplear esta ruta están suministrando servicios a más de 35 millones de suscriptores y GSM ha empezado a convertirse en una presencia más fuerte, aumentando su presencia de apenas seis países en 1998 a 17 países en el 2001. Los suscriptores de base de CDMA también han crecido en la región, a 15,9 millones, pero el mayor número de éstos se encuentran concentrados en Buenos Aires, Caracas, Río de Janeiro y Sao Paulo. Una de las dos tecnologías, la TDMA tiene mucha mayor presencia regional y es la única tecnología presente a nivel nacional en Bolivia, Brasil, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Nicaragua, México y Panamá.

La disponibilidad y los costos de infraestructura y terminales proyectados

Los operadores de TDMA que contemplan opciones para el futuro forman parte de dos categorías: aquellos con espectro adicional en 1900 MHz y, aquellos con únicamente espectro de 850 MHz. Para aquellos operadores que poseen espectro de 1900 MHz o que pueden obtenerlo, el camino para la implementación o superposición de GSM ya



ha sido pavimentado por los operadores de GSM 1900 en existencia, desde 1994 en Norteamérica y desde 1998 en Sur América. En efecto, muchos de los operadores de GSM 1900 en América del Norte, incluyendo a Voicestream, Microcell de Canadá y el gigante TDMA Cingular, ya han anunciado sus intenciones de desplegar GPRS en sus propiedades GSM de 1900 MHz. Varios de los más grandes operarios de TDMA también están desplegando GSM/GPRS en sus espectros de 1900: AT&T Wireless y todas sus filiales, Entel Móvil de Bolivia, Rogers Wireless de Canadá, TelCel de México y TeleCom Personal de Argentina. La fuerte posición y el peso de esos operarios en el mercado deberá crear una cantidad crítica de productos para otros operarios que contemplen la introducción de GSM/GPRS en 1900 MHz. Estos operarios de TDMA se ven beneficiados por la gran cantidad de equipo de GSM 1900 que ya está al servicio y por la interoperabilidad de la tecnología de TDMA-GSM creada por el Interoperability Team (Grupo de Interoperabilidad) de GSM-ANSI-136 (GAIT) que estará disponible a final de año. En efecto, un productor de terminales (Siemens) ya ha anunciado la disponibilidad a fin de año de la terminal de tres bandas y modo doble (tri-band, dual-mode terminal) capaz de apoyar al TDMA 850 y 1900 y al GSM/GPRS 900 y 1900. Siemens estima que la demanda del mercado para dicha terminal excederá 50 millones de unidades en los próximos cuatro años.

Un segundo cuerpo de operadores de TDMA, aquellos con un espectro de sólo 850 MHz también se beneficiarán próximamente del amplio desarrollo técnico de los sistemas basados en GSM y de amplios volúmenes de aplicaciones disponibles para las redes de GSM. Modificando la infraestructura y los terminales de GSM para operar dentro de las bandas de 850MHz no requiere de nuevos desarrollos técnicos y la transición se hace más fácil, lo cual es aparente de acuerdo a un número de anuncios recientes de productos que colocan al equipo de GSM 850 en el mercado al final del año 2001. AirNet Communications, Alcatel, Ericsson, Lucent, Motorola y Nokia ya han anunciado la disponibilidad próxima del equipo GSM 850 incluyendo los centros de conmutación móviles, las estaciones de base, los controladores de las estaciones de base, los sistemas de manejo de la red, las soluciones de software y los terminales. Un "transceiver" de GSM de 850 MHz que puede ser avanzado a EDGE estará disponible comercialmente a fin de año. Los costos de las terminales de GSM 850 deberían ser prácticamente los mismos que para el GSM 900 y el 1900. No hay razón técnica para que existan diferencias en precios, los componentes son en gran medida los mismos que los que se encuentran en las terminales de GSM.

Los operadores de TDMA con un espectro de solo 850 MHz que contemplan un superposicionamiento de CDMA deben hacer una evaluación realista de los costos de esta opción. Mientras que tanto CDMA como TDMA comparten la tecnología de la red inalámbrica inteligente ANSI-41, esta condición no ofrece mayores ahorros para un operario que busca la transición de TDMA de CDMA. El costo mayor de desplegar un sistema inalámbrico proviene de la compra de estaciones de base y terminales. Los operarios que adoptan una solución parcial convirtiendo una parte de la red a CDMA necesitarán que sus clientes se desactualicen a un servicio únicamente analógico en áreas donde CDMA no ha sido desplegado, debido a la falta de un terminal de CDMA-TDMA.

Mientras que los costos de reemplazar un sistema TDMA por uno CDMA son ciertamente bien conocidos, la posibilidad de convertir un conmutador TDMA a uno híbrido



CDMA/TDMA, puede involucrar un alto costo. Más aún, cualquiera de esos operadores se vería forzado a competir con aparatos que serían probablemente más costosos que aquellos disponibles a través de las soluciones basadas en GSM.

Incluso sin tener acceso a costos estimados exactos por parte de los fabricantes, la gran cantidad y variedad de equipo basado en GSM sugiere que las economías de escala y las capacidades de roaming internacional crearán un costo comparativo más favorable para la solución basada en GSM en lo relacionado con la disponibilidad y los costos de infraestructura y terminales proyectados. En contraste, los costos y las múltiples incertidumbres asociadas con el superposicionamiento posible de la red de TDMA con CDMA2000 1X debería desalentar la adopción de esta solución.

4.4. CONCLUSIONES

La comparación entre WCDMA y CDMA2000 realizada en este capítulo teniendo en cuenta los diferentes aspectos, permiten tener mayor claridad y conocimiento sobre estas tecnologías, proporcionando de esta manera los puntos de referencia en la evaluación de los caminos de evolución hacia los sistemas 3G que llevaron a las diferentes operadoras a adoptar una u otra tecnología.

En Colombia el dilema para escoger el camino de migración hacia 3G, se resolvió teniendo en cuenta aspectos de tipo comercial más que de aspecto técnico, ya que los proveedores de infraestructura como Nortel y Ericsson presentaron sus equipos para cualquiera de las dos tecnologías, sin embargo lo importante para las operadoras en Colombia era la de competir con nuevos y mejores servicios ante la competencia de una nueva operadora Colombia Móvil con PCS que viene con tecnología GSM, luego COMCEL de Colombia escogió a GSM como su nueva tecnología y BELLSOUTH Colombia se inclinó por CDMAONE para migrar luego hacia CDMA2000.

BELLSOUTH ha puesto a disposición de los usuarios los terminales CDMA1X con los cuales habilita el acceso a los nuevos servicios, mientras COMCEL ofrece la Tarjeta Inteligente SIM CARD para actualizar los terminales de usuario y así puede ofrecer los servicios que lo mantengan en firme competencia.

Puede pensarse que los operarios latinoamericanos de TDMA que han seleccionado una solución basada en GSM para la evolución de sus redes a servicios avanzados por encima de la solución basada en CDMA2000 1X, sufrirán de riesgos menores debido a las economías de escala y a las protecciones para los inversionistas. Además, las capacidades técnicas de las soluciones basadas en GSM les permitirán lograr tasas de datos comparables y soluciones integradas de voz y datos que utilizan el espectro eficazmente.



CAPITULO 5

5. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIOS DE INTERNET SOBRE REDES 3G

5.1. INTRODUCCIÓN

Con la convergencia de Internet y las redes de telefonía móvil que juntas forman la llamada Internet Móvil y con el incremento de la velocidad de datos de las redes 3G, se espera ofrecer la posibilidad de estar siempre conectados accediendo y utilizando una serie de nuevas aplicaciones y servicios de datos basados en tecnología IP, los cuales hacia el futuro serán la clave del éxito para los operadores de red y proveedores de los mismos ya que los servicios serán el motor de crecimiento para la industria de las comunicaciones.

Para la creación y despliegue de todas estas aplicaciones y servicios sobre las redes de tercera generación es necesario tener en cuenta una serie de criterios o requerimientos que permitan ofrecerlos a los usuarios de una manera eficiente, esto es, con la calidad de servicio y nivel de seguridad apropiados.

En este capítulo, con base en los requerimientos para soportar servicios de datos de las tecnologías de acceso radioeléctrico abordadas en los capítulos 2 y 3 y después de considerar los aspectos más importantes relacionados con los servicios de Internet Móvil, se definen dichos criterios y se describe el “Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia” sobre el cual se hará el modelamiento con la aplicación de los mismos.

5.2. EL MODELO FUNCIONAL DE LAS REDES 3G

Antes de abordar el tema de los servicios de Internet sobre redes de tercera generación, es importante remitirse al modelo funcional [1] de estas redes para entender el funcionamiento de los diferentes servicios que se pueden desarrollar y poner en marcha, ya que dependiendo del tipo, pueden estar involucradas Entidades Funcionales en su construcción, al ser requeridos servicios o datos que ellas pueden proporcionar.

Luego, de ese modelo funcional sólo se identificarán las entidades funcionales relacionadas con el Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia durante su proceso de descripción y modelamiento.

5.3. LOS SERVICIOS DE INTERNET SOBRE REDES 3G

La Internet Móvil se podría definir como la extensión de los nodos de Internet a los equipos conectados por medio de redes inalámbricas, lo cual les aporta una movilidad imposible de conseguir con conexiones cableadas, permitiendo a un equipo conectado a través de una red sin hilos tener acceso, de manera global, al mundo de la información y



de los servicios disponibles en la red de redes, utilizando para ello los métodos de comunicación propios de Internet: la familia de protocolos TCP/IP, además de aportar un conjunto de sistemas, tecnologías y protocolos y todos los mecanismos, sistemas y plataformas necesarios para que un operador pueda gestionar y operar una red sobre la que pueda ofrecer nuevos servicios:

- Información/Entretenimiento: noticias, deportes, cine, teatro, directorio, páginas amarillas.
- Viajes/Localización: información de tráfico, servicios de navegación, servicios de localización, itinerarios actualizaciones de horarios de viaje.
- Acceso a Internet: web browsing, portales, VHE.
- Mensajería Móvil (Mensajería Multimedia): SMS, email, Mensajería Unificada.
- e- Business: operaciones bancarias en línea, agente de bolsa inteligente (Intelligent brokering), juegos/apuestas.
- e- Commerce: compras interactivas, dinero electrónico (e- Cash), descarga de música, venta electrónica de tiquetes.
- Descarga y Flujo Multimedia: Servicios de Medios de Flujo (Streaming), Servicios de Medios de Descarga.
- Llamadas Multimedia
- Aplicaciones Clientes Java

5.3.1. Las Oportunidades de Internet Móvil

El modelo de negocio basado en Internet Móvil requiere por parte de los operadores y proveedores:

- Entendimiento de la movilidad y las características de los negocios móviles.
- Velocidad: velocidad en el desarrollo de aplicaciones y terminales para segmentos de consumidores refinados, velocidad en la creación de nuevos servicios y velocidad en el desarrollo y presentación de la red.
- Calidad del servicio y tiempos de respuesta (servicios de medios, servicios de hosting, voz y contenido digitalizado, contenido personalizado).
- Explotación de diferentes formatos de entrega de contenidos al canal (móvil, TV, PC).

Es por esto que en el mercado cada vez más competitivo de proveedores de sistemas 3G, los ganadores serán quienes entiendan la complejidad de la movilidad, la importancia del protocolo IP y las expectativas del usuario final.

5.3.2. Componentes de Internet Móvil

En la Figura 5.1 se muestran los distintos componentes que constituyen la infraestructura y entorno básicos sobre los que se construirá el conjunto de servicios que forman la Internet Móvil. En ella se sintetizan los requerimientos para la creación y despliegue de las aplicaciones y servicios que pretenden satisfacer las expectativas de los clientes.

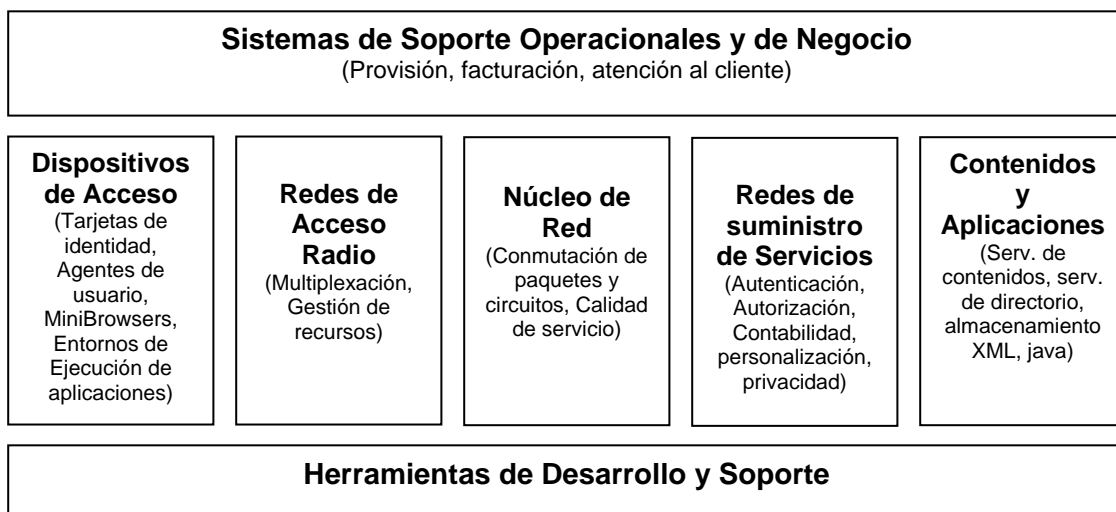


Figura 5.1. Componentes de Internet Móvil

5.4. REQUERIMIENTOS PARA INTERNET MÓVIL

A partir de las oportunidades y de los componentes necesarios para ofrecer servicios de Internet sobre redes 3G, se puede decir que los requerimientos para el desarrollo y despliegue de estos servicios pueden ser identificados desde varios puntos de vista:

- **Usuarios:** para establecer lo que los usuarios esperan de los servicios, sus expectativas, sus necesidades, sus requerimientos de personalización y de ubicuidad.
- **Operadores de Red:** para establecer los requisitos de infraestructura tecnológica requerida para el despliegue de los servicios.
- **Proveedores de Servicios y Aplicaciones:** para establecer los requisitos de diseño, desarrollo y habilitación para la prestación de los servicios y aplicaciones.

5.4.1. Requerimientos desde la perspectiva de los Usuarios

Los usuarios de los servicios de Internet Móvil necesitarán que les sean proporcionados servicios con características de movilidad, con tasas altas de datos y manejo de los mismos de acuerdo a un perfil propio de usuario, además de los mecanismos y facilidades para accederlos. En esencia el éxito de Internet Móvil, desde el punto de vista de los usuarios depende de cuatro nuevas funciones:

- **Movilidad:** para hacer que Internet y las aplicaciones empresariales se encuentren disponibles mientras el usuario se mueve.
- **Personalización:** para otorgar al usuario las prestaciones y el contenido que requiera, independientemente de dónde se encuentre y qué tipo de terminal esté utilizando.
- **Localización:** para proporcionar al usuario móvil información y servicios específicos, según dónde esté al momento de usar las redes.

- **Calidad del servicio y tiempos de respuesta:** para proveer al usuario acceso rápido y seguro a los servicios.

5.4.2. Requerimientos desde la perspectiva de los Operadores de Red

Las redes móviles 3G van a ser megaredes en comparación con las IP empleadas para Internet y las intranets que existen hoy en día. Será necesario añadir nuevas funciones y conceptos para gestionar estas redes y servicios. IPv6, que ofrece soporte de direccionamiento ampliado, es un componente fundamental para facilitar la construcción de redes muy grandes basadas en IP.

Requerimientos de una Red Multiservicio

Para que las redes de 3G sean realmente multiservicio y permitan la implementación de servicios de Internet, se requiere una arquitectura de red distribuida, con independencia del servicio y del transporte, con un ancho de banda eficiente además de poseer opciones para servicios integrados:

- **Arquitectura de red por capas:** para poder construir una red eficiente y crear servicios flexibles, las funciones y los nodos de la red se estructuran en forma de capas (Figura 5.2), de las cuales una se dedica a servicios, otra a controlar la red y otra a conectividad. Esto permitirá a los operadores introducir y sacar al mercado nuevas aplicaciones y servicios con mayor rapidez.

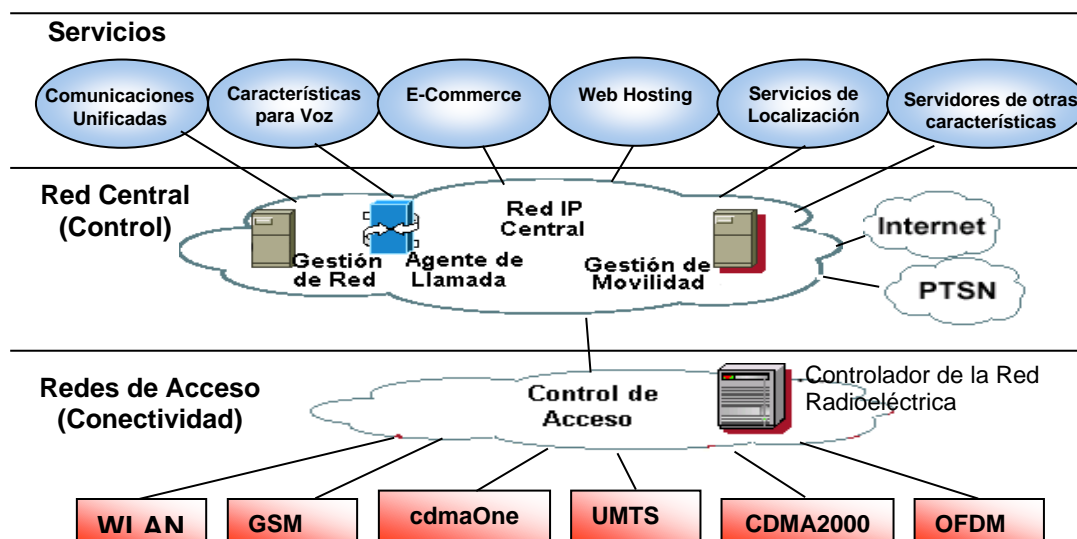


Figura 5.2. Arquitectura de red estratificada

- **Red de servicio basada en IP:** Los servicios van a ser la pieza clave en torno a la cual giren las redes 3G: al usuario se le facturará por los servicios prestados en lugar de por el uso de la red. La red de servicio (Figura 5.3) se basa en IP y está diseñada para una rápida implantación y una fácil gestión de múltiples servicios para el usuario.



Los componentes y la arquitectura de red de las capas de control y conectividad deben ofrecer un servicio transparente, es decir, deben permitir la introducción de nuevos servicios para el usuario final sin necesidad de efectuar modificaciones en las capas de control y conectividad.

- **Tecnología de transporte IP:** La transparencia en el servicio de red exige una red de transporte multiservicio para la red de conectividad capaz de transportar datos, voz y otros servicios con eficacia, tanto en términos de gestión como de uso del ancho de banda. Asimismo, debe mejorar o al menos mantener la calidad de voz actual. En este contexto, Calidad de Servicio (CS) implica controlar los retrasos en la red (características en tiempo real) y la disponibilidad del servicio (operadores).

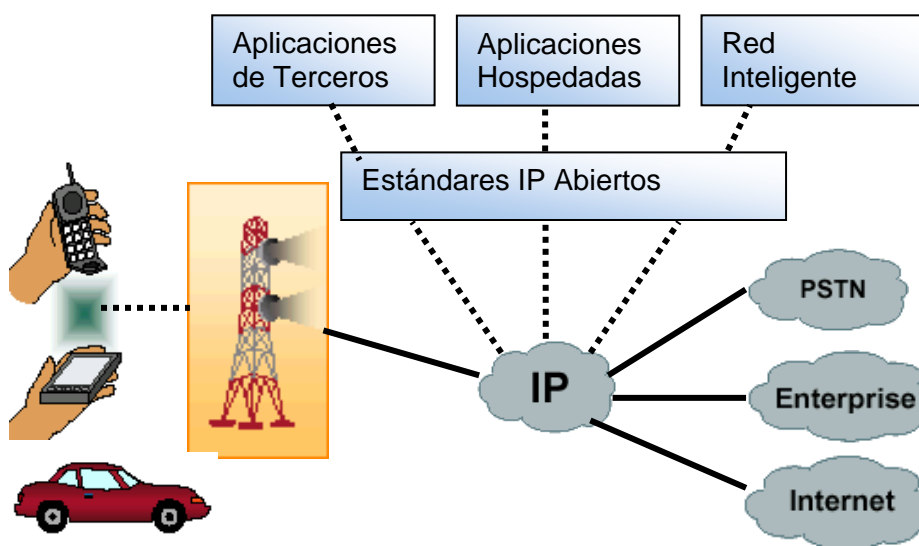


Figura 5.3. Servicios y Transporte basados en IP

En general se considera que el IP (IPv6) va a ser la base sobre la que se construyan las redes de conectividad multiservicio, incluyendo en muchos casos el sistema ATM como tecnología de apoyo para poder ofrecer CS y gestionar la capacidad de la red.

- **Control de llamadas multimedia IP:** el cual permitirá establecer sesiones multimedia en tiempo real sobre la red IP. Esta tecnología se utilizará inicialmente para efectuar llamadas multimedia, como por ejemplo, videotelefonía. A largo plazo esto rentabilizará el servicio de telefonía de voz sobre plataformas multimedia IP.

5.4.3. Requerimientos desde la perspectiva de los Proveedores de Servicios

Requerimiento de tecnologías de desarrollo y soporte

La posibilidad de descarga y ejecución de todo tipo de aplicaciones en los terminales móviles, estimulada por la aparición de nuevos estándares de comunicaciones (CDMA, WAP, MMS, GPRS y UMTS) y la mejora en las capacidades de procesado y



presentación, requieren de una plataforma software sobre la que puedan ejecutarse dichas aplicaciones.

Las principales plataformas software para terminales móviles existentes en la actualidad, y que se prevén como dominantes en el futuro más próximo, son: Java 2 Micro Edition (J2ME), Microsoft Pocket PC 2002 Phone Edition, Microsoft Windows Powered Smartphone y los sistemas operativos Symbian y Palm, las cuales cuentan con sus respectivos terminales.

También se han desarrollado tecnologías de adaptación y presentación de contenidos como XML, JSP, XSL J2ME, WML (y su evolución XHTML).

Requerimientos del proceso de desarrollo y despliegue de los servicios

El proceso de creación de los servicios de Internet Móvil implicará una serie de pasos que pueden ser seguidos para lograr un servicio que satisfaga las necesidades de sus usuarios. Estos pasos serán:

- Identificar las características propias del servicio a partir de su definición.
- Identificar los requerimientos de tecnología (Protocolos).
- A partir del modelo funcional de la red de tercera generación, identificar las entidades y funcionales y su relación con las características identificadas para el servicio.
- Seleccionar y aplicar el proceso de desarrollo que se seguirá para dar cuerpo a los diferentes componentes funcionales (clases) que permitirán construir el servicio.

5.5. SERVICIO DE ASISTENCIA REMOTA EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Un teléfono móvil (inalámbrico o celular) es un instrumento de emergencia muy útil, ya que puede llevarse prácticamente a todas partes, lo que permite a ciertos usuarios poder llamar para pedir ayuda si se produce una situación de emergencia. Además, como ya se dijo las tecnologías móviles basadas en la posición brindan enormes posibilidades para el suministro de nuevos servicios y aplicaciones inalámbricas, entre las cuales figuran los servicios de emergencias tales como los E911 en Estados Unidos y los E112 en Europa.

5.5.1. Definición del Servicio

El Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia es un servicio basado en la localización automática del móvil, que permite a los usuarios acceder a una aplicación de Internet móvil y pedir la atención o asistencia desde una entidad apropiada (bomberos, policía, médico, grúa, mecánico, etc) estableciéndose una comunicación multimedia para asistir y realizar el seguimiento remoto en la situación específica presentada.

5.5.2. Características del Servicio

El Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia podría catalogarse dentro de los Servicios de Emergencia, por lo tanto es necesario que se tengan como base las características propias de estos servicios como son la fiabilidad, localización rápida del usuario, además de contar con:



- Autenticación rápida del usuario
- Protección de seguridad de tráfico (No Rastreabilidad)
- Acceso preferencial a las facilidades de telecomunicaciones
- Establecimiento preferencial de las comunicaciones
- Enrutamiento preferencial del tráfico (información de posición y de audio y video)
- Uso preferencial de recursos operacionales restantes para tráfico
- Prioridad opcional de tráfico de no emergencia
- Confiabilidad/Disponibilidad

5.5.3. Requerimientos de Tecnología

A partir de la definición, se puede ver que para la prestación del Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia se necesita acceder a información de localización del usuario, la cual será solicitada a la entidad funcional de la red correspondiente. Además se requiere del tratamiento propio para información multimedia que se genera de la comunicación entre el usuario y la entidad que lo atiende.

Multimedia Móvil

Las tecnologías de multimedia móvil serán las que permitan hacer un seguimiento de la situación de emergencia en la prestación del servicio para facilitar la labor de asistencia, por lo tanto es necesario conocer los requerimientos y procesos que implicados.

La provisión de servicios multimedia sobre redes habitualmente se denomina con el término streaming, el cual pretende señalar los requisitos de tiempo real requeridos: se necesita un flujo continuo y mantenido debido a que el transporte y el tratamiento de datos se producen de forma simultánea. Para éste, los requisitos de red son necesariamente más exigentes que en otro tipo de servicios: las disminuciones del ancho de banda disponible o variaciones de latencia en recepción disminuyen la calidad del servicio, con interrupciones y saltos muy notables de audio y vídeo. La Figura 5.4 ilustra un proceso completo de streaming multimedia.

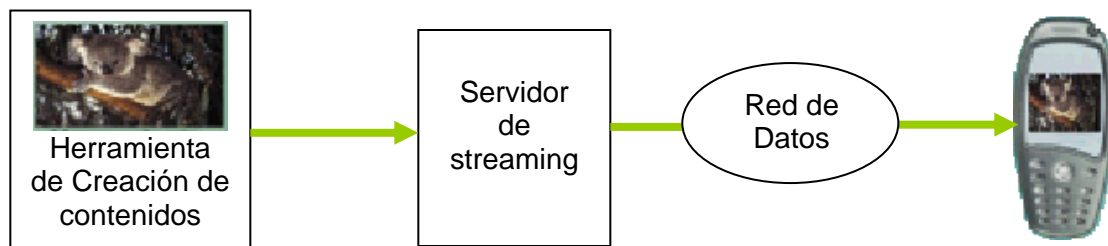


Figura 5.4. Distribución de contenidos multimedia



El establecimiento de una red con servicios multimedia no es una tarea trivial. Las características de la transmisión de datos multimedia y las características de Internet implican muchas dificultades [22]:

- Composición y recuperación del video multimedia con distintos tipos de datos.
- Necesidad de decodificadores de contenidos en el terminal del cliente.
- Requerimiento de un ancho de banda muy alto.
- Los datos de audio y vídeo se deben reproducir con el mismo régimen en que han sido muestreados.
- Muchas aplicaciones multimedia requieren que la transmisión sea en tiempo real, es el caso de las aplicaciones de Voz sobre IP (VoIP).
- Generalmente, las aplicaciones multimedia generan tráfico a ráfagas que pueden saturar los búferes intermedios del cliente (en los decodificadores, por ejemplo).
- Cuando las aplicaciones multimedia sean *multicast* habrá mucho tráfico en la red.
- Los recursos compartidos de la red no siempre están disponibles, sin embargo, las aplicaciones en tiempo real requieren un ancho de banda garantizado.
- Internet es una red de conmutación de paquetes lo cual no puede garantizar que los datos en tiempo real lleguen a su destino de forma secuencial y ordenada.
- Es necesario definir algunas aplicaciones estándar que presenten los datos multimedia.
- Debido a que Internet transporta todo tipo de tráfico, cada cual con sus características y requisitos se hace necesario clasificar el tráfico, asignando distinta prioridad a las distintas aplicaciones, y hacer las reservas de recursos correspondientes.
- Surgirán, además, nuevas dificultades provenientes de las características de las redes móviles inalámbricas: dificultad de sincronización de *streams*, tiempos de latencia de red excesivos, problemas para transmisión de voz interactiva en tiempo real, etc.

El servicio de streaming multimedia de las redes de conmutación de paquetes está siendo estandarizado por el 3GPP y el 3GPP2 basándose en las partes de control y transporte de los protocolos del IETF/W3C RTSP (Real Time Streaming Protocol), RTP (Real Time Transport Protocol) RTCP (Real Time Control Protocol) y SDP (Session Description Protocol), cuyo stack de protocolos se puede ver en la Figura 5.5.

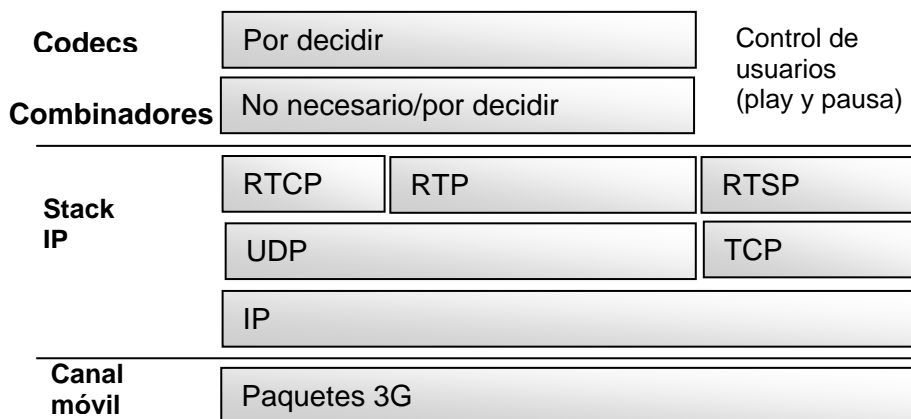


Figura 5.5. Protocolos 3GPP/3GPP2 para el servicio de Streaming



Estos protocolos sientan las bases para los servicios integrados en tiempo real. Los servicios integrados permiten manejar una sola infraestructura para las aplicaciones multimedia y las aplicaciones tradicionales. Es un acercamiento integral para proveer a las aplicaciones el tipo de servicio que necesitan y en la calidad deseada.

Real Time Transport Protocol (RTP): Protocolo de Transporte en Tiempo Real, es un protocolo IP que proporciona soporte para el transporte de datos en tiempo real, como streams de vídeo y audio. Los servicios proporcionados por RTP incluyen la reconstrucción de temporizaciones, la detección de pérdida de paquetes y la seguridad e identificación de contenidos. RTP se ha diseñado principalmente para la transmisión multicast, pero también puede ser utilizado en unicast. Se puede usar igualmente para transporte unidireccional, por ejemplo el video-on-demand, o para servicios interactivos, como la telefonía por Internet. RTP trabaja conjuntamente con el protocolo auxiliar de control para obtener realimentación acerca de la calidad de transmisión y para obtener información acerca de los participantes en la sesión.

Real Time Control Protocol (RTCP): Protocolo de Control de Tiempo Real, es un protocolo diseñado para trabajar conjuntamente con RTP. En una sesión RTP, los participantes se envían periódicamente paquetes RTCP para tener realimentación sobre la calidad de recepción.

Real Time Streaming Protocol (RTSP): Protocolo de Streaming en Tiempo Real, siendo un protocolo multimedia cliente-servidor de presentación para permitir el despacho controlado de los datos multimedia a través de la red IP. Proporciona una interfaz, al estilo de un reproductor de vídeo, con funciones de control remoto como "pausa", "avance rápido", "atrás" e "ir a posición". Las fuentes de datos pueden ser tanto en directo como en diferido.

Resource Reservation Protocol (RSVP): Protocolo de Reservación de Recursos, es el protocolo de control de red que permite al receptor de datos solicitar una determinada calidad de servicio punto a punto. Las aplicaciones en tiempo real usan RSVP para reservar los recursos necesarios en los routers a lo largo de los caminos de transmisión, de tal manera que el ancho de banda requerido esté disponible cuando la transmisión tenga lugar. RSVP es el principal componente de los servicios integrados por Internet, puede proporcionar tanto servicios en tiempo real (garantiza una calidad) como servicios best-effort (se hace lo que se puede).

Session Description Protocol (SDP): Protocolo de Descripción de Sesiones, es una sintaxis de descripción de la sesión, basada en texto, que informa de la dirección del servidor, de los contenidos de los streams y códecs necesarios y de los contenidos solicitados durante la sesión por el cliente.

Composite Capability/Preference Profiles (CC/PP): Perfiles de Capacidad/Preferencia Compuesta, permite el formateo o adaptación de los contenidos para que se adapten a las capacidades del terminal, de acuerdo a las disponibilidades software y hardware y a las preferencias de usuario.

Synchronised Multimedia Integration Language (SMIL): Lenguaje de Integración de Multimedia Sincronizada, es un lenguaje basado en XML que permite a los autores



describir el comportamiento temporal de las presentaciones multimedia, asociar hyperlinks con determinados objetos e incluso realizar la descripción de la presentación en pantalla.

5.5.4. Identificación de Entidades Funcionales

Las Entidades Funcionales del modelo funcional de la red 3G directamente relacionadas con la prestación del Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia son las FEs relacionadas con el control de servicios de datos por paquetes [23], mostradas en la Figura 5.6. A continuación se incluye un descripción breve de estas FEs:

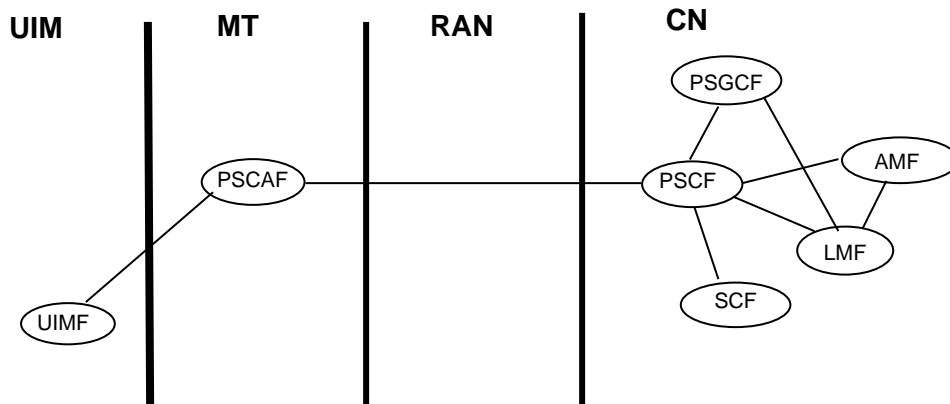


Figura 5.6. FEs relacionadas con el Servicio de Datos por Paquetes

En términos generales las FEs de este modelo tienen las siguientes funciones en la prestación de servicios de datos en las redes 3G basadas en IMT-2000:

- **PSCF** – Packet Service Control Function: Función de Control del Servicio de Paquetes, proporciona la funcionalidad para el control del servicio de paquetes en la red central IMT-2000.
- **PSGCF** – Packet Service Gateway Control Function: Función de Control de Pasarela del Servicio de Paquetes, proporciona la funcionalidad de control de pasarela del servicio de paquetes en la red central de IMT-2000.
- **PSCAF** – Packet Service Control Agent Function: Función de Agente de Control del Servicio de Paquetes, proporciona la funcionalidad de agente de control del servicio de paquetes en el terminal móvil IMT-2000.
- **AMF** – Authentication Management Function: Función de Gestión de Autenticación, manipula el almacenamiento y acceso a los datos de autenticación. También provee la función de autenticación y control de confidencialidad.
- **UIMF** – User Identification Management Function: Función de Gestión de Identificación de Usuario, proporciona los medios para identificar al usuario IMT-2000 y al terminal móvil hacia la red y/o hacia el proveedor de servicio, y contiene capacidad de procesamiento para autenticación y manejo del servicio en la UIM.



- **LMF** – Location Management Function: Función de Gestión de Localización, contiene la lógica básica de movilidad del terminal. Soporta gestión de localización, gestión de estado de activación y gestión de identidad. Interactúa con otras FEs para acceder a lógica adicional o compartir información (datos de usuario o de red). Además maneja el almacenamiento y acceso a datos de movilidad del suscriptor.
- **SCF** – Service Control Function: Función de Control del Servicio, contiene la funcionalidad completa del control del servicio de la RI. La lógica del servicio puede ser disparada mediante el procesamiento de llamada, gestión de movilidad o eventos no asociados con llamada. La SCF interactúa con otras FEs para acceder a lógica adicional o para obtener información (datos de servicio, usuario o red) requerida para procesar una instancia lógica de servicio.

5.5.5. Selección y aplicación del proceso de desarrollo al Servicio

Para el desarrollo del Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia se adopta el Proceso Unificado de Rational (RUP) [24] para el desarrollo de software utilizando el Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML) para realizar la captura de requisitos, análisis y diseño, actividades necesarias para cumplir las fases de Gestión, Preparación, Construcción y Transición de este proceso. Es importante aclarar que la aplicación de este proceso de desarrollo no se hará en sentido estricto porque no puede cumplirse con todas las actividades contempladas para el desarrollo con UML.

Por constituirse este servicio como una aplicación web (web móvil) se utilizará la notación (estereotipos) UML para modelamiento de este tipo de aplicaciones. El modelamiento correspondiente puede verse en el Anexo B de este documento.

5.6. CONCLUSION

La definición de criterios o requerimientos para soportar servicios de Internet sobre redes 3G, realizada en este capítulo, pueden convertirse en un referente importante a la hora de desarrollarlos y desplegarlos y aunque la estructura de red en capas independiza cada una de las capas una de otra, es importante conocer como funciona el sistema sobre el cual serán prestados estos servicios. Esto ayudará a definir los requerimientos particulares para cada tipo de servicio y facilitar de esta manera su construcción y puesta a disposición de los usuarios.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La transición de los sistemas de comunicaciones móviles actuales hacia los próxima generación, la cual conduce a una convergencia inevitable de Internet y éstos, necesita que se cumplan por parte de los operadores y proveedores de servicios una serie de requerimientos los cuales implican factores de tipo técnico y comercial en la selección de una tecnología de acceso radioeléctrico que les permita cumplir con las expectativas de los usuarios de los servicios y las expectativas propias.

Dependiendo del conocimiento y apropiación de todo ese proceso de evolución es posible que se pueda tener éxito en esa selección. Es importante decir que la selección que los operadores hagan no necesariamente depende de los factores arriba mencionados que puedan perfilarse como los más favorables para una u otra tecnología, sino de la capacidad económica poseída o por simple competencia.

La realización de este trabajo de grado, además de identificar los requerimientos para soportar servicios de datos sobre redes 3G que utilicen CDMA2000 o WCDMA como las tecnologías de acceso, proporciona los criterios que se pudieran tener en cuenta para hacer una selección consciente de la mejor opción.

Debido a que este trabajo complementa una serie de investigaciones que sobre redes de tercera generación se están realizando en el GNTT de la FIET, constituye una buena referencia para la profundización de los temas abordados así como para los que están relacionados con los mismos y que se pudieran trabajar para construir una base de conocimiento respecto a estas tecnologías de última generación. Por ejemplo, se podría abordar cada una de las Fases de CDMA2000 o las Releases de UMTS y realizar un estudio detallado de cada una de ellas desde el punto de vista de los requerimientos funcionales y de infraestructura, así como, el estudio de IP como protocolo de transporte, control y señalización en una red Todo IP.

Sería importante, de igual manera, abordar el tema de Gestión de Red para los sistemas 3G y los requisitos en su migración desde redes anteriores.

Desde el punto de vista de los servicios, sería importante trabajar sobre el desarrollo de prototipos en un entorno de desarrollo y simulación que cuente con las características multimedia de los sistemas 3G en el que pueda verse su funcionamiento.



DESCRIPCIÓN DE ANEXOS

ANEXO A

MODULACIÓN DE ESPECTRO ENSANCHADO Y CÓDIGOS DE WALSH

Describe la técnica de modulación de espectro ensanchado y la utilización de códigos de Walsh en la generación de señales para las tecnologías de acceso radioeléctrico WCDMA y CDMA2000.

ANEXO B

MODELO DE REQUISITOS, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SERVICIO DE ASISTENCIA REMOTA EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Presenta las actividades del modelamiento del Servicio de Asistencia Remota en Situaciones de Emergencia haciendo uso del Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML) para la captura de requisitos, análisis y diseño con la utilización de los estereotipos definidos por Rational para el desarrollo de aplicaciones Web.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] GUERRÓN MELO, Juan Pablo y MUÑOZ ERAZO, Jairo. Servicios de Tercera Generación Soportados en IMT-2000. Universidad del Cauca. 2002.
- [2] SÁNCHEZ COLLAZOS, Mónica y MOSQUERA PISSO, Victor M. Gestión de Servicios Conversacionales en el Sistema IMT-200 desde la perspectiva TMN. Universidad del Cauca. 2001.
- [3] VALLE, Luis Eduardo. Los Servicios Wireless Multimedia, CapIII, Tesis de Maestría. ITBA. Argentina. 2002.
- [4] UNAM. http://telecom.fi-b.unam.mx/Telefonia/Telefonia_Celular2.htm.
- [5] ALVAREZ JURADO, Luis Fernando y MORALES, Gustavo Adolfo. IPv6 para Manejo de Redes Multiservicio. Universidad del Cauca. 2003.
- [6] 3GPP2 P.R0001 Version 1.0.0 2. Wireless IP Architecture Based on IETF Protocols. Version Date: July 14, 2000.
- [7] Telefónica Data. Requisitos de los Servidores Radius de Cliente para los Servicios de Telefónica Data España. Telefónica Data España, S.A, 2000.
- [8] CISCO SYSTEMS. Cisco Lightstream ATM Switches Configuring System Management Functions - Cisco Systems.html
- [9] WONG, Jenne and HUNT, Ray. Security Architectures in Wireless and Mobile Networks. Associate Professor, Department of Computer Science University of Canterbury, New Zealand.
- [10] CDMA Development Group. <http://www.cdg.org/technology/3g/migration.asp>.
- [11] DALAL, Neerav y PARAMESHWAR, Narayan y otros. 1x Evolution Alternatives. Award Solutions, Inc. 2003.
- [12] SIEMENS. 3G Wireless Standards for Cellular Mobile Services. The Siemens View.
- [13] IP, Benjamín. 3G Wireless Network Architecture UMTS vs. CDMA2000. Wireless and Mobile. Networking II Columbia University.
- [14] 3GPP2 P.S0001-A 2. Wireless IP Network Standard Version 3.0.0 3. Version Date: July 16, 2001.
- [15] KNISELY, Douglas N., KUMAR, Sarath y otros. Evolution of Wireless Data Services: IS-95 to cdma2000. Lucent Technologies. 1998.



- [16] Análisis y Diseño de una Red de Tercera Generación basada en CDMA2000 para la Ciudad de Popayán.
- [17] CUERVO V., Miguel. UMTS sobre IP. Sistemas Computacionales de Alta Velocidad. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- [18] HIDROVO, José M. LA EVOLUCIÓN HACIA LA 3ª GENERACIÓN DE COMUNICACIONES MOVILES.
- [19] CDG. GSM o CDMA: Los Desafíos Comerciales y Tecnológicos para las peradoras de TDMA. THE SHOSTECK GROUP. CDMA Development Group. 2001.
- [20] HERRERA G., Francisco J. y otros. Panorámica actual de la estandarización de los sistemas celulares de tercera generación. Telefónica Móviles, Telefónica Móviles España y Telefónica Investigación y Desarrollo. Comunicaciones de Telefónica I+D Número 21. 2001.
- [21] DIAZ M., Carlos. ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS EN LA RED DE ACCESO UMTS R-99.
- [22] Telefónica Investigación y Desarrollo, S.A. Unipersonal Madrid. Comunicaciones de Telefónica I+D número 21. España 2003.
- [23] ITU-T. Network functional model for IMT-2000. Recomendación Q.171.
- [24] RENDÓN G, Álvaro. El lenguaje Unificado de Modelado. Universidad del Cauca. 2000.



GLOSARIO

Acrónimo

2,5G	Segunda y Media Generación de Comunicaciones Móviles
2G	2nd Generation: Segunda Generación de Comunicaciones Móviles
3G	3rd Generation: Tercera Generación de Comunicaciones Móviles
3GPP	Third Generation Partnership Project: Proyecto de Asociación para servicios de Tercera Generación
3GPP2	Third Generation Partnership Project 2: Proyecto de Asociación para servicios de Tercera Generación 2
AAA	Authentication, Authorization and Accounting: Autenticación, Autorización y Contabilidad
AAL2	ATM Adaptation Layer type-2: Capa de Adaptación de ATM de Nivel 2
AMPS	Advanced Mobile Phone System: Sistema de Telefonía Móvil de Avanzada
ANSI	American National Standards Institute, USA: Instituto Nacional de Estándares Americano
ARIB	Association of Radio Industries and Business, Japan: Asociación de Radio para la industria y los negocios de Japón.
ASP	Application Service Provider: Proveedor de Servicio de Aplicaciones
ATM	Asynchronous Transfer Mode: Modo de Transferencia Asíncrono.
BCFE	Broadcast Control Functional Entity: Entidad Funcional de Control de la Difusión
BMC	Broadcast/Multicast Control Protocol: Protocolo de Control de Difusión/Multidifusión
BSC	Base Station Controller: Controlador de Estación Base.
BSS	Base Station Subsystem: Subsistema de Estación Base
BTS	Base Station Transceiver: Estación Transceptora Base
CAMEL	Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic: Aplicaciones Personalizadas para Lógica Mejorada de Red Móvil
CAP	CAMEL Application Part: Parte de Aplicación CAMEL.
CC	Call Control: Control de Llamada
CDMA	Code Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Código.
CN	Core Network: Red troncal o núcleo de red
CHAP	Challenge Authentication Protocol: Protocolo de Autenticación de Recusación
CRNC	Controlling RNC: RNC Controlador
CSCF	Call State Control Function: Función de Control de Estado de Llamada
CSD	Circuit Switched Data: Datos Conmutados Por Circuito
CT1	Cordless Technology 1: Tecnología Sin Cordón de Primera Generación
CT2	Cordless Technology 2: Tecnología Sin Cordón de Segunda Generación
DCFE	Dedicated Control Functional Entity: Entidad Funcional de Control Dedicado
DECT	Digitally Enhanced Cordless Technology: Tecnología Sin Cordón Mejorada Digitalmente
DRNC	Drift RNC: RNC Derivado
DS	Direct Sequence: Secuencia Directa



EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution: Datos Mejorados para GSM
EMS	Enhanced Messaging Service: Servicio de Mensajería Mejorado
ESP	Encapsulating Security Payload: Encapsulado Seguro de Carga Util
ETSI	European Telecommunications Standards Institute: Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones
FA	Foreign Agent: Agente Foráneo
FDD	Frequency Division Duplex: Duplexación por División de Frecuencia.
FDMA	Frequency Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
FH	Frequency Hopping: Salto de Frecuencia
GAIT	Equipo de interoperabilidad entre GSM y ANSI 136
GEO	Geostationary Satellites: Satelites Geostacionarios.
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network: Red de Acceso Radioeléctrico GSM/EDGE.
GGSN	Gateway GPRS Support Node: Nodo de Soporte de Soporte de Pasarela GPES.
GMLC	Gateway Mobile Location Center: Centro de Localización Móvil de Pasarela.
GPRS	General Packet Radio Service: Servicio General de Radiotransmisión de Paquetes de Datos.
GSM	Global System for Mobile communications: Sistema Global de Telecomunicaciones Móviles.
HA	Home Agent: Agente Propio
HLR	Home Location Register: Registro de Ubicación Propio
HSCSD	High Speed Circuit-Switched Data: Datos Conmutados por Circuito de Alta Velocidad
HSS	Home Subscriber Server: Servidor Propio de Suscriptores
HTML	Hyper-Text Markup Language: Lenguaje de Marcado de Hipertexto
IKE	Internet Key Exchange: Intercambio de Clave de Internet
IMEI	International Mobile Equipment Identity: Identidad Internacional de Equipo Móvil
IMS	Multimedia Subsystem: Subsistema Multimedia
IMSI	International Mobile Subscriber Identity: Identidad Internacional de Abonado Móvil
IMT-2000	International Mobile Telecommunications: Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000.
IN	Intelligent Network: Red Inteligente
IP	Internet Protocol: Protocolo Internet
IPCP	IP Control Protocol: Protocolo de Control de IP
ISDN	Integrated Services Digital Network: Red Digital de Servicios Integrados.
ITU	Union Internacional de Telecomunicaciones
Iu CS	Interfaz para conmutación de Circuitos
Iu PS	Interfaz para conmutación de Paquetes
LAC	Link Access Control: Control de Acceso al Enlace
LCP	Link Control Protocol: Protocolo de Control de Enlace
MAC	Medium Access Control: Control de Acceso al Medio
MAP	Mobile Application Part: Parte de Aplicaciones Móviles
MExE	Mobile Execution Environment: Entorno de Ejecución de Aplicaciones para Estaciones Móviles
MG	Media Gateways: Pasarelas de Medios



MGC	Media Gateway Controller: Controlador de Pasarela de Medios
MM	Mobility Management: Gestión de Movilidad
MMS	Multimedia Messaging Service: Servicio de Mensajería Multimedia
MRF	Multimedia Resource Function: Función de Recursos Multimedia
MS/MT	Mobile Station/Mobile Terminal: Estación Móvil/Terminal Móvil
MSC	Mobile Switching Center: Centro de Conmutación Móvil
MSSC	Mobile Services Switching Center: Centro de Conmutación de Servicios Móviles
NAI	Network Access Identifier: Identificador de Acceso a Red
NBAP	Node B Application Part: Parte de Aplicación de Nodo B
NMR	Network Measurement Report: Reporte de Medidas de Red
OSA	Open Service Architectur: Arquitectura de Servicios Abierta
PACS	Personal Access Communication System: Sistema de Comunicación de Acceso Personal
PAP	Password Authentication Protocol: Protocolo de Autenticación de Calve
PCS	Personal Communicatios Service: Servicios de Comunicaciones Personales
PCF	Packet Control Function: Función de Control de Paquetes
PCU	Packet Control Unit: Unidad de Control de Paquetes
PDA	Personal Digital Assistant: Asistente Digital Personal
PDCP	Packet Data Control Protocol: Protocolo de Control de Datos por Paquetes
PDN	Public Data Network: Red de Datos Pública
PDSN	Packet Data Serving Node: Nodo Servidor de Datos por Paquetes
PHS	Personal Handyphone System: Sistema de Teléfonos de mano Personal
PLMN	Public LAN Mobile Network: Red Móvil Terrestre Pública
PNFE	Paging and Notification Functional Entity: Entidad Funcional de Control del Paging
PPP	Point to Point Protocol: Protocolo Punto a Punto
PSTN	Public Switched Telephone Network: Red Pública de Telefonía Conmutada
QoS	Quality of Service: Calidad de Servicio
RAB	Radio Access Bearer: Portdadora de Acceso Radioeléctrico
RADIUS	Remote Autentication Dial In User Service: Servicio de Autenticación Remota para el Usuario en Llamada
RAN	Radio Access Network: Red de Acceso Radioeléctrico
RFE	Routing Funcional Entity: Entidad Funcional de Enrutamiento
RLC	Radio Link Control: Control de Enlace Radioeléctrico
RNC	Radio Node Control: Control de Nodo Radioeléctrico
RNS	Radio Network Subsystem: Subsistema de Red Radioeléctrica
RNSAP	Radio Network Subsystem Application Part: Parte de Aplicación del Subsistema de Red Radioeléctrica
RRC	Radio Resource Control: Control de Recursos Radioeléctricos
RRQ	Registration Request: Solicitud de Registro
RTP	Real-time Transport Protocol: Protocolo de Transporte en Tiempo Real
RUP	Rational Unified Process: Proceso Unificado de Rational
SAT	SIM Application Tool-Kit: Juego de Herramientas de Aplicaciones SIM
SC	Site Controller: Controladpr de Sitio de Celda
SCCF	Service Specific Coordination Function: Función de Coordinación Para Servicios Específicos
SCTP	Stream Control Transmission Protocol: Protocolode Transmisión para el Control de Flujo



SDP	Service Data Point: Punto de Datos del Servicio
SGSN	Service GPRS Support Node: Nodo de Soporte del Servicio GPRS
SGW	Signalling Gateway: Pasarela de Señalización
SIM	Subscriber Identity Module: Módulo de Identificación de Abonado
SIP	Session Initiation Protocol: Protocolo de Iniciación de Sesión
SMG3	Special Mobile Group: Grupo Especial de Móviles
SMSC	Serving Mobile Location Center: Centro de Ubicación Móvil Servidor
SMS	Short Message Service: Servicio de Mensajes Cortos
SN	Service Network: Red de Servicio
SSCOP	Service Specific Connection - Oriented Protocol: Protocolo Orientado a Conexión de Servicios Específicos
TACS	Total Access Communication System: Sistema de Comunicación de Acceso Total
TACAS	Terminal Acces Control Acces System
TACACS	Terminal Acces Controller Acces Control System
TD-CDMA	Time Division-Code Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Código con División de Tiempo
TDD	Time Division Duplex: Duplexación por División de Tiempo.
TDMA	Time Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Tiempo
TDOA	Time Difference of Arrival: Diferencia de Tiempo de Llegada
TOA	Time of Arrival: Tiempo de Llegada
UDP	User Datagram Protocol: Protocolo para Datagramas de Usuario.
UE	User Equipment: Equipo de Usuario
UIM	User Identity Module: Modulo de Identidad de Usuario
UML	Unified Modeling Language: Lenguaje de Modelamiento Unificado
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System: Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.
USIM	User Service Indentity Module: Modulo de Identidad de Servicios de Usuario.
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network: Red de Acceso Radio Terrestre de UMTS.
UWCC	Consortio Internacional para las Comunicaciones Inalámbricas
VHE	Virtual Home Environment: Entorno Propio Virtual.
VLR	Visiting Location Register: Registro de Localización de Visitante
VoIP	Voice over IP: Voz sobre IP
WAP	Wireless Application Protocol: Protocolo para Aplicaciones Inalámbricas.
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access: Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha
WML	Wireless Markup Language: Lenguaje de Marcas Inalámbrico

Glosario

Red Provedora de Acceso: una red celular IMT-2000 que provee acceso al usuario móvil.

AAA Broker: un servidor AAA intermediario que tiene relaciones de seguridad con el AAA Visitado y el AAA Propio y es usado para transferir seguramente mensajes AAA entre la Red Provedora de Acceso Visitada y la Red IP Propia. En alguna situaciones, puede



haber mas de un servidor AAA Broker en el camino entre los servidores AAA visitado y AAA propio.

Red AAA Broker: una red con un dominio administrativo que contiene al AAA Broker.

AAA Propio: el servidor AAA que reside en la Red IP Propia.

Red Provedora de Acceso Propia: la red celular IMT-2000 que es la originaria para la unidad de suscriptor móvil. El Usuario puede tener una red propia (IP) diferente para servicios de datos.

Red IP Propia: la red propia que proporciona servicios de datos basados en IP al usuario. Esta red está donde el NAI de usuario está guardado (homed). Esta red puede ser una red corporativa privada, un ISP accesible públicamente o una red IMT-2000.

Red Local: una red IP que está directamente conectada al PDSN (nominalmente, la red IMT-2000 proveedora de servicio que esta sirviendo).

Servicio de datos por paquetes: un término general que describe un servicio de datos por conmutación de paquetes ofrecido mediante una red IMT-2000 a un suscriptor (usuario) móvil.

Opción de servicio de datos por paquetes: una opción de servicio proporciona un medio entre la MS y la RN para establecer y mantener canales de tráfico CDMA2000 para el servicio de datos por paquetes.

Sesión de datos por paquetes: describe una instancia de uso continuo de del servicio de datos por paquetes por el usuario. Una sesión de datos por paquetes empieza cuando el usuario invoca este servicio y termina cuando el usuario o la red lo termina. Durante una sesión particular el usuario puede cambiar de posición pero se mantiene la misma dirección IP.

En consecuencia para el servicio Simple IP, moverse desde el área de cubrimiento de un PDSN a otro constituye un cambio en la sesión de datos por paquetes. Para Simple IP, una sesión de datos por paquetes y una sesión PPP ocurren al mismo tiempo. Para el servicio Mobile IP, una sesión de datos por paquetes puede extenderse a lo largo de varios PDSNs con tal que el usuario mantenga continuamente los enlaces de movilidad en el HA y no haya fallos en los registros/re-registros Mobile IP.

Sesión PPP: una Sesión PPP describe el tiempo durante el cual una instancia de conexión PPP particular es mantenida en el estado abierto en la MS y el PDSN. La Sesión PPP es mantenida durante periodos en que la MS está inactiva. Si un usuario traspasa desde una RN a otra RN pero aún está conectado al mismo PDSN, la sesión permanece. Si el usuario cambia de PDSN se crea una nueva sesión en el nuevo PDSN.

Red Privada: Una red IP Propia que reside detrás de un firewall y que usa direcciones IP privadas.



Sesión R-P: es una conexión lógica establecida sobre la interfaz R-P para una sesión PPP particular. Si un usuario cambia de RNs durante el servicio de datos por paquetes, la sesión R-P es movida desde la RN antigua a la nueva RN (aún conectado al mismo PDSN). Si el usuario cambia de PDSNs durante el servicio de datos por paquetes se establece una nueva sesión R-P y se libera la sesión R-P previa.

Red Provedora de Servicio: una red IMT-2000 operada o por el proveedor de acceso propio o por el proveedor de acceso visitado.

Red Provedora de Acceso Visitada: la red celular IMT-2000 que provee servicio al usuario cuando se encuentra en roaming fuera de su red proveedora de acceso propia.

AAA Visitado: el servidor de AAA que reside en la red Provedora de Acceso Visitada.