

**MODELO DE REFERENCIA PARA LA INTEROPERABILIDAD
ENTRE LAS TECNOLOGÍAS GSM Y CDMA**



ANGÉLICA MENA SÁNCHEZ

CARLOS EDUARDO DELGADO ARANA

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

**MODELO DE REFERENCIA PARA LA INTEROPERABILIDAD
ENTRE LAS TECNOLOGÍAS GSM Y CDMA**

ANGÉLICA MENA SÁNCHEZ

CARLOS EDUARDO DELGADO ARANA

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones

Director Mag. José Giovanni López Perafán

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

A Dios por su protección y presencia perenne.

A mi mamá por el empeño y el esfuerzo para hacer de mi el mejor ser humano. Gracias mami por creer que puedo llegar a serlo.

A mi papá por apoyarme en la realización de mis sueños y considerarme su mayor orgullo.

A mis hermanos por querer siempre lo mejor para mi.

A mi abuelita por ser el ser mas extraordinario y maravilloso que conozco.

A mis tías Mary y Matilde por todo el cariño que me han demostrado y su preocupación por mi bienestar.

A Carlos Eduardo por enseñarme que el esfuerzo y la disciplina son la base de todo proyecto. No puedo sino agradecer todo su afecto, paciencia y colaboración durante todos estos años.

A Bernardo José por el amor incondicional que me brindo por mucho tiempo y porque se que siempre podré contar con él.

A Giovanni porque por encima de todo siempre ha estado allí para brindarme su cariño y su ayuda.

A Oscar Mario porque a pesar de la distancia no ha dejado de quererme tanto.

A Juan Reynaldo por iluminar mis días con su alegría y por darme un lugar especial en su vida.

Al Comité de Pastoral Universitaria, especialmente a Oscar, Carlos Manuel, Juan Ernesto y Ximena porque a través de sus sonrisas, sus abrazos y su compañía he aprendido el verdadero significado de la amistad.

A mis amigos y compañeros por la posibilidad de compartir tantas experiencias, recuerdos y momentos gratos que han hecho de mi paso por la universidad la mejor etapa de mi vida.

Angélica

Agradezco a Dios, por acompañarme día a día y darme la oportunidad de alcanzar una de mis metas.

A mi mamá Olga, por todo su amor, paciencia y comprensión.

A mi papá Luis, por brindarme su orientación y apoyo incondicional.

A mi hermana Isabel, por confiar en mi y animarme en los momentos difíciles.

A mi familia por todo su cariño y colaboración.

A Angélica, por ser mi compañera de batalla y por todo lo que compartimos juntos durante nuestra carrera.

A doña Ruth, por su cariño, amabilidad y gran corazón.

A mis amigos por los grandes momentos vividos que nunca olvidaré.

Carlos Eduardo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo de grado expresan sus agradecimientos a las siguientes personas por sus contribuciones a nivel profesional :

Giovanny Lopez Perafán, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Alejandro Toledo Tovar, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Oscar Mauricio Caicedo, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Victor Quintero, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Aldemar Holguín, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Guefry Agredo, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Sylvie Pitt, Ingeniera de Telecomunicaciones. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Alexandra Gaspari, Ingeniera de Telecomunicaciones. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Tatiana Kurakova, Ingeniera de Telecomunicaciones. Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Ronald Ryan, Ingeniero de Telecomunicaciones. T1P1 Network Interworking.

Jack Nasielsky, Ingeniero de Telecomunicaciones. Qualcomm.

Aileen Mayor, Ingeniero de Telecomunicaciones. Open Mobile Alliance.

Clifton J. Barber, Ingeniero de Telecomunicaciones. 3GPP2 – Task Special Group.

Jo Perrin, Ingeniero de Sistemas. Ruderfinn.

Megan Snyder, Ingeniera de Telecomunicaciones. Telecommunication Industry Asociation.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
1. CARACTERISTICAS TIPICAS DE LAS TECNOLOGIAS GSM Y CDMA/ IS-95	4
1.1. GSM - Sistema Global para Comunicaciones Móviles	4
1.1.1. Aspectos generales de GSM	4
1.1.1.1. Historia y estandarización GSM	4
1.1.1.2. Principales ventajas y beneficios que ofrece GSM	5
1.1.2. Aspectos técnicos de GSM	7
1.1.2.1. Técnicas de acceso	7
1.1.2.2. Bandas de frecuencias del sistema GSM	9
1.1.2.3. Arquitectura del sistema GSM	10
1.1.2.4. Modulación	15
1.1.3. Aspectos específicos	15
1.1.4. Principales servicios prestados en GSM	18

1.2.	CDMA – Acceso Múltiple por División de Código	19
1.2.1.	Aspectos generales de CDMA/ IS-95	19
1.2.1.1.	Historia y estandarización ANSI-41 y CDMA	19
1.2.1.2.	Principales ventajas y beneficios que ofrece CDMA	22
1.2.2.	Aspectos técnicos de CDMA	24
1.2.2.1.	Técnicas de acceso	24
1.2.2.2.	Bandas de frecuencias del sistema CDMA	25
1.2.2.3.	Arquitectura del sistema CDMA/ IS-95	27
1.2.2.4.	Modulación	30
1.2.3.	Aspectos específicos de CDMA/IS-95	30
1.2.4.	Principales servicios prestados en CDMA	33
1.2.5.	Diferencias entre las tecnologías GSM y CDMA	35
2.	INTEROPERABILIDAD ENTRE LAS TECNOLOGIAS GSM Y CDMA/ IS-95	37
2.1.	Conceptos generales de señalización	37
2.1.1.	Tipos de enlaces de señalización SS7	39
2.1.2.	Tipos de unidades de señalización en SS7	41
2.1.3.	Señalización en una red GSM	45
2.1.4.	Señalización en una red ANSI – 41	45

2.2. Diferencia fundamental entre enrutamiento ANSI e ITU-T	46
2.3 Iniciativas de armonización a nivel mundial	48
2.4 Avances en interoperabilidad GSM – CDMA	51
2.5. Propuesta de armonización global para 3G (G3G)	52
2.5.1. Especificación Global 3G (G3G)	52
2.5.2. Estructura para la armonización CDMA (G3G)	53
2.6. Condiciones para SIM en ANSI-41	57
2.7. Modelo de referencia para la interoperabilidad	59
2.7.1. Datos de red aprovisionados	61
2.7.2. Interconexión para interfaces de red	66
2.7.3. Interfaz HLR nativo - VLR extranjero	67
2.7.4. Interfaz MSC Originario / Pasarela – MSC Servidor	74
2.7.5. Interfaz MC / SMS-SC – MSC Servidor	75
2.7.6. Alternativas de implementación para la IIF	80
2.8. Facturación	83
2.9. Calidad del servicio (QoS) bajo la interoperabilidad	84

3. MODELO DE REQUISITOS, ANALISIS Y DISEÑO DEL SERVICIO DE MENSAJERIA CORTA	85
3.1 MODELO DE REQUISITOS	86
3.1.1. Identificación de actores del servicio	86
3.1.2. Identificación de las funciones del servicio	86
3.1.3. Diagrama y descripción de casos de uso del servicio	87
3.2. MODELO DE ANÁLISIS Y DISEÑO	98
3.2.1. Paquetes del sistema	98
3.2.2. Diagramas de clases	98
3.2.3. Descripción de clases	101
3.2.4. Diagramas de secuencia	112
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFIA	126
ACRONIMOS	128

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 2.1. Tipo de mensaje según el valor del LI	43
Tabla 2.2. Valores del indicador del Servicio	44
Tabla 3.1. Descripción caso de uso Seleccionar Sistema	89
Tabla 3.2. Descripción caso de uso Autenticar CDMA	90
Tabla 3.3. Descripción caso de uso Autenticar GSM	92
Tabla 3.4. Descripción caso de uso Prestar Servicio	93
Tabla 3.5. Descripción caso de uso Interoperar	95
Tabla 3.6. Descripción caso de uso Recibir Servicio	96

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1.1. Canales de tráfico del sistema GSM	8
Figura 1.2. La celda GSM	9
Figura 1.3. Bandas de frecuencia para GSM	10
Figura 1.4. Arquitectura del sistema GSM	11
Figura 1.5. Bandas de frecuencia para CDMA / IS-95	26
Figura 1.6. Reutilización de frecuencias en el sistema CDMA/ IS-95	27
Figura 1.7. Arquitectura del sistema CDMA/ IS-95	27
Figura 1.8. Cobertura mundial de TDMA, GSM y CDMA	36
Figura 2.1. Puntos de señalización SS7	39
Figura 2.2. Tipos de enlaces de señalización	40
Figura 2.3. Unidades de señalización	42
Figura 2.4. Etiquetas de enrutamiento ANSI Vs. ITU-T y SIF	47

Figura 2.5. Concepto modular para la armonización CDMA	54
Figura 2.6. Acceso radio unificado para G3G	55
Figura 2.7. Propuesta modular de armonización 3G	56
Figura 2.8. Modelo de referencia IIF	60
Figura 2.9. Claves y algoritmos de autenticación GSM	62
Figura 2.10. Claves y algoritmos de autenticación CDMA	64
Figura 2.11. Interfaz HLR de red nativa – VLR de red visitada	67
Figura 2.12. Actualización y registro CDMA en modo extranjero GSM	69
Figura 2.13. Entrega de la llamada CDMA en modo extranjero GSM	70
Figura 2.14. Actualización y registro GSM en modo extranjero CDMA	72
Figura 2.15. Entrega de la llamada GSM en modo extranjero CDMA	73
Figura 2.16. Interfaz MSC originario / Pasarela – MSC servidor	75
Figura 2.17. Interfaz MC / SMS-SC – MSC servidor	76
Figura 2.18. Entrega de SMS en modo extranjero CDMA	77
Figura 2.19. Entrega de SMS en modo extranjero GSM	79
Figura 2.20. IIF existente dentro de una red GSM	80
Figura 2.21. IIF existente dentro de red ANSI-41	81
Figura 2.22. IIF existente red externa	82

Figura 2.23. IIF existente dentro de ambos elementos de red ANSI-41 y GSM	83
Figura 3.1. Diagrama de casos de uso del servicio SMS	88
Figura 3.2. Diagrama de clases: caso de uso Seleccionar Sistema	98
Figura 3.3. Diagrama de clases: caso de uso Autenticar CDMA	99
Figura 3.4. Diagrama de clases: caso de uso Autenticar GSM	99
Figura 3.5. Diagrama de clases: caso de uso Interoperar	100
Figura 3.6. Diagrama de clases: caso de uso Prestar Servicio	100
Figura 3.7. Diagrama de clases: caso de uso Recibir Servicio	101
Figura 3.8. Diagrama entidad – relación para caso de uso Autenticar CDMA	110
Figura 3.9. Diagrama entidad – relación para caso de uso Autenticar GSM	110
Figura 3.10. Diagrama entidad – relación para caso de uso Interoperar	111
Figura 3.11. Diagrama entidad – relación para caso de uso Prestar Servicio	111
Figura 3.12. Diagrama entidad – relación para caso de uso Recibir Servicio	111
Figura 3.13. Diagrama de secuencia para caso de uso Seleccionar Sistema	112
Figura 3.14. Diagrama de secuencia para caso de uso Autenticar CDMA	113
Figura 3.15. Diagrama de secuencia para caso de uso Autenticar GSM	114
Figura 3.16. Diagrama de secuencia para caso de uso Interoperar	115
Figura 3.17. Diagrama de secuencia para caso de uso Prestar Servicio	116

Figura 3.18. Diagrama de secuencia para caso de uso Recibir Servicio	117
Figura 3.19. Diagrama de secuencia para interacción de casos de uso Prestar Servicio, Interoperar y Recibir Servicio	118
Figura 3.20. Diagrama de despliegue para el servicio SMS	119
Figura 3.21. Arquitectura completa para el servicio SMS	120

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. INTERFACES ENTRE SUBSISTEMAS DE RED

ANEXO B. INTERFAZ RED A RED PARA IMT - 2000

INTRODUCCION

Las facilidades de las telecomunicaciones móviles puestas al alcance de cientos de millones de usuarios en los últimos 3 ó 4 años, han sido sólo la primera gran ola de las posibilidades tecnológicas de la radio aplicada a las comunicaciones personales. La comunicación interpersonal a través de un terminal móvil, con independencia de la localización física de los interlocutores, por medio de la voz o por mensajes escritos de pequeña extensión (los llamados SMS - Short Messaging Service), han cautivado a todos, haciendo que los recursos físicos que soportan estas comunicaciones se hayan quedado pequeños para la demanda provocada por los servicios de telefonía móvil, debido, entre otros, a las limitaciones en el espectro radioeléctrico, a la capacidad de tráfico o a la cobertura geográfica. Además, las necesidades cualitativas de comunicación entre las personas del siglo XXI han crecido respecto a las necesidades de los años precedentes. Simplemente, porque la *Sociedad de la Información* también está evolucionando rápidamente hacia etapas de mayor perfección y el acceso a la información no puede quedar limitado por las posibilidades técnicas de las comunicaciones móviles de los últimos años las cuales han sido identificadas como comunicaciones móviles de segunda generación.

Ya se ha generalizado el uso del correo electrónico, el acceso a contenidos de Internet, los juegos en red, el comercio electrónico, la domótica, la banca electrónica, el negocio electrónico, etc. Pero, casi siempre, se necesita un PC conectado a una red telefónica fija.

Se nota que la demanda cuantitativa y cualitativa de las comunicaciones móviles ha superado las previsiones, lo cual supone una buena evolución para este sector. La investigación y el desarrollo en el campo de las tecnologías para las comunicaciones móviles no se detuvo en la segunda generación, sino que, mucho antes de que las limitaciones indicadas anteriormente comenzaran a ser evidentes, ya se habían sentado las bases para una nueva generación de móviles, llamada la tercera generación o simplemente IMT-2000 o UMTS, que pusiera a disposición de los usuarios finales todas las posibilidades de los nuevos servicios de la sociedad de la información, pero ésta vez desde accesos móviles.

En este largo y difícil camino ha sido necesario especificar, discutir y acordar las normas técnicas sobre las cuales desarrollar terminales, redes y servicios de banda ancha. También ha sido

necesario desarrollar nuevas herramientas para la planificación y el dimensionamiento de los espectros radioeléctricos, para las coberturas geográficas y para los sistemas de localización. Así mismo, se han tenido que encontrar interfaces y protocolos para garantizar la compatibilidad entre las redes y servicios antiguos y nuevos, también entre los operadores de redes y los proveedores de servicios y de contenido. Por último, se han tenido que desarrollar los nuevos servicios y su gestión. Los frutos de todos esos esfuerzos tecnológicos ya empiezan a estar maduros y pronto comenzarán a ser disfrutados por los usuarios finales.

Es precisamente debido a todos estos cambios tecnológicos que se han presentado en los últimos tiempos a nivel mundial, por los cuales la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca debe hacerse presente participando en tales cambios, proponiendo y liderando el mejoramiento y la convergencia de las telecomunicaciones en Colombia para procurar una mejor calidad de vida de las personas residentes en este país; esto se logra mediante el estudio de las tendencias tecnológicas mundiales para así poder sugerir las formas y tecnologías que son adaptables a nuestra realidad socio-económica.

Este trabajo de grado contiene una serie de aspectos de las redes de segunda generación que en la actualidad se encuentran prestando el servicio de comunicación móvil celular en nuestro país y gran parte del mundo, brindando un panorama de la actualidad, las exigencias tecnológicas que demanda el mejoramiento de dichas redes para conseguir la itinerancia intersistema y el impacto económico, de mercado y de negocio que presentan estas tecnologías en el sector de los servicios y en especial el de las telecomunicaciones.

En el capítulo 1 se presenta un análisis acerca de los sistemas de comunicaciones móviles de segunda generación más importantes y con mayor penetración a nivel mundial, conocidos como GSM y CDMA/ IS-95, este último también llamado cdmaOne. El objetivo fundamental es adquirir y brindar el conocimiento de las características típicas de éstas tecnologías como lo son sus aspectos generales, aspectos técnicos entre los cuales se encuentran las técnicas de acceso, bandas de frecuencia y sus arquitecturas, así mismo como aspectos específicos relacionados con el manejo de la potencia, "roaming", gestión de la movilidad, calidad de servicio, seguridad y principales servicios prestados, entre otros. La idea fundamental es entender y apropiarse del conocimiento de éstas dos tecnologías puesto que son las bases para el desarrollo de los posteriores capítulos que involucran el tema de la interoperabilidad. Además estas tecnologías representan las posibles vías de evolución de la telefonía móvil celular de segunda generación hacia las comunicaciones móviles del nuevo milenio.

En el capítulo 2 se analizan los protocolos GSM MAP y ANSI-41, encargados de la señalización de las redes de segunda generación estudiadas en el capítulo uno. El objetivo fundamental es mostrar la incompatibilidad de los mismos, describiendo su diferencia fundamental y la necesidad de su mejoramiento para alcanzar el roaming universal propuesto por la tercera generación; para ello se relacionan las exigencias y los cambios tecnológicos que se deben presentar con el fin de lograr la interoperabilidad entre estos dos sistemas y sus posteriores evoluciones.

Finalmente, en el anexo A se explican las interfaces entre los diferentes subsistemas tanto para la red GSM como CDMA/IS-95, relacionando las conexiones físicas y lógicas, las tecnologías empleadas y los canales de radio para cada una de las redes. Por su parte, en el anexo B se presenta la propuesta de la interfaz red-red realizada por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y que es requerida para las comunicaciones de tercera generación en el entorno de IMT-2000.

1. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS TECNOLOGÍAS GSM Y CDMA/ IS-95

En éste capítulo se analizan dos de las tecnologías más importantes y con mayor penetración a nivel mundial en el mercado de la telefonía móvil celular de segunda generación, se trata de GSM y CDMA/ IS-95 o también conocida como cdmaOne. El objetivo fundamental es adquirir y brindar el conocimiento de las características típicas de éstas tecnologías como lo son sus aspectos generales, aspectos técnicos entre los cuales se encuentran las técnicas de acceso, bandas de frecuencia y sus arquitecturas, así mismo como aspectos específicos relacionados con el manejo de la potencia, “roaming”, gestión de la movilidad, seguridad, principales servicios prestados y calidad de servicio. Es importante entender y apropiarse del conocimiento de éstas dos tecnologías puesto que son las bases para el desarrollo de los posteriores capítulos que involucran el tema de la interoperabilidad. Además, representan las posibles vías de evolución de la telefonía móvil celular de segunda generación hacia las comunicaciones móviles del nuevo milenio, las de tercera generación.

1.1. GSM - Sistema Global para Comunicaciones Móviles

1.1.1. Aspectos generales de GSM

1.1.1.1. Historia y estandarización GSM

Antes de analizar cómo opera en realidad el sistema GSM, es preciso recordar brevemente el pasado y la forma en que se llega al estado actual de esta tecnología.

En 1981 se introdujo la tecnología celular analógica y aproximadamente al mismo tiempo se realizó un estudio conjunto franco–germano para examinar la tecnología celular y la posibilidad de crear un sistema pan-europeo cuyo principal objetivo era el de obtener un único estándar digital el cual pudiera facilitar el roaming internacional entre los países europeos teniendo en cuenta que en los años 80 los estándares inalámbricos difundidos en Europa y en general en el mundo eran basados en tecnología analógica de primera generación, además que eran incompatibles entre si.

En 1982 se formó un comité especial de trabajo, el Group Special Mobile (GSM) para analizar y continuar el estudio franco-germano.

En 1986 el comité de trabajo avanzó un paso más mediante el establecimiento de un núcleo permanente de personas para continuar los trabajos y crear estándares para un sistema digital del futuro. Casi un año después, un memorandum de entendimiento (Memorandum of Understanding) o MoU, como se le conoce, fue firmado por más de 18 países. En él se establecía que participarían en el sistema GSM y lo tendrían en operación para 1991.

En 1989 GSM fue transferido a la organización de la ETSI (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones).

Una vez bajo el control de ETSI, el nombre del sistema GSM cambió a Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Los comités que trabajaban en el sistema cambiaron de GSM a SMG (Special Mobile Group - Grupo Especial Móvil). Estos cambios evitaron la confusión entre el nombre del sistema (GSM) y las personas trabajando en la especificación (SMG). También puso el nombre en línea con el idioma oficial de la ETSI, el inglés.

El interés por GSM se dispersó rápidamente fuera de Europa. Australia fue el primer país no europeo en unirse al MoU en 1992. Desde entonces, muchos otros países asiáticos han adoptado GSM. Actualmente existe un MoU pan-asiático investigando convenios de "roaming" internacional.

GSM es en la actualidad la principal norma global de segunda generación en cuanto a área de cobertura y número de subscriptores se refiere, pues hoy, 7 de cada 10 usuarios de telefonía celular en el mundo la utilizan y se espera que a finales del 2003 sean más de mil millones de usuarios en más de 179 países los que disfruten de ella. En casi diez años, GSM demostró ser la tecnología celular de mayor crecimiento, penetración y preferencia mundial.

1.1.1.2. Principales ventajas y beneficios que ofrece GSM

Estándar mundial: GSM es un estándar mundial completo. Por su gran relevancia GSM ha creado toda una serie de industrias proporcionando servicios y productos alrededor de él.

Roaming internacional: Ofrece la capacidad de moverse alrededor del mundo entre los más de 179 países que utilizan ésta tecnología. Debido al proceso de firma de acuerdos, inicialmente la

cobertura de Roaming será en América y progresivamente alcanzará todos los países con tecnología GSM. La diferencia en frecuencias usada por cada país puede evitar que se use el teléfono propio para hablar en algunos países, sin embargo sólo basta con introducir la tarjeta SIM en un teléfono que funcione en la frecuencia adoptada por ese país, para poder gozar de todas las ventajas que ofrece el roaming GSM; los cargos de las llamadas y transmisión de datos realizados son facturados a la cuenta en el lugar de residencia. Con el roaming mundial la estación móvil es accesible bajo el mismo número telefónico en cualquier lugar donde se encuentre.

Seguridad, privacidad y flexibilidad: A través de la tarjeta SIM, se logra obtener una mayor flexibilidad en la manera como utilizar el teléfono sin perder la seguridad y privacidad de las comunicaciones. Se puede prestar el teléfono y limitar las llamadas que hará quien lo vaya a utilizar.

Transmisión inalámbrica de datos: Con GSM/GPRS se logra la transmisión inalámbrica de datos. Se puede acceder a una multitud de aplicaciones y servicios que permitirán mantenerse informado, ponerse en contacto con otros usuarios e incluso obtener entretenimiento, todo desde el teléfono celular GSM.

Innovación constante: Desde sus inicios, los avances más importantes en la comunicación celular así como los servicios de valor agregado más exitosos se han dado en las redes GSM. Entre estos cabe destacar:

- Mensajes cortos de texto (SMS), tonos de ring, logos, íconos.
- Transmisión conmutada de datos inalámbricos (Circuit Switched Data).
- WAP
- Packet Data (GPRS, EDGE).
- Servicios de localización geográfica.
- Accesorios avanzados (Módulo GSM con visor, módulos de telemática).
- Tarjeta SIM (seguridad, m-commerce).
- Integración con SyncML (sincronización entre terminales) y MMS (transmisión de imágenes multimedia).

1.1.2. Aspectos técnicos de GSM

El Sistema Global para Comunicaciones Móviles es una tecnología abierta y de transmisión digital para la comunicación celular. Desde un comienzo GSM fue diseñado para suministrar servicios de voz y datos por conmutación de circuitos y dada su naturaleza digital permite la transmisión de datos tanto en forma síncrona como asíncrona para obtener compatibilidad con sistemas, equipos y aplicaciones desarrolladas alrededor del mundo.

1.1.2.1. Técnicas de acceso

GSM utiliza como técnicas de acceso los esquemas TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo) y FDMA (Acceso Múltiple por División de la Frecuencia). Las frecuencias disponibles se dividen en dos bandas donde una es empleada para el enlace de ascenso para la transmisión del móvil, mientras que la otra es utilizada para el enlace de descenso para la transmisión de la radio base.

La figura 1.1 muestra parte de una de estas bandas. Cada banda se divide en ranuras de 200khz denominadas ARFCN (Absolute Radio Frequency Chanel Number - Número de Canal de Frecuencia de Radio Absoluta). Al igual que es dividida la frecuencia, también es segmentado el tiempo. Cada ARFCN se divide entre 8 móviles, donde a cada móvil le corresponde utilizar la frecuencia en un turno específico, éste turno se conoce como intervalo de tiempo (IT). Los móviles hacen uso del ARFCN una vez por trama TDMA.

La figura 1.1 ilustra 4 TCH (Canales de Tráfico). Cada uno de los TCH usa un ARFCN y Ranura de Tiempo particular. Tres de los TCH están en el mismo ARFCN, usando diferentes ranuras de tiempo. El cuarto TCH está en un ARFCN diferente. La combinación de un número de IT y un ARFCN se denomina canal físico.

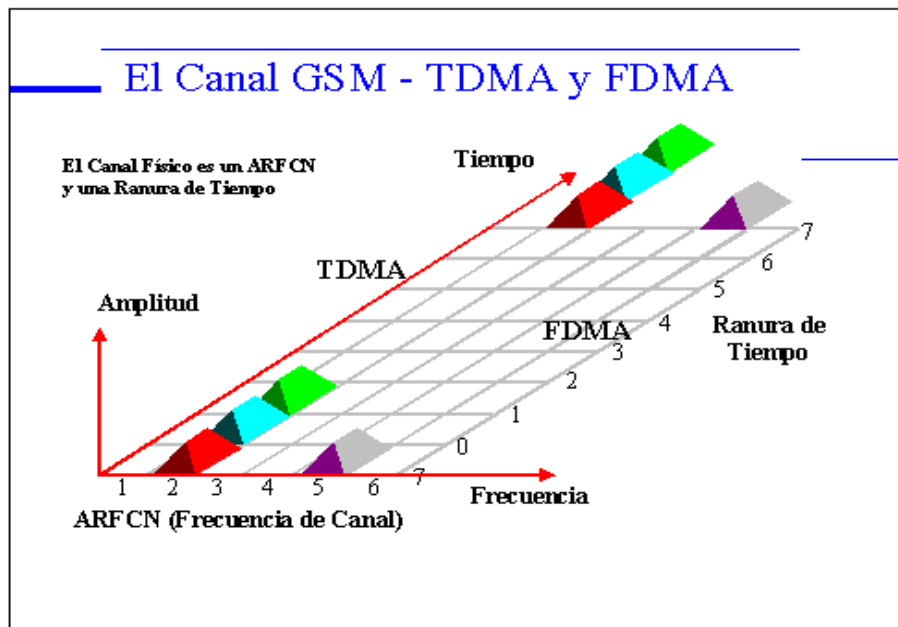


Figura 1.1. Canales de tráfico del sistema GSM

Es importante para el móvil o radio base transmitir sus impulsos TDMA exactamente en el momento correcto y con exactamente la frecuencia y amplitud correctas. Demasiado pronto o demasiado tarde y el impulso puede tener una colisión con un impulso adyacente. Un espectro de modulación mal controlado o espúreo causará interferencia con un ARFCN adyacente.

La figura 1.2 representa una típica celda GSM. Las celdas pueden tener un radio de hasta 35 km para GSM900. La parte más representativa de la celda GSM es la radio base y su torre de antena. Cuando las celdas son sectorizadas alrededor de una torre de antena común, la torre tendrá varias antenas direccionales, cada una de las cuales cubre un área en particular. Esta configuración de varios trancceptores y antenas normalmente se denomina sitio de celdas, o simplemente una radio base.



Figura 1.2. La celda GSM

1.1.2.2. Bandas de frecuencias del sistema GSM

La tecnología GSM puede ser implementada en cualquier frecuencia, dependiendo de las regulaciones de cada país. Su uso alrededor del mundo incluyen 900, 1800 y 1900 MHz. En el futuro, los fabricantes de teléfonos construirán unidades que pueden operar en cualquiera de éstas frecuencias brindando una verdadera experiencia de "roaming" universal. En la figura 1.3 se muestran las bandas de operación asignadas para el sistema GSM.

En el sistema GSM de 900 MHz se cuenta con un enlace de subida (Uplink) desde 880 MHz hasta 915 MHz y un enlace de bajada (Downlink) que va desde 925 MHz hasta 960 MHz, teniendo un ancho de banda para cada enlace de 35 MHz y la separación entre los enlaces es de 45 MHz.

El sistema GSM de 1800 MHz trabaja con un enlace de subida de 75 MHz de ancho de banda, al igual que el enlace de bajada; y se encuentran entre las frecuencias de 1710-1785 MHz y 1805-1880 MHz respectivamente y su separación es de 95 MHz.

En la banda de 1900 MHz se tiene un enlace de subida desde 1850 hasta 1910 MHz y el de bajada desde 1930 hasta 1990 MHz contando cada uno con 60 MHz de ancho de banda y con una separación de 80 MHz entre los dos.

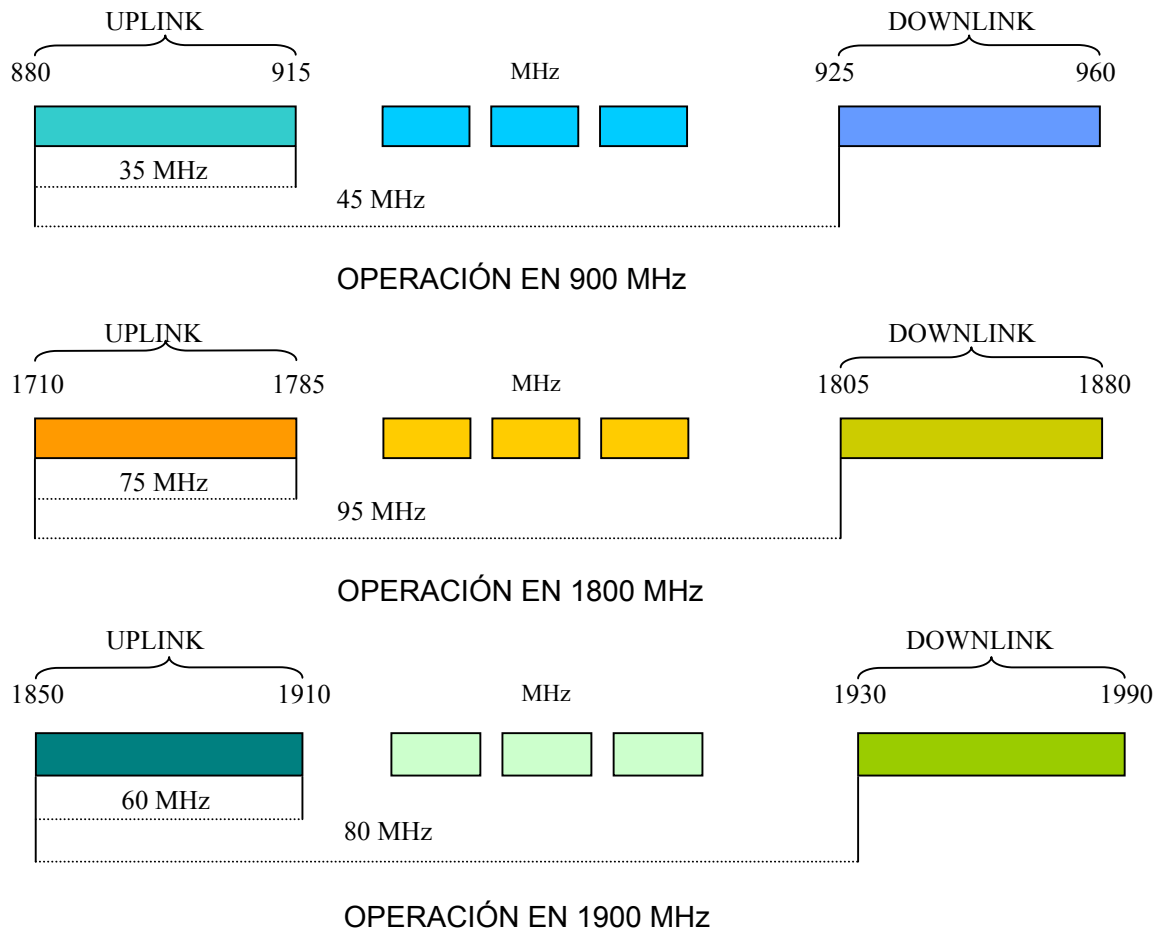


Figura 1.3. Bandas de frecuencia para GSM

1.1.2.3. Arquitectura del sistema GSM

La figura 1.4 representa la arquitectura funcional de una red GSM. Con el fin de realizar una buena gestión, la red es dividida en tres subsistemas: la estación móvil (MS), el subsistema de estación base (BSS) y el subsistema de red. Ellos son identificados a continuación:

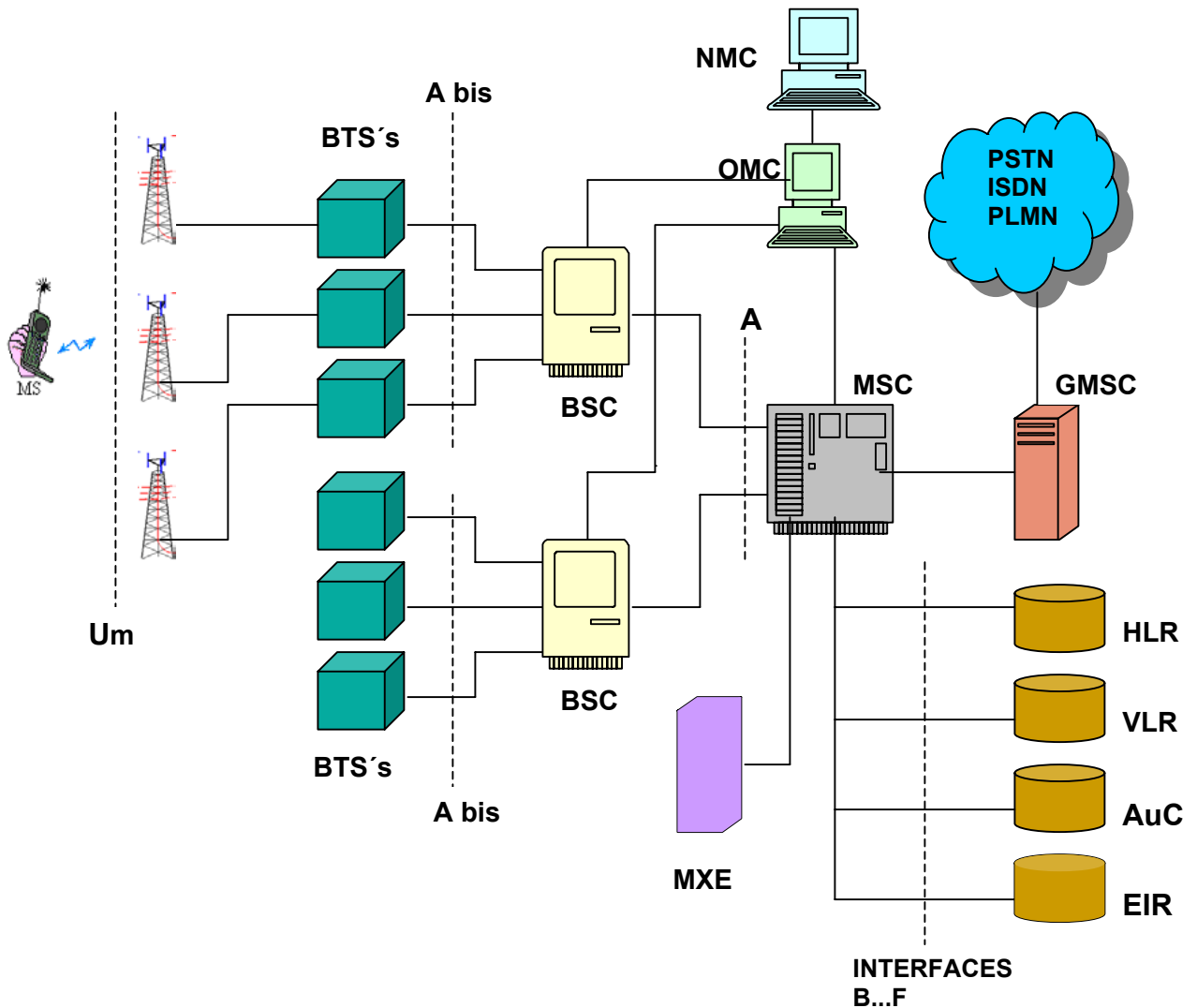


Figura 1.4. Arquitectura del sistema GSM

La Estación Móvil (MS): una estación móvil puede referirse a un terminal móvil de mano (handset) o a un terminal portátil. Este también incluye un módulo de identidad de suscriptor (SIM) que normalmente es removible. Cada tarjeta SIM tiene un número de identificación llamado IMSI (International Mobile Subscriber Identity – Identidad de Suscriptor Móvil Internacional). Además a cada estación móvil (MS) es asignada una única identificación de hardware llamada IMEI (International Mobile Equipment Identity – Número de Identidad Internacional del Equipo Móvil). En algunas de las aplicaciones más recientes (comunicación de datos en particular), una estación móvil puede ser un terminal que actúe como una interfaz GSM, por ejemplo, para un computador portátil (laptop).

El Subsistema de Estación Base (BSS): está compuesto por el Controlador de Estación Base (BSC) y el Tranceptor de Estación Base (BTS).

El Tranceptor de Estación Base (BTS): está compuesta principalmente por transmisores y receptores de radio (tranceptores), antenas y la interfaz con la capacidad PCM. Debido a que es típico que varias BTS se localicen en el mismo sitio, la BTS puede contener uno o más tranceptores para proveer el manejo requerido para una llamada. Normalmente un sitio de celda puede tener un patrón de radiación omnidireccional o estar dividido típicamente en tres celdas direccionales cada una con un ángulo de radiación de 120°. El número de tranceptores determina cuántas frecuencia pueden ser usados en la celda y depende del número esperado de usuarios.

El Controlador de Estación Base (BSC): típicamente de 20 a 30 BTS son controladas por un BSC particular el cual se encarga de gestionar los recursos de radio de las BTS asociadas a él. Hoy, nuevos e inteligentes BTS's han tomado muchas tareas que previamente eran realizadas por los BSC's. La función primaria del BSC es la conservación de la llamada. La estación móvil normalmente envía al BSC un reporte de sus potencias recibidas cada 480 milisegundos, con el cual el BSC decide iniciar handovers (también llamados handoff) a otras celdas, cambiar la potencia de transmisión de las BTS y algunas otras funciones.

El Subsistema de Conmutación (SS): está compuesto por el Centro de Conmutación Móvil (MSC), el Registro de Localización de Residentes (HLR), el Registro de Localización de Visitantes (VLR), el Centro de Autenticación (AuC) y el Registro de Identidad del Equipo (EIR).

El Centro de Conmutación Móvil (MSC): actúa como un conmutador en una red fija y adicionalmente provee toda la funcionalidad necesaria para el manejo del suscriptor móvil. Sus principales funciones son la autenticación, actualización de la localización, handovers (o handoff) y enrutamiento de llamadas para un suscriptor en roaming. La señalización entre entidades funcionales (registros o bases de datos) en el subsistema de conmutación de la red utiliza el Sistema de Señalización Número 7 (SS7) basado en las especificaciones ITU-T.

Cada Centro de Conmutación Móvil (MSC) cuenta con un Registro de Ubicación de Visitantes (VLR), en el cual los móviles que se encuentran fuera de su celda base serán listados de manera que la red sepa dónde encontrarlos. El MSC también es conectado al Registro de Ubicación Local (HLR), el Centro de Autenticación (AuC) y el Registro de Identidad del Equipo (EIR) de manera que el sistema pueda verificar que los usuarios y el equipo sean suscriptores legales. Esto ayuda a evitar el uso de móviles robados o fraudulentos.

Si el MSC también tiene una función de pasarela para la comunicación con otras redes como Redes Públicas Móviles Terrestres (PLMN – Public Land Mobile Network), Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN – Public Swiched Telephone Network) y redes RDSI, dicha función es llamada Gateway MSC (GMSC – Gateway Mobile Switching Center).

El Registro de Localización de Residentes (HLR): es una base de datos utilizada para recolectar información general y específica de los suscriptores móviles. Esta almacena el número de Identidad de Suscriptor Móvil Internacional (IMSI) y direcciones normales del registro de localización de visitantes (VLR). La principal información almacenada allí concierne a la localización de cada estación móvil para ser capaz de enrutar las llamadas a los suscriptores móviles gestionados por cada HLR. Allí también se encuentra una relación de los servicios contratados por cada suscriptor. Un HLR puede servir a varias MSC's.

El Registro de Localización de Visitantes (VLR): contiene la información actualizada de las estaciones móviles que se encuentran en roaming e información administrativa seleccionada desde el HLR y que es necesaria para el control de las llamadas y provisión de los servicios contratados por cada suscriptor. Normalmente es integrado dentro del hardware de los MSC's. La información contenida en el VLR incluye los siguientes elementos:

- El identificador internacional de la estación móvil (IMSI)
- El identificador temporal de la estación móvil (RMSI)
- El identificador local de la estación móvil
- El área de localización donde el móvil se ha registrado.

Esta información es intercambiada dinámicamente entre el HLR y el VLR.

El Centro de Autenticación (AuC): es una base de datos protegida que guarda una copia de las claves secretas (código Ki) almacenadas en cada tarjeta SIM del suscriptor, la cual es utilizada para la autenticación y encriptación sobre el canal de radio de los móviles que se encuentran en su área de influencia que puede comprender una o varias MSC. El AuC provee seguridad adicional contra fraudes. Dentro de una red GSM éste es localizado normalmente cerca de cada HLR.

El Registro de Identidad del Equipo (EIR): es una base de datos que contiene una lista de todas las estaciones móviles válidas dentro de la red, donde el hardware de cada estación móvil es identificada por el IMEI (International Mobile Equipment Identity – Número de Identidad

Internacional del Equipo Móvil). El EIR tiene tres bases de datos las cuales se conocen como: lista blanca, lista gris y lista negra.

La lista blanca contiene todos aquellos identificadores de equipos que han obtenido la autenticación de la red. La lista gris contiene los identificadores de los equipos que es necesario localizar debido a alguna razón técnica. La lista negra contiene los identificadores de los equipos robados o utilizados de forma ilegal y también la de aquellos equipos que no pueden acceder al sistema porque podrían producir graves problemas técnicos. Este registro es consultado cuando un móvil se registra en el sistema o cuando realiza una llamada.

Centro de Operación y Mantenimiento (OMC): se trata de un sistema de gestión que supervisa los bloques funcionales GSM. El OMC ayuda en la operación y el mantenimiento satisfactorio de la MSC, BSC y BTS. La redundancia de hardware y mecanismos inteligentes de detección de error ayudan a prevenir que la red se caiga.

Centro de Gestión de Red (NMC): es un sistema de operación que constituye la máxima jerarquía dentro del sistema de gestión. De este centro depende todos los demás Centros de Operación y Mantenimiento.

Pasarela del Centro de Conmutación Móvil (GMSC): es una entidad funcional asociada con el centro de conmutación móvil (MSC). Esta unidad es la encargada de proporcionar la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento del sistema GSM con las redes fijas como RDSI, PSTN y PLMN. Las funciones incluidas en esta unidad dependen por lo tanto de los servicios que se implementen y de las redes fijas a las que se conecte. Su principal objetivo es convertir los protocolos utilizados en el sistema GSM a los utilizados en las redes fijas.

Centro de Mensajería (MXE): esta entidad funcional de la red GSM se encarga de manejar todo lo relacionado con el servicio de mensajería corta (SMS), buzón de voz y datos, recibo y almacenamiento de correo electrónico móvil (e-mail).

La red GSM emplea el protocolo MAP (Mobile Application Part – Parte de Aplicación Móvil) para llevar a cabo los procedimientos de señalización entre los diferentes subsistemas y entidades de red. Este es un protocolo de alto nivel (aplicación) que hace parte del conjunto de protocolos empleados en la Señalización Número 7.

1.1.2.4 Modulación

GSM emplea un esquema de modulación digital llamado GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying – Modulación por Desplazamiento Mínimo Gaussiano). En este esquema, los unos y ceros se representan cambiando la portadora de RF en más o menos 67.708 khz. Las técnicas de modulación que emplean dos frecuencias para representar unos y ceros se denotan como FSK (Frequency Shift Keying). En el caso de GSM, la velocidad de datos de 270.833 kbit/seg; se selecciona para ser exactamente cuatro veces el cambio de frecuencia de RF. Esto tiene el efecto de minimizar el espectro de modulación y mejorar la eficiencia del canal. El espectro de modulación se reduce aún más aplicando un filtro gaussiano de premodulación. Esto frena las rápidas transiciones de frecuencia que de lo contrario dispersarían la energía hacia los canales adyacentes.

1.1.3. Aspectos específicos

Manejo de la potencia del móvil: conforme el móvil se desplaza alrededor de la celda, es necesario variar la potencia de su transmisor. Cuando está cerca de la radio base, los niveles de potencia disminuyen para reducir la interferencia con otros usuarios. Cuando el móvil está más alejado de la radio base, es necesario aumentar su nivel de potencia para compensar la mayor pérdida.

La radio base dirige al móvil a un nivel de potencia MS TX particular. El móvil GSM900 tiene una potencia máxima de 8W, las especificaciones permiten hasta 20W, pero a la fecha no existen móviles de 20W. Normalmente los niveles de transmisión de los móviles oscilan alrededor de los 200mW.

Varias clases de estaciones móviles son definidas en las especificaciones GSM, de acuerdo a su potencia pico de transmisión. Para minimizar la interferencia cocanal y conservar la potencia, ambos, tanto estación móvil y estación base tranceptora operan en el más bajo nivel de potencia que mantendrá una calidad de señal aceptable. El nivel de potencia puede ser subido o bajado en pasos de 2 dBm desde el nivel pico de potencia para la clase baja hasta un mínimo de 13 dBm (20 milivatios para MS). La estación móvil y estación base constantemente miden la potencia de la señal o la calidad de la señal basándose en la BER (Tasa de Error de Bit) y pasan la información al controlador de estación base, el cual es el que decide si se debe hacer el cambio del nivel de potencia.

La Recepción Discontinua (DRX) es un modo usado por el móvil para ahorrar energía de la batería. Los móviles se dividen en grupos de localización o paging (dependiendo de su número de identidad de subscriptor). Debido a que los grupos de localización son llamados solamente en momentos predefinidos, el móvil solamente necesita escuchar para saber si la red tiene algún mensaje o llamadas en esos instantes. En el tiempo entre la sucesiva búsqueda, los móviles pueden ir en "modo dormido", donde casi ningún nivel de potencia es utilizado y de ésta manera conserva la energía de la batería.

La Transmisión Discontinua (DTX), además de utilizarse para reducir el consumo de potencia en la estación móvil, también sirve para minimizar la interferencia en la Interfaz de aire; aquí la transmisión de señal del usuario es interrumpida durante las pausas en la conversación. El "ruido cómodo" es generado artificialmente por la estación móvil para permitir la discontinuidad debido a la interrupción abrupta de la conversación. Cuando ocurre DTX, el sistema inserta un "sonido de espera" de manera que la persona que llama sepa que todavía hay un enlace establecido.

La tarjeta SIM (Módulo de Identificación de Subscriptor): la tarjeta SIM es una tarjeta removible que centraliza la información del terminal móvil celular y es el único elemento que identifica al usuario en la red. Existen dos tamaños: estándar (tamaño tarjeta de crédito) y micro (tamaño estampilla postal). Es insertada en la parte posterior del móvil, que al encenderlo pide el código de seguridad (PIN). Una vez este se ingrese se podrá utilizar el teléfono celular. La SIM lleva información relacionada con:

- El número único de subscriptor o IMSI (Identificación Internacional de Subscriptor Móvil)
- Las redes y países en los que tiene autorizado servicio
- Cualquiera otra información específica del usuario como números de marcación rápida y memorias.
- Número telefónico personal.

Roaming en el sistema GSM: las características de roaming permiten al usuario hacer y recibir llamadas locales, de larga distancia e internacionales, igual que si se estuviese usando el número en la región de origen y utilizar el mismo servicio específico en todo el mundo.

Handoff en el sistema GSM: en una red celular, las conexiones de radio no son asignadas permanentemente por la duración de toda la llamada. El handover o handoff como es llamado en Norte América, significa la conmutación a un canal o una celda diferente aún sosteniendo la

llamada. En GSM existen cuatro diferentes tipos de handover, los cuales involucran la transferencia de una conexión entre:

- Canales (intervalos de tiempo) en la misma celda (handover intra BTS).
- Celdas bajo el control del mismo BSC (handover inter BTS o intra BSC).
- Celdas bajo el control de diferentes BSC's, pero pertenecientes al mismo MSC (handover Inter BSC o intra MSC).
- Celdas bajo el control de diferentes MSC's (handover Inter MSC).

Para realizar el handover se requieren frecuencias portadoras de la misma banda (900/1800/1900 Mhz), por consiguiente, o los teléfonos necesitan soportar la frecuencia deseada o se requieren móviles de banda dual que soporten varias bandas de frecuencias.

Los primeros dos tipos de handover involucran un solo controlador de estación base (BSC). Para ahorrar ancho de banda de señalización, las celdas son gestionadas por el BSC sin involucrar el MSC, excepto para la notificarle al BSC la terminación del handover. Los dos últimos tipos de handover son manejados por los MSC's involucrados. Un aspecto importante de GSM es que el MSC original, y el enganchado, permanecen responsables de la mayoría de las funciones relacionadas con la llamada, con la excepción de los subsiguientes handovers Inter BSC bajo el control del nuevo MSC, esto es llamado relevo de MSC.

Los handovers pueden ser iniciados ya sea por el BSC o por el MSC (como un método de balanceo de carga de tráfico). Durante sus intervalos de tiempo desocupado, el móvil hace una exploración del canal de control de difusión de la celda más alta hasta la 16 celdas vecinas y forma una lista de las seis mejores candidatas para el posible handover, basándose en la potencia de la señal recibida. Esta información es pasada al BSC y el MSC, al menos una vez por segundo, y es utilizada por el algoritmo de handover. La decisión de cuando iniciar un handover es una función de los siguientes parámetros:

- Calidad de la recepción.
- Nivel recibido. Un handover exitoso en GSM puede tener lugar a una velocidad de propagación de máximo 250 Km/h.
- Ecuación de multitrayectoria: En el rango de los 900 MHz, las ondas de radio rebotan en cualquier cosa que se encuentre en su camino como pueden ser edificios, cerros, carros, avionetas, etc. Muchas señales reflejadas, cada una con una fase diferente, puede alcanzar

una antena (también conocida como propagación multitrayectoria). La ecualización es utilizada para extraer la señal deseada a partir de las reflexiones indeseadas.

Gestión de la movilidad: la red GSM hace seguimiento a los teléfonos que son activados y que se mantienen presentes en la red. Para proveer tantos envíos de llamadas eficientes como sea posible, la red hace un seguimiento de la última localización de la estación móvil en el VLR y HLR. Los radio sitios conectados al MSC son divididos en grupos llamados áreas de localización. Cuando una llamada es asignada a una MS, la red busca a la MS en la última área de localización donde ésta estuvo presente.

Autenticación: la autenticación normalmente toma lugar cuando la estación móvil es empleada en cada llamada entrante y/o saliente. Una verificación de que el Ki (código de seguridad de 128 bits) almacenado en el centro de autenticación (AuC) coincide con el Ki almacenado en la tarjeta SIM completa este proceso.

Calidad de Servicio (QoS): el sistema GSM brinda la calidad de servicio asegurando la continuidad de la llamada, para ello emplea niveles de potencia de transmisión más altos que los requeridos. La utilización del handoff reforzado empleado por este sistema trae como consecuencia que en ocasiones se caiga la llamada del móvil que cambia de celda.

Seguridad: una de las características clave del sistema GSM es la seguridad. Esta seguridad se deriva del uso de la encriptación o cifrado. La radio base controla si el cifrado está activado o desactivado. Los algoritmos de cifrado son muy similares a las técnicas usadas por muchas de las principales agencias de inteligencia alrededor del mundo. La seguridad derivada del cifrado es mejorada por el hecho de que los algoritmos de cifrado cambian de llamada a llamada (incluso si ha sido descifrado para una llamada, el cifrado de la siguiente llamada será diferente).

1.1.4. Principales servicios prestados en GSM

Servicio de Mensajería Corta (SMS): GSM ofrece envío de mensajes que son garantizados para que alcancen la estación móvil. Si el teléfono GSM no está encendido, el mensaje es guardado para enviarlo después. Cada vez que es enviado un SMS a una estación móvil, la red espera para recibir un reconocimiento (ACK) para informar que el mensaje fue recibido correctamente. Sin el reconocimiento positivo la red reenviará el mensaje o lo almacena para enviarlo posteriormente.

SMS soporta mensajes hasta 160 caracteres y pueden ser enviados por cualquier red GSM alrededor del mundo donde la estación móvil este habilitada para hacer roaming.

Llamada en espera (CW): los usuarios GSM con una llamada en progreso recibirán un pito audible para alertarlos de que hay otra llamada que está entrando para la estación móvil. La llamada entrante puede ser aceptada, dejar un correo de voz o ser rechazada. Si la llamada entrante es rechazada, el llamante recibirá una señal o tono de ocupado. Una vez la llamada es aceptada, la llamada original es puesta en espera para permitir la conexión con la nueva llamada entrante. La llamada en espera debe ser soportada por la estación móvil y por la red. Esto permite a la estación móvil suspender una llamada en progreso, para hacer llamadas adicionales o recibir llamadas entrantes.

Reenvío de llamadas (CF): permite a una llamada ser enviada a otro número bajo ciertas condiciones definidas por el usuario. Estas condiciones pueden ser dependientes de ciertos criterios como la llamada no respondida, usuario ocupado, no alcanzable, etc.

Identificación de línea llamante: el teléfono GSM despliega el número del teléfono que origina la llamada entrante. Esta característica requiere que la red de los llamantes envíe la identificación (número del teléfono) a la red GSM.

1.2 CDMA – Acceso Múltiple por División de Código

1.2.1. Aspectos generales de CDMA/ IS-95

1.2.1.1. Historia y estandarización ANSI-41 y CDMA

La estandarización de ANSI-41 o también conocido como IS-41 ha crecido considerablemente a través de un gran número de revisiones, entre cada revisión han sido elaborados varios estándares específicos (IS's - Interim Standards). Las principales revisiones son:

1983 – Inició comercialmente el servicio celular analógico AMPS. Comenzó como un sistema independiente en las ciudades de Chicago y Washington / Baltimore. Rápidamente se extendió a lo largo de los Estados Unidos, Canadá y otros países. Era un estándar celular único mientras que Europa tenía un gran número de estándares incompatibles, cada uno disponible sólo en algunos países.

1988 – IS-41 Revisión 0. Proveía unas capacidades de validación de suscriptores lo cual no era mayor cosa, lo verdaderamente importante fue que se pudieron llevar a cabo operaciones intersistemas, las cuales trabajaron bien.

1991 – IS-41 Revisión A. Se adicionó una verdadera interoperabilidad a través del uso de Protocolos de Señalización Número 7 (SS7) y todas las capacidades de gestión de localización (permitiendo que el HLR conozca donde está el móvil), envío de llamada, validación del suscriptor y transferencia de archivos.

1991 – IS-41 Revisión B. Fue una mejora de la revisión A. El avance más importante fue adicionar las capacidades de compatibilidad hacia adelante/atrás para asegurar que varios tipos de revisión pudieran coexistir. Aun esta difundido en sistemas que sólo hicieron las capacidades básicas de roaming – hacer y recibir llamadas.

1993 – El primer estándar digital CDMA (IS-95 Revisión 0) fue publicado. IS-41 fue rápidamente adaptado para proveer soporte para sistemas CDMA. A pesar de que habían dos nuevos y diferentes sistemas en Norte América (TDMA y CDMA), a nivel nacional la cobertura fue asegurada por teléfonos duales (modo analógico y digital), con un roaming transparente provisto por IS-41. Las redes que utilizan el interfaz de aire CDMA /IS-95 y el protocolo de red ANSI-41 se conocen como redes cdmaOne. La norma original de interfaz de aire IS-95 A fue completada con la norma

IS-95 B (también llamada TIA/EIA-95), que incluye varios mejoramientos para algoritmos de transferencia obligada en ambientes de portador múltiple y en parámetros que afectan el control de transferencias condicionadas.

La revisión IS-95 B combina IS-95 A, ANSI-J-STD-008 y TSB-74 dentro de un mismo documento. La especificación ANSI-J-STD-008, publicada en 1995 define un estándar para la compatibilidad de los sistemas PCS que utilizan CDMA de 1.8 GHz a 2.0 GHz. TSB-74 describe la interacción entre IS-95 A y sistemas PCS CDMA que conforman a ANSI-J-STD-008.

El principal cambio en la norma tenía que ver con tasas de datos más altas para datos CDMA de conmutación en paquetes y en modo circuito: tasas de datos de hasta 115 kbit/s pueden ser apoyadas ahora al empaquetar hasta ocho canales de datos de 14.4 ó 9.6 kbit/s ($14.4 \text{ kbit/s} \cdot 8 = 115.2 \text{ kbit/s}$). Debido a la velocidad de datos a la que IS-95 B es capaz de llegar, ésta es catalogada como una tecnología de 2.5 G.

1996 – IS-41 Revisión C. Tuvo un mayor avance sobre las revisiones previas, incluyendo la habilidad de incorporar capacidades de “Red Inteligente”. Esta permitió el desarrollo de servicios tales como marcación PBX extendida a nivel mundial. Por medio de una petición al HLR, el MSC puede trasladar una extensión de oficina al teléfono de un usuario donde quiera que éste se encuentre utilizando el soporte de subscritor. Esta promueve el soporte para los sistemas digitales CDMA.

1997 - TIA/EIA-41 Revisión D. Esta versión incluyó grandes mejoramientos sobre la versión anterior y fue la primera en ser aprobada por ANSI.

1999 – En Corea, se lleva acabo por primera vez el despliegue de una red cdmaOne IS-95 B y desde entonces ha sido adoptada por algunos operadores en Japón y Perú. Muchos operadores en el mundo que han comercializado sistemas IS-95 B; especialmente operadores asiáticos están implementando hoy datos con tasas de servicio de hasta 64 kbit/s.

La evolución de tercera generación de sistemas basados en IS-95 es conocida como cdma2000. Esta norma inalámbrica fue desarrollada para apoyar servicios de tercera generación (IMT- 2000) según la definición de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). La norma está dividida en dos fases, conocidas generalmente como 1X y 3X.

La norma cdma2000 1X (IS-2000) ha sido concluida y publicada por TIA. El término 1X, que proviene de 1XRTT (tecnología de transmisión de radio), es usado para indicar que la portadora estándar en la interfaz de aire es de 1.25 MHz la misma que para IS-95 A e IS-95 B (o sea, 1 * 1.25 MHz). Esta norma puede ser implementada en un espectro existente o en nuevas asignaciones de espectro. La norma también prepara el camino para la fase siguiente de redes de tercera generación – cdma2000 3X (IS-2000 - A). En resumen, cdma2000 1X entrega aproximadamente el doble de la capacidad de voz de cdmaOne; además es compatible hacia atrás con redes y terminales cdmaOne. Se tenía programada la terminación de la norma cdma2000 3X a principios del año 2000. El término 3X, que proviene de 3X RTT, es usado para significar tres veces 1.25 MHz, ó 3.75 MHz aproximadamente.

2002 - TIA/EIA-41 Revisión E. Es el acercamiento a la terminación. Varias partes de éste extenso estándar son ya emitidas. Promueve la expansión internacional de las capacidades de ANSI-41. Incluye muchos mejoramientos, pero notablemente incorpora el IS-751 (IMSI) e IS-807 (recomendación para títulos globales), también la Red Inteligente Inalámbrica (Wireless Intelligent Network - WIN), la presentación del nombre llamante, servicios de datos, programación en el aire y otras capacidades que normalmente están disponibles como documentos IS separados.

2002/3 – TIA/EIA-41 Revisión F. Está siendo planeada. Esta probablemente tendrá mejoramientos para soportar interoperabilidad con GSM, soporte de paquetes de datos y servicios basados en localización.

1.2.1.2. Principales ventajas y beneficios que ofrece CDMA

Transferencias condicionadas: La interfaz de aire IS-95 involucra éste concepto el cual significa “*hacer contacto antes de interrumpir*”, es empleado en los procedimientos de handoff para reducir las llamadas que se dejan caer.

Capacidad de voz incrementada: la voz es la mayor fuente de tráfico e ingreso para los operadores inalámbricos, sin embargo los paquetes de datos comenzarán a ser en los próximos años una fuente importante de ingresos.

Eficiencia y robustez: CDMA se beneficia de la amplia experiencia adquirida a través de varios años de operación de los sistemas cdmaOne. Como un resultado, CDMA es una tecnología muy

eficiente y robusta. Soportando ambos voz y datos, el estándar fue diseñado y probado en varias bandas de frecuencia, incluyendo las asignadas para el nuevo IMT – 2000.

Economía y retorno de inversión: debido a su tecnología de radio optimizada, CDMA facilita a los operadores el invertir en unos pocos sitios de celda y desplegarlos lo más pronto posible, permitiéndole finalmente al proveedor de servicio incrementar sus ganancias con un retorno de inversión más rápido.

Flexibilidad en las bandas de frecuencia: CDMA puede ser desplegado en todo sistema celular, PCS o el nuevo espectro IMT – 2000. Redes CDMA ya han sido desplegadas en las bandas de 450 MHz, 800 MHz, 1700 MHz y 1900 MHz; despliegues en las bandas de IMT –2000 estaban a la espera para el año 2003. CDMA también puede ser implementada en otras frecuencias tales como 900 MHz y 1800MHz. La alta eficiencia espectral de CDMA permite despliegues de alto tráfico en cualquiera de los canales de 1.25 MHz del espectro.

Incremento de la vida de la batería: con el control de potencia mejorado, CDMA incrementa significativamente el desempeño de la batería.

Fácil sincronización: CDMA es sincronizada con el Tiempo Coordinado Universal (UCT). La temporización de los enlaces de transmisión hacia delante de todas las estaciones base en el mundo son sincronizadas en unos pocos microsegundos. La sincronización de las estaciones base puede ser lograda a través de varias técnicas incluyendo auto-sincronización, radio beep, a través de sistemas basados en satélites tales como GPS, Galileo, o GLONASS.

Ancho de banda por demanda: el canal de 1.25 MHz de CDMA provee un recurso común a las terminales en un sistema de acuerdo con sus propias necesidades, como voz, fax, datos u otras aplicaciones. En un tiempo dado, la porción de este ancho de banda que no utilice una terminal estará disponible para otro usuario.

Compatibilidad hacia adelante y hacia atrás: los terminales que funcionan bajo CDMA son compatibles con su versión antecesora. Un terminal de tercera generación, cdma2000 por ejemplo, es compatible con cdmaOne de segunda generación. La compatibilidad hacia adelante/atrás se realiza sustituyendo únicamente el chip principal en el terminal. Esto evita la compra de un nuevo terminal para acceder a los nuevos servicios.

1.2.2. Aspectos técnicos de CDMA

CdmaOne, como también es conocido CDMA / IS-95 describe un completo sistema inalámbrico basado en el estándar TIA/EIA IS-95 (Telecommunications Industry Association / Electronic Industries Association Interim Standard - 95), incluyendo las revisiones IS-95 A e IS-95 B. Este representa el sistema inalámbrico extremo a extremo y todas las especificaciones necesarias que rigen su operación. CdmaOne provee una familia de servicios relacionados incluyendo celular, PCS e inalámbricos fijos (WLL – Wireless Local Loop).

Se trata de una tecnología de transmisión digital que utiliza el Acceso Múltiple por División de Código para la comunicación celular y maneja portadoras de 1,25 MHz para los servicios de voz y datos.

1.2.2.1. Técnicas de acceso

Una de sus principales características es la distribución de la potencia de transmisión sobre el ancho de banda asignado, esto se conoce como *Espectro Ensanchado* (Spread Spectrum) y es obtenido mediante la técnica de Secuencia Directa (DS-Direct Sequence) donde los datos del usuario tienen una velocidad llamada *Velocidad de Bit* de la cual cada bit es multiplexado con una secuencia de bits pseudoaleatoria denominada *Secuencia de Pseudo Ruido (PN)* que posee una velocidad mayor y cuya función es la de extender los datos de usuario en todo el ancho de banda de transmisión (1,25 MHz), además de identificar a cada subscriptor; mediante el proceso anterior de multiplexación se obtiene la velocidad final conocida como *Velocidad de Chip*. Debido a éste proceso la información original necesita para la transmisión un ancho de banda de RF mayor que el requerido, un nivel de potencia bajo para reducir el ruido de fondo de la celda y así lograr que la señal sea más fácil de detectar. CDMA utiliza tres códigos especiales para la diferenciación de cada usuario:

Código Walsh: Le asigna un canal de comunicación al subscriptor para su identificación dentro de la celda, cada canal es un código único y ortogonal. Teóricamente cada portadora soporta 64 códigos Walsh lo cual le da la capacidad a la portadora de atender 64 usuarios.

Código corto de pseudo ruido (PN): Es otro código ortogonal cuya función es la de distinguir sectores y celdas. Es empleado para los procedimientos de handoff.

Código largo de usuario: Contiene el ESN y MIN. No es ortogonal, sin embargo es lo suficientemente diferente entre cada usuario para lograr que la decodificación sobre el enlace de subida sea buena y confiable.

1.2.2.2. Bandas de frecuencias del sistema CDMA

CDMA / IS-95 está separado en dos bandas (A y B) las cuales se encuentran juntas en la banda de frecuencias asignada a esta tecnología; de ésta manera cada enlace tanto el Uplink como Downlink (en 800 MHz y 1900MHz) son divididos por la mitad para la asignación de cada banda. La figura 1.6 representa las bandas de operación comercial de CDMA/IS-95.

Tanto la banda A como la B cuenta con anchos de banda de 12,5 MHz para cada enlace dándole la posibilidad de obtener 10 portadoras de 1,25 MHz.

Para la operación en 800 MHz se cuenta con un enlace Uplink desde 825 MHz hasta 849 MHz y un Downlink desde 870 MHz hasta 894 MHz, logrando anchos de banda para cada enlace de 25 MHz y un ancho total de 50 MHz; la separación de frecuencias entre cada uno de los enlaces debe ser de 45 MHz.

Para la operación en 1900 MHz se ha adjudicado un ancho de banda de 120 MHz repartidos en un enlace Uplink que va desde 1850 MHz hasta 1910 MHz y un Downlink desde 1930 MHz hasta 1990 MHz, teniendo como separación de frecuencias 80 MHz.

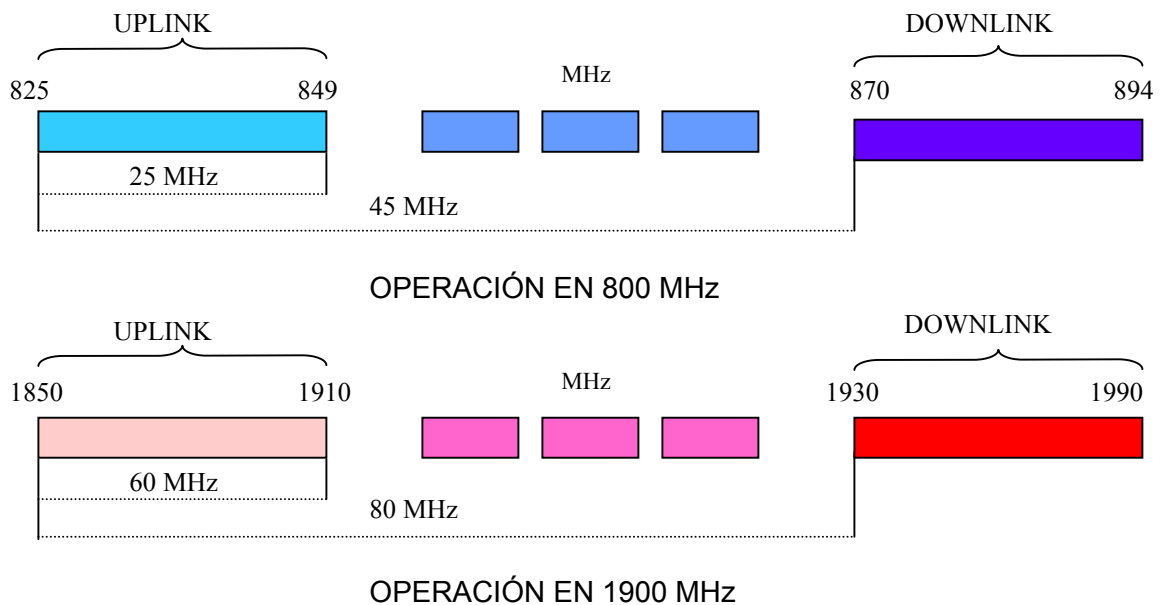


Figura 1.5. Bandas de Frecuencia para CDMA / IS-95

Reutilización de frecuencias: debido a que CDMA genera interferencias de banda ancha, se tiene la posibilidad de reutilizar todos los canales en todas las celdas. Obviamente, las celdas vecinas generan interferencia, pero mientras las secuencias código que utilicen los usuarios sean diferentes, se mantendrá la expansión de la energía interferente en el gran ancho de banda asignado para el canal, resultando tolerable. Esta característica, además de simplificar la planificación del operador permite aumentar la eficiencia del sistema, ya que se hace un uso óptimo de los recursos disponibles. En la figura 1.7 se muestra un despliegue celular típico CDMA, donde los colores iguales indican que se utiliza el mismo canal, esto demuestra cómo CDMA es capaz de operar con una reutilización universal de las frecuencias.

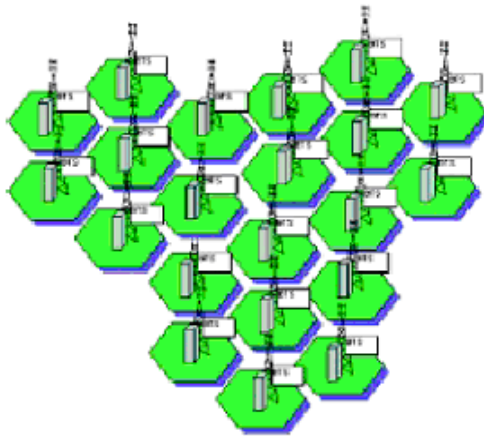


Figura 1.6. Reutilización de frecuencias en el sistema CDMA/ IS-95

1.2.2.3. Arquitectura del sistema CDMA/ IS-95

La figura 1.7 describe la distribución normal de los componentes y entidades funcionales de una red CDMA/IS-95.

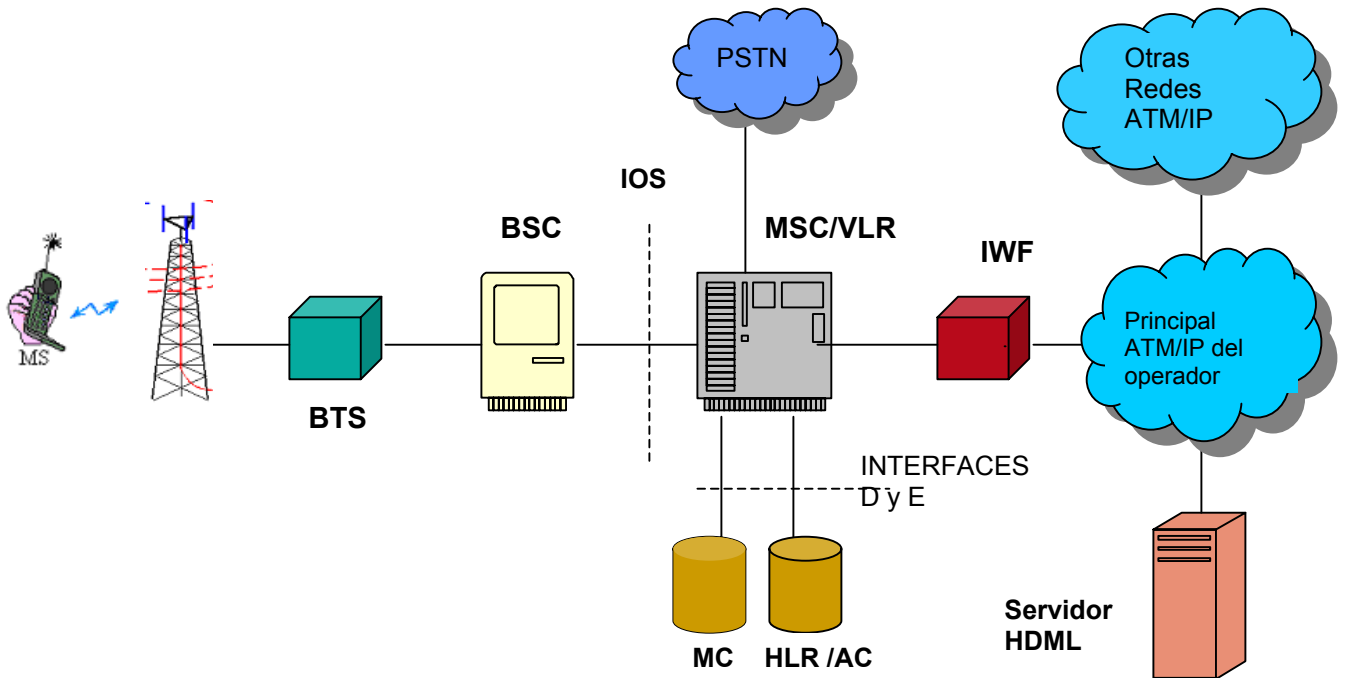


Figura 1.7. Arquitectura del sistema CDMA/ IS-95

La Estación móvil (MS): consiste en el dispositivo terminal portátil para el usuario, está equipado con un sistema de ecualizadores los cuales seleccionan las señales de multitrayectoria más fuertes y las combinan coherentemente para obtener una mejor señal.

Transceptor de Estación Base (BTS): es el que asigna los recursos a la estación móvil MS, enlaza las llamadas CDMA y soporta a los abonados móviles a través de canales de radio. Una de sus principales funciones es la de pasar la información de banda base a espectro ensanchado (SS- Spread Spectrum) para el enlace de bajada (Downlink) y para el enlace de subida (Uplink) realiza la operación inversa (DS- Despread Spectrum- Espectro Desensanchado), por medio de este proceso se pasa la información ensanchada a banda base, recuperando la información original.

Controlador de Estación Base (BSC): la principal función que realiza es el control de las BTS's para que puedan realizar la asignación de canales, búsqueda y handoff.

El controlador de estación base se conecta al centro de conmutación móvil cuando se lleva a cabo el proceso de llamada; para llamadas de voz desde un teléfono fijo a uno de la red celular CDMA o viceversa el BSC se conecta a la PSTN a través del MSC y para llamadas de datos por conmutación de circuitos se establece una comunicación vía modem, donde el BSC se conecta a la PSTN a través del MSC y la Función de Interconexión (IWF-Interworking Function).

El BSC realiza la decodificación cuando la señal de voz comprimida es convertida a una señal PCM desde la estación móvil y codifica cuando vuelve a convertir la señal de voz PCM en señales de abonado comprimidas; esta codificación de voz es realizada en el procesador de señales digitales (DSP), el cual también utilizando el algoritmo de supresión de eco se encarga de cancelar el eco generado durante la conexión con la PSTN. El BSC enruta las llamadas de datos o de voz modo circuito que han sido comprimidas con el mismo método.

Centro de Conmutación Móvil (MSC): el MSC realiza las funciones de enrutamiento de llamadas en la red celular y llamadas hacia otras redes (PSTN, ISDN, PSMN). Dentro de la red celular el MSC analiza la información de la llamada saliente dentro de su área y la conexión con el MSC del abonado llamado para realizar el correspondiente enrutamiento.

Las principales funciones que realizan son el procesamiento de llamadas, la gestión de movilidad, provisión de servicios auxiliares o de valor agregado como lo son la llamada en espera, transferencia de llamada, conferencia telefónica móvil, identificador de llamada, etc. El centro de conmutación móvil también soporta los procedimientos de handoff cuando la estación móvil se mueve de una celda a otra. Es posible que exista handoff entre los diferentes subsistemas así:

- Handoff entre estaciones base (BTS- Base Transceiver Station).
- Handoff entre controladores de estación base (BSC- Base Station Controller).
- Handoff entre centros de conmutación móvil (MSC- Mobile Switching Center).

Para prevenir la intersección de llamadas el MSC realiza funciones de autenticación y encriptación, de ésta manera se verifica la legalidad del abonado móvil y del servicio. Para ello el MSC interactúa con el VLR y el HLR/AC analizando si el abonado es autentico y si tiene registrado el servicio. Aquí también se realizan funciones de señalización de línea y funciones para suministrar servicios de red inteligente (WIN- Wireless Intelligent Network), además se proveen las interfaces necesarias para interactuar con el centro de facturación y así realizar el corte de servicios de una manera centralizada.

Registro de Ubicación Local y Centro de Autenticación (HLR/AC): el registro de ubicación local (HLR) y el centro de autenticación (AC) son integrados en un mismo sistema, aquí se lleva a cabo la elaboración y liberación del registro de localización y de varios servicios auxiliares.

El HLR/AC interactúa con el MSC para realizar funciones de autenticación, y registrar la localización de los abonados móviles. Además el HLR/AC soporta servicios de mensajería corta, gestión de la información de abonado y maneja el Número Serial Electrónico (ESN – Electronic Serial Number) para determinación de la legalidad del terminal y de los servicios disponibles.

En el HLR/AC se registra en tiempo real la ubicación de cada terminal dentro de la red CDMA, esto se hace mediante una función llamada *Registro de Notificación*. Cuando la estación móvil se mueve hacia el área de influencia de otro MSC/VLR la información acerca del terminal almacenada en el HLR/AC y que corresponde al MSC/VLR actual es borrada mediante una función llamada *Registro de Cancelación*; cuando la estación móvil registra su nueva ubicación, vuelve y se almacena en el HLR/AC la información del nuevo MSC/VLR en el cual se localiza el terminal.

Centro de Mensajería (MC): su función básica es el almacenamiento de los correos tanto de voz como de texto que son enviados a las estaciones móviles del sistema.

Función de Interoperabilidad (IWF): cumple con la funcionalidad de conectar por medio de conmutación de circuitos a los abonados suscritos a la red CDMA/ IS-95 con otras redes de datos que pueden ser públicas o privadas.

Servidor de Lenguaje de Dispositivo para Marcación (HDML): es un tipo de servidor utilizado para suministrar los contenidos de Internet (páginas web, buscadores, etc) a los teléfonos suscritos a la red cdmaOne y que tienen incorporada la función de microhojeadores.

Centro de Operación, Administración y Mantenimiento (OA&M): es empleado para llevar a cabo todo lo relacionado con la gestión de los diferentes componentes del sistema, desde aquí es posible monitorear el desempeño de la red, configurarla, corregir fallas, analizar tráfico, soportar la seguridad y administrar la estaciones base de una manera remota. Es conectado al sistema vía Ethernet o modem.

1.2.2.4. Modulación

CDMA utiliza la modulación QPSK Ortogonal (OQPSK- Orthogonal QPSK). El término ortogonal significa que el máximo cambio de fase que puede ocurrir es 90° . Este tipo de modulación tiene como característica principal el evitar que se presenten saltos de fase de 180° los cuales podrían producir alteraciones en la amplitud de la señal recibida. Debido a que OQPSK es un esquema cuaternario, es decir, M vale 4 y por lo tanto K vale 2, entonces los bits de secuencia de datos original toman valores de a dos, con esto se obtienen cuatro posibles combinaciones que son 00, 01, 10 y 11 donde a cada par de bits le corresponde un vector de señal ubicado en cada uno de los cuadrantes del espacio de señal bidimensional (plano cartesiano); bajo estas condiciones se debe tener en cuenta que entre cada vector adyacente existe una diferencia de un bit solamente, esto hace que durante el tiempo de bit el máximo cambio de fase que se pueda producir sea de 90° .

1.2.3. Aspectos específicos de CDMA/IS-95

Manejo de la potencia del móvil: en el sistema CDMA se realiza el control de potencia a nivel de BTS's y terminales para aumentar la calidad en la llamada, minimizar la interferencia en la propia celda y en la adyacente y optimizar la duración de la batería de los dispositivos móviles.

El control de la potencia es realizado desde el controlador de estación base utilizando el procesador de la interfaz de radio el cual emplea técnicas de procesamiento de señales, corrección de error, etc, para mejorar la calidad del enlace y la comunicación. Con un control automático de la ganancia en los terminales móviles y una supervisión constante del nivel de señal a ruido (S/N) y las tasas de error en la radio base, los picos en el nivel de potencia son regulados por medio de

circuitos electrónicos complejos que ajustan la potencia a una razón de 800 veces en un segundo; ésto repercute en el ajuste dinámico del tamaño de las celdas.

En una celda congestionada, la potencia de los terminales se elevaría creando una interferencia mutua. En la frontera de la celda, las transmisiones de alta potencia alcanzarían las celdas vecinas donde estas podrían ser tomadas por la radio base adyacente. En una celda de poca densidad, la potencia es tan baja que la celda se reduce efectivamente, transmitiendo sin interferencia hacia las celdas vecinas y mejorando el desempeño de las mismas.

Roaming en el sistema CDMA: las capacidades de roaming internacional en CDMA son tan buenas como en GSM pero CDMA cuenta con la desventaja de tener menor área cubierta en el mundo. El CDG (CDMA Development Group – Grupo de Desarrollo para CDMA) ha venido promoviendo el establecimiento de acuerdos de roaming entre diferentes operadores a nivel mundial.

En la actualidad hay acuerdos de roaming entre algunos operadores de cdmaOne de Asia y Norte América (Hutchison Telecom, DDI, IDO and Shinsegi Telecom y Qualcomm), especialmente entre los países de Corea del Sur, China, Estados Unidos, Canadá y últimamente se unió Australia.

Handoff en el sistema CDMA: es un procedimiento que permite cambiar el canal de trafico cuando la estación móvil se mueve de una celda (o un sector) a otra, éste se realiza mediante la comparación en la estación móvil de la potencia del canal piloto recibido desde la BTS con la potencia de otro canal piloto de la BTS de la celda adyacente y cuando el resultado de dicha comparación alcanza el valor umbral para handoff se reporta el evento al sistema. CDMA / IS-95 y su evolución (CDMA 2000 1X y 3X) proporciona 3 tipos de handoff los cuales se explican a continuación:

- **Soft handoff:** Cuando la estación se acerca a la frontera de su celda realiza una conexión con la nueva celda a la cual se dirige mientras mantiene su conexión con la celda original, en ese momento el móvil sostiene una comunicación simultanea del canal de trafico con ambas celdas.

Las señales recibidas en el terminal provenientes de las dos estaciones base son demoduladas y combinadas para obtener una única señal reforzada de mejor calidad. La señal que ambas estaciones base reciben del móvil es enviada al MSC donde es elegida la mejor señal para su respectivo enrutamiento.

- **Softer handoff:** Cuando la estación móvil cambia de sector dentro de la misma celda el móvil sostiene una conexión con ambos sectores en la misma celda demodulando y combinando las señales recibidas de éstos. Los dos sectores reciben simultáneamente las señales provenientes de la estación móvil las cuales se demodulan y combinan al interior de la estación base y posteriormente se envía una sola trama al MSC.

- **Hard handoff:** CDMA emplea dos tipos de hard handoff los cuales son el digital a digital y digital a analógico. El *handoff digital a digital* ocurre cuando el móvil esta cambiando de una portadora CDMA a otra o de un operador a otro. El *handoff digital a analógico* ocurre cuando una llamada CDMA es atendida por una red analógica.

Gestión de la movilidad: la gestión de la movilidad en el sistema CDMA trabajan igual que en cualquier otro tipo de red celular donde se le hace un seguimiento a la estación móvil para así mantener registrada en el HLR y/o VLR la última localización del abonado; cuando una llamada es asignada a la estación móvil, la red ubica dicha estación móvil en la última área de localización donde estuvo presente y el MSC le enruta la llamada.

Autenticación: esta función se utiliza para prevenir el uso ilegal de los servicios del suscriptor. La información del terminal y del suscriptor es revisada para evitar la utilización de terminales ilegales y/o servicios no autorizados. La verificación se realiza utilizando el numero serial electrónico (ESN- Electronic Serial Number) el cual esta almacenado en el HLR/AC y en la estación móvil, también es utilizado el número de identidad móvil (MIN- Mobile Identity Number) para la identificación del terminal dentro de la red, el MIN corresponde a los 10 últimos dígitos del IMSI (International Mobile Subscriber Identity – Identidad de Suscriptor Móvil Internacional) y se divide en MIN1 y MIN2 de los cuales actualmente se utiliza el MIN1 dejando el MIN2 para una futura utilización.

Para realizar la autenticación tanto la red como la estación móvil ejecutan un algoritmo de autenticación idéntico (algoritmo CAVE) y mediante la comparación de resultados se verifica la validez del terminal y del servicio, después de realizar este procedimiento es posible la utilización de los servicios contratados.

Calidad de Servicio (QoS): La calidad de servicio del sistema CDMA se fundamenta en la garantía que brinda para el establecimiento y sostenimiento de las comunicaciones; esto se logra sacando provecho de las señales de multitrajectory, emplea un estricto y eficiente control de potencia a nivel de terminales y estaciones base, además de los tres tipos de handoff que

implementa y el constante monitoreo de la relación señal a ruido (SNR – Signal to Noise Ratio) y la tasa de error de bit (BER – Bit Error Rate).

Seguridad y privacidad: diseñado con alrededor de 4.4 trillones de códigos, CDMA elimina la clonación de dispositivos ya que es muy difícil capturar y descifrar una señal de manera clandestina; debido a esto la técnica de espectro extendido se utiliza bastante en aplicaciones militares, donde la seguridad de las conversaciones y protección de los datos resultan ser de suprema importancia. En un ambiente de negocios como lo puede ser la comunicación móvil también son vitales los aspectos de seguridad y privacidad.

Flexibilidad: CDMA ofrece una gran facilidad de integrar servicios de naturaleza bien distinta. Esta facilidad de multiplexar servicios se deriva directamente del hecho que cualquier usuario termina “viéndose” simplemente como un cierto nivel de interferencia (ruido), sin importar el tipo de contenido que se está transmitiendo. Sin duda, esta flexibilidad es muy importante ya que la continua evolución de las aplicaciones demandadas genera incertidumbre acerca de los servicios que se van a tener que soportar en el futuro

Además, la flexibilidad de la técnica CDMA se manifiesta de forma que las señales de los usuarios pueden transmitirse y dejarse de transmitir sin coordinación entre los distintos transmisores, y las velocidades de transmisión pueden seleccionarse y cambiarse individualmente de forma simple e independiente. Así por ejemplo, en el caso de las comunicaciones de voz, cuando el usuario está en períodos de silencio (aproximadamente el 50% del tiempo) se deja de transmitir y por tanto no se genera interferencia, lo que abre la posibilidad de que el sistema pueda aceptar nuevos usuarios (del orden de un 50% más).

1.2.4. Principales servicios prestados en CDMA

Algunos de los mejores servicios que pueden ser provistos por cdmaOne son:

Originar llamadas: aunque suene simple, éste servicio fundamental requiere que el sistema inalámbrico verifique que la suscripción de los clientes es válida, que el teléfono no es robado, que no esté simulando ilegalmente a otro teléfono y asegurar que el tipo de llamada que se realiza no está restringida.

Recibir llamadas: este es técnicamente mucho más complejo. En el caso de roaming se requiere que los teléfonos se registren primero en el sistema al cual desean recibir la llamadas. Esto es hecho automáticamente y provoca un intercambio de información en la red SS7/ ANSI-41 para el sistema residente. Cuando una llamada entra al sistema residente éste ya conoce donde está el móvil y puede enrutar la llamada hasta él.

Handoff Intersistema: permite a una estación móvil continuar una llamada sin interrumpirse cuando el móvil atraviesa la frontera entre dos sistemas celulares CDMA/IS-95.

Servicio de Mensajería Corta: permite el intercambio de mensajes alfanuméricos (256 caracteres) por medio de la infraestructura CDMA. Los mensajes pueden ser generados desde un móvil o desde la red misma. El móvil puede ser un teléfono equipado adecuadamente para este fin, un terminal de datos o un sistema especializado de entrada de mensajes cortos.

Nombre de llamante / Presentación de número: cuando se recibe una llamada, el número del llamante o incluso su nombre serán mostrados en la pantalla del terminal.

Marcación internacional: algunos teléfonos proveen una tecla “+” o una opción equivalente en el menú que hace fácil realizar una llamada internacional sin la necesidad de conocer el número de acceso local.

Activación automática: permite a un suscriptor la activación de nuevos servicios móviles celulares sin la intervención de una tercera parte como lo es un distribuidor autorizado.

Modo de dormir: esta característica permite al usuario colocar la estación móvil en un modo operativo en el cual despierta periódicamente para ser notificado de cualquier mensaje corto pendiente. El propósito de este nuevo servicio es extender substancialmente la vida de las baterías más allá del actual avance de la tecnología.

Datos y Fax: provee datos asíncronos y transmisión de facsímil utilizando la unidad de interoperabilidad (IWF).

1.2.5. Diferencias entre las tecnologías GSM y CDMA

GSM usa extensivamente la tarjeta SIM lo que facilita el cambio de teléfono celular al comprar un nuevo modelo, el uso temporal de otro modelo o cuando se viaja al extranjero y existe la necesidad de usar otro celular.

La tecnología GSM posee una mejor variedad y precios más económicos de celulares debido a la supremacía sobre el mercado mundial de suscriptores móviles; más del 70% de los suscriptores mundialmente usan ésta tecnología brindando una mejor capacidad para hacer roaming a más países que cualquier otro servicio celular. Por otro lado existe aproximadamente un 13% de suscriptores de telefonía móvil celular que emplean la tecnología CDMA. Esta comparación estadística es mostrada en la figura 1.8.

GSM transmite con mayor potencia de la necesaria tanto a nivel del móvil como de estación base con el fin de prevenir y/o mantener las comunicaciones de voz, esto se traduce en “desperdicio” de potencia gastando más rápido la batería de los terminales y aumentando el ruido de fondo de la celda. CDMA implementa un mecanismo de control de potencia mucho más eficiente tanto a nivel de Uplink como Downlink, esto asegura una óptima utilización de la potencia, aumenta la duración de la carga de la batería de los terminales, disminuye el ruido de fondo de la celda y con él las interferencias cocanal y de canal adyacente.

El handoff reforzado empleado por GSM permite que en muchas ocasiones se caigan las llamadas en curso mientras el móvil cambia de celda o sector. Con el mecanismo de handoff suave (entre celdas) y más suave (entre sectores) empleado por CDMA se garantiza que la llamada en curso continúe mientras la estación móvil se encuentra en la transición ya sea de celda o sector.

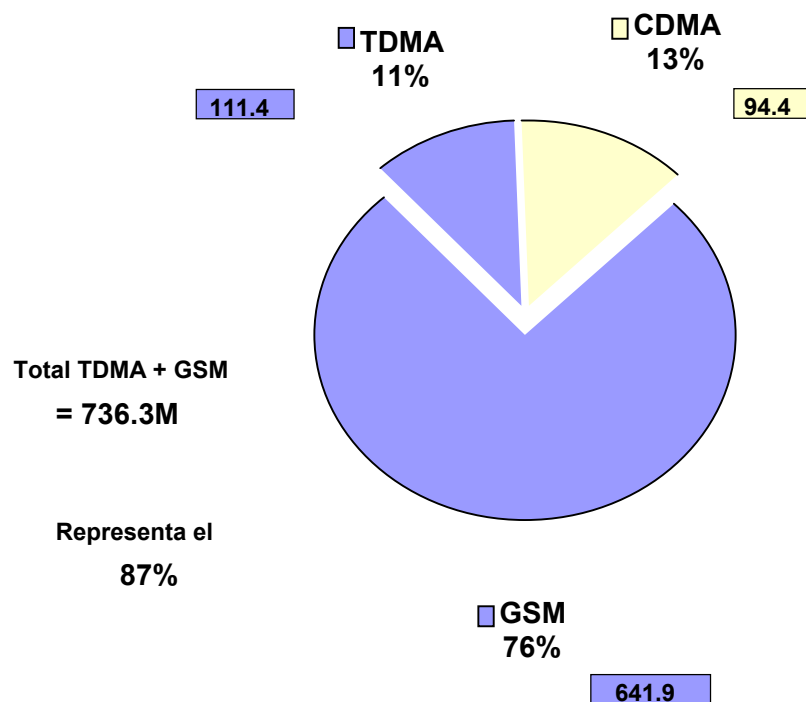
Ambas tecnologías, GSM y CDMA, suministran mejores niveles de seguridad comparadas con tecnologías analógicas como AMPS y la tradicional TDMA. La seguridad GSM se resume a la utilización de la tarjeta SIM, la cual brinda el almacenamiento seguro de la información personal y permite la validación y autenticación de cada suscriptor ante la red. Por su parte CDMA mejora los niveles de seguridad comparada con las anteriores tecnologías, debido a la utilización del espectro ensanchado y con la disponibilidad de aproximadamente 4 trillones de códigos que eliminan radicalmente la clonación y el fraude.

CDMA resulta ser mucho más eficiente en cuanto a la utilización del espectro electromagnético ya que puede utilizar una única frecuencia portadora para atender un máximo de 64 usuarios móviles

utilizando un patrón de reuso de frecuencias de $N=1$, mientras que en GSM se debe conservar las reglas básicas de distancia de reuso de frecuencias para evitar interferencias entre celdas vecinas y “crosstalk”¹ entre comunicaciones, además de necesitar un mayor número de frecuencias para atender los usuarios de una celda.

Como puede notarse, las dos tecnologías de acceso radio analizadas en este capítulo, GSM y CDMA/IS-95, resultan ser bastante diferentes en sus características técnicas y específicas. Aunque su arquitectura no difiere mucho, existe una gran diferencia en la señalización empleada en el núcleo de la red de cada una, lo cual las hace incompatibles y se presenta como una gran dificultad para llevar a cabo una interconexión e interoperabilidad entre ellas.

En los siguientes capítulos se analiza y explica la manera en que estas dos tecnologías pueden llegar a interoperar, teniendo como objetivo la posibilidad de que los operadores puedan brindar a sus subscriptores los servicios bajo “roaming” intersistema.



Fuente: EMC World Cellular Database, Dic.

Figura 1.8. Cobertura mundial de TDMA, GSM y CDMA

¹ El crosstalk consiste en el cruce de comunicaciones ocasionado por la utilización de la misma frecuencia para el establecimiento de la llamada telefónica.

2. INTEROPERABILIDAD ENTRE LAS TECNOLOGÍAS GSM Y CDMA/ IS-95

En éste capítulo se analizan los protocolos GSM MAP y ANSI-41, encargados de la señalización de las redes de segunda generación estudiadas en el capítulo uno. El objetivo fundamental es mostrar la incompatibilidad de los mismos, describiendo su diferencia fundamental y la necesidad de su mejoramiento para alcanzar el roaming universal propuesto por la tercera generación; para ello se relacionan las exigencias y los cambios tecnológicos que se deben presentar con el fin de lograr la interoperabilidad entre las dos redes de comunicación móvil mejor establecidas a nivel mundial y sus posteriores evoluciones.

2.1. Conceptos generales de señalización

La señalización es un proceso que permite la comunicación y el intercambio de mensajes especiales entre los elementos altamente computarizados de las redes telefónicas para llevar a cabo la comunicación entre dos abonados o equipos terminales de la red.

Normalmente las redes de telefonía celular basan su señalización en el **Sistema de Señalización Número 7 (SS7)** el cual es un estándar global de telecomunicaciones definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) y que reemplazó el viejo sistema de señalización basado en tonos por un sistema de señalización digital por canal común mucho más eficiente.

El estándar define los procedimientos y protocolos por los cuales los elementos de la red intercambian información sobre una red digital de señalización para el establecimiento, enrutamiento y control de comunicaciones. De ésta manera el sistema SS7 tiene la capacidad de transportar los mensajes de señalización entre dos puntos cualquiera de la red móvil (ej; entre el MSC y el HLR), haciéndolo de una manera rápida, confiable, segura y debido a que es puramente orientado a paquetes no presenta retardos. El protocolo SS7 provee tanto corrección de errores como capacidades de retransmisión para permitir la continuidad del servicio en caso de que se presente alguna falla en la transmisión.

Los mensajes SS7 son direccionados ya sea por **código de punto**, es decir, una única dirección numérica asignada para cada red telefónica, o por **título global**, o sea, se utilizan direcciones orientadas a telefonía, tales como números de tarjetas llamantes, IMSI o número telefónico. El código de punto corresponde a las direcciones IP en el internet y el título global corresponde al nombre del dominio.

La red y protocolo SS7 son utilizados para:

- Establecimiento, gestión y desconexión de la llamada básica.
- Servicios inalámbricos, tales como Servicios de Comunicaciones Personales (PCS), "roaming" inalámbrico, y autenticación de suscriptor móvil.
- Portabilidad de Número Local (LNP).
- Servicios de llamada gratuita (800) y de pago con prima (900)
- Servicios de valor agregado como redireccionamiento de llamadas, identificador de llamadas y conferencia tripartita.

Los mensajes SS7 son intercambiados entre los nodos o elementos de la red sobre canales bidireccionales de 64 kbps ó 56 kbps llamados **Canales de Señalización**. Para comunicar tales nodos utilizando SS7 se requiere crear "dentro del nodo" las características necesarias, las cuales lo convierten en un **Punto de Señalización**. Tal señalización ocurre fuera de banda en canales dedicados brindando grandes ventajas como lo son:

- Menor tiempo de establecimiento de la llamada.
- Utilización más eficiente de los circuitos de voz.
- Soporte para servicios de Red Inteligente (IN – Intelligent Network) que requieren enviar señalización a los elementos de red sin necesidad de troncales de voz (ej; información de bases de datos).
- Control mejorado de la utilización fraudulenta de la red.

Cada punto de señalización en la red SS7 es identificado con un código de punto. Estos códigos son transportados en los mensajes de señalización intercambiados entre los puntos de señalización para identificar la fuente y destino de cada mensaje. Cada punto de señalización utiliza una tabla de enrutamiento para seleccionar el camino de señalización correcto para cada mensaje. La figura 2.1 muestra las tres clases de puntos de señalización de la red SS7:

- SSP (Signaling Switching Point - Punto de Conmutación del Servicio)
- STP (Signaling Transfer Point - Punto de Transferencia de Señalización)

- SCP (Service Control Point - Punto de Control del Servicio)



Figura 2.1. Puntos de señalización SS7

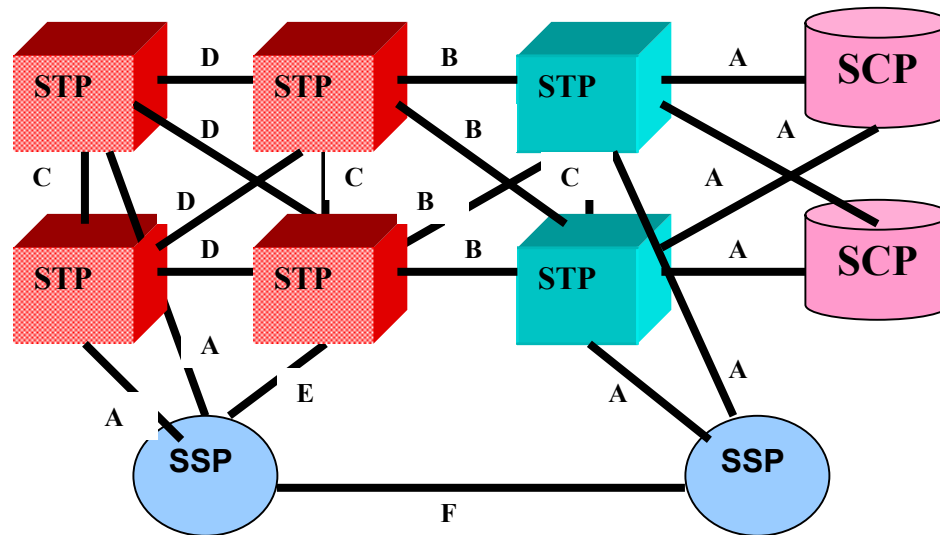
El Punto de Conmutación del Servicio (SSP) actúa como un conmutador que transporta y/o termina las llamadas; su función principal es la de enviar los mensajes de señalización a otros SSP para establecer, controlar y desconectar los circuitos de voz necesarios para completar la llamada. Un SSP envía mensajes de petición (query) a una base de datos centralizada (SCP) para determinar como enrutar la llamada.

El Punto de Control del Servicio (SCP) es como una base de datos la cual envía una respuesta al SSP que le hace una petición, la información de la respuesta consiste en los números de enrutamiento asociados al número discado los cuales indican la ruta por la cual puede establecerse la comunicación de voz. Un número adicional de enrutamiento puede ser utilizado por el SSP si el número primario está ocupado o si no responden la llamada en un determinado tiempo.

El Punto de Transferencia de Señalización (STP) cumple con la función de enrutar cada mensaje entrante hacia un enlace de señalización de salida basado en la información de enrutamiento contenida en el propio mensaje SS7. Un STP puede llevar a cabo la translación de número global, un procedimiento por medio del cual el punto de señalización destino es determinado a partir de los dígitos presentes en el mensaje de señalización (ej: 800) también puede servir de pantalla protectora o firewall para los mensajes SS7 intercambiados con otras redes.

2.1.1. Tipos de Enlaces de Señalización SS7

Los enlaces de señalización son organizados de forma lógica por tipo de enlace (de la "A" a la "F") de acuerdo a su uso en la red de señalización SS7. La figura 2.2 representa los puntos de señalización y los enlaces entre ellos.



Fuente: [http:// www.pt.com](http://www.pt.com)

Figura 2.2. Tipos de enlaces de señalización

Enlaces A (Access - Acceso): son empleados para conectar los puntos de señalización finales como SCP's ó SSP's con un STP.

Enlaces B (Bridge - Puente): se utilizan para conectar un STP con otro STP. Normalmente se utilizan cuatro enlaces tipo B para interconectar STP's semejantes, es decir, los STP's de una red con los STP's de otra red que cumplen la misma funcionalidad.

Enlaces C (Cross – Cruce): se encargan de conectar los STP's que tienen la misma función en una pareja de enlaces. Es utilizado solo cuando uno de los dos STP no tiene más rutas disponibles hacia el punto de señalización destino debido a fallas en los enlaces. Nótese que los SCP's también se pueden disponer en pares para mejorar la confiabilidad; a diferencia de los STP's, los SCP's no se interconectan entre sí con enlaces de señalización.

Enlaces D (Diagonal - Diagonal) : conectan un STP secundario (ej; local o regional) a uno primario (ej; gateway entre dos redes) con una configuración de cuatro enlaces. Los STP's secundarios de la misma red se interconectan con cuatro enlaces tipo D. La diferencia entre un enlace tipo B y uno tipo D es arbitraria, por esta razón, estos enlaces pueden ser llamados "B/D".

Enlaces E (Extendido - Extendido) : conectan un SSP con un STP alternativo. Proveen rutas de señalización alternativas si el STP correspondiente a un SSP no puede ser alcanzado con un enlace tipo A. Estos enlaces no se utilizan a menos que se justifique un alto grado de confiabilidad.

Enlaces F (Fully Associated – Completamente Asociado): conectan dos puntos de señalización finales (ej; SSP's y SCP's). Este tipo de enlace no se utiliza en redes con STP's. En redes sin STP's, los enlaces tipo F conectan directamente los puntos de señalización SCP Y SSP.

2.1.2. Tipos de Unidades de Señalización en SS7

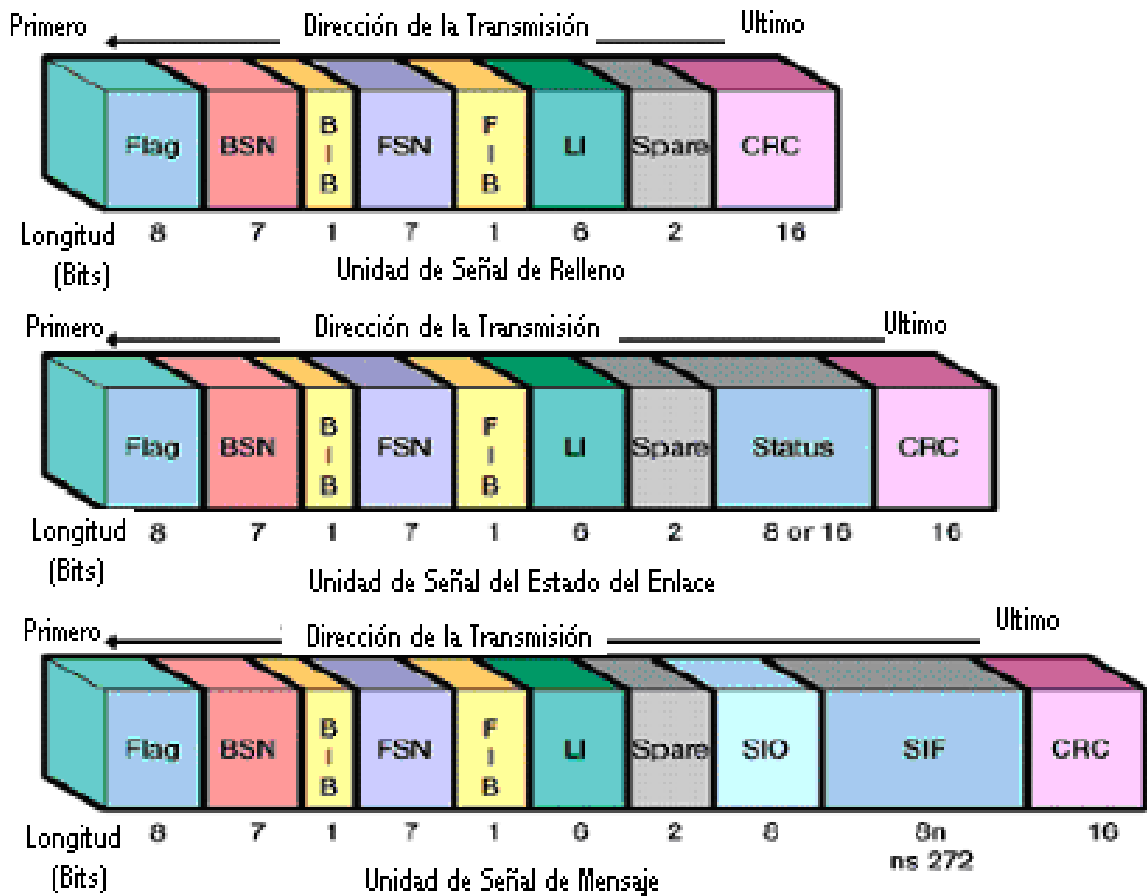
Un mensaje SS7 es llamado una Unidad de Señal (SU). Existen tres clases de SU's los cuales son representados en la figura 2.3:

- **FISU's** - Unidades de Señal de Relleno (Fill-In Signal Units)
- **LSSU's** - Unidades de Señal de Estado del Enlace (Link Status Signal Units)
- **MSU's** - Unidades de Señal de Mensaje (Message Signal Units)

Las FISU's son transmitidas constantemente por un enlace de señalización en ambas direcciones a menos que otras unidades de señal (MSU's o LSSU's) estén presentes.

Las LSSU's transportan uno o dos octetos de información del estado del enlace entre puntos de señalización en cualquier extremo del enlace.

Las MSU's transportan todo el control de la llamada, las peticiones y respuestas de y a la base de datos, gestión de red y datos de mantenimiento de la red en el campo de información de señalización (SIF- Signaling Information Field).



Fuente: <http://www.pt.com>

Figura 2.3. Unidades de señalización

Flag (Bandera): indica el inicio de una nueva SU e implica el final de la SU anterior (si existe). El número binario de la bandera es 0111 1110.

BSN (Backward Sequence Number – Número de Secuencia hacia Atrás): utilizado como un ACK para el reconocimiento de haber recibido las SUs en el punto de señalización remoto. EL BSN contiene el número de secuencia de la SU a la que corresponde la señal de reconocimiento.

BIB (Backward Indicator Bit – Bit Indicador hacia Atrás): indica un mensaje de reconocimiento negativo por el punto de señalización remoto.

FSN (Forward Sequence Number – Número de Secuencia hacia Adelante): contiene el número de secuencia de la SU.

FIB (Forward Indicator Bit – Bit Indicador hacia Adelante): utilizado para corregir errores, como el BIB. Cuando una SU está lista para ser transmitida, el punto de señalización incrementa el FSN en uno. EL valor del CRC es calculado y enviado junto con el mensaje de respuesta. Una vez recibido el mensaje, el punto de señalización remoto verifica el CRC y copia el valor del FSN en el BSN del siguiente mensaje disponible para ser transmitido al punto de señalización origen. Si es CRC es correcto, se envía un mensaje. Si el CRC es incorrecto, el punto de señalización remoto envía una señal de reconocimiento negativa y retransmite todos los mensajes, empezando con el mensaje dañado.

LI (Length Indicator – Indicador de Longitud): indica la longitud del mensaje SS7 y de acuerdo con esto determina el tipo de SU. La tabla 2.1 los posible valores que puede tomar el LI y su equivalencia :

Valor del LI	Tipo de SU
0	FISU
1..2	LSSU
3..63	MSU

Tabla 2.1. Tipo de mensaje según el valor del LI

La máxima longitud de una SU es 279 octetos: 273 octetos (datos) + 1 octeto (Bandera) + 1 octeto (BSN + BIB) + 1 octeto (FSN + FIB) + 1 octeto (LI + 2 bits libres) + 2 octetos (CRC).

Spare (Reserva): es un campo dentro del protocolo SS7 que está reservado para una futura utilización.

SIO (Service Information Octect – Octeto de Información del Servicio): contiene el campo de subservicio (4 bits) seguido del indicador de servicio (4 bits). El campo de subservicio contiene el indicador de red (e.j: nacional o internacional) y la prioridad del mensaje (0..3 siendo 3 el de mayor prioridad).

El indicador de servicio especifica el tipo de mensajes, permitiendo la decodificación de la información contenida en el SIF. La tabla 2.2 relaciona el indicador del servicio identificado por un número y su correspondiente tipo de mensaje.

Indicador de Servicio	Tipo de mensaje
0	SNM (Mensaje de Gestión de Señalización de Red)
1	MTN (Mensaje de Mantenimiento Regular)
2	MTNS (Mensaje de Mantenimiento Especial)
3	SCCP
4	TUP
5	ISUP
6	DUP (Parte de Usuario de Datos)- Mensajes de circuitos y llamadas
7	DUP – Mensajes de cancelación y registro de facilidades

Tabla 2.2. Valores del indicador del servicio

Parte de Usuario RDSI (ISUP- ISDN User Part): La Parte de Usuario RDSI define el protocolo utilizado para establecer, controlar y desconectar los circuitos que transportan voz y datos entre puntos terminales (p.e entre un abonado llamado y uno llamante). ISUP se utiliza para llamada RDSI como para llamadas no RDSI. Sin embargo, las llamadas que se originan y terminan en el mismo switch (SSP) no utilizan señalización SS7.

Parte de Usuario de Teléfono (TU – Telephone User Part): En algunas partes del mundo (ej: China y Brasil), la Parte de Usuario de Teléfono (TUP) se utiliza para soportar el establecimiento y desconexión de la llamada básica. TUP maneja solamente circuitos analógicos. ISUP ha remplazado a TUP para la gestión de la llamada debido a su naturaleza digital.

Parte de Control de Conexión de Señalización (SCCP): Provee servicios de red orientados y no orientados a conexión y capacidades de Translación de Título Global (GTT). GTT es una dirección (p.e 9800) que es traducido por el SCCP en un código de punto destino y número de subsistema. Un número de subsistema identifica una única aplicación en el punto de señalización destino.

SIF (Signaling Information Field – Campo de Información de Señalización): el SIF de una MSU contiene las etiquetas de enrutamiento y la información de señalización (e.j: SCCP, TCAP y mensajes ISUP).

CRC (Cyclic Redundant Check – Chequeo de Redundancia Cíclica): utilizado para detectar y corregir la transmisión de errores.

2.1.3. Señalización en una red GSM

La señalización de una red GSM emplea el sistema de señalización número 7 normalizado por la ITU-T. La señalización GSM soporta interfaces V.35, T1 y E1 para la conexión de enlaces SS7.

Los puntos de señalización tienen una arquitectura software que puede distribuir el modelo SS7 a través de unidades múltiples, esto significa que es posible para el sistema y los enlaces compartir la carga entre unidades, con clusters (grupos) actuando como un simple código de punto. Esta implementación permite que cualquier falla en el sistema o en la red sea tolerada con un mínimo retardo de conmutación. En un modo distribuido, la plataforma de señalización GSM provee configuraciones confiables soportando máximo hasta 96 enlaces SS7.

Con sus capacidades STP mejoradas, la plataforma de señalización GSM puede también emular la presencia de múltiples puntos finales en la red SS7, brindando acceso efectivo a más circuitos de voz y más enlaces de señalización sin violar las normas que rigen el aprovisionamiento de redes SS7.

La plataforma de señalización valida y manipula los mensajes que contienen TCAP, GSM MAP (versión 1, 2, 2+) y datos GSM CAP (versión 2+). El soporte para modificación de formatos de protocolos es alcanzado actualizando los archivos en las bases de datos en lugar de requerir modificaciones de software.

Los requerimientos de la red SS7 en GSM pueden ser configurados remotamente empleando una interfaz basada en web. Es posible establecer procedimientos para la generación de logs y alarmas para la gestión de la red SS7 y también para soporte SNMP.

2.1.4. Señalización en una red ANSI – 41

El estándar conocido como ANSI-41, TIA/EIA-41 o IS-41 es derivado del sistema SS7, es normalizado por la ANSI y provee servicios de señalización para los sistemas AMPS, TDMA y CDMA. Consiste de un protocolo de alto nivel el cual permite que los elementos funcionales de la red inalámbrica se comuniquen. Este protocolo de señalización de red provee capacidades muy importantes para el roaming como por ejemplo la autenticación, actualización y gestión de localización; envío de llamada y también provee el soporte para el servicio de mensajería corta (SMS).

A mediados de los años 90 fue fuertemente criticado por sus pocas capacidades de roaming internacional pero desde entonces ha sido mejorado y enriquecido con unas muy buenas características para llegar a soportar dicho roaming, razón por la cual en la actualidad es completamente comparable con GSM.

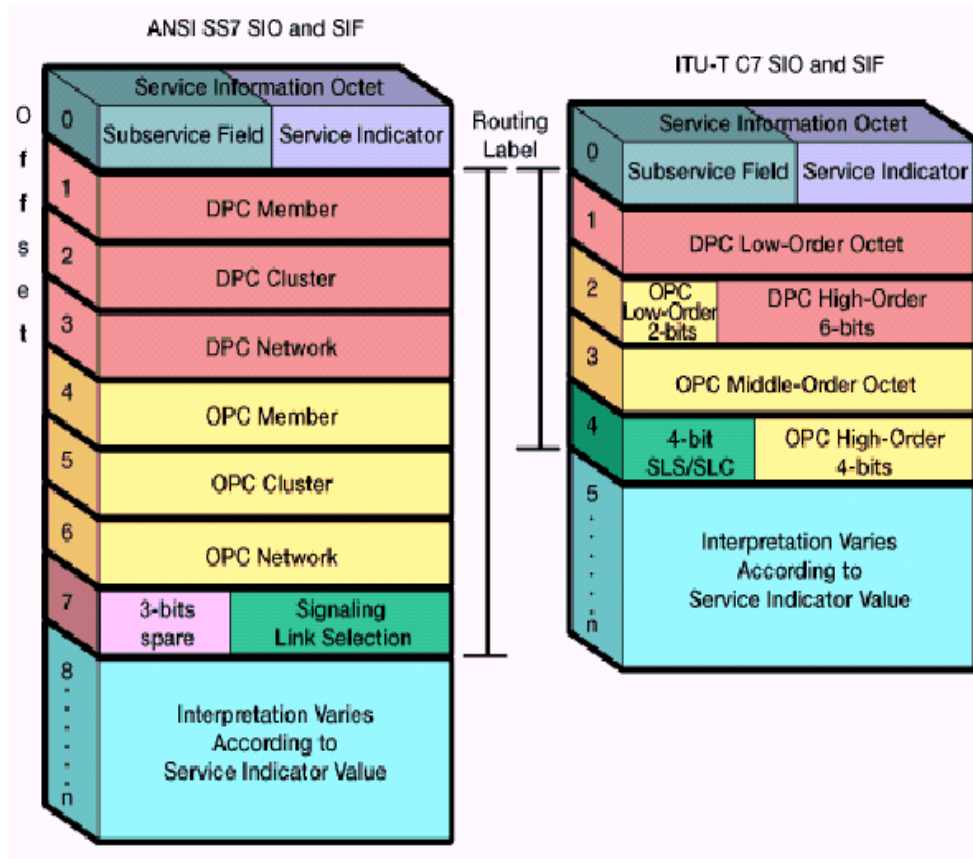
2.2. Diferencia fundamental entre enrutamiento ANSI e ITU-T

La diferencia fundamental de éstos dos sistemas de señalización de núcleos de red se presenta en los códigos de punto presentes en las etiquetas de enrutamiento de los mensajes de señalización.

Un *código de punto ANSI* consta de los octetos de **red, cluster, y miembro** (ej; 245-16-1). Un octeto es un conjunto de 8 bits (1 byte) que puede contener un valor cualquiera entre 0 y 255. Operadores con grandes redes tienen identificadores de red únicos, mientras que a los operadores pequeños se les asigna un número de cluster único de 1 a 4 para el identificador de red (ej; 1-123-9). El número de red cero no se utiliza, y el número 255 está reservado para uso futuro.

Los *códigos de punto ITU-T* son números binarios puros que representan la **zona, área/red y punto de señalización**. Por ejemplo: el código de punto 5557 (decimal) puede ser escrito como 2-182-5 (binario 01010110110101).

Los códigos de punto ANSI utilizan 24 bits (3 octetos); mientras que los códigos de punto de la ITU-T utilizan 14 bits, así mismo una etiqueta de enrutamiento ANSI utiliza 7 octetos, mientras que una de la ITU-T utiliza 4. Por esta razón, la información de señalización intercambiada entre redes ANSI y redes ITU-T debe ser enrutada a través de una pasarela STP, un conversor de protocolos o un punto de señalización que cuente con códigos de punto tanto ANSI como ITU-T; esto significa que para soportar completamente la interoperabilidad entre GSM y CDMA (ANSI-41), la red de conectividad y conversión del protocolo MAP deben ser provistos a través de una interconexión bidireccional y una función de interoperabilidad (IIF). La interacción entre redes ANSI y redes ITU-T se complica posteriormente por las diferentes implementaciones de procedimientos y protocolos de alto nivel. La figura 2.4 describe los formatos de las etiquetas de enrutamiento para redes ANSI e ITU-T.



Fuente: <http://www.pt.com>

Figura 2.4. Etiquetas de enrutamiento ANSI Vs. ITU-T y SIF

Existen algunos países que han implementado su propio sistema de señalización, tal es el caso de China donde se utilizan códigos de puntos de ITU-T de 24 bits los cuales resultan incompatibles con los dos mencionados anteriormente.

Se debe tener en cuenta que el proceso de validación y autenticación de los suscriptores también es diferente entre estas redes lo cual significa que para proporcionar una interoperabilidad técnica transparente a los operadores que utilicen éstas tecnologías y brindar a los usuarios un roaming efectivo y sin fronteras, es necesario implementar una traducción entre la identificación de abonados GSM que utilizan el identificador de Suscriptor Móvil Internacional (IMSI - International Mobile Subscriber Identity) y la identificación de abonados ANSI-41 que emplean la pareja MIN/ESN (Mobile Identification Number / Electronic Serial Number - Número de Identificación Móvil / Número Serial Electrónico).

En el caso de los abonados que utilizan la tecnología GSM necesitarán un MIN/ESN para poder hacer roaming en mercados donde se implementa la tecnología CDMA. El MIN/ESN será asignado temporalmente al abonado y junto con su IMSI local se ingresan en una base de datos para permitir el mapeo necesario para el manejo de la movilidad, incluyendo validación, entrega de llamadas y facturación. De ésta misma manera debe ser manejado para el caso contrario donde un abonado CDMA necesitará un número IMSI temporalmente asignado y su propia pareja de MIN/ESN, éstos identificadores serán almacenados en la base de datos para hacer posible el mapeo correspondiente y así poder obtener el servicio. Otra posibilidad es la utilización de terminales o estaciones móviles duales o multitecnología (GSM y CDMA) donde el usuario tenga la posibilidad de cambiar de modo (tecnología de acceso) su terminal para acceder a cada red. Cabe anotar que los abonados pueden hacer y recibir llamadas usando sus números celulares normales.

2.3. Iniciativas de armonización a nivel mundial

Existe una creciente ola de iniciativas y acuerdos que se están estableciendo para asegurar que la interoperabilidad entre las diferentes tecnologías inalámbricas celulares se haga tangible y así conseguir cerrar la gran brecha de estándares existentes. Una cosa es muy clara en la evolución hacia 3G, los operadores que deseen tener éxito deben tener en cuenta que primero son los servicios y aplicaciones antes que la tecnología. Las inherentes capacidades de 3G producirán un vertiginoso despliegue en el alcance de los servicios que los usuarios pueden esperar sin tener en cuenta su localización. Sin embargo, el desarrollo de este potencial sólo puede ser conseguido si la industria estrecha o unifica los conceptos de autentica interoperabilidad, lo que significa un compromiso económico y financiero bastante grande ya que se ven afectadas las anteriores inversiones en las redes de los operadores, pues éstas deben ser modificadas gradualmente para crear una plataforma móvil completamente abierta.

Siendo optimistas, se puede esperar como resultado de dichos procesos, que el desarrollo de 3G alcance el éxito en su establecimiento y realce la sociedad de la información inalámbrica, habilitando a los usuarios para acceder a su propia combinación de servicios de acuerdo a su criterio para escoger el terminal. Para esto es preciso tener en cuenta que factores de enrutamiento a nivel de núcleo de red involucran tal interoperabilidad de redes heterogéneas que son basadas en diferentes estándares, pero que a pesar de eso tienen que permitir el intercambio de contenido y una sencilla gestión de la sesión establecida por el usuario. Por otro lado los terminales de usuarios deben facilitar la recepción de alta calidad del contenido personal en todas las condiciones, suponiendo la continuidad de cualquier tipo de servicio a través de tecnologías multiestándar que han sido superpuestas. Además los servicios deben ser confiables, capaces de

satisfacer cada nivel de demanda del usuario y brindar las mismas facilidades sin importar la geografía.

El camino de transición para el completo desarrollo 3G es crítico y un elemento clave es el establecimiento de roaming sin restricciones y la completa portabilidad de servicios, una área en la cual se han visto recientes actividades y progresos, particularmente en el contexto de GSM, GPRS y EDGE.

En tal iniciativa se involucra el Consorcio de Comunicaciones Inalámbricas para TDMA y la Alianza de Norte América para GSM, formando un equipo para especificar la interoperabilidad entre esas tecnologías; éste grupo fue llamado GAIT - Equipo para la interoperabilidad GSM/ANSI-136 (GSM / ANSI-136 Interoperability Team). El GAIT fue conformado en Marzo de 1999 para especificar una estación móvil multimodo GSM/TDMA y una función de interoperabilidad para traducir los dos protocolos de red, a saber GSM MAP y ANSI-41. Este trabajo ya ha sido trasladado a resultados tangibles en forma de especificaciones para el desarrollo de terminales que posibiliten el roaming interestandar.

Por otro lado el 3GPP tiene como finalidad asegurar que los estándares sean desarrollados en un modelo abierto, consistente y compatible. Un creciente número de fabricantes están anunciando ahora pruebas de interoperabilidad en conformidad con los estándares del 3GPP, reflejando que la industria reconoce que el futuro tiene que ser de colaboración más que puramente de competencia. Bajo la bandera del 3GPP, los estándares UTRAN y GERAN han sido desarrollados para garantizar interoperabilidad, representando al estándar GSM.

El estándar GERAN es establecido para jugar un papel crítico en la evolución de los estándares de radio GSM hacia los servicios y arquitecturas de 3G. El estándar WCDMA fue diseñado desde un principio para ser desarrollado al lado o paralelamente con GSM, mientras que el estándar GSM fue modificado apropiadamente para soportar trabajo con WCDMA.

En el GAIT se han publicado hasta la fecha un total de cuatro especificaciones técnicas llamadas:

- Especificación de Teleservicio SMS hospedado.
- Especificación de Terminal Móvil Común GSM/ANSI-136
- Especificación del Terminal GSM/ANSI-136 SIM.
- Especificación de Interoperabilidad de Redes GSM/ANSI-136

Junto con los estándares GSM, ANSI-136 y ANSI-41 ya existentes y las especificaciones del GAIT se definen los elementos de red y protocolos para proveer la interoperabilidad básica GSM y TDMA; además se muestra el inicio del camino para comenzar con el trabajo hacia la interoperabilidad entre GSM y CDMA.

Es claro que en el camino establecido para la transición de 2G a 3G, los operadores, fabricantes y grupos de estandarización deben participar activa y colaborativamente para asegurar directamente el beneficio del mercado masivo fijando nuevos servicios, economías de escala y tecnologías no propietarias; sólo de ésta forma es posible llegar a acoplar múltiples tecnologías que involucren los procesos de interoperabilidad, roaming y acceso empleando una amplia gama de terminales disponibles para el usuario.

Por otra parte, existen varios organismos de estandarización, operadores y grupos de trabajo como el 3GPP (3rd Generation Partnership Project – Proyecto de Colaboración para la Tercera Generación) quienes trabajan en la estandarización para el núcleo de red del UMTS (Universal Mobile Telecommunication Service - Servicio de Telecomunicaciones Móviles Universal) contribuyendo con el avance global de los estándares inalámbricos basados en la evolución de las redes GSM, incluyendo WCDMA; el 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project 2 – Proyecto 2 de Colaboración para la Tercera Generación) que desarrolla los estándares para el PCN (Packet Core Network – Núcleo de red por Paquetes) y brinda junto con Norte América y Asia el avance global de las especificaciones para CDMA, tales como cdmaOne y CDMA2000; el Grupo para el Desarrollo de la Tecnología CDMA (CDG – CDMA Development Group); el OMA (Open Mobile Alliance – Alianza para Arquitecturas Móviles Abiertas) que busca la consolidación de las arquitecturas de las redes móviles abiertas; el T1P1.1 (Network Interworking Group – Grupo para la Interoperabilidad de Redes) y el OHG (Operators Harmonization Group – Grupo para la Armonización de Operadores) que promueven la convergencia de los estándares para consolidar las redes 3G. Los anteriores grupos se encuentran interesados en el tema de la interoperabilidad entre diferentes tecnologías y sus esfuerzos en investigación y proposición están encaminados a reducir la gran cantidad de estándares que abundan en el campo de la comunicación móvil celular para llegar a la tercera generación.

De los grupos nombrados anteriormente se destaca notablemente la participación del CDG, el cual en 1998 introdujo el tema de la armonización de operadores liderando la creación del OHG. Las tecnologías escogidas como objeto de estudio y desarrollo están basadas en CDMA banda ancha (W-CDMA) y CDMA 2000. El campo de W-CDMA es desarrollado basado en un mejoramiento llamado HSDPA (High Speed Downlink Packet Access – Acceso de Alta Velocidad para Paquetes de Datos del Enlace de Bajada). El campo de CDMA es desarrollado basado en CDMA2000 1X

evolucionado para datos y voz, llamado CDMA2000 1X EV-DV (1X Evolucionado para Datos y Voz). Una motivación para el mejoramiento es obtener mayor capacidad de salida para las interfaces de aire para ciertos modos de operación y la utilización de escenarios de manera que habiliten servicios simultáneos integrados de voz y paquetes de datos de alta velocidad, tales como video y capacidades de video conferencia.

Hay muchas personas pertenecientes y ajenas al medio que aún son escépticas en lo relativo al tema de la armonización, pues piensan que dichas tecnologías tienen suficientes diferencias básicas para asegurar que nunca serán armonizadas completamente. Esta afirmación fue comprobada, pues a pesar de la participación de compañías que utilizan éstas tecnologías, no fue posible fusionar completamente sus especificaciones de interfaces de radio para conformar una sola.

Sin embargo, el OHG recientemente hizo posible que los servicios brindados por W-CDMA y CDMA-2000 corrieran sobre un núcleo de red ya sea basado en ANSI-41 o MAP. Este logro permite que los operadores construyan sus sistemas sobre ambos tipos de núcleo de red lo cual tiene un enorme significado dentro del ámbito de la tercera generación pues con ello se facilita el roaming interestándar ya que un cliente con un dispositivo dual puede hacerse presente en cualquiera de los dos sistemas.

Por su parte la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) animó el Proyecto de Colaboración para 3G (3GPP) con el fin explorar vías de mejoramiento en los estándares para la armonización de las tecnologías de interfaces de aire 3G, los cuales pretenden incrementar el ancho de banda en las interfaces y así poder acomodar más usuarios en una celda, además que también estimula a la industria a idear formas para armonizar las tecnologías de núcleos de red basadas en internet.

2.4. Avances en interoperabilidad GSM – CDMA

La Asociación GSM, organización que lidera la industria inalámbrica a nivel mundial, recientemente ha anunciado que está próxima a realizar el primer roaming internacional ínter-estándar exitoso entre las tecnologías GSM y CDMA. Este anuncio significa un adelanto significativo en la tecnología inalámbrica, dentro del cual tendrían una participación cooperativa sin precedentes el Foro de Asociaciones para el Roaming Global de GSM (GGRF- GSM Association's Global Roaming Forum), Korea Telecom Freetel (KTF) - operador Coreano con tecnología CDMA y Bouygues Telecom quien opera la red francesa GSM 1800.

Para éste proyecto se han repartido diferentes tareas entre los grupos que lo integran, de ésta manera el GGRF está manejando lo relativo al roaming ínter-estándar pues ellos brindan una oportunidad para la discusión y desarrollo de requerimientos técnicos y estándares comerciales para el roaming entre la tecnología GSM y otras tecnologías inalámbricas. El GGRF también ha propiciado el desarrollo de la interoperabilidad GSM-TDMA y GSM-iDEN, éste último ha estado en operación comercial desde el año 2000. El lanzamiento comercial de dicho proyecto estaría a cargo del operador Coreano KTF para proveer servicios a subscriptores GSM de algunos lugares cuyas redes tienen un acuerdo de roaming con KTF. El primero de estos es Bouygues Telecom.

2.5. Propuesta de Armonización Global para 3G (G3G)

En la actualidad se está llevando a cabo una discusión que gira en torno a la posibilidad de armonización de las propuestas RTT (Radio Technology Transmisión – Tecnología de Transmisión de Radio) basadas en la tecnología CDMA. Los frutos parciales que hasta el momento se han obtenido de tal discusión bosquejan los requerimientos para una especificación global para sistemas CDMA 3G, además de los requerimientos de los operadores para facilitar los procesos de convergencia.

Desafortunadamente, el proceso de armonización se ha visto complicado en lo referente a los derechos de propiedad intelectual (IPR- Intellectual Property Right) pues existen disputas entre algunos patrocinadores claves de la alternativa de esquemas CDMA.

La propuesta es fuertemente enfocada a la solución que reuniría las necesidades de los operadores basada en la información técnica disponible acerca de las diferentes tecnologías sin tener en cuenta los IPR. La esperanza de los operadores inalámbricos se centra en que la comunidad de fabricantes resolverán las diferencias a través de el cruce de licencias IPR para el beneficio de la industria inalámbrica y de paso, el beneficio de todos. La filosofía detrás del desarrollo de ésta propuesta es permitir a cada operador la escogencia de un subconjunto de especificaciones dependiendo de su mercado y necesidades de negocio.

2.5.1. Especificación Global 3G (G3G)

Teniendo en cuenta que con tal armonización existirían muchos beneficios para los consumidores, operadores, fabricantes y proveedores, entonces una especificación G3G armonizada debe:

1. Ser enfocada en las necesidades de los clientes para una amplia disponibilidad de servicios de voz y datos de alta velocidad.
2. Maximizar la capacidad de los clientes de moverse entre regiones, países y sistemas.
3. Minimizar los costos de 3G para la industria móvil.
4. Maximizar la capacidad de la información tecnológica, Internet y de la industria de computadores personales para proveer aplicaciones móviles, soluciones y dispositivos de suscriptor.
5. Proveer un camino de evolución suave y compatible para la infraestructura existente.
6. Ser completado a tiempo para reunir los planes de comercialización de todos los países y regiones.
7. Reconocer que hay dos arquitecturas de núcleo de red bien establecidas evolucionando hacia un núcleo de red común de 3G alrededor de los próximos 5-10 años.
8. El impacto tecnológico y económico en la industria debe ser mínimo.
9. Debe haber el libre flujo de IPR's para permitir la innovación y mayor libertad de escogencia de los clientes.
10. Acomodar la asignación de espectro a las diferentes necesidades regionales.
11. Utilizar aproximaciones técnicas y parámetros que reúnan los requerimientos de los clientes.

2.5.2. Estructura para la armonización CDMA (G3G)

La figura 2.5 representa un modelo general que describe el concepto de estructura modular para la armonización CDMA, en él se muestra la diversidad de modos de transmisión de radio y núcleos de red que existen en la actualidad y que por exigencias de mercado y funcionalidad deben ser reducidos.

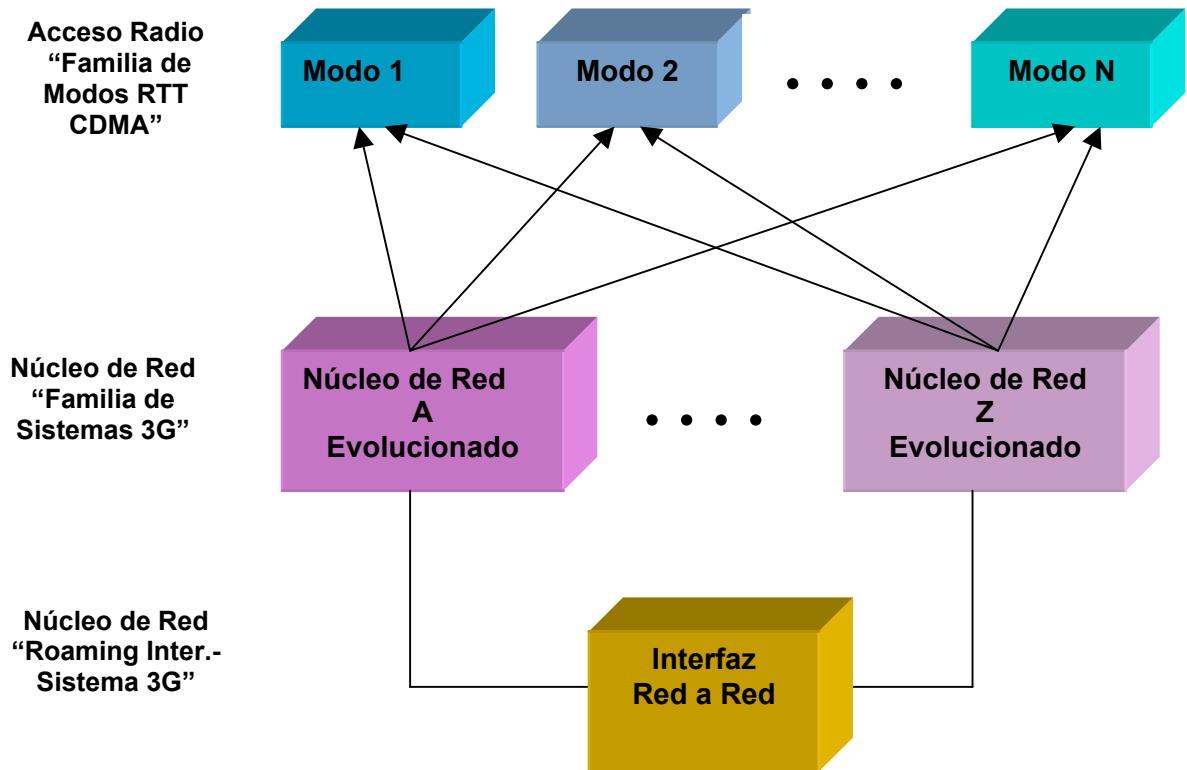
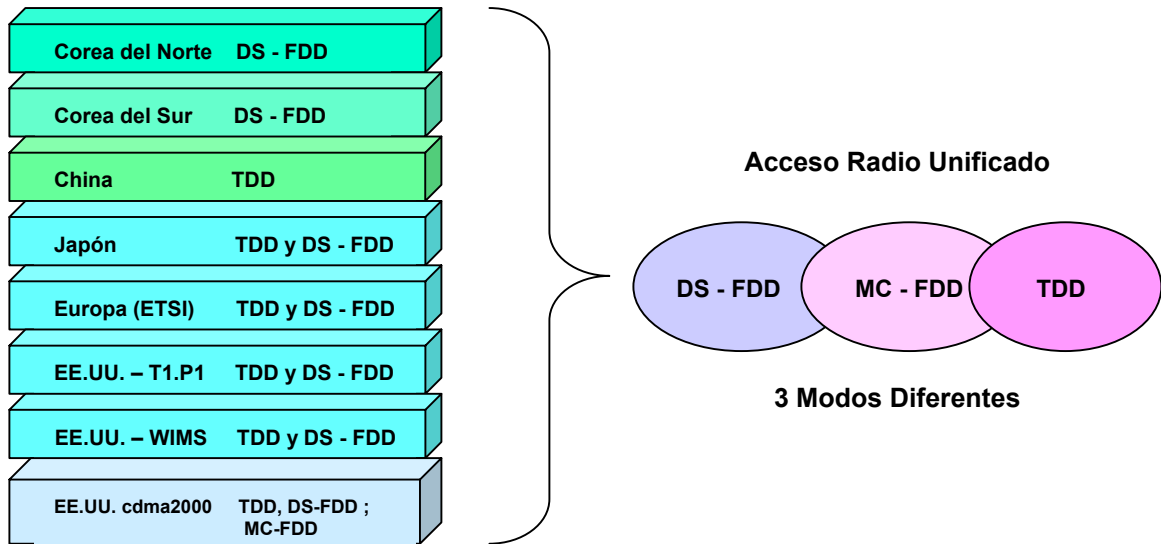


Figura 2.5. Concepto modular para la armonización CDMA

A continuación se describen los componentes básicos de la estructura modular.

- **Modos CDMA por Tecnología de Transmisión de Radio (RTT):** estos diferentes modos de Tecnología de Transmisión de Radio empleados en CDMA son establecidos para las necesidades de un operador en particular o su aplicación. Para el G3G se han definido tres diferentes tipos de Modos RTT basados en los ocho sujetos a la ITU los cuales son mostrados en la figura 2.6.

Modos RTT de CDMA Sometidos a la ITU-R



TDD: Time Division Duplex

FDD: Frequency Division Duplex

DS: Direct Sequence

MC: Multi Carrier

Figura 2.6. Acceso Radio unificado para G3G

- **Núcleo de Red “Familias de Sistemas”:** Cada núcleo de red existente hoy podría tener un camino de evolución para soportar servicios 3G si se le adicionan las capacidades apropiadas.
- **Interfaz de Red a Red (NNI):** La itinerancia entre miembros de una familia de núcleos de red sería soportada por una interfaz de red a red común (NNI), ésta puede formar la base para la evolución a largo plazo de diferentes núcleos de red a una arquitectura de red común y el establecimiento de los protocolos de red para habilitar itinerancia sin fronteras del más grande número de servicios entre miembros familiares. En el anexo B se explica la propuesta para el protocolo NNI propuesto por la ITU.

Dado el amplio rango de requerimientos que tienen los operadores con respecto a la utilización del espectro y la evolución de la red hacia 3G no es ni posible ni deseable reducir el concepto modular a un simple modo RTT y un simple núcleo de red. Sin embargo para lograr los beneficios brindados por la armonización, es necesario reducir el número de modos de CDMA RTT y opciones de núcleo de red a un número mínimo que pueda ser definido sobre una base global al mismo tiempo que se debe maximizar el acercamiento entre los modos CDMA RTT y los núcleo de red resultantes.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede notar que sólo las redes normales de 2G basadas en GSM MAP y ANSI-41 están siendo evolucionadas para que en un futuro puedan soportar servicios de 3G completamente armonizados. La figura 2.7 resume la estructura modular simple a la que se debe llegar bajo la óptica de G3G.

Los operadores 3G podrían seleccionar combinaciones de los módulos mencionados anteriormente según sean sus necesidades pero sujetos a los requerimientos regulatorios de su región o país. Sin embargo la especificación global en la ITU debe ser suficientemente detallada para habilitar a los operadores una escogencia flexible entre los varios RTT's y núcleo de red armonizados. Como consecuencia será necesario definir el Interworking o la interoperabilidad entre los modos RTT y el núcleo de red pero para ello cada comunidad de interés determinará la(s) combinación(es) en la(s) cual(es) ellos están interesados y se deberán tomar la tarea de especificarlas.

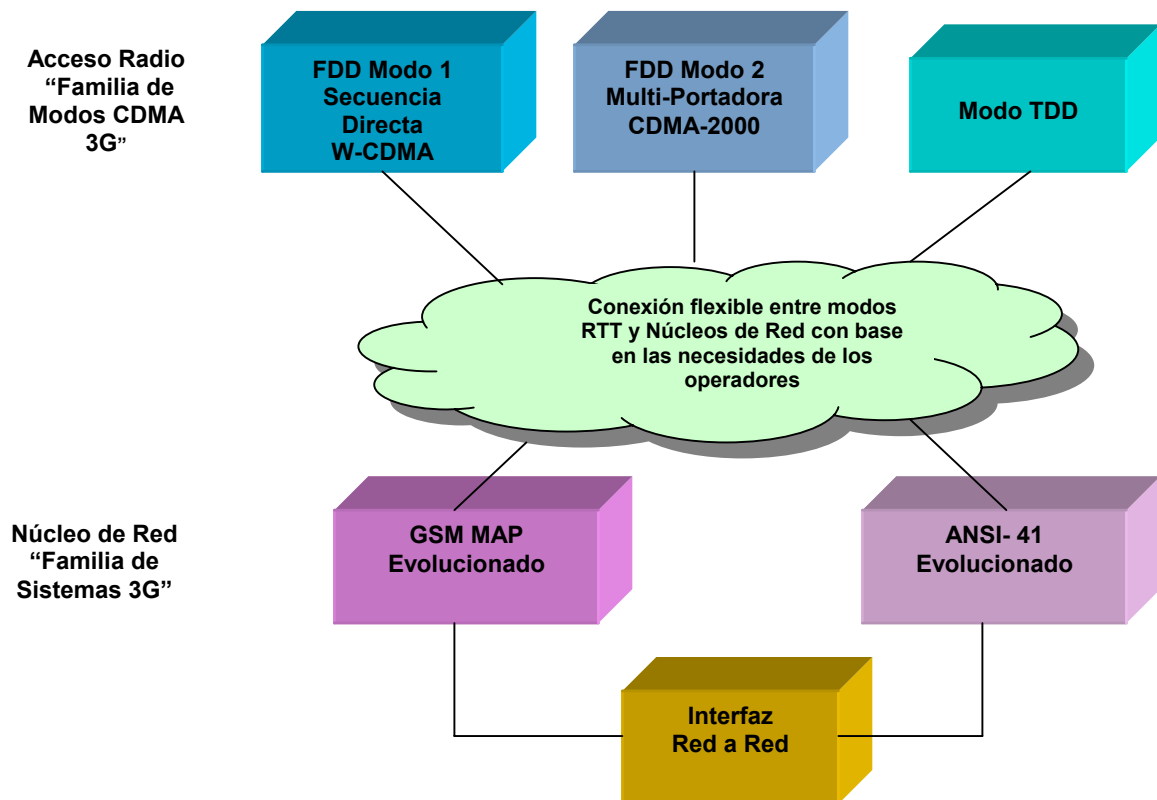


Figura 2.7. Propuesta modular de armonización 3G

Como ya se ha visto, para llegar a prestar servicios empleando la itinerancia interfamilias tal como lo promete la tercera generación, deben ser mejorados los protocolos de segunda generación existentes. Por consiguiente, el desafío es realizar el protocolo NNI común para la gestión de la movilidad que sea válido para dicha itinerancia interfamilias, esto depende principalmente de la creación de elementos de protocolo que no deben quedar restringidos a un servicio móvil particular y a una tecnología de acceso radioeléctrico. En otras palabras, el protocolo debe ser lo suficientemente genérico para adecuarse a los diferentes miembros/sistemas de 3G desde la perspectiva NNI. Un modo de progresar en esta dirección es obtener operaciones genéricas basadas en parámetros comunes para servicios IMT-2000 que serán utilizadas por éstos diferentes miembros. Debe prestarse también atención a conseguir que el camino que siga la evolución desde los sistemas 2G existentes a la NNI común 3G sea bastante flexible.

2.6. Condiciones para SIM en ANSI-41

El potencial de utilizar la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module – Módulo de Identidad del Subscriptor) para todo lo referente a la suscripción y almacenamiento de información de los usuarios para cualquier red y utilizando cualquier tipo de terminal, tiene ahora capturado el interés de algunos fabricantes y organismos del sector. La propuesta se basa en la idea de dotar el hardware de todas las estaciones móviles con un puerto que tenga la capacidad de soportar la tarjeta SIM. Esto tendría un impacto bastante grande y notable dentro de la familia de redes basadas en señalización ANSI-41, pues éstas cuentan con un procedimiento de autenticación y validación de usuarios bien establecido y además muy diferente al empleado por GSM, tecnología que emplea la SIM para la identificación de sus subscriptores.

A continuación se muestran los requerimientos para la introducción de la tarjeta SIM en redes basadas en núcleos de red ANSI-41 como parte de un programa de convergencia; dichos requerimientos obviamente son aplicables a la tecnología CDMA. Se asume que la funcionalidad SIM en el modo GSM de los productos evolucionados no es afectada por el programa de convergencia.

Existen cuatro aspectos básicos que se deben tener en cuenta para la adición de las capacidades SIM en productos ANSI-41 evolucionados:

- 1) Deben ser soportadas redes y productos ANSI-41 legados y GSM.
- 2) Se debe brindar el soporte para futuros productos ANSI-41 evolucionados.

- 3) El HW de los terminales debe ser excepcionalmente identificable y no se puede arriesgar la seguridad sin una debida autenticación.

- 4) La identificación del HW del terminal y la subscripción deben ser separados.

Dentro de éste contexto también deben ser considerados los desarrollos operacionales y los aspectos legales y/o regulatorios. Con respecto a la parte regulatoria se tiene que las redes ANSI-41 relacionan su autenticación con el ESN (Electronic Serial Number- Número Serial Electrónico) e introducen un algoritmo de autenticación (algoritmo CAVE) que utiliza los parámetros A-key, ESN y número aleatorio RAND para generar un resultado SSD final para llevar a cabo la autenticación (por medio del SSD_A) y el cifrado para encriptación de los datos de usuario (utilizando el SSD_B). Con respecto al entorno operacional, se debe considerar la operación normal de los sistemas ya existentes basados en ANSI-41.

Cabe resaltar que existen muchos diseños que pueden lograr el objetivo de la introducción de la tarjeta SIM para roaming en el ambiente ANSI-41. Sin embargo, cada aproximación puede tener diferentes impactos en varias partes del sistema y los pro y los contras de cada aproximación deben ser considerados en el entorno completo.

El soporte para una tarjeta SIM para roaming GSM/CDMA puede ser factible si una aproximación común fuera acordada. Las políticas administrativas ESN y los procedimientos serán afectados en proposiciones donde el ESN no se utiliza más como único identificador de HW de terminal, es por eso que toda proposición requiere una revisión confiable.

Finalmente el TR-45 es el grupo de estudio encargado de determinar si es posible la introducción de las tarjetas para roaming en las redes ANSI-41, de todas maneras es un tema que debe ser investigado a fondo, se deben mirar los beneficios y las desventajas y obtener por decisión unánime entre fabricantes, operadores, usuarios y demás organismos del sector, un modelo aproximado para tal fin. Es preciso tener en cuenta que es la masificación de las comunicaciones móviles y la presión comercial que ejerce la demanda, quienes agilizan la consideración y el estudio de éste tema.

No obstante, no está muy alejado de la realidad el pensar que en un futuro los terminales móviles utilizarán un modelo de tarjeta SIM con las capacidades para roaming internacional, la cual podrá ser empleada en cualquier tipo de terminal para acceder a cualquier tipo de red, pues los diferentes sistemas tendrán una forma de validación y autenticación unificada empleando todos el mismo algoritmo y los mismos parámetros de validación. Para ello los terminales serán mejorados con las

capacidades necesarias para prestar los servicios basándose en el concepto de *roaming inteligente*, así éstos podrán saber y seleccionar el tipo de red según la región donde se encuentren y según la recepción de la mejor señal; de ésta manera se podrá obtener la tan nombrada itinerancia mundial, una de las características principales de la tercera generación, propuestas por los entornos del IMT-2000 y el UMTS.

2.7. Modelo de referencia para la interoperabilidad

Como ya se ha explicado anteriormente, existen varios protocolos de movilidad para sistemas 2G, tales como GSM MAP e IS-41, estos han sido específicamente concebidos y optimizados para capacidades de servicio y sistemas 2G. Sin embargo, el principal inconveniente que presentan dichos protocolos es que no pueden soportar fácilmente la comunicación entre familias de núcleos de red debido a su naturaleza y diseño específicos, es decir, la sintaxis y la semántica de argumentos y los resultados de las operaciones de gestión de la movilidad están fuertemente asociadas con la arquitectura y servicios 2G correspondientes.

En ésta parte del trabajo se presenta la propuesta del modelo necesario para llevar a cabo la interoperabilidad a nivel de núcleo de red entre éstos protocolos, los cuales son los encargados de realizar la gestión de la movilidad a dos de las tecnologías de segunda generación mejor establecidas a nivel mundial, GSM y CDMA/IS-95.

Se propone para éste fin, una red de conectividad y conversión del protocolo MAP la cual debe ser provisionada a través de una interconexión bidireccional y una función de interoperabilidad denominada IIF (Interworking and Interconnection Function – Función de Interoperabilidad e Interconexión). En términos de implementación la IIF puede ser ofrecida vía un elemento de red independiente, o puede ser integrada con el Registro de Localización de Residentes (HLR) en cualquiera de las dos redes o en ambas. Es preciso aclarar que bajo éste modelo de interoperabilidad el suscriptor tendrá la oportunidad de acceder a los servicios contratados con su operador sin importar el estándar (GSM o IS-95) en el cual está basada la red disponible en su localización.

El tipo de red proveedora del servicio de comunicación celular en el área de localización de residencia del suscriptor se le conoce como la **red nativa** para éste usuario. Cuando el suscriptor accede cualquier red utilizando su propia tecnología o estándar, se dice que el suscriptor está operando en **modo nativo**. Inversamente, cuando el suscriptor accede cualquier

red utilizando una tecnología o estándar diferente de la red nativa, se dice que el suscriptor está operando en **modo extranjero**.

La Función de Interoperabilidad e Interconexión (IIF) provee una interfaz de control de señalización entre entidades de red CDMA (ANSI-41) y GSM (MAP). Esta interfaz está provista para habilitar el acceso a servicios cuando un suscriptor opera en una red como visitante cuyo protocolo de señalización es diferente del protocolo de su red residente o cuando ambos suscriptores están en modo nativo pero desean comunicarse entre si desde sus redes residentes de tecnología heterogénea. La figura 2.8 bosqueja la familia de interfaces de red provistas por la IIF en la interconexión de redes.

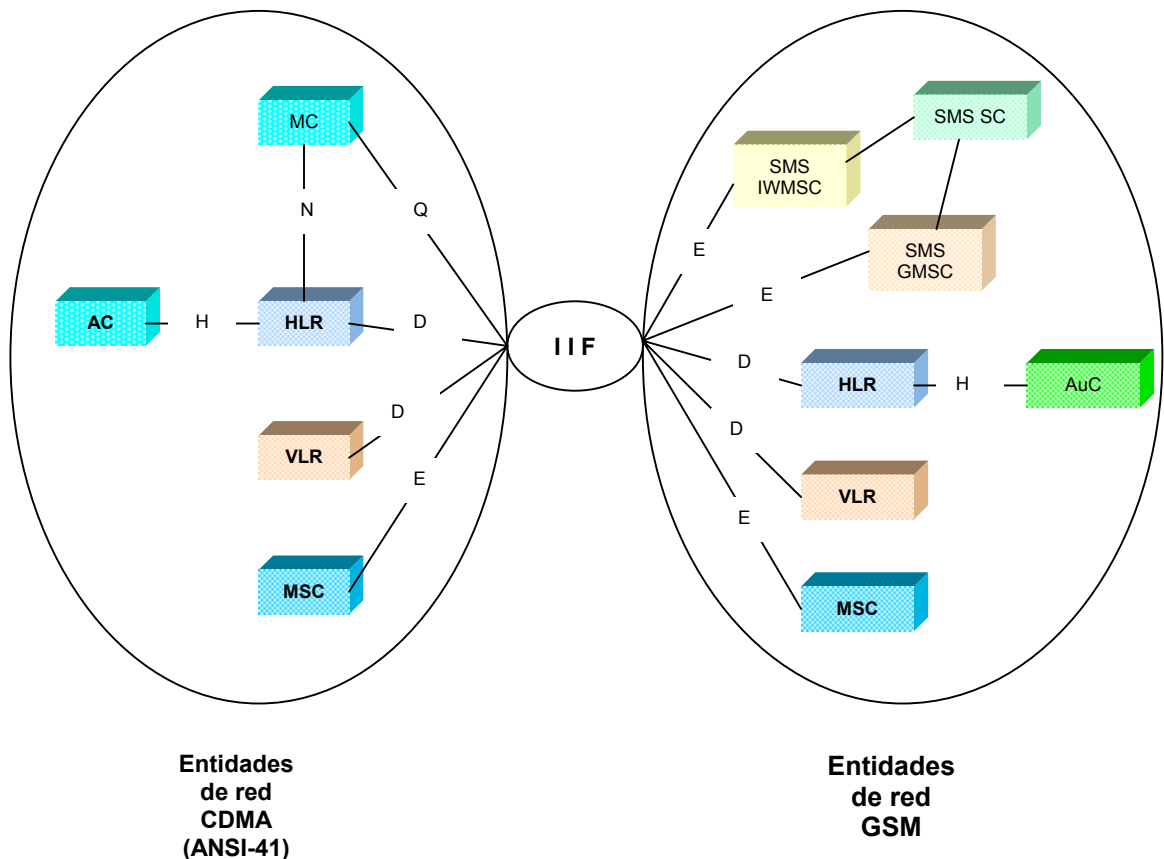


Figura 2.8. Modelo de Referencia IIF

En el capítulo uno se explicaron cada una de las entidades funcionales que forman parte de la red, tanto para GSM como para CDMA/IS-95. Ahora se explicará la manera en que éstas entidades funcionales de red interactúan entre sí por medio de la función de interoperabilidad y sus interfaces relacionadas. En la figura 2.8 se muestran los dos tipos de red en cuestión con las entidades que forman parte de la red principal para la gestión de la movilidad del usuario, se puede apreciar que

dichas redes se encuentran unidas por una función genérica que cumple las veces de “puente” para comunicar las interfaces de una red, con las interfaces de la otra red, cada una de ellas a cada lado de la función de interoperabilidad e interconexión (IIF).

Cuando un suscriptor de una red CDMA accede a una red GSM como visitante, la red visitada usa señalización GSM MAP (GSM Mobile Application Part - Parte de Aplicación Móvil GSM), mientras la red controladora residente usa señalización ANSI-41. Así mismo, cuando un suscriptor nativo GSM accede como visitante a una red CDMA, la red visitada usa señalización ANSI-41, mientras que la red nativa controladora usa señalización GSM MAP.

Para soportar la interoperabilidad de servicios entre las entidades de red CDMA y GSM, la función de interoperabilidad e interconexión (IIF) o gateway mapeará el flujo de mensajes entre GSM MAP y ANSI-41. Esto significa que la IIF interpreta un mensaje de señalización en un protocolo y lo convierte a la operación equivalente en el otro protocolo de red.

2.7.1. Datos de red provisionados

La IIF no duplica el HLR (Registro de Localización de Residentes) existente para cada una de las redes, sino que provee una gateway para la red visitada que utiliza el protocolo extranjero. La fuente original de los datos de suscripción tales como el perfil del usuario y servicios contratados permanece en el HLR de la red residente.

Los servicios de autenticación y encriptación son funciones críticas que deberán ser soportados con la red de interoperabilidad. Esas capacidades son gestionadas en ambas redes GSM y ANSI-41 por el centro de autenticación (AuC o AC respectivamente).

La red GSM implementa una forma bastante compleja de autenticación de sus suscriptores y cifrado de los datos de usuario haciendo uso de tres algoritmos específicos que se identifican como A3, A5 y A8.

Cuando un móvil entra a la red GSM para ser identificado, éste le da a conocer a la red su posición y su IMSI, el HLR es la entidad de red encargada de atender al usuario por primera vez, el cual consigna dentro de su base de datos la identidad (IMSI) y posición que éste le informa para luego entregarle esa información al VLR encargado de la región de origen del móvil. Posteriormente el MSC se encarga de generar una secuencia de números aleatoria conocida como *RAND* (128 bits), que es transmitida tanto a la estación móvil como al centro de autenticación AuC GSM, cabe

recordar que en el AuC se encuentran almacenados el IMSI de cada suscriptor asociado a su respectiva clave K_i (Key Identification – Clave de Identificación).

En el lado del terminal móvil, haciendo uso del hardware del dispositivo, se recibe la secuencia de números aleatoria RAND y se lleva al interior de la tarjeta SIM, en donde ya reside el código K_i (128 bits) de dicho terminal. Con éstos dos datos y empleando el algoritmo A3 la SIM calcula un valor resultante de 32 bits llamado SRES el cual es enviado al MSC. Este mismo procedimiento de cálculo se lleva a cabo en el AuC y el resultado también se envía al MSC en donde finalmente se comparan éstos dos resultados; si son iguales, la red autoriza al usuario para hacer uso de sus servicios contratados; sino, la autenticación es fallida y el servicio es negado.

Después de que el usuario es autorizado, se lleva a cabo otro procedimiento al interior del AuC, en donde se utiliza la misma secuencia RAND, el código K_i y mediante otro algoritmo llamado A8 se calcula un valor resultante llamado código Kc (Key Cipher – Código de Cifrado). Es importante que el AuC conozca este valor Kc para los procedimientos de encriptación / desencriptación de la voz y/o datos de usuario.

Finalmente, cuando el suscriptor empieza una comunicación, ya sea de voz o datos, en la estación móvil también se lleva a cabo un procedimiento similar para obtener el código Kc, el cual es operado con la voz y/o datos de usuario mediante el algoritmo A5 para obtener la encriptación de la voz y posteriormente el resultado se transmite sobre el canal de radio. Para cada intento de autenticación de un usuario, una nueva secuencia de números aleatoria RAND será utilizada. La figura 2.9 representa los algoritmos empleados para la autenticación GSM con sus datos de entrada y salida.

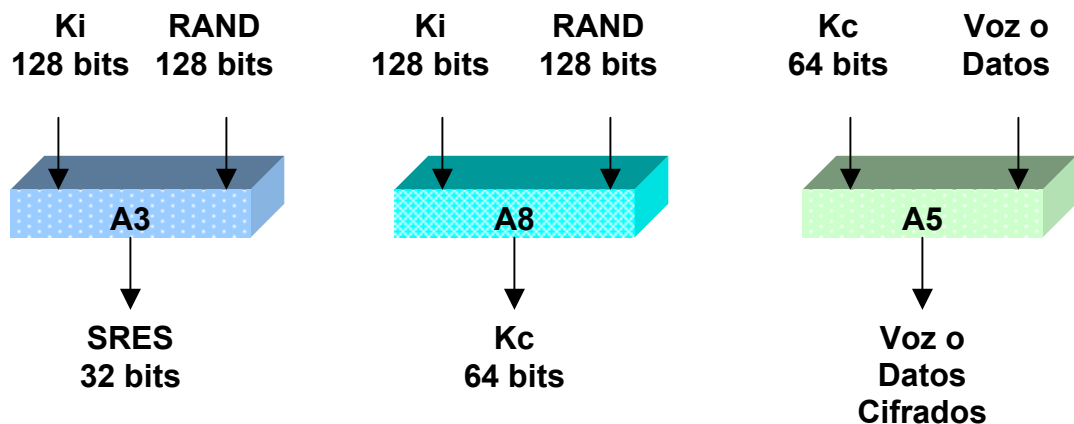


Figura 2.9. Claves y algoritmos de autenticación GSM

Por otro lado, se puede considerar que la red CDMA tiene una forma sencilla de realizar la autenticación y encriptación de sus usuarios. Primero que todo se debe tener en cuenta que las estaciones móviles carecen de la funcionalidad de la tarjeta SIM, esto significa que la identificación tanto del hardware como de suscripción, se encuentra almacenada en el propio terminal representando una verdadera desventaja para los usuarios ya que esto se traduce en una estrecha relación entre el dispositivo móvil como tal y la identificación de cada suscriptor de la red, impidiendo que el usuario realice actualizaciones de sus dispositivos cada que él desee aún conservando su identidad ante la red y su número telefónico ante las personas relacionadas con él.

En ese orden de ideas, las redes CDMA (en general ANSI-41) emplean los códigos A-Key (Clave de Autenticación), *ESN* (Número Serial Electrónico) y *MIN* (Número de Identificación Móvil) o *IMSI* (Identificación del Suscriptor Móvil Internacional), cabe aclarar que en caso de que la red esté dotada con la capacidad IMSI, éste contendrá los 10 números pertenecientes al MIN. El algoritmo implementado para la autenticación y cifrado es el *CAVE*.

Cuando una estación móvil CDMA entra al área de cobertura de un nuevo MSC, por medio del canal de acceso (ACH) la red obtiene su ubicación y MIN, almacenándolos en su registro HLR. Seguidamente, el MSC le envía una secuencia de números aleatoria *RAND* empleando el canal de búsqueda (Paging Ch) para tal fin.

La estación móvil recibe la secuencia *RAND* y junto con los códigos A-key y *ESN* se operan bajo el algoritmo *CAVE* de donde se obtiene como resultado la secuencia *SSD* (Datos Secretos Compartidos). El *SSD* es dividido en dos partes conocidas como *SSD_A*, empleado para la autenticación ante la red y el *SSD_B*, empleado para el cifrado de los datos de usuario. El *SSD_A* es transmitido vía radio, específicamente por el canal de acceso hacia la red, en donde el MSC se encarga de enviarlo junto con la misma secuencia *RAND* que le mandó al terminal móvil, hacia el centro de autenticación AC empleando un canal SS7.

Seguido a esto, el AC emplea el mismo algoritmo *CAVE* para descifrar los datos que le llegan y poder comparar el *ESN*, *MIN* o *IMSI* y A-Key; si son idénticos, el AC le informa al MSC la validación del servicio; sino, se declara la autenticación fallida y el servicio es negado.

Después que se ha realizado la validación y autorizado la prestación de los servicios contratados, El *SSD_B* es operado con la voz y/o datos de usuario mediante el algoritmo *CAVE* para ser transmitidos vía radio por el canal de tráfico (TCH).

Finalmente, los datos de validación *ESN*, *MIN* o *IMSI*, A-Key y algoritmo *CAVE* son trasladados al MSC/VLR donde se lleva a cabo los procedimientos de encriptación / desencriptación a medida

que el usuario transmite en su sesión de comunicación. Es preciso aclarar que cada intento de autenticación de un usuario se utiliza una nueva secuencia de números aleatoria RAND. La figura 2.10 representa el algoritmo y los datos de entrada para la autenticación CDMA.

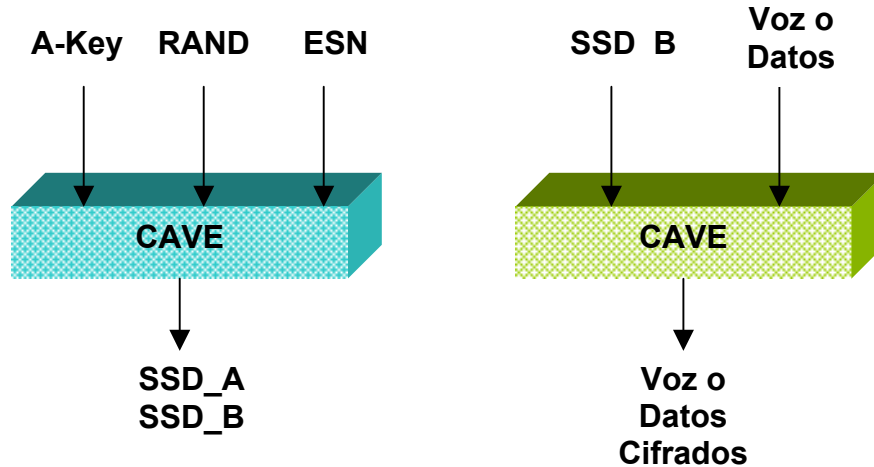


Figura 2.10. Claves y algoritmos de autenticación CDMA

Como se puede ver, diferentes procesos de autenticación y algoritmos de encriptación son definidos por GSM y CDMA. Para poder realizar la autenticación, soportar servicios en cada red y así alcanzar la itinerancia de los suscriptores en cualquiera de las dos redes, es preciso albergar los datos de los suscriptores en ambos centros de autenticación, es decir, en el AuC GSM y en el AC CDMA. Los datos del suscriptor que se necesitan manejar en ambas redes incluyen:

- Código Ki – Clave de autenticación de suscriptor GSM.
- Trío de claves Kc, RAND y SRES para cifrado y autenticación basada en GSM.
- A-key - llave de autenticación IS-95.
- SSD-A - Datos secretos compartidos para autenticación IS-95.
- SSD-B - Datos secretos compartidos para encriptación de mensajes y máscaras de privacidad de voz: El *CDMAPrivateLongCodeMask*.

La mayoría de estos datos no residirán en la IIF, sino que serán dinámicamente convertidos y trasladados entre mensajes GSM MAP y ANSI-41 según se necesite. No obstante, alguna información básica de la identidad del suscriptor debe ser albergada en la IIF para soportar este proceso de mapeo, tal como:

- Identidad Internacional del Suscriptor Móvil (IMSI)
- Número de Identificación Móvil (MIN)

- Tipo de Terminal: GSM (IMEI) o CDMA (ESN)

Los siguientes aspectos son supuestos básicos sobre los cuales está basado el escenario opcional:

- No hay datos específicos (perfil del usuario y servicios contratados) del suscriptor almacenados en la IIF, únicamente la información básica de la identidad del suscriptor.
- El sistema residente CDMA puede tener mejoradas las capacidades de autenticación (capacidades IMSI) para soportar roaming de sus suscriptores a sistemas GSM.
- Los suscriptores pueden estar usando una estación móvil multimodo GSM/CDMA con capacidades de roaming dentro de ambos sistemas. Otra opción es la utilización de R-UIM's (Removable User Identity Module – Módulo de Identidad de Usuario Removible) que son insertados dentro del equipo terminal GSM o CDMA. Las R-UIM y/o las estaciones multimodo contarán internamente con los códigos de identidad de usuario y algoritmos para la validación y cifrado, tanto GSM como CDMA.
- El centro de autenticación AC CDMA comparte con la IIF para los suscriptores en roaming en una red GSM. De igual manera el centro de autenticación AuC GSM comparte con la IIF para los suscriptores en roaming en una red CDMA.
- La IIF funciona como un VLR en la interacción con el sistema residente CDMA. En el caso en que sea roaming CDMA en modo extranjero GSM, un valor SSD válido es generado en el R-UIM (o Estación móvil multimodo) antes que el suscriptor pueda entrar al sistema GSM.
- Después que el suscriptor es registrado en un sistema GSM, la IIF reporta fallas de autenticación al sistema CDMA (ANSI-41) usando la operación *AuthenticationFailureReport*. Esta falla se da debido a que la estación móvil ha cambiado de red y la IIF reconoce que el sistema de autenticación es diferente.
- El AC/HLR CDMA puede cancelar la registrada utilizando la operación de Cancelación de Registro (*RegistrationCancellation*).
- Un nuevo valor de parámetro *SystemCapabilities* (Capacidades del Sistema) que identifica el sistema GSM será empleado por la IIF para indicar que la red servidora está utilizando

autenticación y procedimientos de privacidad GSM. Esto indica que la actualización SSD no puede ser realizada, pues como ya se describió en el proceso de autenticación de CDMA, cuando la estación móvil entra al área de influencia de un nuevo VLR, es necesario una nueva secuencia de números aleatoria RAND, la cual es una entrada importante en el algoritmo CAVE en la generación del SSD. El parámetro *SystemCapabilities* también indica que el ESN enviado desde la estación móvil al sistema residente CDMA (ANSI-41) no fue recibido.

- La IIF pide a la red servidora los códigos RAND, SRES y Kc necesarios para la autenticación y privacidad en el sistema GSM. En éste momento comienza la autenticación del móvil “CDMA” dentro de la red GSM. Igualmente para la autenticación de un móvil “GSM” dentro de una red servidora CDMA, la IIF pide los códigos A-key, RAND y ESN necesarios para la autenticación.
- El terminal móvil dual podría estar en la capacidad de escoger automáticamente el algoritmo y la forma de autenticación según el tipo de red en la que se encuentre, a esto se le conoce como *roaming inteligente*, o el usuario puede tener la opción de seleccionarlo en el menú del dispositivo. Mediante el R-UIM, la estación móvil debe usar los algoritmos de autenticación que también son soportados por la IIF para el cálculo de la llave de cifrado Kc y/o SSD_B y las respuestas de reconocimiento SRES y/o SSD_A.
- Las funciones de la IIF son como un HLR/AuC GSM en esta interacción con el sistema GSM para almacenamiento de los datos de autenticación del suscriptor en roaming. De igual manera son como un HLR/AC en la interacción con el sistema CDMA para el almacenamiento de los datos de autenticación del suscriptor en roaming.
- Los SSD de los suscriptores CDMA deben ser actualizados cuando el suscriptor regresa a un sistema CDMA (ANSI-41).
- La IIF debe ser capaz de pedir el ESN de la estación móvil con un requerimiento de autenticación (*AuthenticationRequest*) invocando al sistema residente ANSI-41.

2.7.2. Interconexión para interfaces de red

A continuación se describen las interfaces de red por medio de las cuales la IIF hace posible la interoperabilidad. Para la función particular de interoperabilidad e interfaz de red, la IIF simula simultáneamente un elemento de red usando el protocolo de mensajes extranjero y un correspondiente elemento de red usando protocolo de mensajes nativo.

Para cada operación de mensajes en particular, la IIF convierte la operación desde el protocolo extranjero a el protocolo nativo y viceversa. Las funciones de emulación en la IIF se asemejan a los protocolos ANSI-41 y GSM MAP cuando la comunicación se sostiene en las interfaces externas.

La figura 2.11 describe los elementos de red emulados al interior de la IIF que representan la interfaz de mapeo o conversión. Todas las líneas de conexión continuas representan interfaces estandarizadas GSM o ANSI-41 basadas en los protocolos ya existentes. Las líneas punteadas representan las interfaces de comunicación entre entidades emuladas por la IIF.

2.7.3. Interfaz HLR nativo - VLR extranjero

La IIF provee una interfaz entre el HLR de la red nativa y el VLR de la red visitada que utiliza un protocolo de señalización de red extranjero. Esta interoperabilidad es provista sobre la interfaz referenciada como "D" descrita en el modelo de referencia de red mostrado en la figura 2.11.

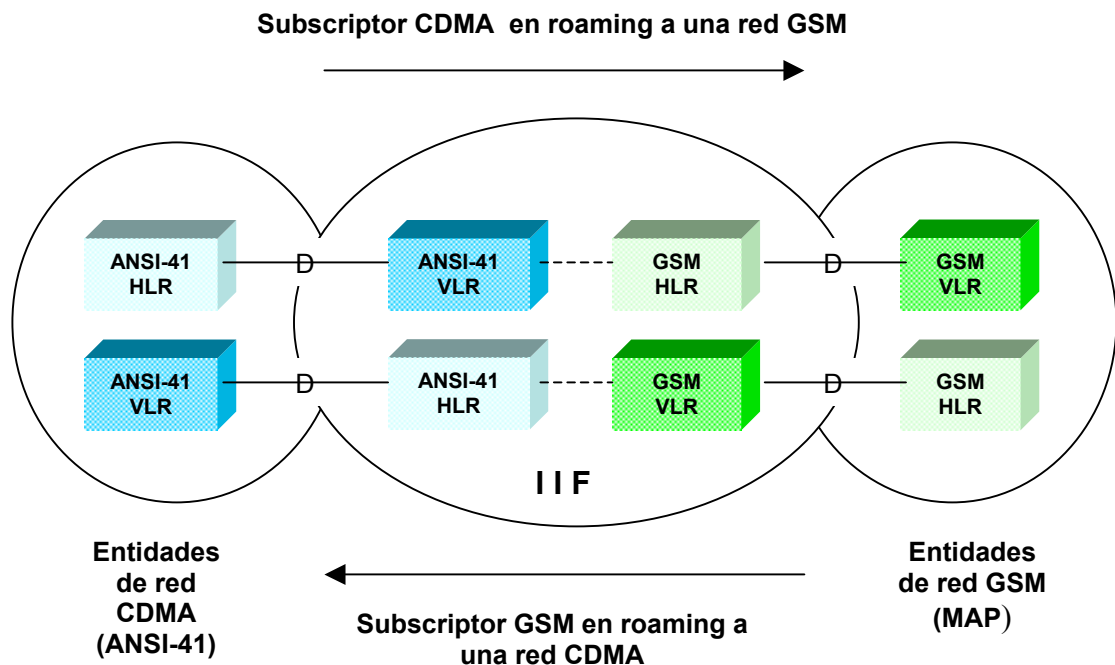


Figura 2.11. Interfaz HLR de red nativa – VLR de red visitada

Implementación modo extranjero GSM para un subscriber CDMA/IS-95: cuando un subscriber nativo CDMA/IS-95 opera en modo extranjero en una red GSM, la estación móvil utilizará la interfaz de aire y forma de autenticación GSM. La pasarela de interoperabilidad o IIF

proveerá ambos tipos de emulación, HLR GSM y VLR ANSI-41 para permitirle al suscriptor registrarse con la IIF. Este HLR GSM actúa como un proxy limitado por el HLR ANSI-41 actual, siendo éste quien finalmente establece el control de la gestión de la movilidad. Al mismo tiempo, para la red residente CDMA/IS-95, el suscriptor parecerá ser registrado desde la IIF, emulando un VLR CDMA. En este caso las líneas discontinuas representan el área de influencia de cada red.

La estación móvil CDMA que se encuentra en roaming modo extranjero GSM es “recibida” por un MSC GSM dentro de la red GSM, el cual revisa el AuC GSM donde residen los datos de los terminales que están habilitados para el roaming intersistema (datos de autenticación duplicados en ambas redes), de esa manera la red se da cuenta que el móvil se encuentra en modo extranjero e inmediatamente pasa la función de autenticación a la IIF, específicamente al HLR GSM emulado por la gateway, quien se encarga del proceso de autenticación ya que soporta los datos y algoritmos necesarios para ello.

Después de realizar el proceso de autenticación en el HLR GSM emulado, los datos son trasladados al VLR CDMA también emulado en la gateway, pareciendo como si el móvil simplemente hubiera cambiado de región de origen. Dichos datos son almacenados finalmente en el HLR CDMA para tener un registro en la red nativa de la posición actual del móvil. La figura 2.12 representa este procedimiento.

Secuencia de pasos:

* - Solicita la actualización de la ubicación a la red servidora (GSM).

1 - La red servidora solicita la actualización de la ubicación a la IIF.

2 - La IIF solicita la actualización de la ubicación en el HLR residente (CDMA/IS-95).

3 - Regresa el resultado de la actualización a la IIF.

4 - Solicita los datos del abonado (código Ki, # RAND, IMEI).

5 - Introduce los datos del abonado (código Ki, # RAND, IMEI).

5' - Envía número RAND a MS al mismo tiempo que a IIF.

6 - Calcula en MS el valor SRES y lo devuelve al MSC/VLR servidor.

7 - Envía resultado de autenticación SRES al MSC/VLR servidor.

8 - Compara resultados SRES de MS y de IIF.

9 - Acepta la actualización de la ubicación, autenticación y autoriza el servicio.

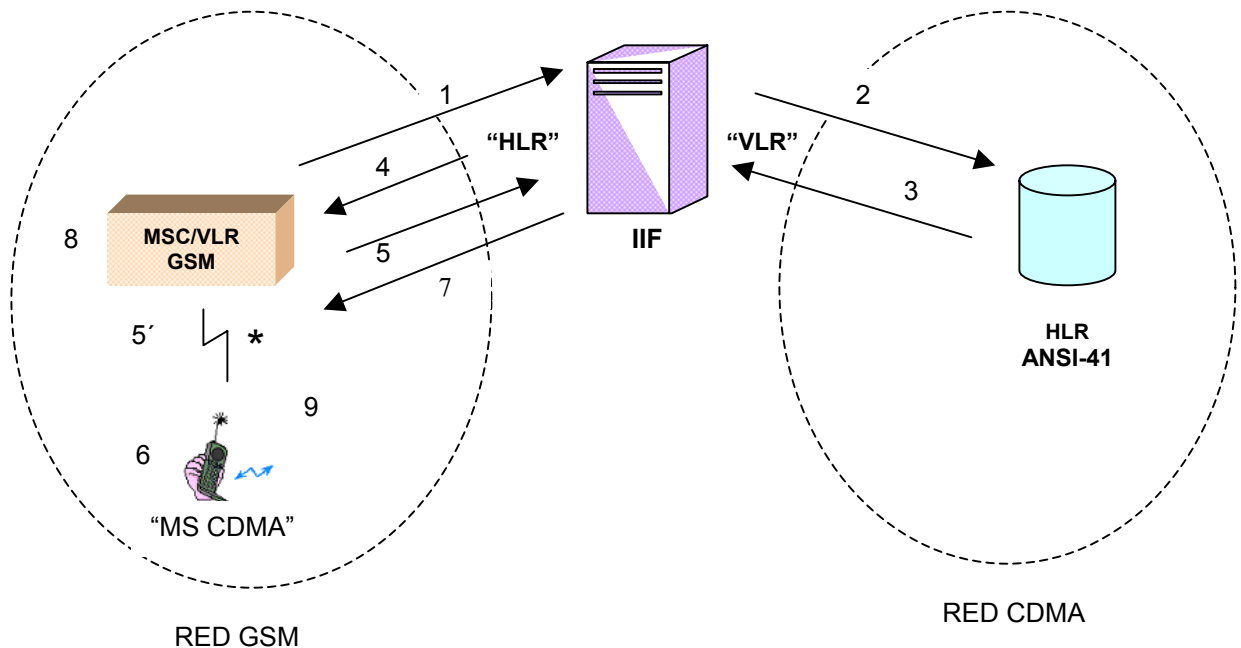


Figura 2.12. Actualización y registro CDMA en modo extranjero GSM

La figura 2.13 muestra el proceso para el establecimiento de la conexión de voz para un terminal móvil CDMA en modo extranjero GSM.

Secuencia de pasos:

* - Llamada

- 1 - Solicitar la ubicación de la estación móvil
- 2 - Despacho de la solicitud de la ubicación de la estación móvil
- 3 - Solicitud la ubicación del número itinerante
- 4 - Proporciona el resultado del número itinerante
- 5 - Regresa el resultado de la solicitud de despacho
- 6 - Regreso del resultado de la solicitud de la ubicación
- 7 - Entrega de la llamada (línea de voz)
- 8 - Establecimiento de la llamada en la MS final

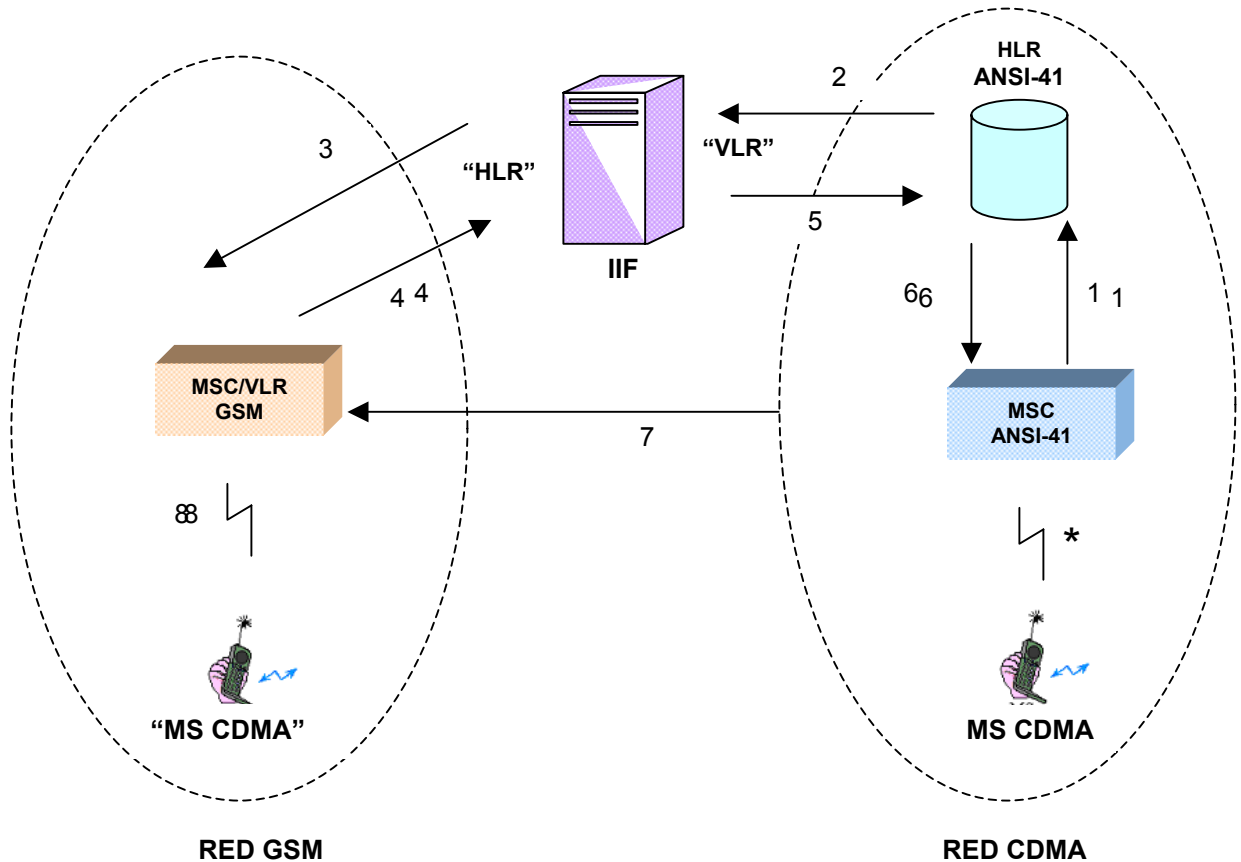


Figura 2.13. Entrega de la llamada CDMA en modo extranjero GSM

Implementación modo extranjero CDMA / IS-95 para un suscriptor GSM: similarmente, cuando un suscriptor nativo GSM opera en IS-95 modo extranjero, la estación móvil utilizará la interfaz de aire CDMA/IS-95. La pasarela de interoperabilidad o IIF proveerá ambos tipos de emulación, HLR ANSI-41 y VLR GSM, para permitir al suscriptor registrarse automáticamente y

obtener el servicio. Para la red ANSI-41 visitada, el suscriptor parecerá registrarse con la IIF, emulando un HLR ANSI-41. Este HLR ANSI-41 emulado actúa como un proxy limitado por el HLR GSM actual que finalmente es el que establece el verdadero control de la gestión de la movilidad. Al mismo tiempo, para la red GSM, el suscriptor parece registrarse desde la IIF, emulando un VLR GSM.

Cuando la estación móvil GSM hace roaming modo extranjero, ésta es “recibida” por un MSC CDMA dentro de la red CDMA, el cual revisa el AC CDMA donde residen los datos de los terminales que están habilitados para el roaming intersistema (datos de autenticación duplicados en ambas redes), de esa manera la red se da cuenta que el móvil se encuentra en modo extranjero e inmediatamente pasa la función de autenticación a la IIF, específicamente al HLR CDMA emulado por la gateway, quien se encarga del proceso de autenticación ya que soporta los datos y algoritmos necesarios para eso.

Después de realizar el proceso de autenticación en el HLR CDMA emulado, los datos son trasladados al VLR GSM también emulado en la gateway, pareciendo como si el móvil simplemente hubiera cambiado de región de origen. Dichos datos son almacenados finalmente en el HLR GSM originario para tener un registro en la red nativa de la posición actual del móvil. La figura 2.14 representa este procedimiento; en este caso las líneas discontinuas representan el área de influencia de cada red.

Para soportar la operación en modo extranjero para CDMA y GSM, el centro de autenticación (AuC) puede ser integrado dentro de la pasarela IIF o implementado como un elemento de red separado.

Secuencia de pasos:

* Llamada

- 1 Solicitar la ubicación de la estación móvil
- 2 Despacho de la solicitud de la ubicación de la estación móvil
- 3 Solicitud la ubicación del número itinerante
- 4 Proporciona el resultado del número itinerante
- 5 Regresa el resultado de la solicitud de despacho
- 6 Regreso del resultado de la solicitud de la ubicación
- 7 Entrega de la llamada (línea de voz)
- 8 Establecimiento de la llamada en la MS final

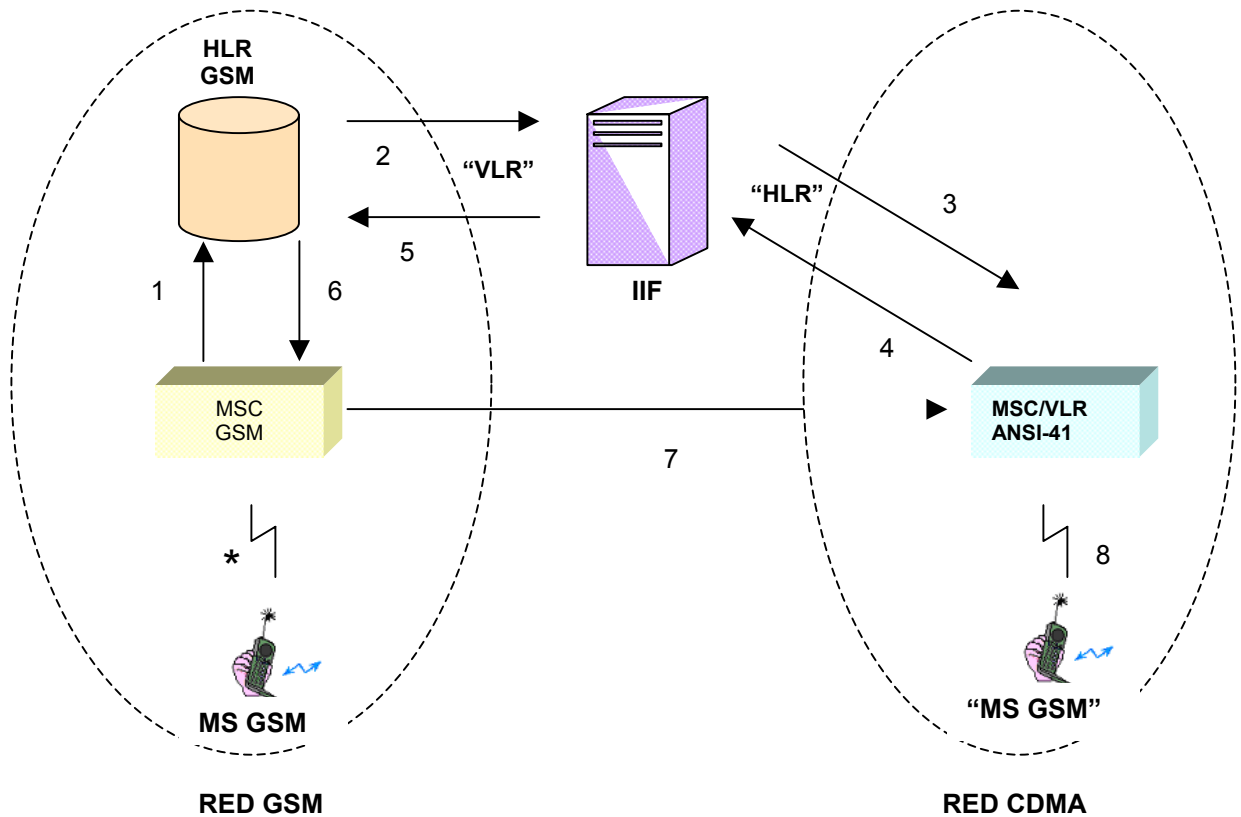


Figura 2.15. Entrega de la llamada GSM en modo extranjero CDMA

Para el caso en que ambas estaciones móviles se encuentren trabajando en modo nativo, es decir, cuando están operando en sus redes de origen, los procesos de actualización de la localización del terminal y validación tanto del terminal como de usuario, se llevarán a cabo de la forma normal como ya fue explicado para cada una de las redes GSM y CDMA de manera independiente, respectivamente.

Cuando ambas estaciones móviles se encuentren operando en modo extranjero al mismo tiempo, es decir, la estación móvil GSM está en una red CDMA y la estación móvil CDMA está en una red GSM, el proceso de actualización de la localización del terminal y la validación tanto del terminal como del usuario, se llevarán a cabo tal como se ha explicado para los modos extranjeros independientes, en ésta ocasión la IIF compartirá información de actualización y validación simultáneamente con ambas redes con el fin de atender al mismo tiempo sus requerimientos y respuestas.

2.7.4. Interfaz MSC Originario / Pasarela – MSC Servidor

La IIF provee una interfaz MAP entre el origen del suscriptor o pasarela MSC y el MSC servidor el cual utiliza un protocolo de señalización extranjero. Esta interoperabilidad es provista sobre la interfaz referenciada como “E” en el modelo de referencia. En éste caso, sobre ésta interfaz es posible soportar señalización que no sea ISUP o MF. La siguiente figura 2.16 describe la interoperabilidad e interfaz de control provista por la IIF.

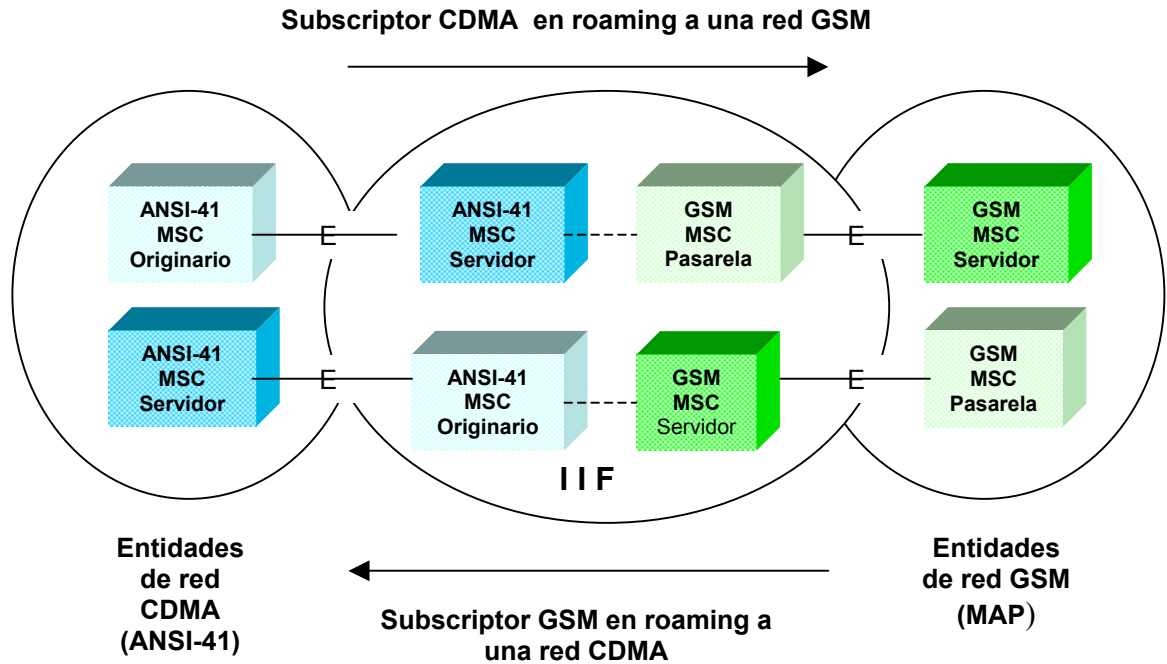


Figura 2.16. Interfaz MSC Origenario / Pasarela – MSC Servidor

2.7.5. Interfaz MC / SMS-SC – MSC Servidor

La IIF provee una interfaz desde el MC ANSI-41 (ANSI-41 Message Center - Centro de Mensajes para ANSI-41) y/o el SMS-SC GSM (GSM Short Message Service Center – Centro de Mensajería Corta para GSM) del subscriber hasta un MSC servidor el cual utiliza un protocolo de señalización extranjero. Esta interoperabilidad es provista sobre las interfaces “Q” y “E” mostradas en el modelo de referencia.

En el caso de mensajería ANSI-41, el Centro de Mensajes (MC) tiene una interfaz “Q” directa hasta el MSC servidor. En el caso de la mensajería GSM, las interfaces SMS-SC con el MSC servidor son por medio del MSC SMS de interoperabilidad (SMS-IWMSC) o la pasarela MCS SMS (SMS-GMSC) sobre la interfaz “E”. La figura 2.17 describe la interfaz de interoperabilidad y control propuesta por la IIF.

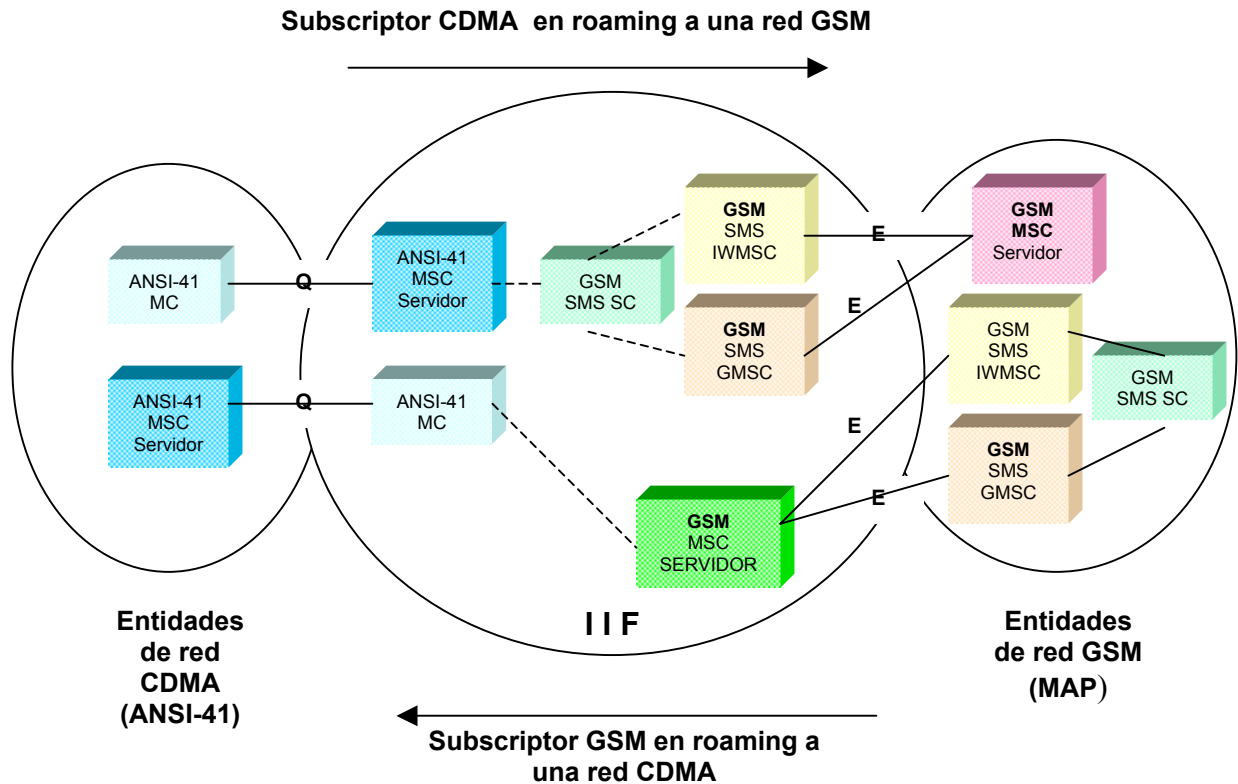


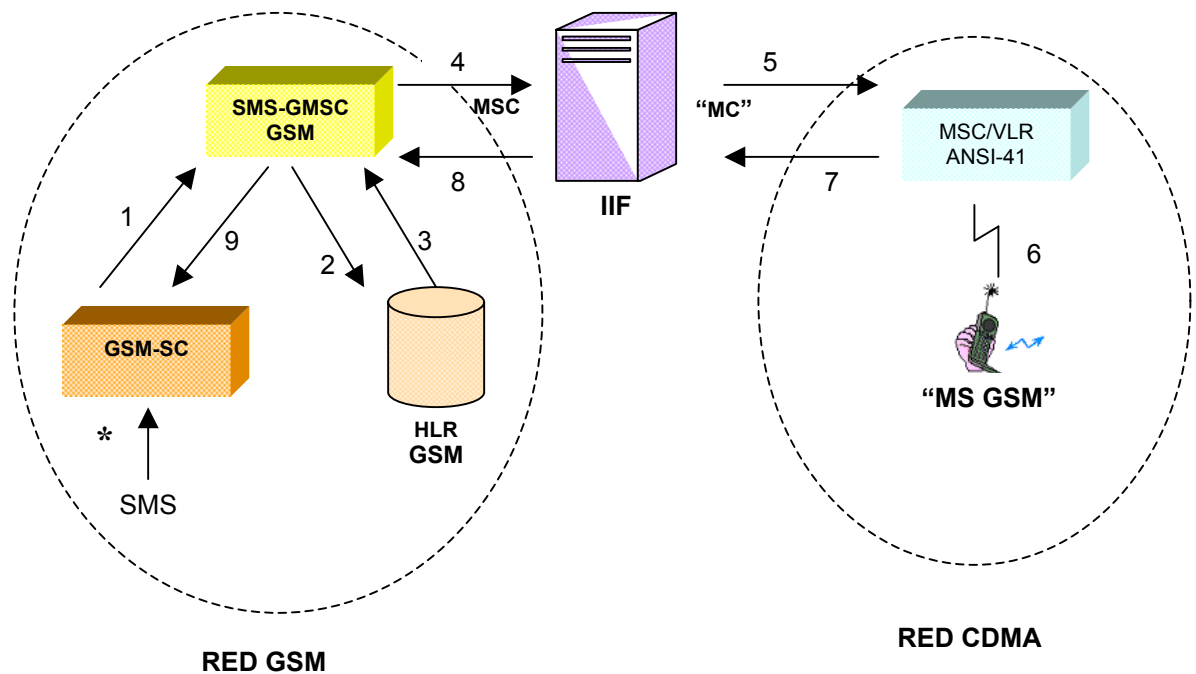
Figura 2.17. Interfaz MC / SMS-SC – MSC Servidor

Implementación SMS en modo extranjero CDMA para subscriber GSM: para la interoperabilidad del Servicio de Mensajería Corta (SMS), la IIF proveerá una emulación del Centro de Mensajes (MC), actuando como un proxy limitado por el Servicio de Mensajería Corta del Subscriber GSM (SMS-SC). La IIF traduce las operaciones y los datos GSM MAP a las operaciones y datos equivalentes ANSI-41, y viceversa. La figura 2.18 representa el intercambio de mensajes entre redes.

Secuencia de pasos:

* Entrega SMS

- 1 Pide enviar el mensaje corto a la estación móvil
- 2 Pide enviar la información de despacho para el mensaje corto
- 3 Resultado del envío de la información de despacho para el mensaje corto
- 4 Pide a la IIF enviar el mensaje corto
- 5 Pide entrega SMS de punto a punto
- 6 Entrega SMS a la estación móvil
- 7 Resultado de la entrega SMS de punto a punto
- 8 Resultado del envío del mensaje corto
- 9 Resultado del envío del mensaje corto a la estación móvil

**Figura 2.18. Entrega de SMS en modo extranjero CDMA**

La red CDMA puede emplear dos tipos de formatos del protocolo para la transmisión de los mensajes cortos de texto sobre su interfaz de radio, uno es el formato CMT (Cellular Mobile Transport – Transporte Móvil Celular) y el otro es el WEMT (Wireless Enhanced Massaging

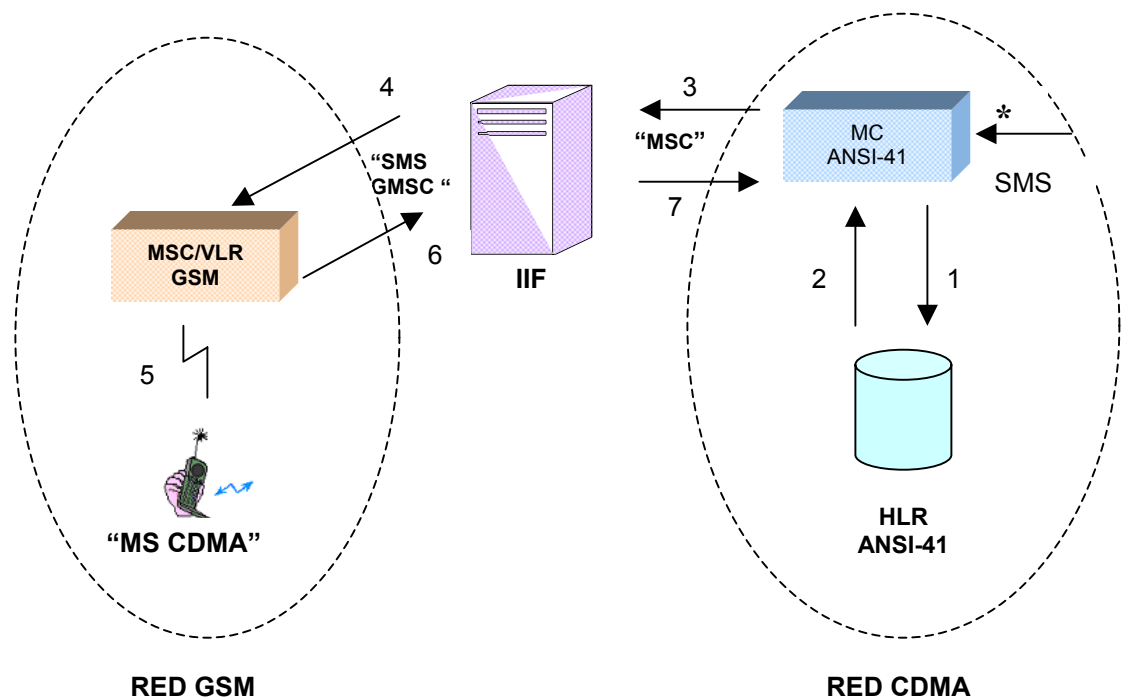
Teleservice – Teleservicio Mejorado de Mensajería Inalámbrica). La función de interoperabilidad a través de la emulación MC ANSI-41 estará en la capacidad de realizar la traducción de cualquiera de éstos dos formatos al formato específico empleado por la red GSM visitada, para que los mensajes cortos de texto puedan ser enviados a través de su interfaz de radio.

Implementación SMS en modo extranjero GSM para suscriptor CDMA: para la interoperabilidad, la IIF proveerá emulación GSM SMS-SC, lo mismo que una emulación GMSC o SMS-IWMSC, actuando como un proxy limitado por el MC ANSI-41 del suscriptor. La IIF traduce los datos y operaciones ANSI-41 a los datos y operaciones equivalentes GSM MAP y viceversa. En algunos caso, la IIF puede necesitar originar mensajes cortos para el soporte de la interoperabilidad. Las funciones SMS-GMSC y SMS-IWMSC son combinadas en el SMSC (GSM Short Message Service Center – Centro para Servicio de Mensajería Corta GSM).

Secuencia de pasos:

* Entrega de SMS

- 1 Solicitud de ayuda para ubicación
- 2 Resultado de la solicitud de ubicación para envío SMS
- 3 Pide la entrega SMS de punto a punto
- 4 Pide enviar el mensaje corto a la MS
- 5 Entrega SMS a la estación móvil
- 6 Resultado del reenvío del mensaje corto
- 7 Resultado de la entrega SMS de punto a punto

**Figura 2.19. Entrega de SMS en modo extranjero GSM**

El formato del protocolo empleado por la red GSM para la transmisión de mensajes cortos de texto sobre la interfaz de aire es llamado SMS GSM. La función de interoperabilidad a través de la emulación GSM SMS-GMSC estará en la capacidad de realizar la traducción de dicho formato al formato específico empleado por la red CDMA visitada, para que los mensajes cortos de texto puedan ser enviados a través de su interfaz de radio.

En el capítulo 3 se explica más en detalle el proceso de interoperabilidad para el servicio de mensajería corta (SMS).

2.7.6. Alternativas de implementación para la IIF

Existen cuatro posibles alternativas propuestas por el GAIT (GSM/ANSI-136 Interoperability Team – Equipo para la Interoperabilidad GSM/ANSI-136) para la implementación de la IIF como un elemento funcional con respecto al modelo de referencia y las entidades de red involucradas. Cada una de ellas representa algunas ventajas y desventajas para los operadores de red que escojan una de estas implementaciones.

IIF reside dentro de una entidad de red GSM: la IIF puede existir completamente dentro de una entidad de red GSM como un elemento funcional separado. Cada una de las interfaces pueden ser soportadas con esta implementación.

En este caso se tiene como ventaja para el operador GSM, que este podrá tener una persona directamente encargada la cual podrá estar más en contacto con las operaciones y procedimientos que se estén llevando a cabo para el proceso de interoperabilidad, de esta manera podrá ejercer un mejor control y gestión de la red de interoperabilidad desde sus propias instalaciones; esto también representa un ahorro de costos ya que se evita la tendida de un enlace hasta el punto donde se encuentre dicha red de interoperabilidad, proceso que debe realizar el otro operador del acuerdo.

Contrario a esto, tal implementación representa una desventaja en el sentido de que el operador GSM requiere la disposición de espacio físico dentro de sus instalaciones, además de equipos más robustos y/o con mayor capacidad de procesamiento para albergar la funcionalidad de la gateway. La figura 2.20 muestra este modo de implementación.

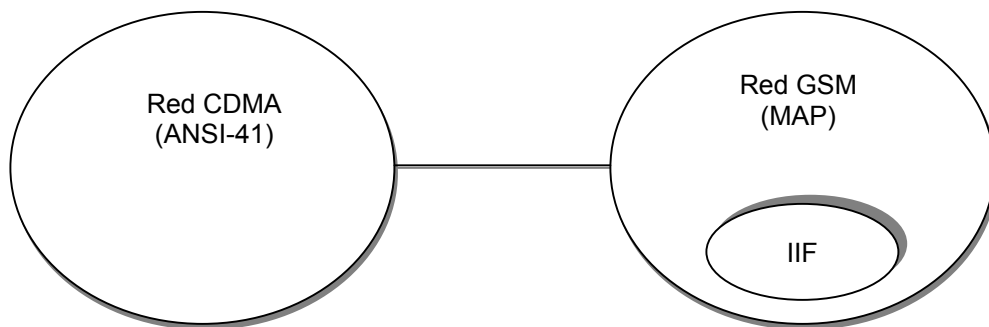


Figura 2.20. IIF existente dentro de una red GSM

IIF reside dentro de una entidad de red ANSI-41: la IIF puede existir completamente al interior de una entidad de red ANSI-41 como un elemento funcional separado. Cada una de las interfaces puede ser soportada con esta alternativa de implementación. Aquí se presentan las mismas ventajas y desventajas descritas en el caso anterior, solo que en este caso son trasladadas al operador ANSI-41. Este modo de implementación es mostrado en la figura 2.21.

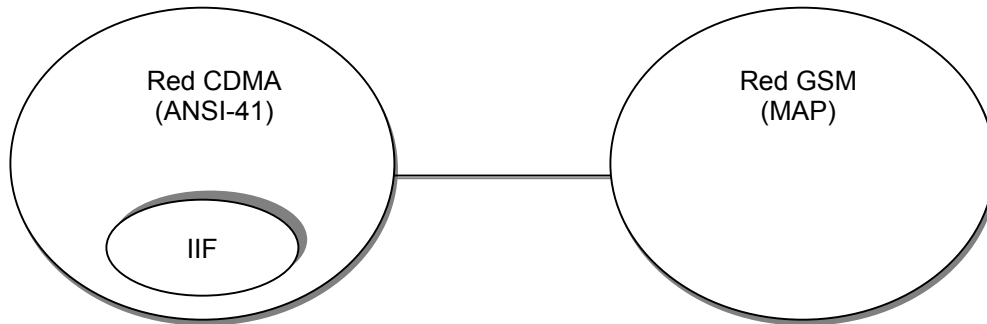


Figura 2.21. IIF existente dentro de red ANSI-41

IIF reside dentro de un elemento de red externo: la IIF puede existir externamente para cualquier entidad de red ANSI-41 o GSM como un elemento de red separado. Cada una de las interfaces pueden ser soportadas con esta alternativa.

En este caso, ambos operadores deberán tender sus respectivos enlaces para establecer la conexión con la red de interoperabilidad, esto representa una ventaja ya que los gastos se reparten de una manera justa y equitativa. Adicionalmente ambos operadores pueden tener personas encargadas del monitoreo, gestión y control de dicha red.

Contrastando con lo anterior, la desventaja consiste en que la información de señalización y control de los servicios tendrá que viajar el doble de la distancia en el proceso establecido para una comunicación intersistema. Además es preciso encontrar un lugar adecuado y equidistante de los emplazamientos de ambos operadores. Esta situación es mostrada en la figura 2.22.

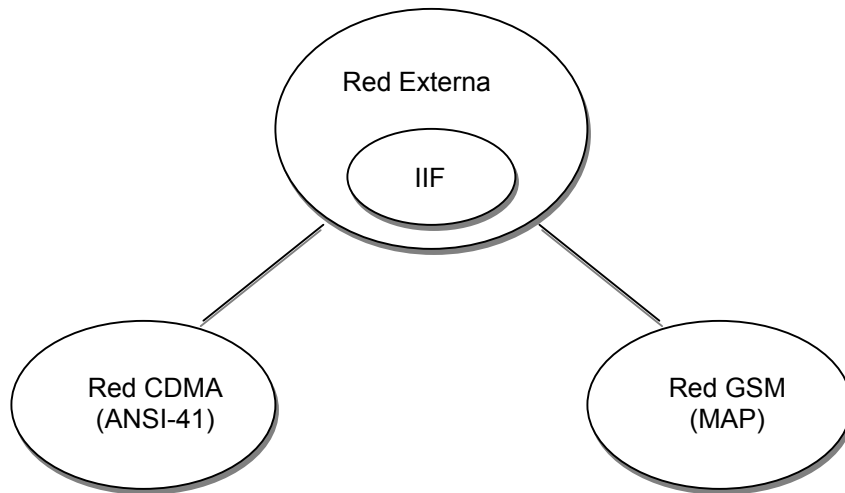


Figura 2.22. IIF Existente red externa

IIF existente dentro de ambos elementos de red ANSI-41 y GSM: finalmente, la IIF puede existir dentro de ambas entidades de red existentes ANSI-41 y GSM al mismo tiempo. En este caso, cada suscriptor individual parecerá ser servido por una IIF en particular, aunque es posible la utilización de múltiples IIF's por suscriptor. También, cada una de las interfaces pueden ser soportadas con esta alternativa de implementación. Mientras múltiples IIF's pueden soportar un suscriptor en particular, cada función de interoperabilidad de red podría ser soportada por una implementación IIF específica. La figura 2.23 representa dicho modo de implementación.

Este caso resulta ser el más favorable para los operadores que decidan realizar acuerdos de roaming intersistema ya que se basa en una función de interoperabilidad distribuida en ambas redes. Aquí se tienen las ventajas en cuanto a capacidad de procesamiento y respuesta inherentes a los sistemas distribuidos, además de que sólo se requiere establecer un único enlace de interconexión entre las dos redes, pudiendo ser compartido dicho gasto. Otro aspecto importante en esta implementación es que se tendrá un trayecto más corto que el del caso anterior, o cual representa un tiempo de retardo menor en la información de señalización para roaming intersistema.

Con esta implementación ambos operadores de red también pueden estar directamente encargados del monitoreo, gestión y control de su parte correspondiente.

Cabe anotar que las dos redes deberán disponer de espacio físico dentro de sus instalaciones además de potentes equipos con buena capacidad de procesamiento para soportar la funcionalidad de la gateway distribuida.

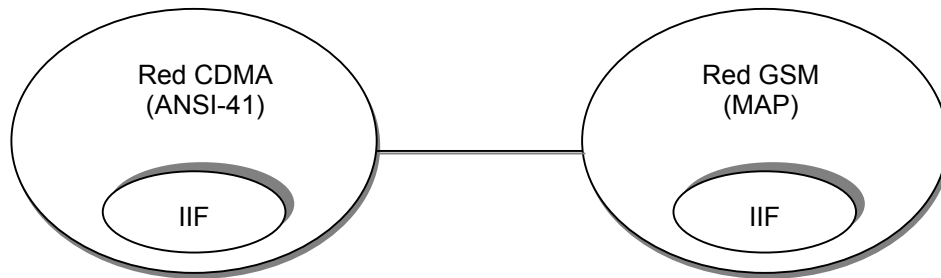


Figura 2.23. IIF existente dentro de ambos elementos de red ANSI-41 y GSM

2.8. Facturación

Los operadores que implementan redes GSM están sujetos al formato de facturación TAP (Transfer Account Procedure – Procedimiento de Cuentas de Transferencia) mientras que los operadores que implementan redes CDMA (normalmente redes ANSI-41) están sujetos al formato CIBER (Cellular Industry Billing Exchange Record – Registro de Intercambio de Información de la Industria Celular).

Es claro que en el momento de llevar a cabo una interoperabilidad entre éstas dos tecnologías se debe pensar en una implementación que solucione también el problema de la facturación ya que el usuario no estará dispuesto a recibir una factura de cobro desglosada dependiendo del tipo de red que utilizó; para ello se debe también implementar un sistema que lleve a cabo el mapeo o traducción de los dos formatos de facturación empleados en la transacción y finalmente debe ser entregada al usuario una única factura elaborada con el formato que corresponda al tipo de red a la cual él pertenece y con el tipo de moneda que se utiliza en su país.

Las funciones de transferencia de información relativa a la tarificación y facturación también podría ser soportada por la función de interoperabilidad, de ésta manera la entidad funcional dentro de la red que la soporta será mucho más robusta.

2.9. Calidad de servicio (QoS) bajo interoperabilidad

La calidad del servicio en condiciones de interoperabilidad y/o “roaming” intersistema debe ser igual a la brindada por cada una de las redes independientes, además que debe ser comparable con la calidad ofrecida por las redes de telefonía fija actuales. Se debe tener en cuenta que algunos servicios como los conversacionales son sensibles al retardo, lo cual puede presentarse como un gran inconveniente para el establecimiento de conversaciones donde los interlocutores estén en “roaming” en lugares muy lejanos.

Para la correspondiente evolución hacia la tercera generación, ambas tecnologías basarán la calidad del servicio en el modo de transferencia de paquetes el cual está regido por cuatro parámetros muy importantes:

- Troughput (Capacidad de distribución de información)
- Prioridad de clases (Retardo en la transmisión)
- Fiabilidad de datos (Tasa de error residual)
- Longitud del paquete (División del paquete)

3. MODELO DE REQUISITOS, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SERVICIO DE MENSAJERIA CORTA

El servicio de mensajería corta (SMS - Short Messaging Service) es un servicio de comunicación de envío de mensajes breves de texto que puede contener hasta un máximo de 160 caracteres, el mensaje enviado puede ser recibido inmediatamente, siempre y cuando el terminal receptor esté encendido y dentro de la cobertura de transmisión de la red móvil. Si éste no es el caso, el mensaje se almacena en el centro de mensajes para su posterior transmisión cuando el terminal receptor se encienda o vuelva a entrar en la cobertura de la red.

Este servicio es en la actualidad uno de los que mayor éxito ha tenido en todo el mundo en el mercado de la telefonía móvil celular de segunda generación teniendo un impacto notable en la rentabilidad y ganancia de los operadores; esto se debe al bajo costo de los mensajes ya que resulta más barato que una llamada celular. Nadie esperaba su éxito pero las cifras demuestran que ha sido toda una revolución pues según algunos estudios mensualmente se envían en todo el mundo alrededor de 20.000 millones de mensajes y se estima que el 80 por ciento de éstos son personales y el resto son comerciales o publicitarios.

Por otro lado, en algunos países se han implementado los llamados chats para móviles donde los mensajes suelen tener un costo muy bajo, pero los usuarios no se limitan a enviar uno solo. Lo último que se ha lanzado para aumentar los ingresos de las empresas es la posibilidad de recibir logos o melodías (ring tones), pero éstas opciones no son válidas para todos los teléfonos. También permiten la votación en programas de televisión o radio a través del envío de un mensaje, con precios especiales, es decir, más caros, pero por otra parte más barato que la llamada telefónica.

Para el desarrollo de éste capítulo se utilizan los fundamentos tecnológicos analizados y explicados en los dos capítulos anteriores. El objetivo es realizar el modelamiento de los requisitos, análisis y el diseño del servicio de mensajería corta, para que sea posible el envío de mensajes cortos de texto entre redes heterogéneas. Para efectos de demostración del proceso de interoperabilidad se tomará como usuario remitente a un usuario móvil que emplea la tecnología CDMA y como usuario destinatario uno con tecnología GSM; sin embargo en la práctica tanto usuario remitente como destinatario podrían emplear cualquiera de las dos tecnologías (GSM o CDMA).

Aquí se emplean las pautas y actividades definidas por el Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML - Unified Modeling Language).

3.1 MODELO DE REQUISITOS

3.1.1. Identificación de Actores del Servicio

El Servicio de Envío de Mensajes Cortos se prestará entre dos tipos de actores:

Usuario_Remitente: relaciona tanto a la estación móvil como al usuario del terminal. Se trata de una “entidad” en conjunto que puede ser atendida por cualquiera de las dos redes y enviar un mensaje corto de texto siempre y cuando tenga contratado dicho servicio con un operador que haga parte del acuerdo de roaming internacional.

Usuario_Destinario: relaciona tanto a la estación móvil como al usuario del terminal. Se trata de una “entidad” en conjunto que puede ser atendida por cualquiera de las dos redes y recibir un mensaje corto de texto siempre y cuando tenga contratado dicho servicio con un operador que haga parte del acuerdo de roaming internacional.

Es preciso aclarar que los usuarios tanto remitente como destinatario pueden estar operando en modo nativo al mismo tiempo, también es posible que uno de ellos esté operando en modo extranjero y el otro en modo nativo (o viceversa) y finalmente que ambos usuarios móviles operen en modo extranjero. Cualquiera que sea el caso, el servicio de envío de mensajes cortos de texto debe ser prestado indistintamente del modo de operación del usuario (nativo o extranjero) y de la tecnología empleada por la red de acceso (GSM o CDMA).

3.1.2. Identificación de las funciones del servicio

Funciones : Basándose en la identificación de procedimientos que en torno a las posibles situaciones que se pueden presentar en la comunicación de dos usuarios móviles empleando tecnología heterogénea (GSM y CDMA), se pueden identificar las siguientes funciones que el sistema en conjunto debe ofrecer para prestar el Servicio de Mensajería Corta (SMS) a quienes sean suscriptores de operadores que hacen parte del acuerdo de roaming internacional.

1. Usuario_Remitente

- 1.0 Seleccionar el modo de trabajo del terminal móvil (CDMA)
 - 1.1. Actualización de la localización del usuario móvil
 - 1.2. Autenticación del terminal móvil
 - 1.3. Autenticación del usuario móvil
 - 1.4. Selección del servicio (SMS)
 - 1.5. Envío del mensaje corto de texto
 - 1.6. Validación del servicio SMS

2. Usuario_Destinatarlo

- 2.0 Seleccionar el modo de trabajo del terminal móvil (GSM)
 - 2.1. Actualización de la localización del usuario móvil
 - 2.2. Autenticación del terminal móvil
 - 2.3. Autenticación del usuario móvil
 - 2.4. Recibo del mensaje
 - 2.5. Validación del servicio SMS
 - 2.6. Confirmación de recibo SMS

3.1.3. Diagrama y descripción de Casos de Uso del Servicio

Con base en las funciones identificadas, se determina que los casos de uso que permitirán prestar el servicio son los mostrados en el diagrama de la Figura 3.1 cuya descripción se realiza a continuación:

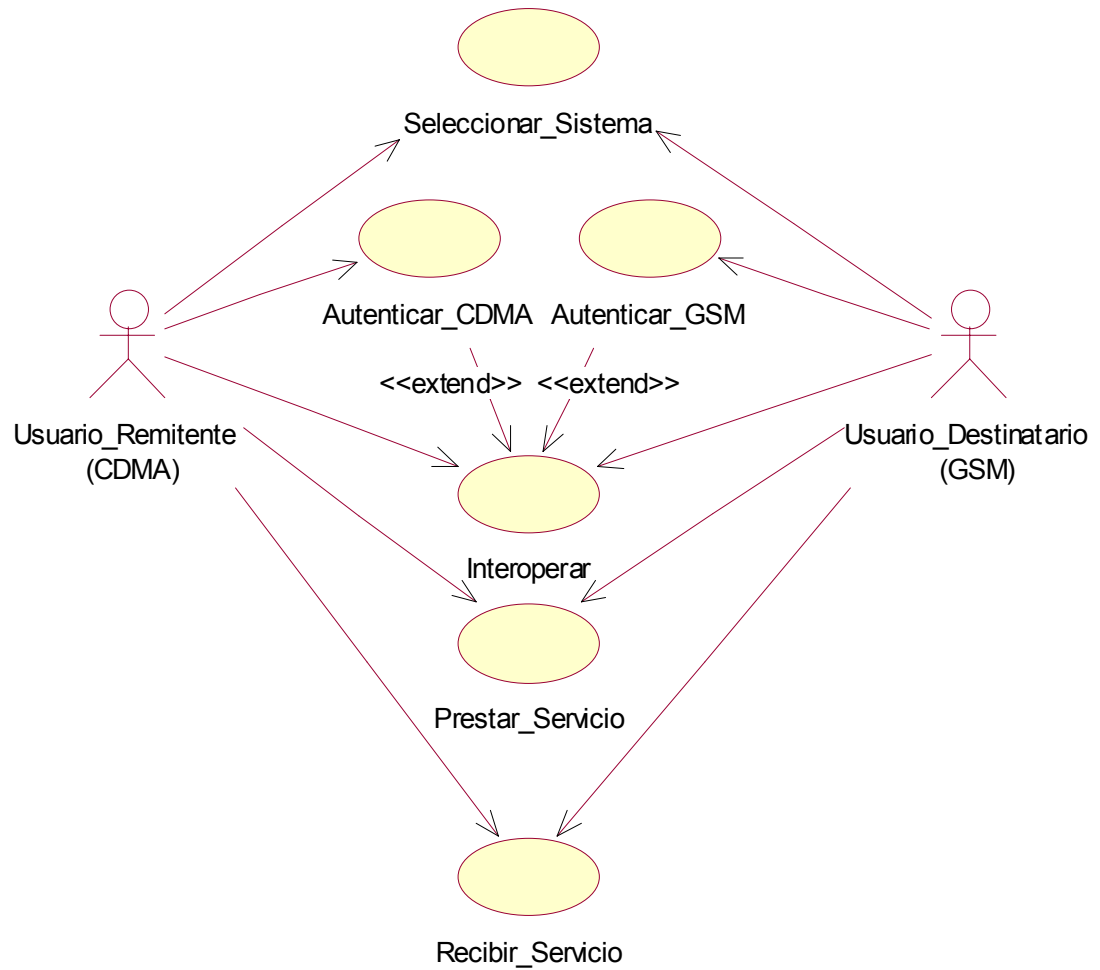


Figura 3.1. Diagrama de casos de uso del servicio SMS

Caso de Uso No 1: Seleccionar_Sistema

ACTORES:	Usuario Remitente, Usuario Destinatario (iniciadores)
PROPOSITO:	Permitir al usuario móvil (<i>Usuario Remitente y/o, Usuario Destinatario</i>) seleccionar desde su terminal el tipo de red (GSM o CDMA) disponible en su área de localización.
RESUMEN:	El usuario selecciona desde el menú de su terminal la opción de configuración en la interfaz <i>IU_Menú</i> , el terminal móvil proporciona la interfaz <i>IU_Seleccionar_Sistema</i> con las opciones de <i>Buscar_Red, Red_GSM o Red_CDMA</i> . El software de la estación móvil recibe esta información en un registro e inmediatamente comienza a controlar el hardware del equipo para recibir servicio en esa red.
TIPO:	Primario y Abstracto
PRECONDICIONES:	La estación móvil debe ser dual o multitecnología (GSM y CDMA). El usuario debe ser válido ante el terminal (PIN – Personal Identification Number). Debe haber acuerdo de roaming entre los dos operadores (originario y servidor). Los datos de los subscriptores (Código Ki, Claves Kc, RAND, SRES, A-Key y SSD) deben estar duplicados o albergados en ambas redes.
REFERENCIAS CRUZADAS:	Funciones: 1.0, 2.0 Casos de Uso: Ninguno

Tabla 3.1. Descripción caso de uso Seleccionar Sistema**Flujo Principal**

1. Este caso de uso comienza cuando el usuario ha cambiado de región de origen y debe cambiar el modo de operación de su terminal móvil. Para ello el usuario hace uso de la interfaz *IU_Menú*.
2. Posteriormente el terminal le proporciona la interfaz *IU_Configuración* para realizar los cambios necesarios en el terminal móvil.
3. A continuación selecciona el tipo de red que utiliza el operador de su nueva área de localización (el usuario está en roaming) mediante las opciones *Buscar_Red, Red_CDMA o Red_GSM*.
4. Finalmente el usuario presiona el botón *Yes/send* para ejecutar las modificaciones que ha realizado y para que queden en el registro del dispositivo.

Subflujos de Excepción

E1: Si en la región donde se encuentra el usuario no hay cobertura de la red, o el tipo de tecnología empleada por el operador de esa área no es ni CDMA ni GSM, el usuario recibirá el mensaje *Sin_Servicio* en la pantalla de su terminal. El usuario también recibirá este mensaje si no es válido ante la red, es decir, si su operador no hace parte del acuerdo de roaming internacional con los demás operadores.

Postcondición

El usuario móvil que queda listo para iniciar el proceso de actualización de la localización y autenticación ante la red servidora. Inicia dichos procedimientos empleando el canal de acceso a la red (ACH).

Caso de Uso No 2: Autenticar_CDMA

ACTORES:	Usuario Remitente (Iniciador).
PROPOSITO:	Realizar la actualización de la localización del <i>Usuario Remitente</i> y la autenticación tanto de la estación móvil como del usuario para asegurar el uso legitimo del sistema.
RESUMEN:	La red CDMA realiza la actualización de la localización de usuarios y la autenticación de estaciones móviles y usuarios nativos CDMA dentro de la propia red. También interactúa con el caso de uso <i>Interoperar (IIF)</i> para realizar la autenticación de las estaciones móviles duales (GSM y CDMA) que se encuentran en roaming intersistema bajo su área de cobertura.
TIPO:	Primario y Abstracto
PRECONDICIONES:	La estación móvil debe ser dual o multitecnología (GSM y CDMA). El usuario debe ser válido ante el terminal (PIN). Debe haber acuerdo de roaming entre los dos operadores (originario y servidor). Los datos de los subscriptores (Código Ki, Claves Kc, RAND, SRES, A-Key y SSD) deben estar duplicados o albergados en ambas redes.
REFERENCIAS CRUZADAS:	Funciones: 1.1 , 1.2 , 1.3 Casos de uso: Interoperar

Tabla 3.2. Descripción caso de uso Autenticar CDMA

Flujo Principal

1. Este caso de uso comienza cuando la red CDMA detecta por medio del canal de acceso (ACH) que el “nuevo usuario” está haciendo presencia.
2. Posteriormente la red CDMA verifica la existencia del MIN en su AuC e identifica que es un usuario perteneciente a otro operador (operador GSM) al cual se le deben prestar los servicios en roaming intersistema.
3. Seguidamente, el MSC CDMA intercambia información con la IIF para que sea ella quien lleve a cabo el proceso de actualización de la localización y autenticación del terminal y usuario en roaming.
4. En el caso en que el usuario esté en modo nativo, la autenticación del terminal y usuario lo hace la propia red originaria CDMA y la IIF sólo es empleada para el mapeo de protocolos (de señalización e interfaz de aire) entre redes.

Subflujos de Excepción

E1: El usuario no se encuentra registrado en el AuC de la red servidora CDMA debido a que su operador no hace parte del acuerdo de roaming internacional, en ese caso no es posible llevar a cabo la actualización de la localización, autenticación ni recibir los servicios en roaming intersistema. El usuario recibirá el mensaje *Sin_Servicio* en la pantalla de su terminal.

Postcondición

El usuario móvil queda listo para iniciar el servicio de envío de mensajes cortos.

Caso de Uso No 3: Autenticar_GSM

ACTORES:	Usuario Destinatario (iniciador)
PROPÓSITO:	Realizar la actualización de la localización del <i>Usuario Destinatario</i> y la autenticación tanto de la estación móvil como del usuario para un uso legítimo del sistema.
RESUMEN:	La red GSM realiza la actualización de localización y autenticación de los usuarios y estaciones GSM nativos dentro de la propia red. También interactúa con el caso de uso <i>Interoperar (IIF)</i> para realizar la autenticación de las estaciones móviles duales (GSM y CDMA) que se encuentran en roaming intersistema bajo su área de cobertura.
TIPO:	Primario y Abstracto
PRECONDICIÓN:	La estación móvil debe ser dual o multitecnología (GSM y CDMA). El usuario debe ser válido ante el terminal (PIN). Debe haber acuerdo de roaming entre los dos operadores (originario y servidor). Los datos de los subscriptores (Código Ki, Claves Kc, RAND, SRES, A-Key y SSD) deben estar duplicados o albergados en ambas redes.
REFERENCIAS CRUZADAS:	Funciones: 2.1 , 2.2 , 2.3 Casos de uso : Interoperar

Tabla 3.3. Descripción caso de uso Autenticar GSM**Flujo Principal**

1. Este caso de uso comienza cuando la red GSM detecta por medio del canal de acceso aleatorio (RACH) que el “nuevo usuario” está haciendo presencia.
2. Posteriormente la red GSM verifica la existencia del IMSI en su AuC e identifica que es un usuario perteneciente a otro operador (operador CDMA) al cual se le deben prestar los servicios en roaming intersistema.
3. Seguidamente, el MSC GSM intercambia información con la IIF para que sea ella quien lleve a cabo el proceso de actualización de la localización y autenticación de el terminal y usuario en roaming.
4. En el caso en que el usuario esté en modo nativo, la autenticación del terminal y usuario lo hace la propia red originaria GSM y la IIF sólo es empleada para el mapeo de protocolos (de señalización e interfaz de aire) entre redes.

Subflujos de Excepción

E1: El usuario no se encuentra registrado en el AuC de la red servidora GSM debido a que su operador no hace parte del acuerdo de roaming internacional, en ese caso no es posible llevar a cabo la actualización de la localización, autenticación ni recibir los servicios en roaming intersistema. El usuario recibirá el mensaje *Sin_Servicio* en la pantalla de su terminal.

Postcondición

El usuario móvil queda listo para recibir el servicio de envío de mensajes cortos.

Caso de Uso No 4: Prestar_Servicio

ACTORES:	Usuario_Remitente (iniciador)
PROPÓSITO:	Permitir al <i>Usuario Remitente</i> tener acceso al servicio SMS contratado con su operador.
RESUMEN:	El Usuario selecciona desde la interfaz <i>IU_Menú</i> la opción <i>Mensajes</i> y luego <i>Crear</i> , posteriormente tiene la opción <i>Número Telefónico</i> para escribir el número del terminal destino u obtenerlo de la <i>Lista Telefónica</i> . Finalmente cuando ya se haya escrito el mensaje, se cuenta con la opción <i>Enviar</i> . Si el usuario tiene contratado el servicio de envío de mensajes cortos (SMS) entonces la red autoriza el envío; sino, el servicio es negado.
TIPO:	Primario y Abstracto.
PRECONDICIÓN:	El usuario debe ser válido ante el terminal (PIN). El usuario y estación móvil deben válidos ante la red. El usuario debe tener contratado el servicio (SMS) con su operador.
REFERENCIAS CRUZADAS:	Funciones: 1.4 , 1.5 , 1.6 Casos de uso: Autenticar_CDMA , Interoperar

Tabla 3.4. Descripción caso de uso Prestar Servicio

Flujo Principal

1. El Usuario interactúa con la interfaz *IU_Menú* en su terminal móvil.
2. Luego selecciona la opción *Mensajes*.

3. Posteriormente selecciona la opción *Crear*.
4. El terminal móvil le da la posibilidad de *Número Telefónico* para digitar el número del usuario móvil al cual le va a mandar el mensaje o puede obtenerlo de *Lista Telefónica*.
5. Después que se haya escrito el mensaje corto de texto, este es mandado a su destino mediante la opción *Enviar*.
6. Finalmente la red servidora verifica que el usuario remitente tenga contratado el servicio de mensajería corta (SMS) con su operador respectivo, esto lo hace verificando en su HLR donde existen los datos específicos del usuario.
7. Si está contratado el servicio, al usuario le aparecerá en la pantalla de su terminal móvil *Mensaje Enviado*.

Subflujos de Excepción

E1: El usuario no tiene contratado el servicio de mensajería corta con su operador. En este caso la red genera un mensaje de error y al usuario le aparece en la pantalla de su terminal móvil el mensaje *Imposible Enviar Mensaje*.

Postcondición

El usuario móvil queda listo para seguir haciendo uso de los servicios contratados con su operador.

Caso de Uso No 5. Interoperar

ACTORES:	Usuario Remitente , Usuario Destinatario. (iniciadores)
PROPÓSITO:	Realizar la autenticación del terminal móvil (GSM y/o CDMA) y la autenticación del usuario cuando se encuentra en roaming intersistema. Además de llevar a cabo la traducción de los protocolos de señalización y de interfaz de radio.
RESUMEN:	El usuario puede hacer presencia en cualquiera de las dos redes (GSM y/o CDMA) y enviar un mensaje corto de texto (SMS) desde ellas y cuyo destino sea otro usuario con tecnología contraria a él.
TIPO:	Primario y Abstracto.
PRECONDICIÓN:	La estación móvil debe ser dual o multitecnología (GSM y CDMA). Debe haber acuerdo de roaming entre los dos operadores (originario y servidor). Los datos de los subscriptores (Código Ki, Claves Kc, RAND, SRES, A-Key y SSD) deben estar duplicados o albergados en ambas redes. Algunos datos del subscriptor deben ser albergados en la IIF (IMSI, MIN, IMEI y ESN).
REFERENCIAS CRUZADAS:	Funciones: 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3 Casos de uso: Autenticar_CDMA, Autenticar_GSM, Prestar servicio, Recibir_Servicio.

Tabla 3.5. Descripción caso de uso Interoperar**Flujo Principal**

1. Este caso de uso comienza cuando un usuario hace presencia en una red diferente a su red nativa y la cual utiliza tecnología diferente a la de su red de origen.
2. La red servidora hace una petición de actualización de localización del usuario móvil en roaming a la IIF.
3. La IIF reenvía la petición de actualización de localización del usuario móvil a la red originaria, específicamente al HLR originario.
4. La red originaria (HLR) devuelve una respuesta de actualización de localización del terminal móvil en roaming intersistema.
5. La IIF intercambia información (Código Ki, Claves Kc, RAND, SRES, A-Key y SSD) con el MSC servidor para llevar a cabo el proceso de autenticación de el terminal y usuario en roaming.
6. La IIF envía a la red originaria el resultado de la autenticación del usuario y terminal móvil.

7. Cuando el mensaje corto de texto es enviado, la IIF por medio del caso de uso Interoperar realiza la traducción de los protocolos de interfaz de aire respectivos.
8. En el caso en que el usuario esté en modo nativo, la autenticación del terminal y usuario lo hace la propia red originaria CDMA y la IIF sólo es empleada para el mapeo de protocolos (de señalización e interfaz de aire) entre redes.

Subflujos de Excepción

E1: El usuario y terminal pueden ser no válidos ante la red servidora debido a que no existe acuerdo de roaming intersistema entre los dos operadores.

E2: El usuario y/o estación móvil pueden ser robados o estar haciendo uso fraudulento de la red.

E3: El usuario no tiene contratado el servicio de mensajería corta con su operador. En ese caso la red servidora genera un mensaje de error y al usuario le aparece en la pantalla de su terminal móvil el mensaje *Imposible Enviar Mensaje*.

Postcondición

El usuario móvil queda listo para seguir haciendo uso de los servicios contratados con su operador.

Caso de Uso No 6: Recibir_Servicio

ACTORES:	Usuario Destinatario (iniciador)
PROPÓSITO:	Permitir al Usuario_Destinatarario recibir un mensaje de texto (SMS) enviado desde otra estación móvil.
RESUMEN:	Al usuario destinatario le aparecerá en su interfaz un icono de un sobre y opcionalmente acompañada de una señal audible la cual le avisa al usuario que ha recibido un mensaje corto de texto.
TIPO:	Primario y Abstracto.
PRECONDICIÓN:	El usuario debe ser válido ante el terminal móvil (PIN). El usuario y estación móvil deben válidos ante la red. El usuario debe tener contratado la recepción del servicio (SMS) con su operador.
REFERENCIAS CRUZADAS:	Funciones: 2.4 , 2.5 , 2.6 Casos de uso: Autenticar_GSM , Interoperar

Tabla 3.6. Descripción caso de uso Recibir Servicio

Flujo Principal

1. El mensaje corto de texto llega al centro de mensajería corta de la red servidora en donde es almacenado.
2. Posteriormente se verifica en el HLR si el usuario destinatario tiene permitida la recepción de mensajes de texto.
3. El mensaje corto de texto es enviado por medio de la interfaz de aire de la red servidora hacia la estación móvil.
4. Al usuario destinatario le aparece en la pantalla de su terminal móvil un icono de un sobre advirtiéndole que ha recibido un mensaje corto de texto.
5. El usuario destinatario por medio de la interfaz *IU_Menú* selecciona la opción *Mensajes*.
6. Luego, empleando la opción *Recibidos* el usuario puede leer los mensajes que le han llegado.

Subflujos de Excepción

E1: El usuario destinatario no tiene contratado con su operador el servicio para la recepción de mensajes cortos de texto. En ese caso el usuario destinatario no será informado de que ha recibido un mensaje corto de texto y dicho mensaje se pierde.

Postcondición

El usuario móvil queda listo para seguir recibiendo los servicios contratados con su operador.

3.2. MODELO DE ANÁLISIS Y DISEÑO

3.2.1. Paquetes del sistema

Para la prestación del servicio SMS las clases se agrupan en tres paquetes que son:

Interfaz: conformado por todas las pantallas de interfaz de usuario que son desplegadas en el dispositivo móvil.

Control: conformado por todas las operaciones y procedimientos que permiten realizar la autenticación de usuarios, consultas y almacenamiento en las bases de datos y registros de la red (HLR, VLR, AuC, AC, EIR, SMSC, MC y memorias del terminal móvil) y llevar cabo la traducción de protocolos.

Almacenamiento: corresponde a las bases de datos y registros (HLR, VLR, AuC, AC, EIR, SMSC, MC y memorias del terminal móvil) relacionadas para prestar el Servicio de Mensajería Corta.

3.2.2. Diagramas de Clases

Las siguientes Figuras 3.2 a 3.7 presentan los diagramas de clases para cada caso de uso.

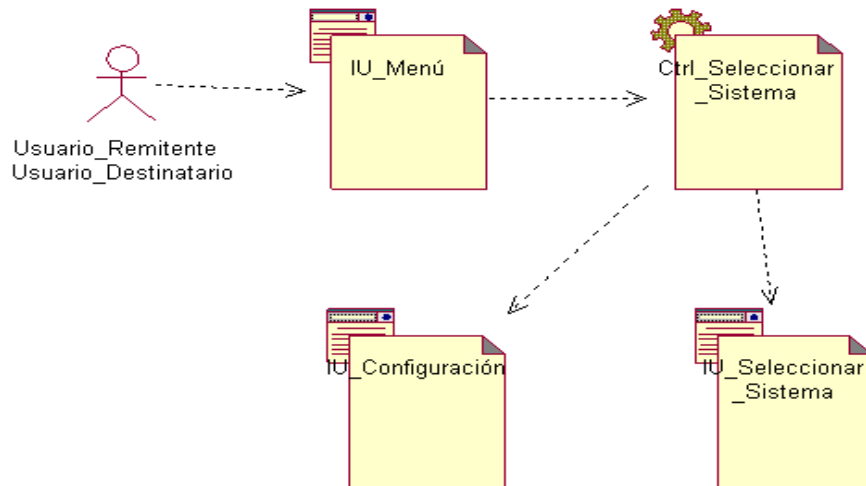


Figura 3.2. Diagrama de clases: Caso de Uso Seleccionar Sistema

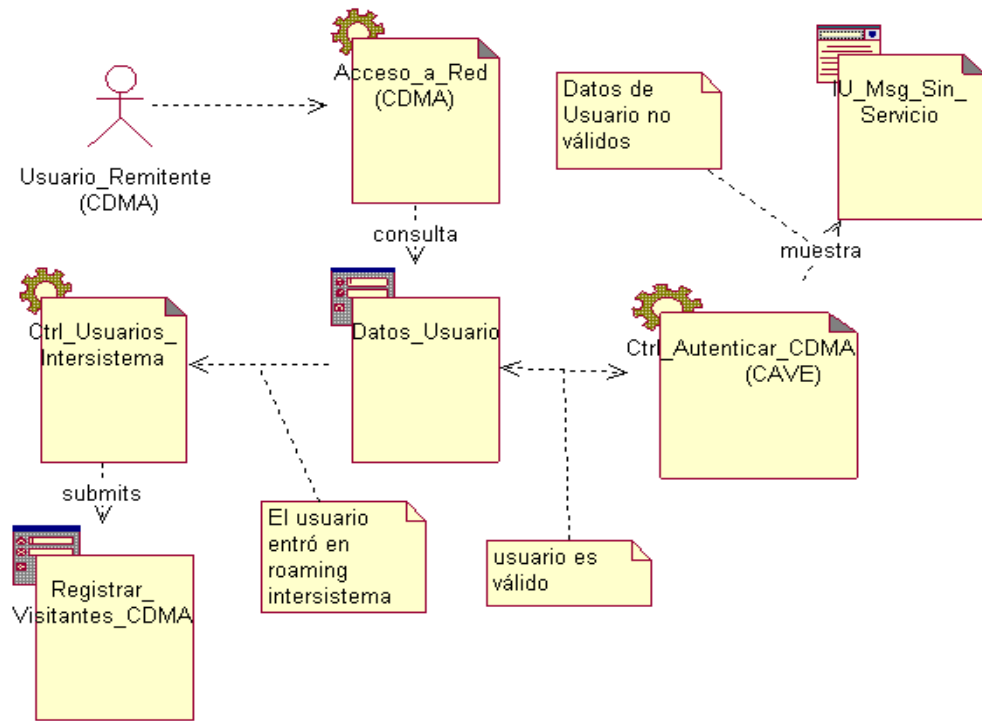


Figura 3.3. Diagrama de clases: Caso de Uso Autenticar CDMA

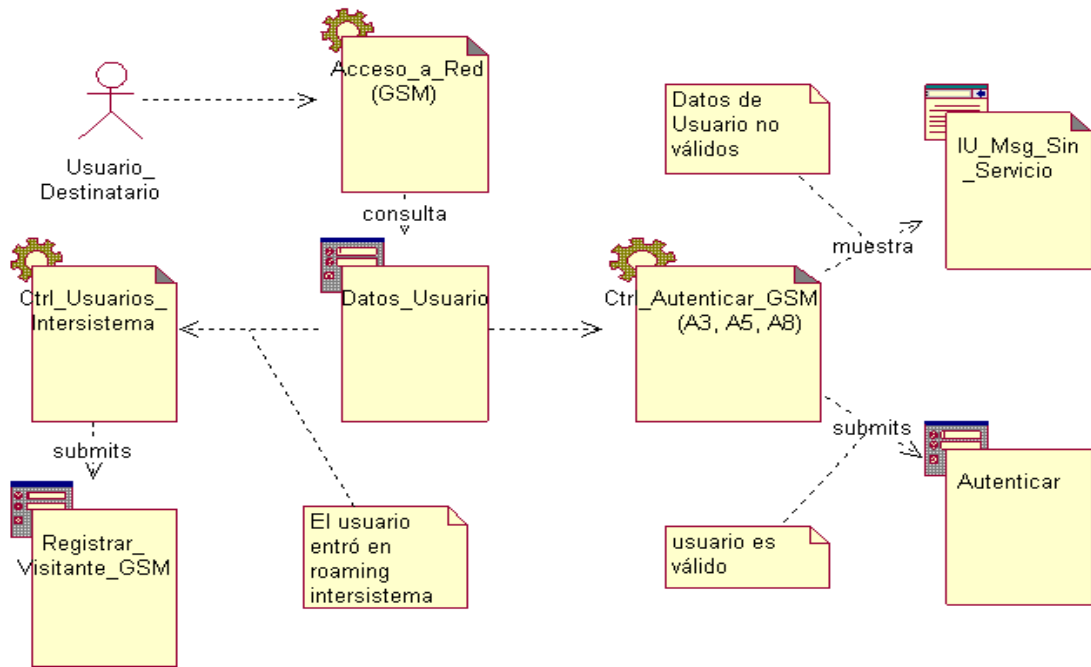


Figura 3.4. Diagrama de clases: Caso de Uso Autenticar GSM

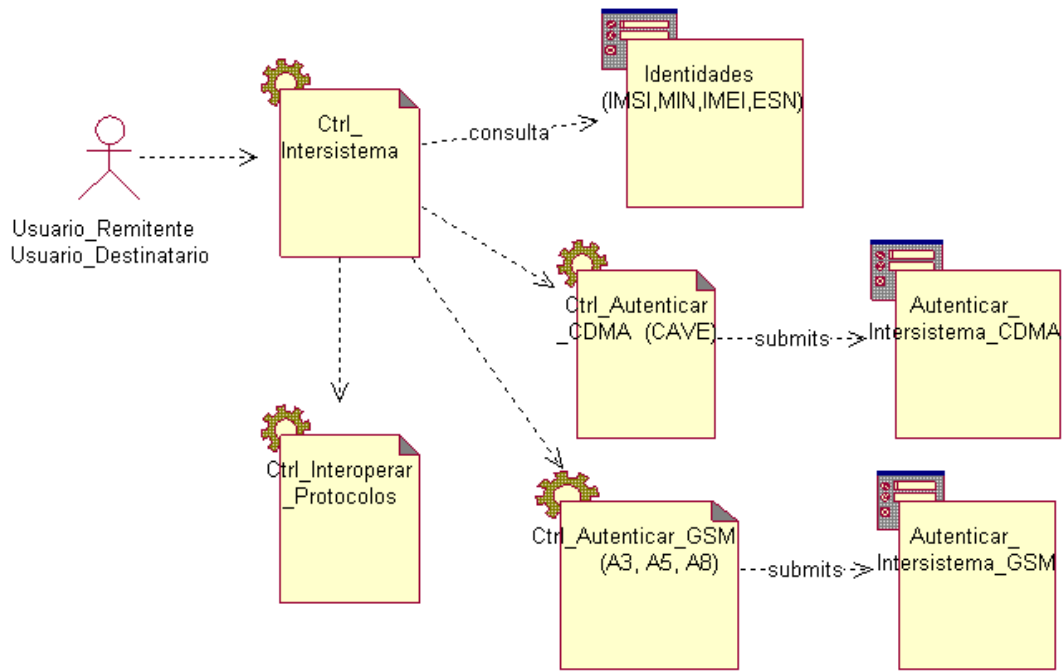


Figura 3.5. Diagrama de clases: Caso de Uso Interoperar

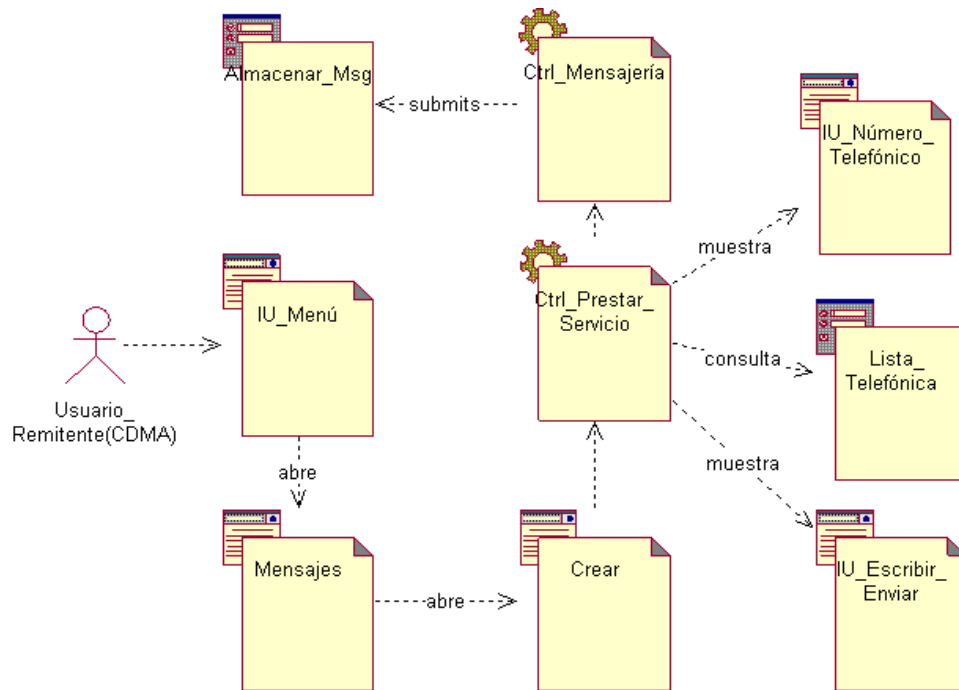


Figura 3.6. Diagrama de clases: Caso de Uso Prestar Servicio

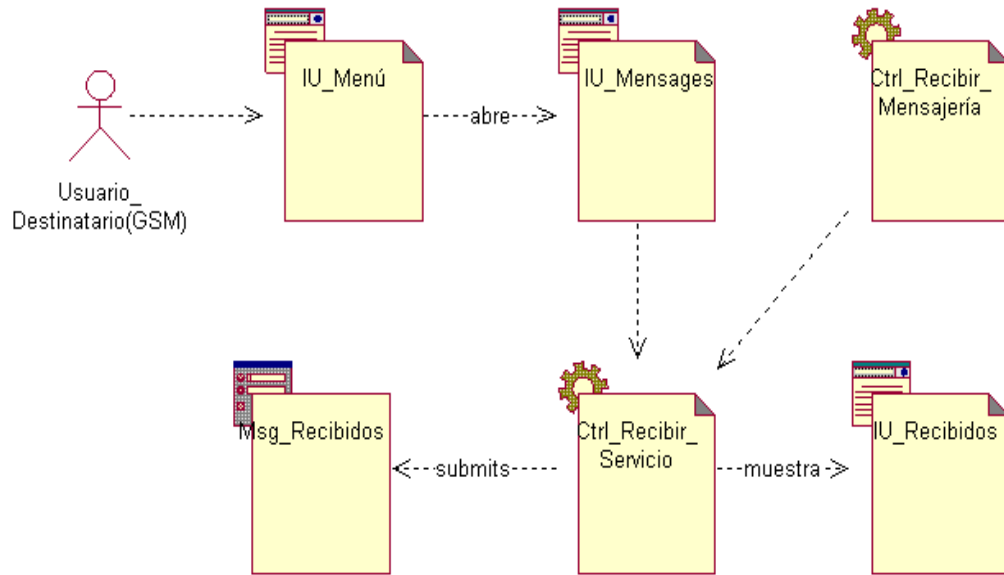
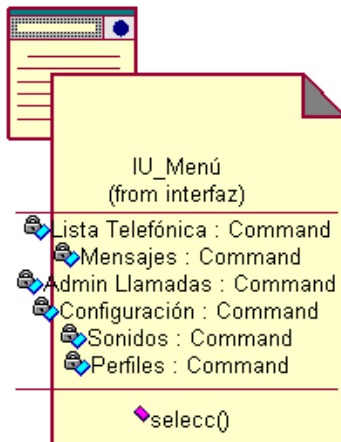


Figura 3.7. Diagrama de clases: Caso de Uso Recibir Servicio

3.2.3. Descripción de Clases

Clases del Paquete Interfaz

IU_Menú



Métodos:

selecc(): acción por parte del *Usuario Remitente* y/o *Usuario Destinatario* de pulsar cualquiera de las opciones presentadas en el menú del terminal móvil.

IU_Configuración



Métodos:

config(): acción por parte del *Usuario Remitente* y/o *Usuario Destinatario* de pulsar la opción de *Configurar* para realizar el cambio de modo de la estación móvil.

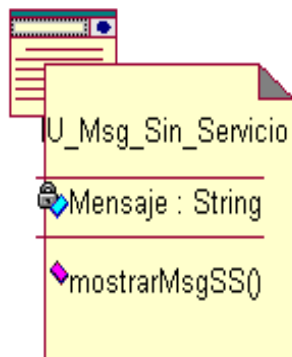
IU_Seleccionar_Sistema



Métodos:

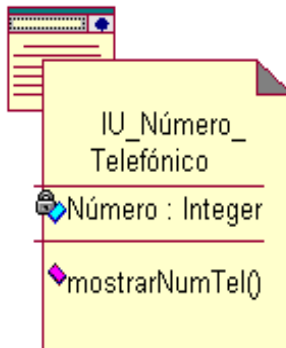
seleccSist(): acción por parte del *Usuario Remitente* y/o *Usuario Destinatario* de pulsar la opción de *Selección Sistema* para realizar el cambio del tipo de red (GSM o CDMA) que le prestará los servicios.

IU_Msg_Sin_Servicio



Métodos:

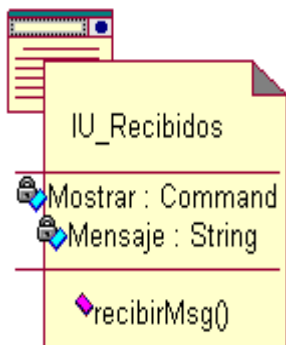
mostrarMsgSS(): acción que demuestra la ausencia de señal o falta de cobertura de la red hacia la estación móvil o que el usuario móvil no es válido ante la red.

IU_Número_Telefónico**Métodos:**

mostrarNumTel(): acción que muestra en la pantalla del terminal móvil el número telefónico del usuario al cual se desea enviar el mensaje corto de texto.

IU_Escribir_Enviar**Métodos:**

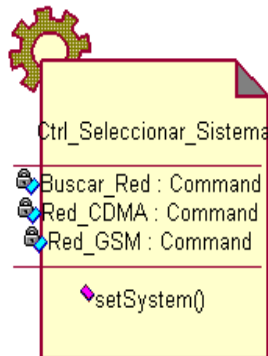
CrearMsg(): acción por parte del *Usuario Remitente* de seleccionar la opción para crear un mensaje corto de texto.

IU_Recibidos**Métodos:**

RecibirMsg(): acción por parte del *Usuario Destinatario* de seleccionar la opción *Recibidos* en el terminal móvil para leer los mensajes cortos de texto que han llegado.

Clases del Paquete Control

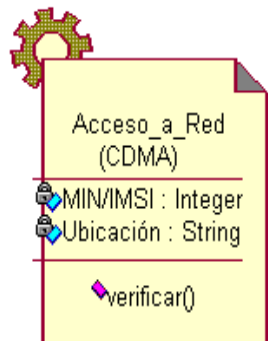
Ctrl._Seleccionar_Sistema



Métodos:

setSistem(): acción por parte del *Usuario Remitente* y/o *Usuario Destinatario* de seleccionar el tipo de red empleada por el operador que presta los servicios en la región donde él se encuentra.

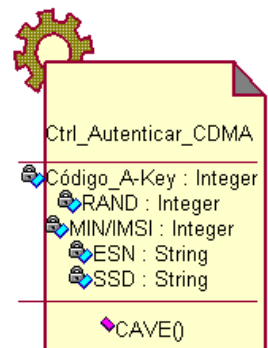
Acceso_a_Red (CDMA)



Métodos:

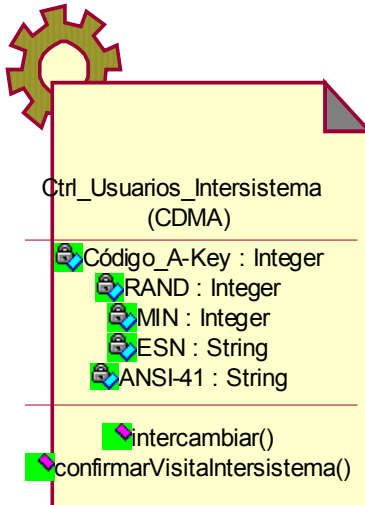
verificar(): operación ejecutada por la red CDMA en donde revisa la identidad del suscriptor (MIN/IMSI) en la base de datos conformada por el AuC ANSI-41. También conoce la posición actual del suscriptor para llevar a cabo procedimientos de actualización de la localización.

Ctrl_Autenticar_CDMA



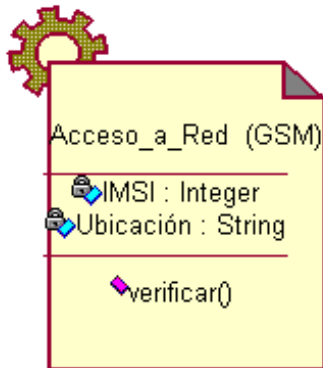
Métodos:

CAVE(): es el algoritmo encargado de llevar a cabo la autenticación y la encriptación de los datos de usuario.

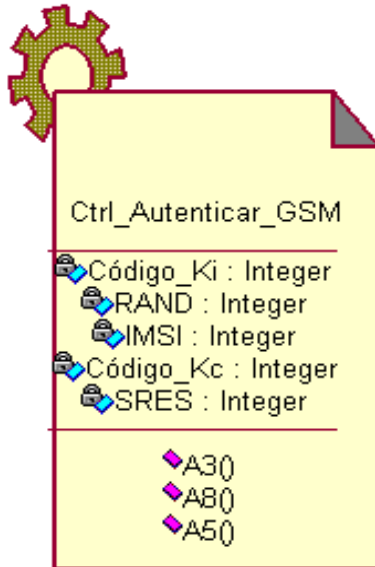
Ctrl_Usuarios_Intersistema (CDMA)**Métodos:**

intercambiar(): es el procedimiento empleado por la red CDMA para “dialogar” con la función de interoperabilidad (IIF) cuando existe roaming intersistema. Se lleva a cabo un intercambio de información consistente en señalización y datos de usuario.

ConfirmarVisitaIntersistema(): es el procedimiento empleado por la red CDMA para registrar en la base de datos conformada por el VLR a sus subscriptores que se encuentran en roaming intersistema.

Acceso_a_Red (GSM)**Métodos:**

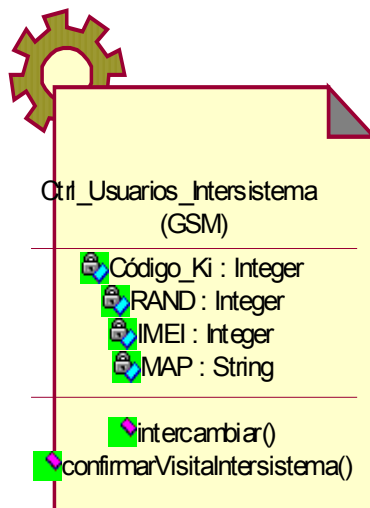
verificar(): operación ejecutada por la red GSM en donde revisa la identidad del subscriptor (IMSI) en la base de datos conformada por el AuC ANSI-41. También conoce la posición actual del subscriptor para llevar a cabo procedimientos de actualización de la localización.

Ctrl_Autenticar_GSM**Métodos:**

A3(): es el algoritmo empleado por la red GSM para obtener el valor SRES el cual permite la autenticación de los usuarios.

A8(): es el algoritmo empleado por la red GSM para obtener el valor de la clave de cifrado Kc.

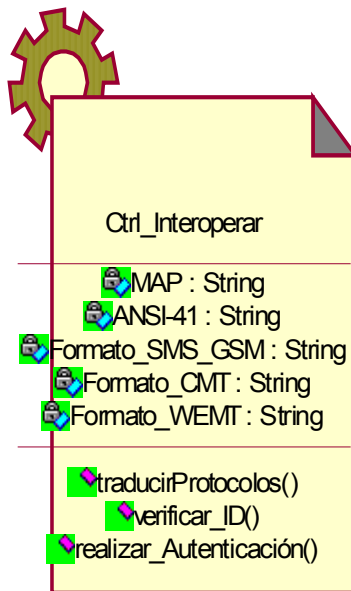
A5: es el algoritmo empleado por la red GSM para llevar a cabo el cifrado de los datos y voz de los usuarios.

Ctrl_Usuarios_Intersistema (GSM)**Métodos:**

intercambiar(): Es el procedimiento empleado por la red GSM para “dialogar” con la función de interoperabilidad (IIF) cuando existe roaming intersistema. Se lleva a cabo un intercambio de información consistente en señalización y datos de usuario.

ConfirmarVisitaIntersistema(): Es el procedimiento empleado por la red GSM para registrar en la base de datos conformada por el VLR a sus subscriptores que se encuentran en roaming intersistema.

Ctrl_Interoperar



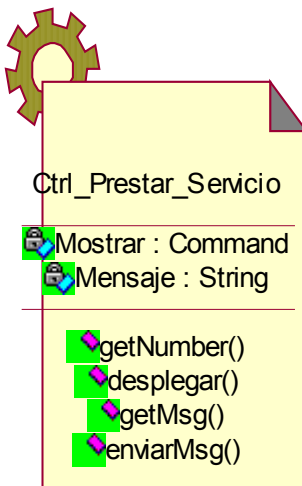
Métodos:

traducirProtocolos(): es una operación utilizada por la función de interoperabilidad (IIF) para llevar a cabo el mapeo de los protocolos tanto de señalización (ANSI-41 y MAP) como de interfaces de aire (CMT, WEMT y SMS GSM) empleados por las redes.

Verificar_ID(): operación ejecutada por la IIF en donde revisa la identidad del suscriptor (MIN) en la base de datos conformada por el "HLR ANSI-41" emulado. También conoce la posición actual del suscriptor para llevar a cabo procedimientos de actualización de la localización.

Realizar_Autenticación(): es una operación utilizada para llevar a cabo los procedimientos de autenticación tanto para CDMA como para GSM cuando los usuarios móviles están en roaming intersistema. Este procedimiento se lleva a cabo en la IIF compartiendo información con la red originaria.

Ctrl_Prestar_Servicio



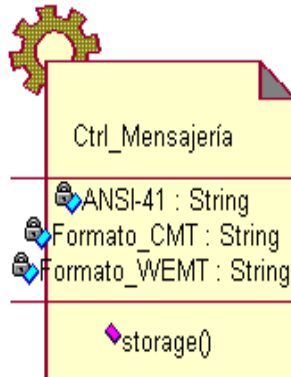
Métodos:

getNumber(): operación que se ejecuta para obtener el número telefónico del usuario destinatario desde la *Lista Telefónica* que está almacenada en un pequeño registro en el terminal móvil (opcionalmente podría estar en una R-UIM).

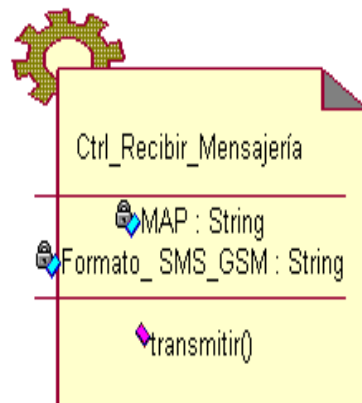
desplegar(): esta operación se lleva a cabo para mostrar las diferentes interfaces con las cuales el usuario interactúa desde la pantalla de su terminal móvil.

getMsg(): es un procedimiento mediante el cual se obtiene desde el registro (memoria) el mensaje de texto que el usuario ha escrito.

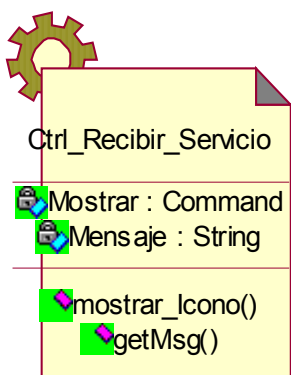
enviarMsg(): acción por parte del *Usuario Remitente* de enviar el mensaje corto de texto a otro usuario móvil; esta operación se ejecuta cuando el usuario pulsa la opción de *enviar* desde su terminal móvil.

Ctrl_Mensajería**Métodos:**

storage(): es la operación que se ejecuta para almacenar en el MC ANSI-41 el mensaje de texto que llega a la red servidora del usuario remitente (red CDMA) por medio de la interfaz de aire.

Ctrl_Recibir_Mensajería**Métodos:**

transmitir(): es la operación que hace posible la transmisión del mensaje corto de texto desde la red servidora (GSM) hacia el *Usuario Destinatario*.

Ctrl_Recibir_Servicio**Métodos:**

mostrar_Icono(): es la operación encargada de desplegar en la pantalla del terminal móvil un icono de un sobre para indicarle al usuario que ha recibido un mensaje corto de texto.

getMsg(): Es la operación que se ejecuta cuando el usuario presiona la opción de *Recibidos* para leer los mensajes cortos de texto que han llegado.

Paquete Almacenamiento: Las siguientes figuras 3.9 a 3.13 representan los diagramas *Entidad – Relación* correspondientes a las diferentes bases de datos y registros (HLR, VLR, AuC, AC, EIR, SMSC, MC y memorias en el terminal móvil) que son manejadas para la prestación del servicio de mensajería corta. Todas las relaciones entre tablas se maneja de 1:1.

Para la figura 3.9 las tablas *Usuario* y *Perfil_Usuario* hacen parte de la base de datos correspondiente al HLR ANSI-41. Así mismo la tabla *Identidad_Usuario* conforma la base de datos correspondiente al AC ANSI-41. Finalmente la tabla *Registrar_Visitante_CDMA* conforma el VLR ANSI-41.

En la figura 3.10 las tablas *Usuario* y *Perfil_Usuario* conforman la base de datos que corresponde al HLR GSM. La tabla *Identidad_Usuario* conforma la base de datos correspondiente al AuC GSM. La tabla *Identidad_Equipo* conforma la base de datos para el EIR GSM. Finalmente la tabla *Registrar_Visitante_GSM* conforma el VLR GSM.

Para la figura 3.11 las tablas *Visitante_Intersistema_CDMA* y *Autenticar_Intersistema_GSM* corresponden a las funciones “VLR ANSI-41” y “HLR GSM” respectivamente, emuladas en la gateway (IIF). Similarmente *Autenticar_Intersistema_CDMA* y *Visitante_Intersistema_GSM* corresponden a las funciones “HLR ANSI-41” y “VLR GSM” respectivamente, emuladas en la gateway (IIF).

La tabla *Lista Telefónica* mostrada en la figura 3.12 corresponde al registro de almacenamiento (memoria EEPROM) al interior del terminal móvil, aquí se encuentran almacenados número telefónicos de otros usuarios los cuales han sido ingresados manualmente por el propietario del terminal. En la figura 3.12 también se relaciona la tabla *Almacenar_Mensaje* que conforma el centro de mensajería MC ANSI-41 al cual llegan primero los mensajes enviados desde la propia red para posteriormente enviarlos a su destino.

La figura 3.13 relaciona la tabla *Msg_Recibidos* que corresponde al registro (memoria EEPROM) al interior del terminal móvil la cual almacena los mensajes cortos de texto que ha llegado a dicho terminal.

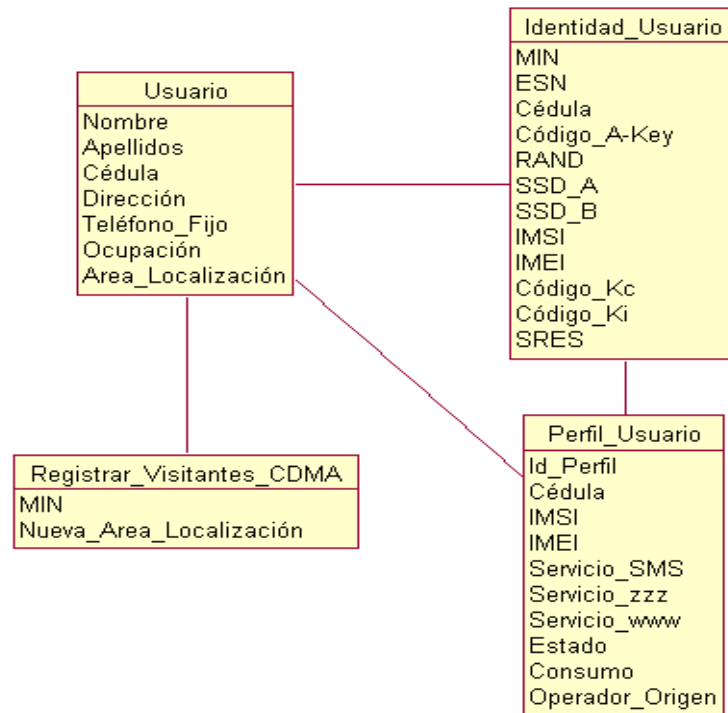


Figura 3.8. Diagrama Entidad – Relación para caso de uso Autenticar CDMA

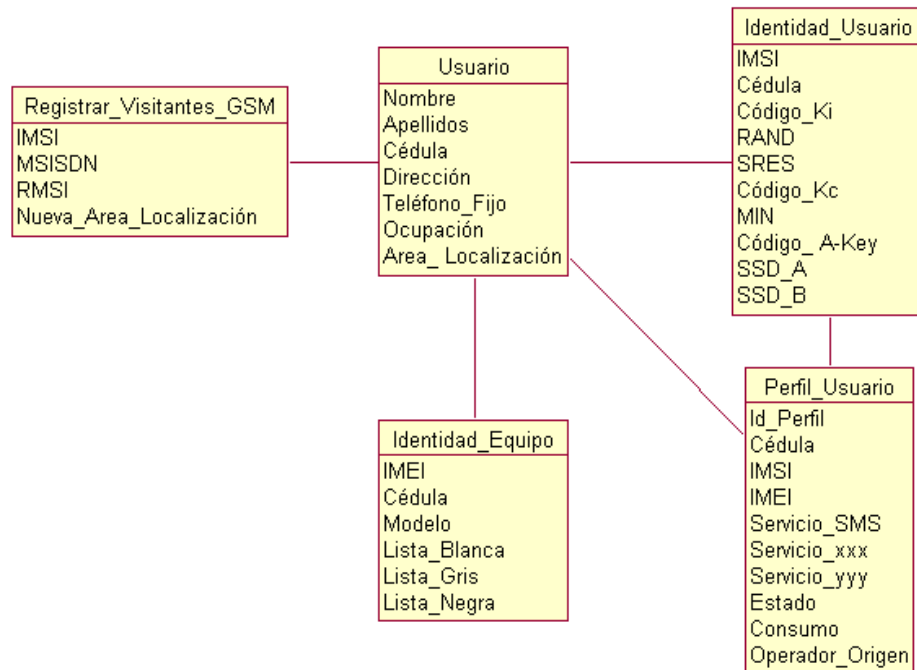


Figura 3.9. Diagrama Entidad – Relación para caso de uso Autenticar GSM

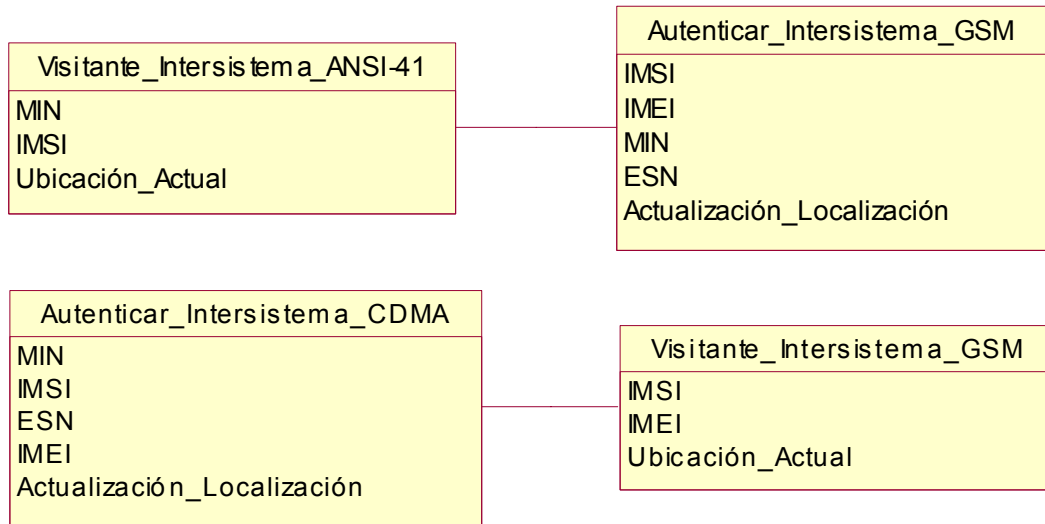


Figura 3.10. Diagrama Entidad – Relación para caso de uso Interoperar

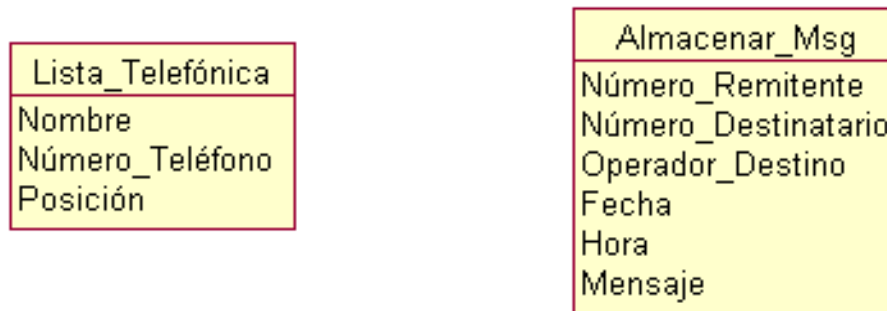


Figura 3.11. Diagrama Entidad – Relación para caso de uso Prestar Servicio

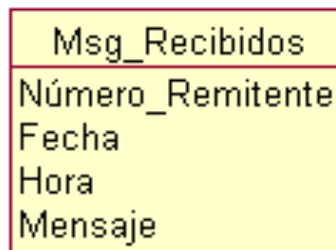


Figura 3.12. Diagrama Entidad – Relación para caso de uso Recibir Servicio

3.2.4. Diagramas de Secuencia

Las figuras 3.14 a 3.20 representan los diagramas de secuencia para cada uno de los casos de uso del servicio de mensajería corta.

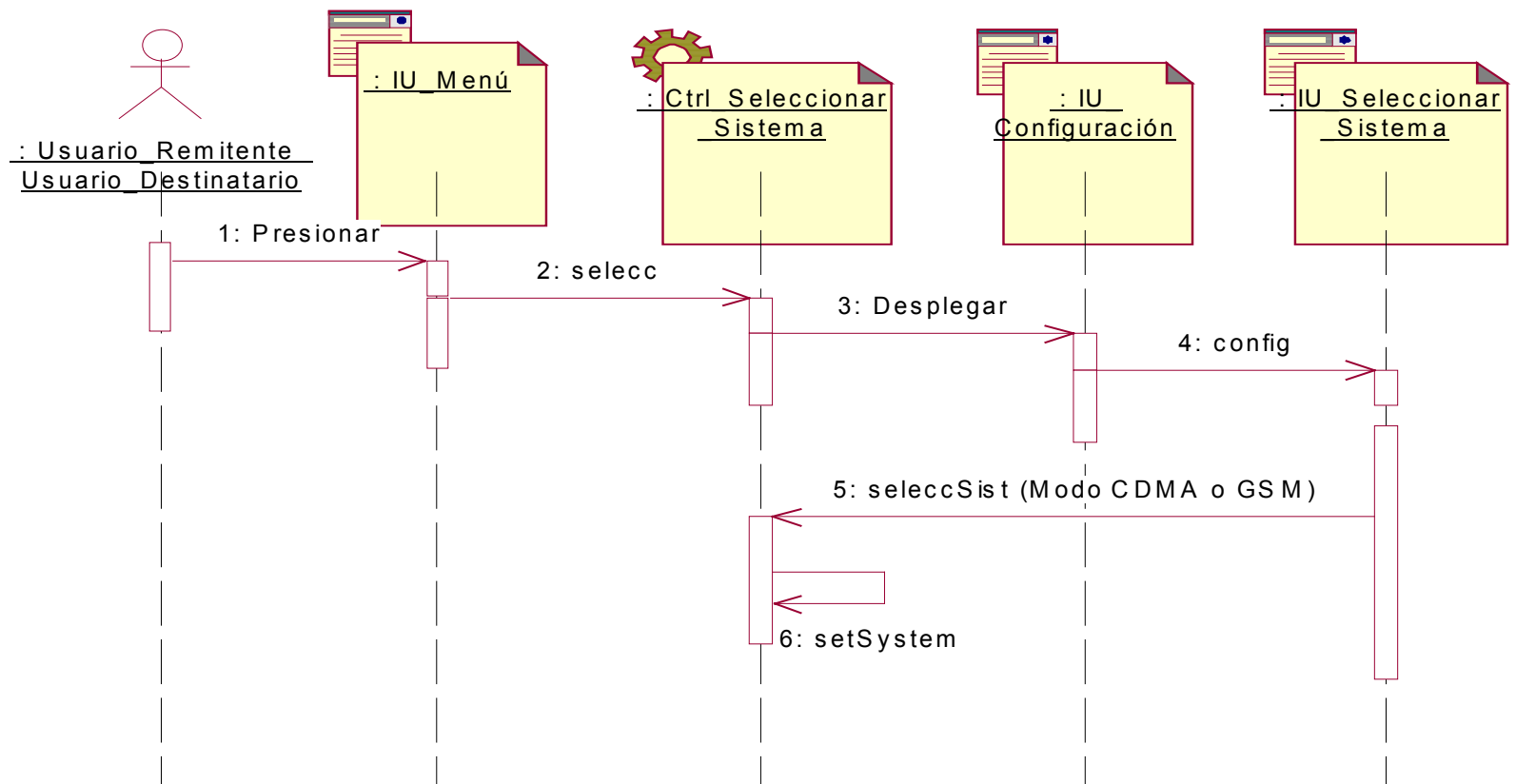


Figura 3.13. Diagrama de Secuencia para caso de uso Seleccionar Sistema

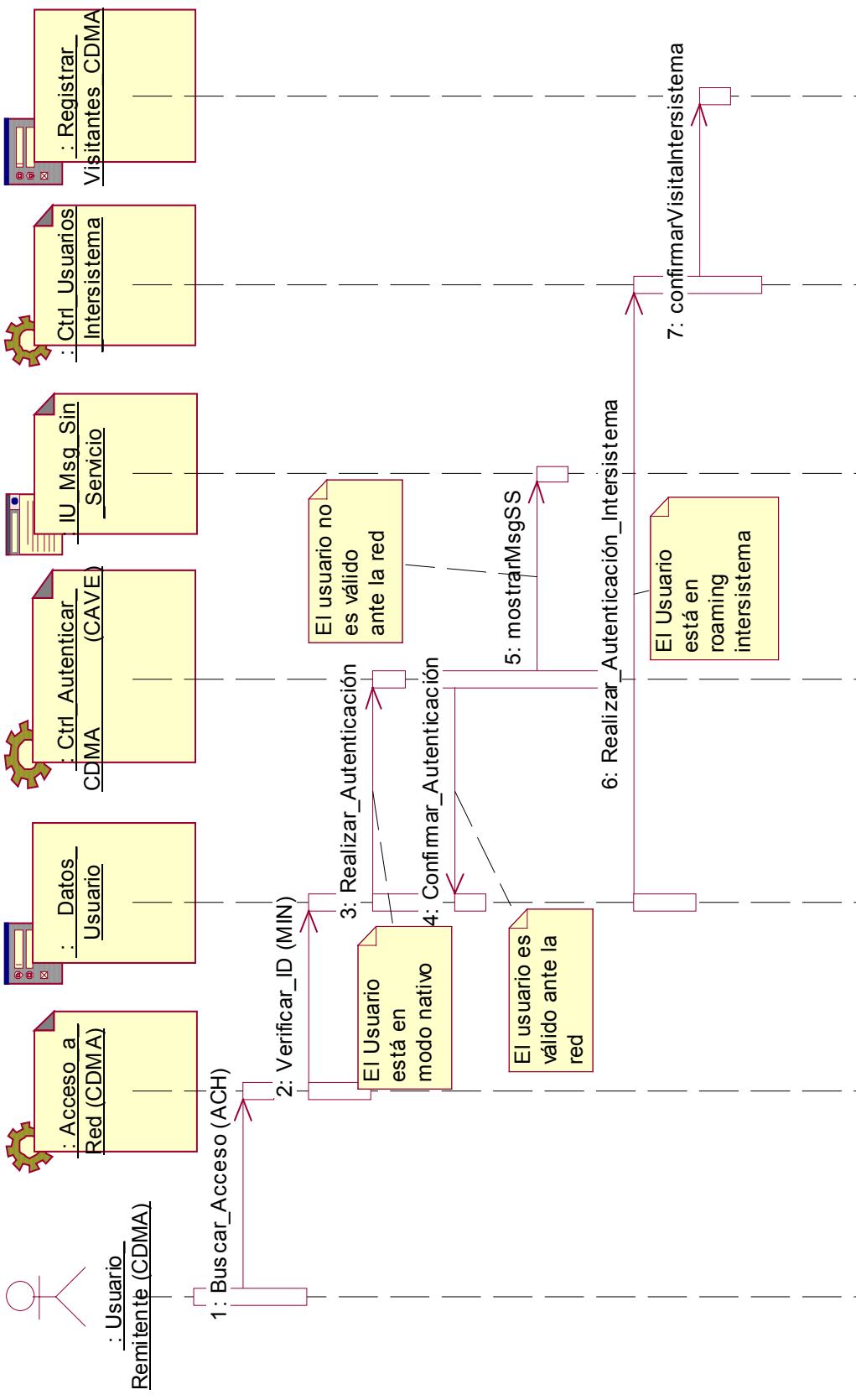


Figura 3.14. Diagrama de Secuencia para caso de uso Autenticar CDMA

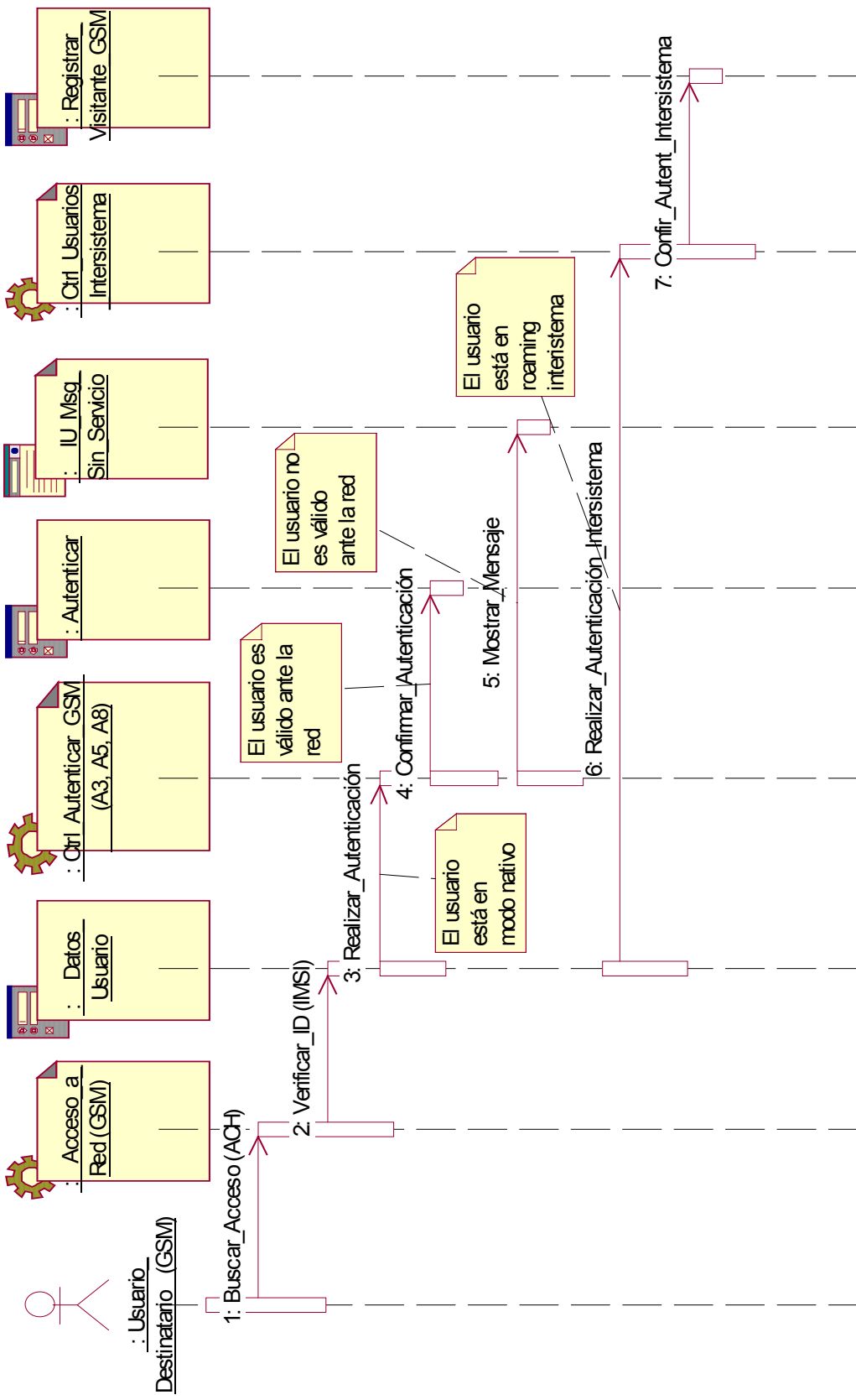


Figura 3.15. Diagrama de Secuencia para caso de uso Autenticar GSM

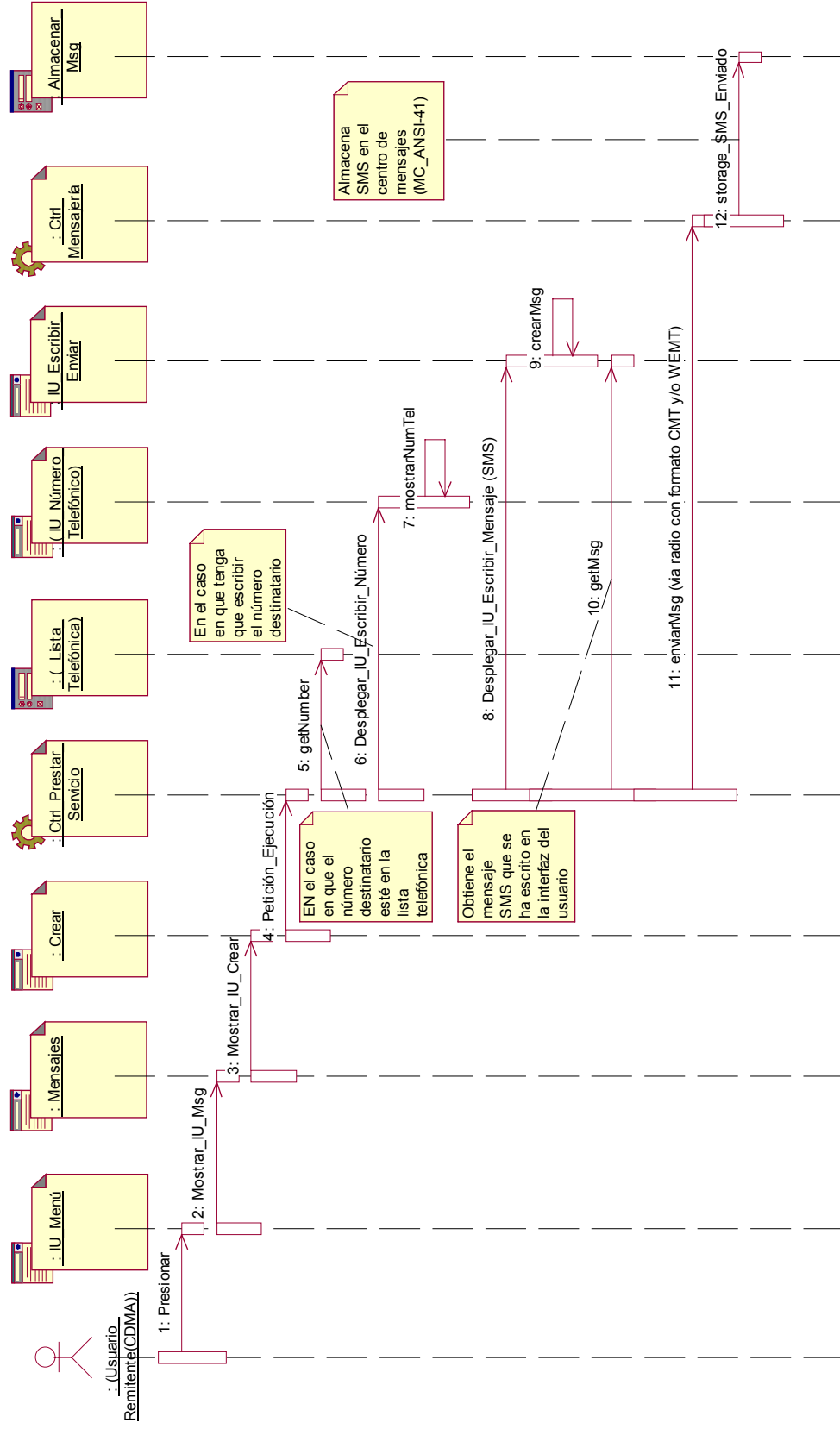


Figura 3.17. Diagrama de Secuencia para caso de uso Prestar Servicio

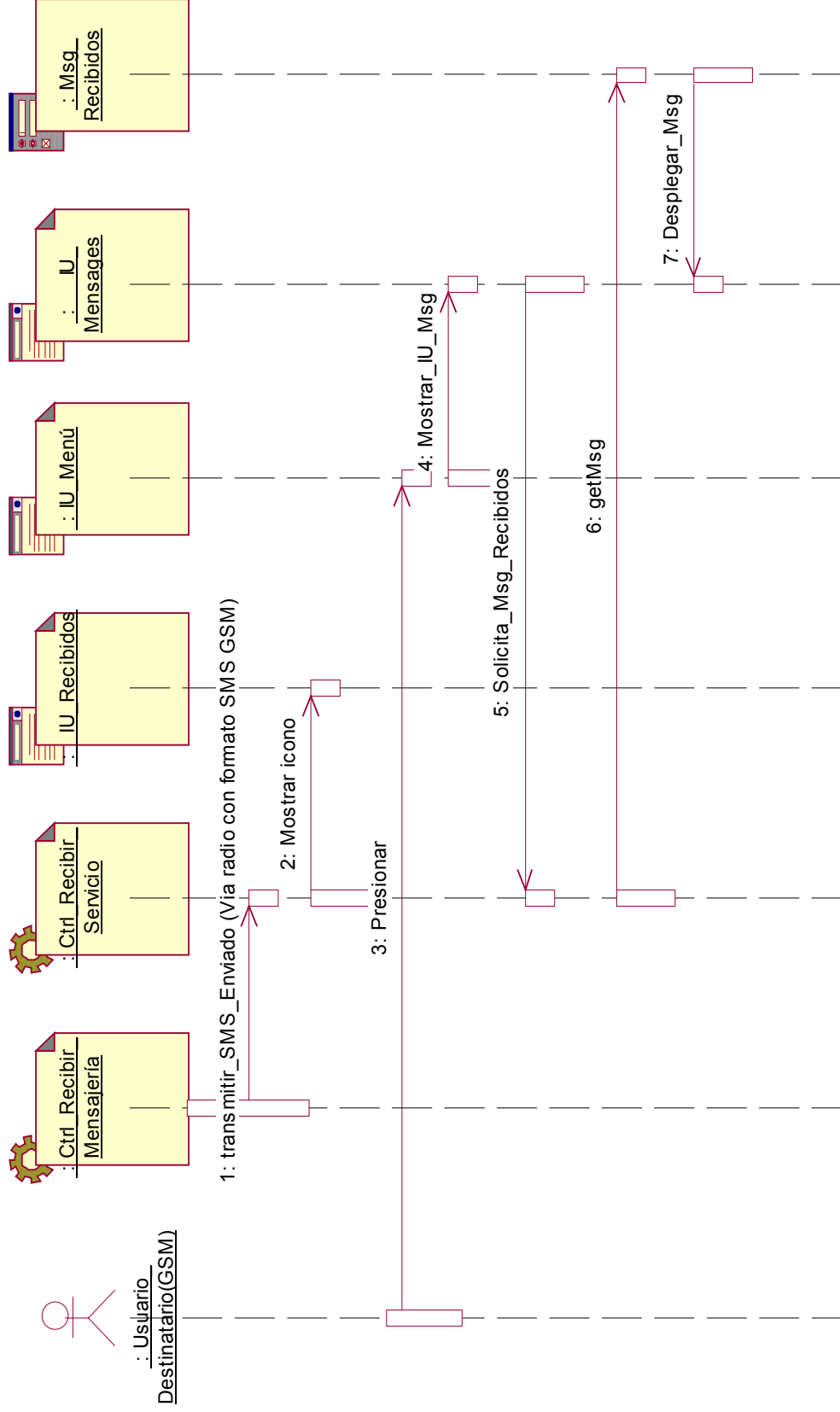


Figura 3.18. Diagrama de Secuencia para caso de uso Recibir Servicio

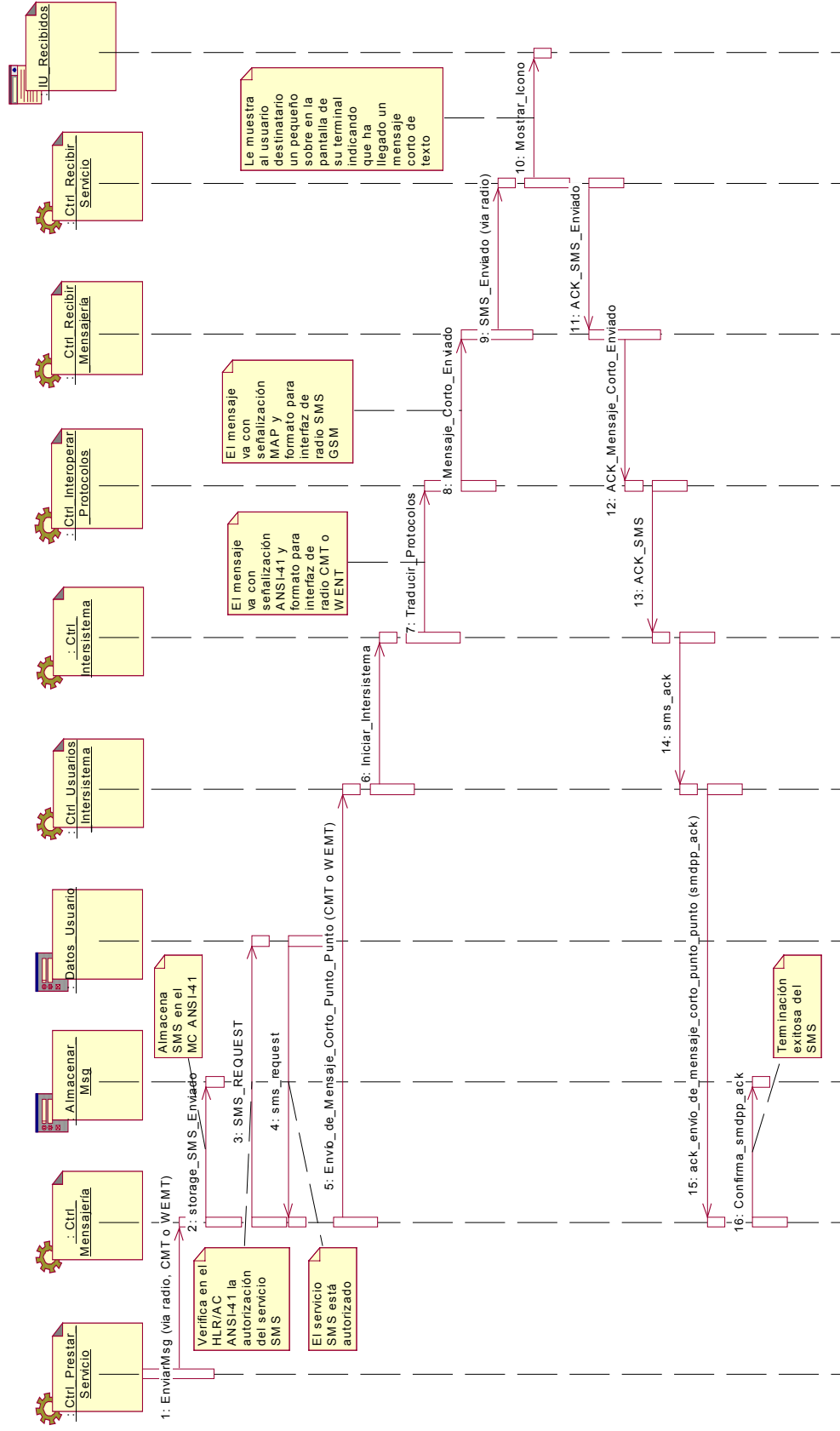


Figura 3.19. Diagrama de Secuencia para interacción de casos de uso Prestar Servicio, Interoperar y Recibir Servicio

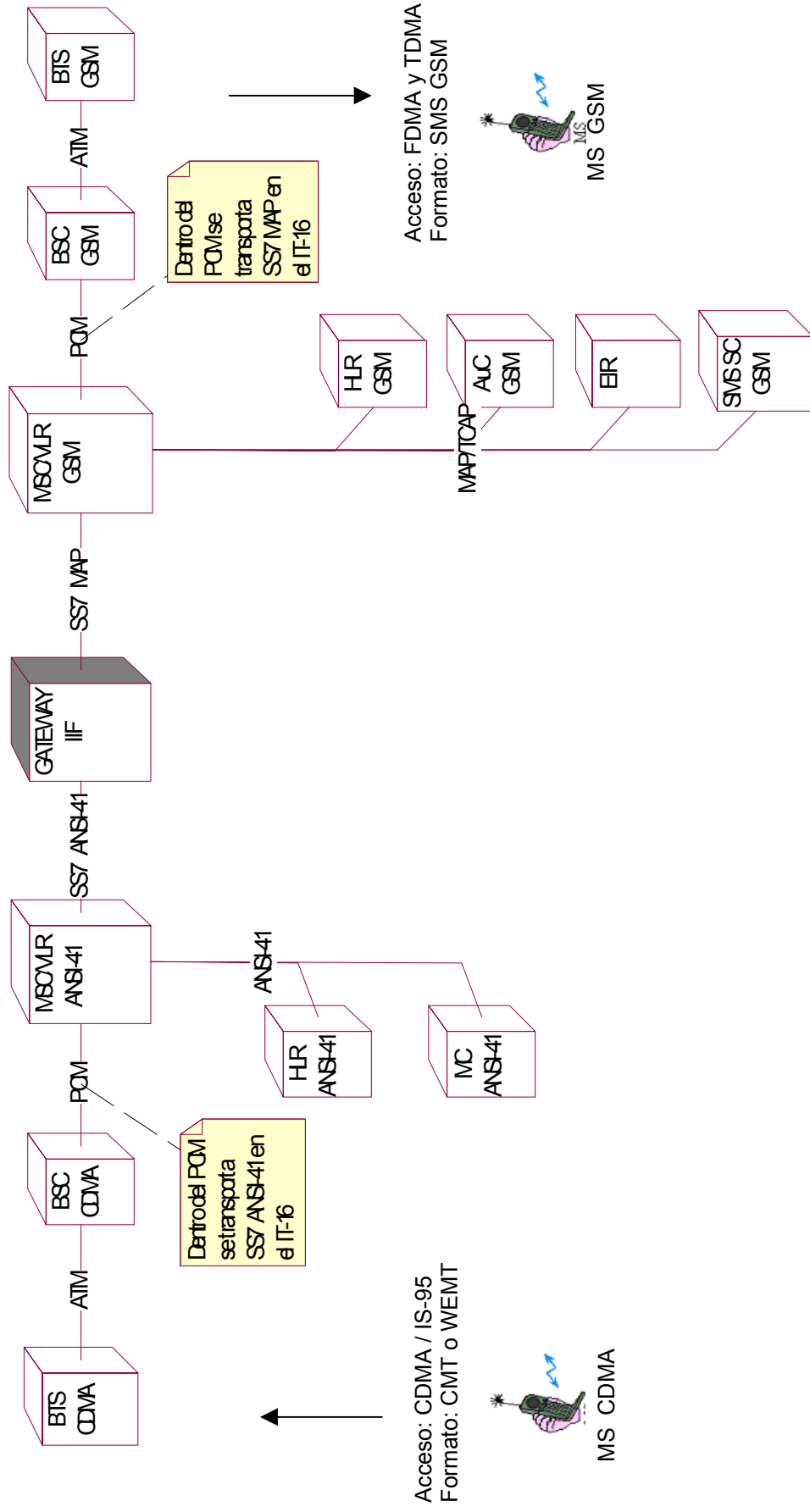


Figura 3.20. Diagrama de Despliegue para el servicio SMS

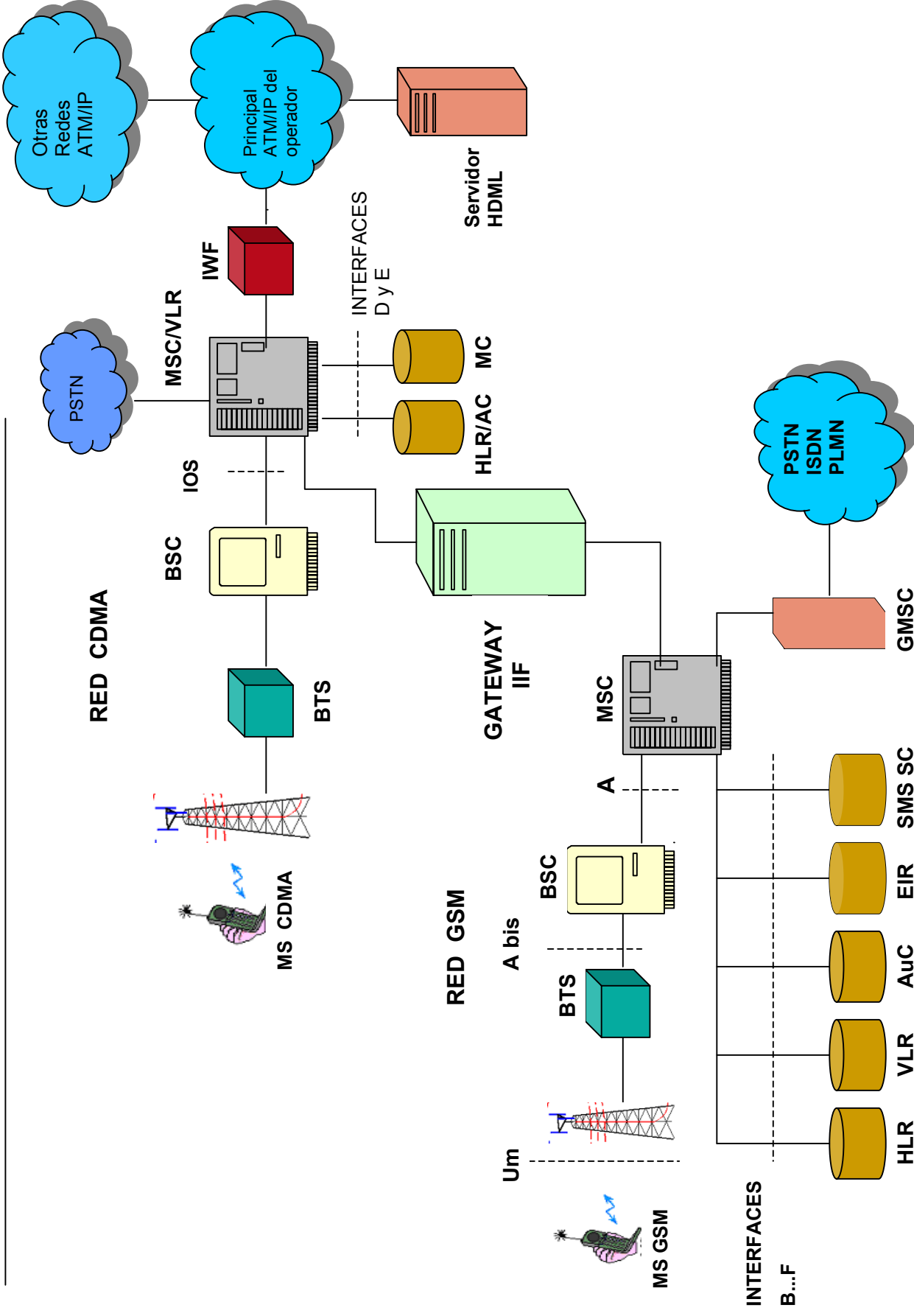


Figura 3.21. Arquitectura Completa para el servicio SMS

CONCLUSIONES

- La tecnología CDMA se presenta como una opción de acceso múltiple muy prometedora para los sistemas de comunicaciones móviles del futuro. Las principales ventajas que justifican esta revolución tecnológica en la interfaz radio son principalmente la simplicidad en la planificación, la mayor capacidad y la gran flexibilidad que ofrece. No obstante, éste sistema de acceso presenta una mayor complejidad computacional y de procesamiento de señal, además las experiencias previas en sistemas que utilizan ésta tecnología han puesto de manifiesto la importancia de resolver adecuadamente el mecanismo de control de potencia, así como el esquema de sincronismo.
- Teniendo en cuenta las ventajas tecnológicas que brinda CDMA y asegurando las posteriores evoluciones de las redes tanto GSM (GPRS, EDGE, GERAN, WCDMA) como CDMA/IS-95 (CDMA2000 1X, CDMA2000 1X EV-DO, CDMA2000 1X EV-DV, CDMA2000 3X), se puede pensar que en un futuro, CDMA se impondrá frente a la experimentada tecnología TDMA empleada por GSM, pues como es bien sabido GSM representa más del 70% del mercado de telefonía móvil celular en el mundo y en el momento en que su evolución de familias tecnológicas avance hasta llegar a la tercera generación, habrá un cambio en el sistema de acceso pasando de TDMA a un nuevo WCDMA. Claramente CDMA ha emergido como la tecnología para la próxima generación de servicios.
- El tema de la tarjeta SIM para redes ANSI-41 parece ser de bastante interés entre la comunidad que conforman este tipo de redes. Las aproximaciones para obtener un modelo de tarjeta unificado pueden verse afectadas por existir un cruce de tecnologías que debe ser considerado para la perspectiva de red ANSI-41. El soporte para la tarjeta SIM para roaming GSM/CDMA puede ser factible si una aproximación común fuera acordada entre fabricantes, operadores y empresas involucradas en el sector.

- Llegar a prestar servicios de roaming interestándar involucra un compromiso financiero, económico y tecnológico bastante grande para los operadores que hagan parte del acuerdo de roaming, de esta manera las redes deben ser mejoradas aumentando la capacidad de las bases de datos, adicionar software de control y gestión y equipos para la interconexión, además, se deben establecer enlaces físicos con otros operadores para asegurar la conectividad.
- El requerimiento de utilizar estaciones móviles duales o multitecnología GSM/CDMA para obtener los servicios de roaming intersistema, hace suponer que el tamaño de dichos terminales posiblemente sea muy grande e inadecuado para la portabilidad y movilidad que exige el usuario, esto se debe al aumento en la circuitería necesaria para obtener las capacidades duales del terminal. Sin embargo este inconveniente se convierte en un reto para el sector de diseñadores y fabricantes de circuitos integrados y demás componentes necesarios para la fabricación de terminales de telefonía móvil. Es aquí donde las empresas de fabricantes que tengan una apropiada planeación e inversión en investigación y desarrollo (I+D) tomarán la delantera del mercado.
- Para llegar a prestar servicios empleando la itinerancia interfamilias tal como lo promete el IMT-2000 deben ser mejorados los protocolos de segunda generación existentes. Por consiguiente, el desafío es realizar un protocolo NNI común para la gestión de la movilidad que sea válido para dicha itinerancia interfamilias, esto depende principalmente de la creación de elementos de protocolo que no deben quedar restringidos a un servicio móvil particular y a una tecnología de acceso radioeléctrico. En otras palabras, el protocolo debe ser lo suficientemente genérico para adecuarse a los diferentes miembros/sistemas de IMT-2000 desde la perspectiva NNI. Un modo de progresar en esta dirección es obtener operaciones genéricas basadas en parámetros comunes para servicios IMT-2000 que serán utilizadas por estos diferentes miembros. Debe prestarse también atención a conseguir que el camino que siga la evolución desde los sistemas 2G existentes a la NNI común 3G sea lo más suave posible.
- El mejoramiento de las tecnologías de segunda generación para la interoperabilidad y la armonización de sus posteriores evoluciones hasta llegar a la tercera generación, también estimulan a la industria a idear formas para armonizar los núcleos de red basadas en internet.

- Los aspectos de Operación, Administración y Mantenimiento (OAM) entre sistemas miembros del acuerdo de roaming internacional serán bastantes complejos por la gran cantidad de información de señalización y datos de usuario que deberán manejar; además también deberán implementar un robusto y efectivo sistema de control contra fraudes pues la vulnerabilidad de la red aumenta con el incremento de usuarios y sistemas asociados al roaming.
- La itinerancia internacional representa grandes ventajas tanto para usuarios como operadores. Para los usuarios, lo más importante es la movilidad y la portabilidad de los servicios contratados sin importar el lugar ni la hora, así estos podrán mantener contacto sin la necesidad de cambiar de número telefónico cada vez que cambien de red servidora. Con respecto a los operadores, estos mejorarán su posición competitiva a través de la conectividad a mercados internacionales, además que también obtendrán nuevas ganancias debido al incremento en las activaciones, consumo y tarifas mensuales.
- El dialogo de señalización establecido entre las dos redes y la función de interoperabilidad debe ser lo menos demorado posible con el fin de realizar correctamente la gestión de la movilidad de los usuarios, es necesario que estas operaciones estén dentro del rango de retardo permisible, de 144 milisegundos dentro de Norte América y 300 milisegundos a nivel internacional.
- Pese a la gran inversión que requieren los operadores para prestar la itinerancia internacional, el establecer acuerdos de roaming con otros operadores al mismo tiempo les ayudará económicamente a disminuir los costos operativos ya que aprovecharán las redes existentes en otros lugares y por medio de estas podrán seguir prestándole servicio a sus subscriptores sin la necesidad de tender nuevas redes en esos destinos ni contratar más personas que trabajen para tal fin.

RECOMENDACIONES

- La Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca debe establecer fuertes vínculos con los organismos de estandarización y empresas del sector, tanto a nivel nacional como internacional con el fin de adquirir constantemente información de las tendencias tecnológicas, del mercado de tecnologías y servicios, de la manera como se mueve la industria y lo más importante, de la orientación y decisiones que están tomando las empresas, para así poder mantener las materias del programa acordes con la realidad del sector para que los futuros ingenieros sean competitivos.
- El gobierno colombiano y las empresas operadoras de telefonía móvil deberían estimular y propiciar las condiciones necesarias para adoptar la interoperabilidad de las tecnologías de segunda generación en nuestro país ya que Colombia hace parte del grupo de países en vía de desarrollo en donde a este tipo de redes todavía les queda mucho tiempo de vida.
- La Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones debe seguir estimulando a los estudiantes para continuar el estudio de este tipo de tecnologías y sus posteriores evoluciones como trabajo de grado, ya que el proceso de estandarización aun no acaba y constantemente las tendencias tecnológicas y de mercado están cambiando.
- Se debe continuar con la investigación y aportes a este trabajo de grado especialmente en el campo de los procedimientos necesarios para realizar la gestión de la interoperabilidad tanto a nivel de red como de servicios, pues este es un tema bastante amplio el cual puede ser abordado aquí.

- Seguir investigando y sugiriendo modelos abiertos de interoperabilidad mediante los cuales las redes existentes en nuestro país puedan ser interconectadas y trabajar sin problemas, de esta manera las personas que hacen uso de la telefonía móvil de segunda generación podrán seguir disfrutando por mucho más tiempo de sus servicios, los cuales por razones de mercado, en un futuro serán aun más económicos; esto no sólo beneficiaría a los usuarios y operadores en nuestro país si no en el resto del mundo.
- Para brindarle una continuación a éste trabajo de grado, se propone como tema de una nueva tesis la implementación en un lenguaje de programación del modelo de referencia para la interoperabilidad propuesto. Se recomienda que dicho lenguaje sea orientado a objetos para que corresponda con el modelado y diseño en UML realizado aquí; especialmente se recomiendan tecnologías como JAVA R.M.I o CORBA para llevar a cabo una implementación de la función de interoperabilidad de forma distribuida ya que como se explicó al final del capítulo 2, resulta ser la mejor opción y solución para la gateway IIF.
- Otro aspecto que puede ser explorado en este tema, es lo referente a la interoperabilidad entre las diferentes redes inteligentes implementadas en los dos sistemas, GSM emplea la plataforma CAMEL (Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic – Aplicaciones de Cliente para la Red Lógica Móvil Mejorada), mientras que las redes ANSI-41 hacen uso de la plataforma WIN (Wireless Intelligent Network – Red Inteligente Inalámbrica). Es importante abordar esta área ya que brinda la posibilidad de prestar servicios móviles de valor agregado como por ejemplo cobro revertido automático, red privada virtual, pago con tarjeta de crédito, tarjetas prepago, etc, aun en condiciones de roaming intersistema.

BIBLIOGRAFÍA

MUÑOZ ANTE, Juan Carlos; VALENCIA ROJAS, Diana María. EDGE – Opción tecnológica para la evolución de la red móvil celular de Colombia hacia una infraestructura de tercera generación. Popayán: Universidad del Cauca, 2002. 154 p.

FUENTES ORDÓÑEZ, Jairo Ernesto; ZABALA PINZON, Luis Fernando. Análisis y diseño de una red de tercera generación basada en CDMA-2000 para la ciudad de Popayán. Popayán: Universidad del Cauca, 2002. 147 p.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. UML - El lenguaje unificado de modelado. Madrid, Addison Wesley, 2000. 432 p.

T1P1. Network interworking between GSM MAP and ANSI-41MAP. PN-4926 & 4927-RV5, Volume 0 – Overview and Network Reference Model (Rev. B – CDMA). TR-46. March, 2002.

T1P1. Network interworking between GSM MAP and EIA/TIA-41 MAP. PN-4926 & 4927, Volume 2 - Information Flows (Rev. B - CDMA). TR-46. March, 2002.

T1P1. Network interworking between GSM MAP and EIA/TIA-41 MAP. PN-4926 & 4927, Volume 3 - Message Mappings (Rev. B - CDMA). TR-46. March, 2002.

ITU. Recomendación Q.1751, Requisitos de la señalización entre redes para el conjunto de capacidades 1 de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000). Junio, 2000.

Páginas Web:

<http://www.itu.int>

<http://www.ansi.org>

<http://www.pt.com/tutorials/ss7>

<http://www.protocolos.com/pbooks/ss7.htm>

<http://www.tsiconnections.com>

<http://www.3gamericas.org>

<http://cdg.org>

<http://www.t1.org>

<http://www.locationforum.org>

<http://www.openmobilealliance.org>

<http://www.3gpp2.org/specifacation>

<http://www.3gpp.org>

<http://www.gsmworld.org>

<http://www.etsi.org>

<http://www.baskerville.telecoms.com>
<http://www.nmscommunications.com>
<http://www.opengis.org>
<http://www.wliaonline.com>
<http://www.mwif.org>
<http://www.gsacom.com>
<http://www.cwts.org>
<http://www.tta.or.kr>

ACRONIMOS

A

A3.	Algoritmo Número 3 para autenticación GSM
A5.	Algoritmo Número 5 para Cifrado GSM
A8.	Algoritmo Número 8 para Cifrado GSM
AC.	Authentication Centre – Centro de Autenticación para la red CDMA
AMPS.	Advanced Mobile Phone System – Sistema de Telefonía Móvil Avanzada
ANSI-41.	Estándar de señalización para las tecnologías AMPS, TDMA y CDMA
ANSI-136.	Estándar para la Tecnología TDMA/IS-136
ARFCN.	Absolute Radio Frequency Channel Number - Número de Canal de Frecuencia de Radio Absoluta
A-key.	Clave A para autenticación en redes ANSI-41
AuC.	Authentication Center - Centro de Autenticación para la red GSM

B

BIB.	Backward Indicator Bit – Bit indicador de Respuesta
BSN.	Backward Sequence Number – Número de Secuencia de Respuesta
BSS.	Base Station Subsystem - Subsistema de Estación Base
BTS.	Base Transceiver Station - Tranceptor de Estación Base

C

CAP.	Capabilities Application Part – Parte de Aplicación de Capacidades
CAVE.	Cellular Authentication and Voice Encryption – Encriptación de Voz y Autenticación Celular
CDG.	CDMA Development Group - Grupo de Desarrollo para CDMA
CDMA.	Code Division Multiplex Access - Acceso Múltiple por División de Código
CDMA2000 1X EV-DV.	Code Division Multiplex Access at year 2000 1X Evolution for Data and Voice - Acceso Múltiple por División de Código para el año 2000 1X Evolución para Datos y Voz
CRC.	Cyclic Redundant Check – Chequeo de Redundancia Cíclico

D

DRX.	Discontinued Reception - Modo de Recepción Discontinua
DS.	Direct Sequence – Secuencia Directa
DSP.	Digital Sign Processor - Procesador de Señales Digitales
DTX.	Discontinued Transmisión - Modo de Transmisión Discontinua

E

EDGE.	Enhanced Data Rates for Global Evolution – Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución Global
EIR.	Equipment Identity Register - Registro de Identidad de Equipo
ESN.	Electronic Serial Number - Número Serial Electrónico
ETSI.	European Telecommunications Standards Institute - Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones

F

FDD.	Frequency Division Duplex – Duplexación por División de Frecuencia
FDMA.	Frequency División Multiplex Access - Acceso Múltiple por División de la Frecuencia
FIB.	Forward Indicator Bit – Bit de Información de Envío
FISU.	Fill-In Signal Units - Unidades de Señal de Relleno
FSN.	Forward Sequence Number – Número de Secuencia de Envío

G

G3G.	Global Third Generation – Tercera Generación Global
GAIT.	GSM / ANSI-136 Interoperability Team - Equipo para la interoperabilidad GSM/ANSI-136
GERAN.	GSM/EDGE Radio Access Network – Red de Acceso por Radio GSM/EDGE
GGRF.	GSM Association's Global Roaming Forum - Foro de Asociaciones para el Roaming Global de GSM
GMSC.	Gateway MSC – Pasarela MSC
GPRS.	General Packet Radio Service – Servicio General de Paquetes por Radio
GSM.	Global System for Mobile Communication - Sistema Global para Comunicaciones Móviles.

H

HLR.	Home Location Register - Registro de Localización de Residentes
HSDPA.	High Speed Downlink Packet Acces – Acceso de Alta Velocidad para Paquetes de Datos del Enlace de Bajada

I

IIF.	Interworking and Interconnection Function – Función de Interoperabilidad e Interconexión
IMEI.	International Mobile Equipment Identity – Número de Identidad Internacional del Equipo Móvil
IMSI.	International Mobile Subscriber Identity - Identidad de Subscriptor Móvil Internacional
IPR.	Intellectual Property Right - Derechos de Propiedad Intelectual
IS.	Interim Standards – Estándar Interino
ISUP.	ISDN User Part - Parte de Usuario RDSI
IT.	Intervalo de Tiempo
ITU.	International Telecommunication Union
IWF.	Interworking Function - Función de Interconexión

K

Kc.	Key for Cipher - Código para Cifrado
Ki.	Key for Identification – Código para Identificación
KTF.	Korea Telecom Freetel – Empresa de Telefonía Coreana

L

LI.	Length Indicator – Indicador de Longitud
LSSU.	Link Status Signal Units - Unidades de Señal de Estado del Enlace

M

MAP.	Mobile Application Part – Parte de Aplicación Móvil
MC.	Multi Carrier - Multiportadora
MC ANSI-41.	ANSI-41 Message Center - Centro de Mensajes para ANSI-41
MIN.	Mobile Identity Number - Número de Identidad Móvil
MS.	Mobile Station - Estación Móvil
MSC.	Mobile Switching Center - Centro de Conmutación Móvil
MSU.	Message Signal Units - Unidades de Señal de Mensaje
MoU.	Memorandum of Understanding - Memorandum de Entendimiento

N

NNI.	Network to Network Interface – Interfaz de Red a Red
------	--

O

OHG.	Operators Harmonization Group – Grupo para la Armonización de Operadores
OMA.	Open Mobile Alliance – Alianza para Arquitecturas Móviles Abiertas
OQPSK.	Orthogonal QPSK - Modulación QPSK Ortogonal

P

PCN.	Packet Core Network – Núcleo de Red por Paquetes
PLMN.	Public Land Mobile Networks - Redes Públicas Móviles Terrestres
PSTN.	Public Switching Telephone Network - Red Telefónica Pública Conmutada

R

RAND.	Random Number - Número Aleatorio
RDSI.	Red Digital de Servicios Integrados
RTT.	Radio Technology Transmisión – Tecnología de Transmisión de Radio
R-UIM.	Removable User Identity Module – Módulo de Identidad de Usuario Removible

S

SCCP.	Signaling Conexión Control Part - Parte de Control de Conexión de Señalización
SCP.	Service Control Part - Punto de Control del Servicio
SIF.	Signaling Information Field – Campo de Información de Señalización
SIM.	Subscriber Identity Module - Módulo de Identidad del Subscriptor
SIO.	Service Information Octect – Octeto de Información del Servicio
SMG.	Special Mobile Group - Grupo Especial Móvil
SMS.	Short Messaging Service - Servicio de Mensajería Corta
SMS-SC GSM.	GSM Short Message Service Center – Centro de Mensajería Corta para GSM
SNMP.	Simple Network Management Protocol – Protocolo de Gestión de Red Simple
SRES.	Session Response – Respuesta de Sesión
SSD.	Shared Secret Data – Datos Secretos Compartidos
SSD_A.	Shared Secret Data _A – Datos Secretos Compartidos para autenticación
SSD_B.	Shared Secret Data _B – Datos Secretos Compartidos para encriptación
SS7.	Signaling System Number 7 - Sistema de Señalización Número 7
SSP.	Service Signaling Point - Punto de Conmutación del Servicio
STP.	Signaling Transfer Point - Punto de Transferencia de Señalización

T

T1P1.1.	Network Interworking Group – Grupo para la Interoperabilidad de Redes
TCAP.	Transaction Capabilities Application Part – Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción
TDD.	Time Division Duplex – Duplexación por División de Tiempo
TDMA.	Time División Multiplex Access - Acceso Múltiple por División en el Tiempo
TIA/EIA IS-95.	Telecommunications Industry Association / Electronic Industries Association Interim Standard – 95 – Asociación de Industrias de las Telecomunicaciones/Asociación de Industrias de la Electrónica – Estándar Interino -95
TUP.	Telephone User Part – Parte de Usuario de Teléfono

U

UCT.	Universal Coordinated Time - Tiempo Coordinado Universal
UMTS.	Universal Mobile Telecommunication Service - Servicio de Telecomunicaciones Móviles Universal
UTRAN.	UMTS Terrestrial Radio Access Network – Red Terrestre de Acceso por Radio UMTS

V

VLR.	Visitor Location Register - Registro de Localización de Visitantes
------	--

W

WAP.	Wireless Application Protocol – Protocolo de Aplicación Inalámbrico
WCDMA.	Wideband CDMA – CDMA de Banda Ancha
WIN.	Wireless Intelligent Network - Red Inteligente Inalámbrica

OTROS

1XRTT.	1X Radio Technology Transmisión - Tecnología de Transmisión de Radio - Potadora de 1,25 Mhz
3GPP.	Third Generation Partnership Project – Proyecto de Colaboración para la Tercera Generación
3GPP2.	Third Generation Partnership Project 2 – Proyecto 2 de Colaboración para la Tercera Generación