



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS DE MENSAJES CORTOS ENTRE REDES CELULARES CDMA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

PRESENTA:
SERGIO ANDRÉS DOMÍNGUEZ HERRERA



ASESOR:
ING. JUAN FERNANDO SOLÓRZANO PALOMARES

MAYO, 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

i. Relación de tablas	iii
ii. Relación de figuras.....	iv
1. Objetivo de la tesis	
1.1. Historia del servicio de mensajes cortos	1-3
1.2. Comparación con los servicios de radiolocalización	1-3
1.3. Los beneficios del servicio de mensajes cortos	1-4
1.4. Las aplicaciones del servicio de mensajes cortos	1-4
1.5. Objetivo de la tesis	1-5
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	
2.1. El modelo de referencia de red de SMS.....	2-2
2.1.1. La estación móvil	2-3
2.1.2. La estación base	2-3
2.1.3. El centro de mensajes	2-4
2.1.4. La entidad de mensajes cortos externa	2-4
2.1.5. El punto de referencia Um: la interfaz de aire CDMA	2-5
2.1.5.1 El concepto de ortogonalidad	2-5
2.1.5.2 Secuencias CDMA	2-5
2.1.5.3 Principio de operación de CDMA	2-6
2.1.5.4 Características generales de CDMA	2-9
2.1.5.5 Comparación: Características generales de GSM	2-10
2.1.6. El punto de referencia N: la red de señalización	2-11
2.1.7. El punto de referencia SMPP	2-14
2.2. Escenarios de entrega de mensajes SMS	2-15
2.2.1. Mensaje del centro de mensajes hacia la estación móvil	2-15
2.2.2. Mensaje de estación móvil hacia estación móvil	2-16
2.2.3. Acuse de recibo de entrega	2-16
2.2.4. Acuse de recibo manual	2-17
2.2.5. Mensaje de broadcast	2-17
2.3. Clasificación de mensajes	2-18
2.3.1. Mensajes originados en el móvil y mensajes terminados en el móvil	2-18
2.3.2. Mensajes punto a punto y mensajes de broadcast	2-18
2.3.3. Mensajes de tipo Submit y Deliver	2-18
3. Análisis del problema	
3.1. Planteamiento del problema	3-2
3.2. Análisis del estado inicial de las redes de los operadores	3-3
3.2.1. Análisis del escenario de entrega MT	3-4
3.2.2. Análisis del escenario de entrega MO	3-6
3.2.3. Análisis de la red SMPP del operador A	3-7
3.2.4. Análisis de la red SMPP del operador B	3-8
3.2.5. Análisis de la red SS7 del operador A	3-9
3.2.6. Análisis de la red SS7 del operador B	3-10
3.3. Soluciones posibles	3-11
3.3.1 Gateways de SMTP	3-11
3.3.2 Gateways de SMPP	3-13
3.3.3 Integración de redes SS7	3-14
4. Propuesta técnica	
4.1. Comparativo de tecnologías y justificación de la solución seleccionada	4-2
4.2. Descripción de la entrega de mensajes desde la red A hacia la red B	4-4

4.2.1. Procedimiento de MO	4-5
4.2.2. Procedimiento de MT	4-6
4.3. Descripción de la entrega de mensajes desde la red B hacia la red A	4-8
4.3.1. Procedimiento de MO	4-9
4.3.2. Procedimiento de MT	4-10
5. Desarrollo del proyecto	
5.1. Actividades realizadas	5-2
5.1.1. Ventanas de mantenimiento	5-2
5.1.2. Control de cambios	5-2
5.1.3. Configuración de centros de mensajes	5-3
5.1.3.1. Centro de mensajes del operador A	5-3
5.1.3.2. Centros de mensajes del operador B	5-5
5.1.4. Configuración de MSCs	5-5
5.1.5. configuración de HLRs	5-5
5.2. Diagrama de Gant	5-6
6. Análisis de resultados y conclusiones	
6.1. Análisis de resultados	6-2
6.1.1. Matriz de pruebas	6-2
6.1.2. Registros de datos de clientes.....	6-3
6.2. Conclusiones	6-4

Bibliografía

i. Relación de tablas

Capítulo	Id	Nombre de tabla	Pág
1. Objetivo de la tesis	1.2-1	Principales diferencias entre SMS y Paging	1-3
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.5-1	Los canales lógicos de transmisión CDMA	2-5
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.6.1-1	Funciones del HLR	2-7
4. Propuesta técnica	4.1-1	Comparativo de tecnologías	4-2
4. Propuesta técnica	4.2.2-1	Configuraciones necesarias para la entrega de mensajes de la red A hacia la red B	4-7
4. Propuesta técnica	4.2.3-1	Configuraciones necesarias para la entrega de mensajes de la red A hacia la red B	4-11
5. Desarrollo del proyecto	5.1.3.1-1	Rutas a los point codes de nuevos elementos de red	5-3
5. Desarrollo del proyecto	5.1.3.1-2	Tabla de rangos vs HLRs en el centro de mensajes del operador A	5-3
5. Desarrollo del proyecto	5.1.3.1-3	Tabla de tipos de numeración, TON	5-4
5. Desarrollo del proyecto	5.1.3.1-4	Tabla de Indicadores de Plan de Numeración, NPI	5-4
5. Desarrollo del proyecto	5.1.3.2-1	Rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A	5-5
5. Desarrollo del proyecto	5.1.3.2-2	Nuevos registros en las tablas de ruteo de los centros de mensaje del operador B	5-5
5. Desarrollo del proyecto	5.1.4-1	Rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A	5-5
5. Desarrollo del proyecto	5.1.5-1	Rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A	5-5
6. Análisis de resultados y conclusiones	6.1.1-1	Matriz de pruebas	6-2

ii. Relación de figuras

Capítulo	Id	Nombre de la figura	Pág
1. Objetivo de la tesis	1-1	Comunicación bidireccional entre suscriptores	1-2
1. Objetivo de la tesis	1-2	Comunicación bidireccional entre suscriptores y sistemas externos	1-2
1. Objetivo de la tesis	1.5-1	Dos operadores de redes inalámbricas requieren de un método de interconexión de sus redes para intercambiar mensajes cortos entre sus suscriptores	1-5
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1-1	El modelo de referencia de red de SMS	2-2
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.2-1	Cada estación base corresponde a un MSC	2-3
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.3-1	Las funciones del centro de mensajes	2-4
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.5.3-1	Diagrama básico que representa el principio de operación de CDMA	2-6
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.5.3-2	La señales, junto con sus periodos y espectros	2-7
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.5.3-3	La señal A se multiplica por los códigos $c_1(t)$ y $c_2(t)$ para obtener B_1 y B_2	2-8
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.5.3-4	Señales producidas por el integrador: C_1 y C_2 , y la recuperación de la información usando un umbral de decisión	2-8
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.5.4-1	Cuadro sinóptico con las características generales de CDMA	2-9
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.5.5-1	Cuadro sinóptico con las características generales de GSM	2-10
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.6-2	Ejemplo de los nodos lógicos de una red de señalización típica	2-11
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.6-2	Ejemplo de los nodos físicos de una red de señalización típica	2-12
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.6-3	Las capas de red de SS7 comparadas con el modelo OSI	2-13
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.7-1	La red TCP/IP entre el MC y el ESME	2-14
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.7-2	El protocolo SMPP realiza las funciones de la capa de aplicación	2-14
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.1.7-3	El protocolo SMPP integra aplicaciones al MC	2-14
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.2.1-1	Mensaje entregado desde el MC a una MS	2-15
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.2.2-1	Un suscriptor envía un mensajes a otro suscriptor, primera parte	2-16
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.2.2-2	Un suscriptor envía un mensajes a otro suscriptor, segunda parte	2-16
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.2.3-1	Acuse de recibo de entrega	2-16
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.2.4-1	Acuse de recibo manual, primera parte	2-17
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.2.4-2	Acuse de recibo manual, segunda parte	2-17

ii. Relación de figuras (continuación)

Capítulo	Id	Nombre de la figura	Pág
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.2.5-1	Mensaje de Broadcast	2-17
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.3.1-1	Mensajes de tipo MO y mensajes de tipo MT	2-18
2. Conceptos básicos de SMS en CDMA	2.3.3-1	Mensajes del tipo SMS Submit y SMS Deliver	2-19
3. Análisis del problema	3.2.1-1	Entrega de un mensaje MT	3-4
3. Análisis del problema	3.2.1-2	Entrega MT exitosa al primer intento	3-5
3. Análisis del problema	3.2.1-3	Entrega MT que no fue exitosa al primer intento	3-5
3. Análisis del problema	3.2.2-1	Mecanismo de entrega de mensaje MO	3-6
3. Análisis del problema	3.2.2-2	Entrega de un mensaje MO	3-6
3. Análisis del problema	3.2.3-1	Diagrama de red SMPP del operador A	3-7
3. Análisis del problema	3.2.4-1	Diagrama de red SMPP del operador B	3-8
3. Análisis del problema	3.2.4-2	Internet provee un enlace entre los ESMEs de ambos operadores	3-8
3. Análisis del problema	3.2.5-1	La red de señalización SS7 del operador celular A	3-9
3. Análisis del problema	3.2.6-1	La red de señalización SS7 del operador celular B	3-10
3. Análisis del problema	3.3.1-1	Intercambio de mensajes usando 2 gateways de SMTP	3-11
3. Análisis del problema	3.3.1-2	Modo de operación de un gateway SMTP	3-12
3. Análisis del problema	3.3.1-3	Tabla de ruteo necesaria en el MC	3-12
3. Análisis del problema	3.3.2-1	El gateway de SMPP conecta dos MCs	3-13
3. Análisis del problema	3.3.2-2	Las tablas de ruteo necesarias en los MCs	3-13
3. Análisis del problema	3.3.3-1	Enlace entre las redes SS7	3-14
3. Análisis del problema	3.3.3-2	Los mensajes MAP de TIA-EIA-41 entre redes SS7	3-14
4. Propuesta técnica	4.2-1	Entrega de un mensaje originado en la red A destinado a la red B	4-4
4. Propuesta técnica	4.2.1-1	Durante la originación el proceso es prácticamente el mismo	4-5
4. Propuesta técnica	4.2.1-2	Diagrama de MO, Operador A hacia Operador B	4-5
4. Propuesta técnica	4.2.2-1	Procedimiento de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B	4-6
4. Propuesta técnica	4.2.2-2	Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B	4-6
4. Propuesta técnica	4.2.2-3	Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B cuando la entrega no se realiza al primer intento	4-7
4. Propuesta técnica	4.2.2-3	Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B cuando la entrega no se realiza al primer intento	4-7
4. Propuesta técnica	4.3-1	Entrega de un mensaje originado en la red B destinado a la red A	4-8
4. Propuesta técnica	4.3.1-1	Durante la originación en la red B, el proceso es prácticamente el mismo	4-9
4. Propuesta técnica	4.3.1-2	Diagrama de MO, del operador B hacia el operador A	4-9
4. Propuesta técnica	4.3.2-1	Procedimiento de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B	4-10
4. Propuesta técnica	4.3.2-2	Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B, originado en la red A, cuando la entrega se realiza en el primer intento	4-10

ii. Relación de figuras (continuación)

Capítulo	Id	Nombre de la figura	Pág
4. Propuesta técnica	4.3.2-3	Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B, originado en la red A, cuando la entrega no se realiza al primer intento	4-11
5. Desarrollo del proyecto	5.1.3.1-1	Cambio de TON y NPI en el centro de mensajes del operador A	5-4
5. Desarrollo del proyecto	5.2-1	Diagrama de Gant para el proyecto	5-6
6. Análisis de resultados y conclusiones	6.1.2-1	Generación de CDRs en el centro de mensajes	6-3
6. Análisis de resultados y conclusiones	6.1.2-2	Formato de CDR	6-3

CAPITULO 1. OBJETIVO DE LA TESIS

En este capítulo se presenta una introducción al servicio de mensajes cortos. Se define en que consiste este servicio, que ventajas ofrece y se plantea el objetivo de esta tesis.

1. Objetivo de la tesis

Este capítulo comienza definiendo en que consiste el servicio de mensajes cortos, para luego dar paso a una reseña histórica de dicho servicio, presentando después cuales son las aplicaciones basadas en él, para terminar definiendo de manera clara el objetivo de la tesis.

El Servicio de Mensajes Cortos (SMS, Short Message Service) es un servicio ofrecido por operadores de redes inalámbricas¹, que permite la transmisión bidireccional de mensajes alfanuméricos entre suscriptores móviles, y entre suscriptores móviles y sistemas externos; tales como correo electrónico, sistemas de correo de voz, etc. Dichos servicios se ilustran en las siguientes figuras. Ver figuras 1-1 y 1-2.

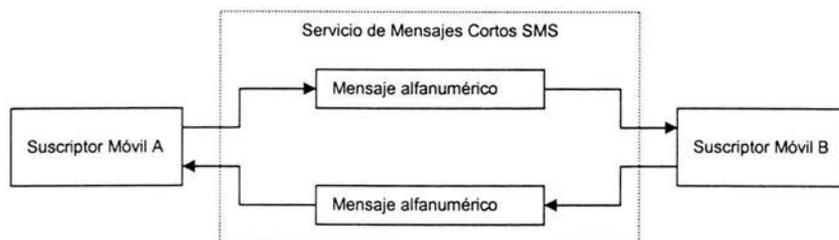


Figura 1-1 Comunicación bidireccional entre suscriptores

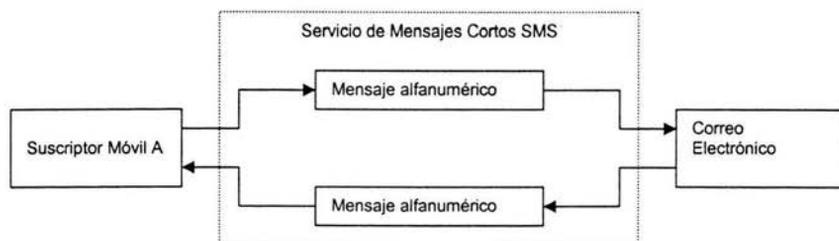


Figura 1-2 Comunicación bidireccional entre suscriptores y sistemas externos

En la figura 1-1 se ilustra al sistema de mensajes cortos como un sistema transportador de mensajes alfanuméricos entre dos suscriptores móviles, mientras que en la figura 1-2 se ilustra al servicio de mensajes cortos como un sistema transportador de mensajes alfanuméricos entre un suscriptor móvil y un sistema externo; que puede ser correo electrónico por ejemplo.

La siguiente sección de este capítulo presentará una breve síntesis de la historia del servicio SMS en las redes inalámbricas para luego realizar una comparación de dicho servicio con el servicio de radiolocalización, con el que muchas veces puede ser confundido.

¹ Por operadores de redes inalámbricas se entiende operadores de redes celulares y redes PCS. Se entiende por operador de red celular a aquel que opera una red basada en una concesión de uso de ancho de banda alrededor de los 800 MHz. Se entiende por operador de una red PCS a aquel que opera una red basada en una concesión de uso de ancho de banda alrededor de los 1900 MHz.

1.1. Historia del servicio de mensajes cortos

El servicio SMS apareció en la escena inalámbrica en 1991 en Europa. Desde entonces, el estándar para comunicación inalámbrica digital conocido ahora como Estándar Global para Móviles (GSM, Global Standard for Mobiles), incluyó al servicio de mensajes cortos. Se puede decir que el servicio de SMS nació en GSM y fue adoptado por otras tecnologías al paso del tiempo.

En Norte América, SMS estuvo disponible en redes digitales inalámbricas construidas por los primeros pioneros como BellSouth Mobility y Nextel, y hoy en día se encuentra disponible en casi todas las redes basadas en GSM², CDMA³ y TDMA⁴.

En la actualidad, el servicio de SMS está desplegado a nivel mundial, ya que es un servicio que es soportado por casi todos los operadores de redes inalámbricas.

1.2. Comparación con los servicios de radiolocalización inalámbrica

Una vez realizada la reseña histórica del servicio de SMS, en esta sección se realizará una comparación del servicio de SMS con el servicio de radio localización inalámbrica o *paging*. La necesidad de esta comparación surge debido a las frecuentes confusiones que se presentan al tener contacto con ambos servicios. La siguiente tabla resume las principales diferencias entre ambas tecnologías. Ver tabla 1.2-1.

Servicio Paging	Servicio SMS
El servicio de <i>Paging</i> requiere de una red inalámbrica propia.	El servicio de SMS funciona con la misma infraestructura inalámbrica que se usa para los servicios de voz.
El servicio de <i>Paging</i> requiere de un dispositivo inalámbrico.	El servicio de SMS puede estar integrado con dispositivos inalámbricos de voz, p. Ej. teléfonos celulares. SMS permite la originación o recepción de mensajes incluso durante una llamada de voz.
Históricamente, los servicios de <i>Paging</i> no han poseído sistemas de reintento de entrega de mensajes en casos de falla, ni han permitido la originación de mensajes desde la terminal inalámbrica. Dichas características se han agregado al servicio de <i>Paging</i> a últimas fechas.	El servicio de SMS posee un sistema de reintentos para entregar mensajes que no han podido ser entregados. SMS permite la originación de mensajes desde la terminal inalámbrica.
Se han desarrollado pocas aplicaciones de valor agregado para los servicios de paging.	El desarrollo de aplicaciones usando SMS es mucho mayor.

Tabla 1.2-1 Principales diferencias entre SMS y Paging

² Estándar Global para Móviles (GSM, Global Standard for Mobiles) es uno de los estándares dominantes para redes inalámbricas, es usado principalmente en Europa y en varios países de América, incluyendo los EEUU.

³ Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, Code Division Multiple Access) es una tecnología propietaria de Qualcomm, usada como tecnología celular en varios países de América principalmente en los EEUU y en el este Asiático.

⁴ Acceso Múltiple por División de Código (TDMA, Time Division Multiple Access) es una tecnología que paulatinamente está siendo reemplazada por GSM o CDMA.

1.3. Los beneficios del servicio de mensajes cortos

En la sección anterior se han mencionado las principales diferencias entre el servicio de paging y el servicio de SMS. En esta sección se presentan los beneficios que ofrece el servicio de SMS:

- Con el uso del servicio de SMS, la tasa de llamadas se incrementa en redes inalámbricas y convencionales. Muchas de las personas que intercambian mensajes, a menudo realizan llamadas de voz como consecuencia de avisos recibidos vía SMS.
- El servicio de SMS atrae a un mercado incapaz de pagar por servicios inalámbricos convencionales. Muchas personas que no pueden pagar llamadas de voz pueden usar el servicio de SMS, que es mucho más barato, para comunicarse.
- El servicio SMS provee servicios administrativos importantes, tales como avisos de cargos y aprovisionamiento⁵ *over the air*⁶.
- El servicio de SMS habilita el acceso inalámbrico de datos para usuarios corporativos, al agregar servicios de valor agregado a los suscriptores por medio de las aplicaciones.

El último de los beneficios mencionados en la lista anterior hace referencia a las aplicaciones de SMS, la siguiente sección lista estas aplicaciones.

1.4. Las aplicaciones del servicio de mensajes cortos

Como se mencionó en la sección anterior, una de las grandes ventajas al usar SMS, consiste en todas las aplicaciones que sido desarrolladas usando dicho servicio. Como ya se mencionó, la aplicación inicial de SMS se enfocó a eliminar la necesidad de localizadores alfanuméricos permitiendo mensajes de dos vías de propósito general. A medida que la tecnología y las redes maduraron, una variedad de servicios fueron introducidos, incluyendo los siguientes:

- Servicios de notificación de correo de voz. Con este servicio, un suscriptor puede ser notificado de que tiene correo de voz que no ha escuchado.
- Correo electrónico y fax. Un usuario de SMS puede recibir los correos electrónicos y faxes que normalmente lee en su oficina, directamente a su estación móvil. El usuario puede generar correos electrónicos y faxes desde su estación móvil.
- Integración con paging. Además del hecho de que un usuario de SMS obtiene los mismos servicios que los de un radiolocalizador (pager). Puede enviar mensajes a suscriptores de redes de paging.
- Banco interactivo. Es posible realizar operaciones bancarias por medio de SMS, como verificación de saldos por ejemplo.
- Servicios de información. El suscriptor móvil puede recibir información tal como noticias, notas financieras, etc.

⁵ El aprovisionamiento es un término usado con frecuencia por los operadores de servicio, que se refiere al hecho de dar de alta nuevas terminales inalámbricas en la red, configurarlas apropiadamente para nuevos servicios o reconfigurarlas para servicios existentes.

⁶ *Over The Air* es una tecnología que permite al proveedor de servicios enviar datos de configuración a las estaciones móviles sin necesidad de que el usuario acuda a un centro de servicio autorizado, es decir estas modificaciones se realizan "sobre el aire" de manera inalámbrica, de ahí el nombre de la tecnología.

- Bajar la información de los SIM, informar al suscriptor sobre saldos, compra de tiempo aire, etc.
- Aplicaciones variadas como trivias, juegos, descarga de tonos, imágenes, etc.

A lo largo de este capítulo se ha definido en que consiste el servicio de mensajes cortos, se ha reseñado su historia, se han resaltado sus ventajas y se han listado las aplicaciones existentes que hacen uso de esta tecnología. Para terminar este capítulo, se establecerá claramente el objetivo de esta tesis.

1.5. Objetivo de la tesis

Como se ha mencionado, el servicio de mensajes cortos permite el intercambio de información entre suscriptores móviles de un mismo operador inalámbrico. Sin embargo, como resultado del éxito y penetración que ha tenido el servicio de mensajes cortos, los operadores de redes inalámbricas se han enfrentado a la necesidad de permitir a sus suscriptores intercambiar mensajes cortos con suscriptores de otro operador. Para lograrlo, se ha hecho necesaria la existencia de un mecanismo o método de interconexión entre las redes inalámbricas de los operadores celulares. Este hecho se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 1.5-1.

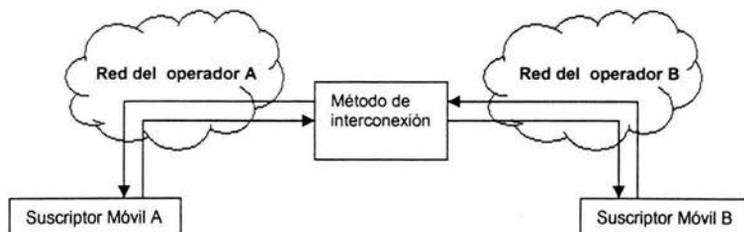


Figura 1.5-1 Dos operadores de redes inalámbricas requieren de un método de interconexión de sus redes para intercambiar mensajes cortos entre sus suscriptores

La figura 1.5-1 ilustra, de manera general, la problemática a la que se enfrentan los operadores celulares al desear intercambiar mensajes cortos entre sí, que consiste en encontrar un método eficiente, estandarizado y económico de interconectar sus redes para transportar dichos mensajes.

El objetivo de esta tesis consiste en diseñar e implementar un método de interconexión eficiente, confiable, económico y que respete los estándares de comunicación, entre sistemas de mensajes cortos de dos operadores celulares cuya tecnología de comunicación es CDMA, que presentaron la necesidad de comunicar a sus respectivos suscriptores móviles por medio de SMS.

Este capítulo ha presentado un panorama general acerca del servicio de SMS, se han mencionado sus beneficios y aplicaciones. Principalmente, se ha establecido el objetivo de este trabajo de tesis. Antes de comenzar con el análisis del problema, el siguiente capítulo presenta el marco teórico necesario para comprender los capítulos restantes.

CAPITULO 2. CONCEPTOS BÁSICOS DE SMS EN UNA RED CDMA

En este capítulo se presenta el marco teórico necesario para poder exponer de manera más clara los capítulos restantes.

2. Conceptos básicos de SMS en CDMA

En este capítulo se revisan los conceptos que resultarán vitales para la comprensión de los capítulos siguientes.

El funcionamiento, conceptos y mecanismos del servicio de SMS en un sistema inalámbrico CDMA están definidos en estándares de la TIA-EIA¹. La mayoría de los conceptos mencionados en este capítulo se encuentran formalmente descritos en los siguientes estándares de la TIA-EIA:

- El estándar TIA-EIA-637, Short Message Service
- El estándar TIA-EIA-41, Cellular Radio-Telecommunications Intersystem Operations

Por otro lado, el estándar que define los procedimientos de operación de una red inalámbrica CDMA es el estándar TIA-EIA-95; su nombre oficial es "Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System".

Las siguientes secciones de este capítulo representan los puntos más importantes de los estándares mencionados.

2.1. El modelo de referencia de red de SMS

En esta sección se presentará el modelo de referencia de red del servicio SMS. Este modelo constituye la columna vertebral del servicio de SMS.

La figura 2.1-1 contiene el modelo de referencia de red para el SMS. Este modelo representa entidades funcionales y puntos de referencia que comprenden de manera lógica una red inalámbrica. El modelo intenta proveer un nivel de abstracción que facilite la explicación del sistema de mensajes. Ver figura 2.1-1.

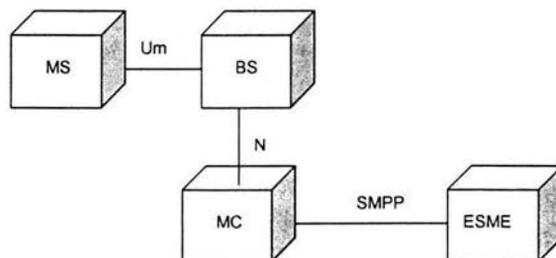


Figura 2.1-1 El modelo de referencia de red de SMS

Como se puede observar en la figura 2.1-1, el modelo de referencia de red de SMS está compuesto por entidades y puntos de referencia. Las entidades que incluye son: la estación móvil, la estación base, el centro de mensajes y la entidad de mensajes cortos externa. Los puntos de referencia que incluye son: el punto de referencia Um, el punto de referencia N y el punto de referencia SMPP. A continuación se describen cada una de las entidades encontradas en el diagrama anterior.

¹ Telecommunications Industry Association

2.1.1. La estación móvil

La primera entidad contenida en el diagrama es la estación móvil (MS, Mobile Station). Una estación móvil es un dispositivo inalámbrico que le permite al usuario tener acceso a los servicios que provee una estación base (se definirá que es una estación base más adelante).

El ejemplo más simple de una estación móvil es un teléfono. En ese caso, el usuario hace uso de su teléfono inalámbrico para acceder el servicio de llamadas de voz de la estación base. Por otro lado, una estación móvil no necesariamente se encuentra en movimiento, ya que, paradójicamente, existen estaciones móviles fijas. Por ejemplo, un cajero automático puede tener acceso a su red a través de la red celular, a la que puede acceder con una estación móvil que permanece en una posición fija. Finalmente, una estación móvil no necesariamente es un teléfono, es decir, no es forzoso que una estación móvil sea capaz de establecer una llamada de voz.

Las estaciones móviles se identifican por un número de directorio (MDN, Mobile Directory Number) y por un número identificador de móvil (MIN, Mobile Identification Number). El MDN corresponde al número que deben conocer los suscriptores para comunicarse entre sí, mientras que el MIN identifica a la estación móvil en toda la red. Los números MDN se pueden repetir en varias partes del mundo, no siendo así para los números MIN.

Una vez definido el concepto de estación móvil, se definirá en qué consiste una estación base.

2.1.2. La estación base

La siguiente entidad es la estación base (BS, Base Station). El concepto de estación base puede variar entre un estándar de la TIA-EIA y otro. Dicho concepto por lo tanto, dependerá del estándar en que se este usando y al servicio que se esté describiendo; sin embargo, las dos características que siempre permanecen constantes cuando se desea definir a la estación base son: una estación base no se mueve y, se usa una estación base para establecer comunicación con estaciones móviles.

Para el servicio de mensajes cortos, la estación base se refiere básicamente a la antena de transmisión y recepción de la interfaz de aire y el Centro de Conmutación Móvil (MSC², Mobile Switching Center). La siguiente figura ilustra que las estaciones base están siempre relacionadas con el MSC. Ver figura 2.1.2-1.

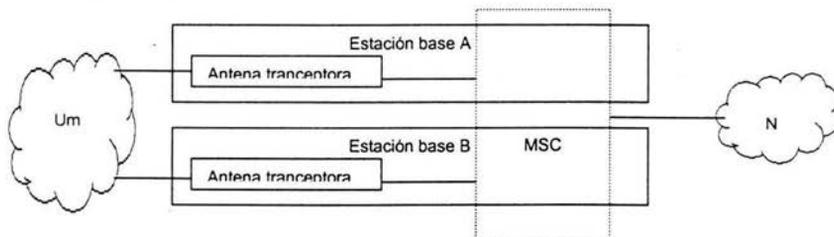


Figura 2.1.2-1 Cada estación base corresponde a un MSC

El siguiente concepto a definir es el centro de mensajes.

² El MSC es el dispositivo donde se realizan la funciones de señalización necesarias para establecer llamadas de y hacia estaciones móviles. Se puede pensar en un MSC como una "central" donde la información de y hacia docenas de trancceptores llegarán directamente. Los MSCs también están conectados a redes de telefonía pública de tal manera que los suscriptores móviles puedan recibir y realizar llamadas de y hacia las redes telefónicas públicas.

2.1.3. El centro de mensajes

La siguiente entidad funcional, de suma importancia para el servicio de mensajes cortos, es el Centro de Mensajes (MC, Message Center). Este también es conocido como centro del servicio de mensajes cortos (SMSC, Short Message Service Center). Este dispositivo es el corazón del sistema de mensajes cortos, siendo un servidor capaz de recibir todos los mensajes SMS y reenviarlos por medio de la red inalámbrica hacia su destino final.

En el centro de mensajes se administran todos los mensajes, se almacenan si no se pueden entregar inmediatamente, se reciben los mensajes provenientes de aplicaciones externas como email y web, es el lugar de donde se extrae la información de estadística de mensajes, es el dispositivo donde se pueden configurar mecanismos de reintentos de entrega, etc.

La siguiente figura ilustra las funciones del Centro de Mensajes. Ver figura 2.1.3-1.

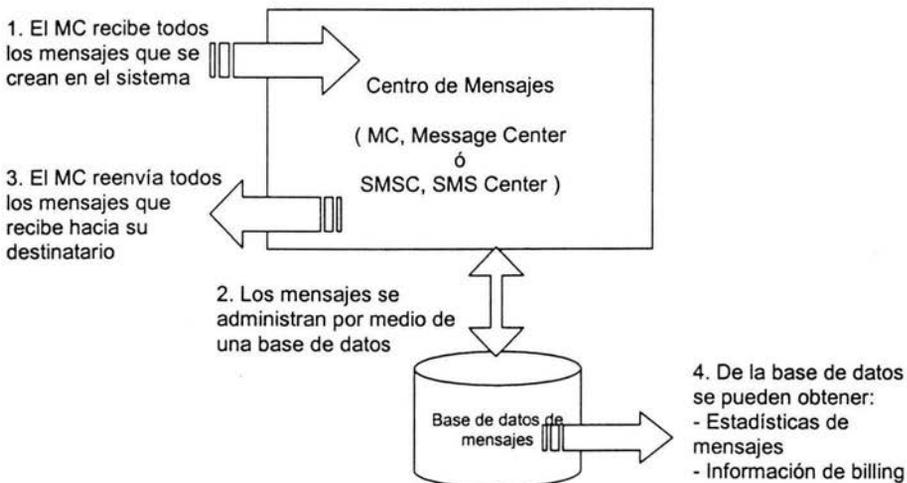


Figura 2.1.3-1 Las funciones del centro de mensajes

El siguiente concepto a definir es el que se refiere a los ESMEs.

2.1.4. La entidad de mensajes cortos externa

Las entidades de mensajes cortos externas (ESMEs, External Short Message Entities) son dispositivos que tienen comunicación directa con el centro de mensajes. Estos dispositivos regularmente están conectados al centro de mensajes por una red TCP/IP. Es importante mencionar que un ESME siempre actúa como un dispositivo cliente mientras que el centro de mensajes actúa siempre como servidor. Los ESMEs se comunican con el MC por medio de un protocolo llamado SMPP (Short Message Peer to Peer) y sirven para integrar una gran cantidad de aplicaciones al servicio de mensajes cortos. Por ejemplo, se podría tener un ESME que permita el envío de mensajes cortos desde una página de web en Internet. Por otro lado se podría tener un ESME que permita el envío de mensajes cortos desde un servidor de correo electrónico, etc.

La siguiente sección describe el punto de referencia Um, que corresponde a la interfaz de aire CDMA.

2.1.5. El punto de referencia Um: la interfaz de aire CDMA³

El punto de referencia Um representa la interfaz de aire de CDMA. En este punto de referencia, el servicio de mensajes cortos hace uso de los canales de comunicación de CDMA para poder recibir y enviar mensajes entre la estación móvil y las estaciones base.

Esta sección describe de manera general al estándar TIA-EIA-95, comenzando por presentar el concepto matemático de ortogonalidad, para luego mostrar las características de las secuencias ortogonales usadas en CDMA, se explica después el principio de operación de la tecnología y se termina con una relación de características generales de CDMA por medio de un cuadro sinóptico junto con una correspondiente comparación con las características de otra tecnología inalámbrica, como lo es GSM.

En CDMA, los diferentes usuarios ocupan el mismo ancho de banda al mismo tiempo, y la información de cada uno de ellos se puede diferenciar una de otra por un conjunto de señales que son ortogonales; a esta tecnología se le conoce como Acceso Múltiple de Espectro Extendido por Secuencia Directa (DS-SS, Direct Sequence-Spread Spectrum). Antes de revisar el principio de operación de CDMA, se revisará el concepto de ortogonalidad.

2.1.5.1. El concepto de ortogonalidad

Dos formas de onda x y y son ortogonales si su convolución $R_{xy}(0)$, sobre el tiempo T , es cero. Es decir, como lo muestra la siguiente expresión:

$$R_{xy}(0) = \int_0^T x(t)y(t) dt$$

En el ámbito del tiempo discreto, las dos secuencias x y y son ortogonales si su producto cruz $R_{xy}(0)$ es cero. El producto cruz está definido con la siguiente expresión:

$$R_{xy}(0) = x^T y = \sum_{i=1}^I x_i y_i$$

En donde cada una de las secuencias son,

$$\begin{aligned} x^T &= [x_1, x_2, \dots, x_i] \\ y^T &= [y_1, y_2, \dots, y_i] \end{aligned}$$

T es la transpuesta del vector columna, y es simplemente otra representación de una secuencia de números. Por ejemplo, las dos secuencias o códigos siguientes, x y y , son ortogonales:

$$\begin{aligned} x^T &= [-1 \ -1 \ 1 \ 1] \\ y^T &= [-1 \ 1 \ 1 \ -1] \end{aligned}$$

Debido a que su convolución es cero, como se comprueba en la siguiente expresión:

$$R_{xy}(0) = x^T y = (-1)(-1) + (-1)(1) + (1)(1) + (1)(-1) = 0$$

2.1.5.2. Secuencias CDMA

Una vez revisado el concepto de ortogonalidad, se revisará en esta sección que otras características tienen las secuencias de códigos usadas en CDMA.

Para que un conjunto de códigos sean usados en un esquema de múltiple acceso, se requieren dos propiedades adicionales a la propiedad de convolución cero. Cada código en el conjunto de códigos ortogonales debe tener un número igual de 1s y de -1s; esta segunda propiedad le da a dichos códigos una naturaleza llamada pseudoaleatoria. La tercera propiedad consiste en que el

³ El término CDMA en este documento hace referencia al sistema dual inalámbrico de espectro extendido definido en el estándar TIA-EIA-95.

producto punto de cada código, escalado por el orden del código, debe ser igual a 1; el orden del código es su longitud. El producto punto está definido como el escalar obtenido de la multiplicación de la secuencia por si misma, sumando los terminos individuales, esto es, el producto punto del código x es:

$$R_{xx}(0) = x^T x = \sum_{i=1}^n x_i x_i$$

Los dos códigos ortogonales en el ejemplo previo satisfacen también la segunda y tercera condición. Ambos códigos, x y y , tienen un número igual de 1s y -1 s, y los productos punto escalados son:

$$\begin{aligned} (x^T x) / n &= (-1)(-1) + (-1)(-1) + (1)(1) + (1)(1) = 4/4 = 1 \\ (y^T y) / n &= (-1)(-1) + (1)(1) + (1)(1) + (-1)(-1) = 4/4 = 1 \end{aligned}$$

Se nota que el orden de cada código es 4 debido a que cada uno tiene cuatro elementos.

Sumarizando las propiedades del conjunto de códigos ortogonales a ser usados en DS-SS con multiple acceso se tiene:

1. La convolución con otras secuencias debe ser cero o muy pequeña.
2. Cada secuencia tiene un número igual de 1s y -1 s, ó el número de 1s difiere del número de -1 s en por lo menos un dígito (pseudoraleatoriedad).
3. El producto punto escalado de cada código debe ser igual a cero.

2.1.5.3. Principio de operación de CDMA

Una vez definida la ortogonalidad, se ilustrará en esta sección el principio de operación de CDMA con un ejemplo. En la figura 2.1.5.3-1 se ilustra el principio de operación de la comunicación⁴ DS-SS, mostrando dos señales, $m_1(t)$ y $m_2(t)$, que simultáneamente se transmiten en la misma banda de frecuencia al mismo tiempo. Las dos señales están separadas una de la otra vía la multiplicación de éstas por códigos ortogonales $c_1(t)$ y $c_2(t)$, que son versiones continuas en el tiempo de dos códigos ortogonales x y y y mencionados previamente. El mensaje $m_1(t)$ es multiplicado por el código $c_1(t)$, y el mensaje $m_2(t)$ es multiplicado por el código $c_2(t)$. Los productos resultantes son sumados por un sumador y transmitidos a través del canal de transmisión⁵. Si los errores son negligibles sobre el canal, los mensajes recuperados $\tilde{m}_1(t)$ y $\tilde{m}_2(t)$ serán coincidentes con los mensajes originales $m_1(t)$ y $m_2(t)$. En este ejemplo m_1 corresponde a la secuencia: $+1, -1, +1$; y m_2 , a la secuencia: $+1, +1, -1$. Ver figura 2.1.5.3-1.

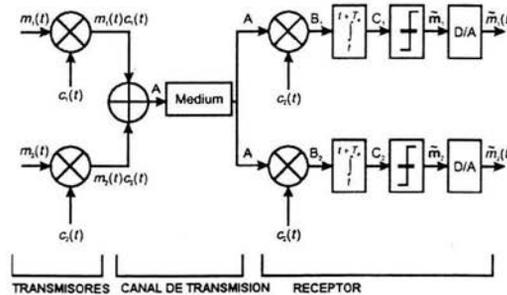


Figura 2.1.5.3-1 Diagrama básico que representa el principio de operación de CDMA

⁴ A pesar de que estos sistemas son regularmente usados para comunicación digital, se muestra el equivalente continuo en el tiempo para ilustrar los principios de operación.

⁵ En este caso, se asume una perfecta sincronización de los códigos en el receptor.

La siguiente figura muestra las formas de onda y espectros de las señales $m_1(t)$, $m_2(t)$, $c_1(t)$, $c_2(t)$, así como las de la multiplicación de dichas señales, ver figura 2.1.5.3-2.

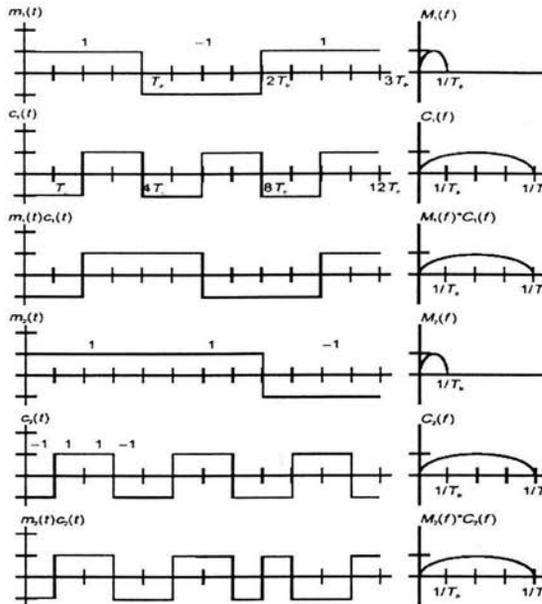


Figura 2.1.5.3-2 La señales, junto con sus periodos y espectros

En este documento no se detalla como calcular el espectro de estas formas de onda. Es suficiente para el propósito de esta síntesis de la tecnología CDMA, establecer que el ancho de banda de una señal digital aleatoria esta limitada a $1/T$, donde T es el intervalo entre bits de dicha señal.

En la figura 2.1.5.3-2 se ha realizado una distinción entre T_b y T_c , donde T_b es el intervalo de *bits* (en segundos) del mensaje o información, mientras que T_c es el intervalo de bits del código o secuencia ortogonal; bits que en este caso son conocidos como *chips*. En este ejemplo, la tasa de chip ($1/T_c$) del código ortogonal es cuatro veces el tiempo de la tasa de bits ($1/T_b$). Por lo tanto, tenemos un factor de expansión de ancho de banda de cuatro. La expansión de ancho de banda es llamada ganancia de procesamiento o W/R , en donde W es el ancho de banda final del mensaje expandido y R es el ancho de banda del mensaje en banda base. Se debe notar que en este ejemplo, W es equivalente a $1/T_c$ y R es equivalente a $1/T_b$, y por lo tanto la ganancia de procesamiento W/R es 4, ó 6 dB.

Se debe notar que después de expandir las señales por los códigos ortogonales, los mensajes expandidos $m_1(t)c_1(t)$ y $m_2(t)c_2(t)$ ocupan ahora un ancho de banda mas grande que los mensajes originales.

La figura 2.1.5.3-3 muestra las formas de onda en diferentes puntos del sistema receptor. La señal en el punto A es el resultado de la suma de dos mensajes expandidos, por lo que el espectro en A contiene dos señales. Para recobrar los dos mensajes separados del espectro compuesto, la señal A es multiplicada por los dos respectivos códigos ortogonales para obtener B_1 y B_2 . Ver figura 2.1.5.3-3.

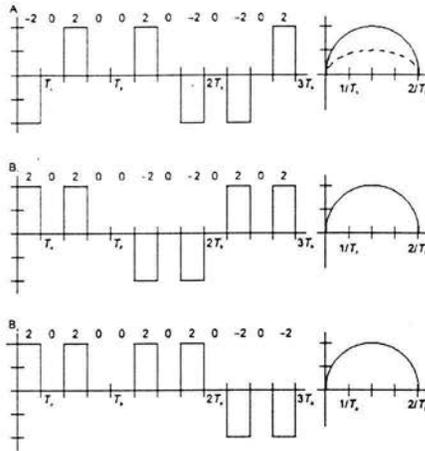


Figura 2.1.5.3-3 La señal A se multiplica por los códigos $c_1(t)$ y $c_2(t)$ para obtener B_1 y B_2

La figura 2.1.5.3-4 muestra las señales C_1, C_2 y las salidas $\sim m_1(t)$ y $\sim m_2(t)$. El integrador incrementa la potencia de las señales C_1 y C_2 en cada intervalo de bit T_b , y el comparador con histéresis decide, basado en la salida del integrador, ya sea si o no el bit en particular es un +1 o un -1. Si la salida del integrador es mayor de cero, entonces la decisión es un +1, mientras que si la salida del integrador es menor a 0, entonces la decisión es -1. El convertidor digital a analógico D/A transforma la decisión en la forma de onda $\sim m_1(t)$ y $\sim m_2(t)$. Como se puede ver en este ejemplo idealizado, los mensajes recuperados $\sim m_1(t)$ y $\sim m_2(t)$ son los mismos que los mensajes originales.

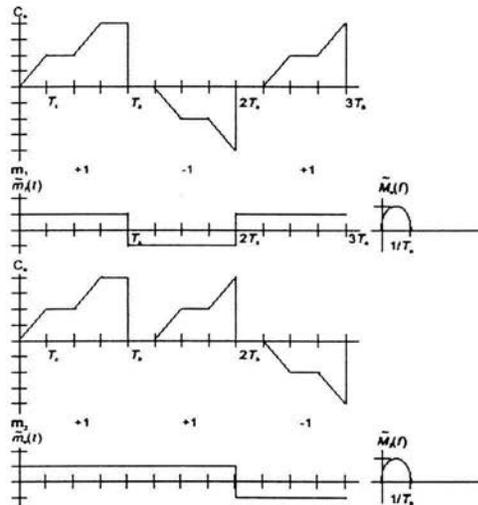


Figura 2.1.5.3-4 Señales producidas por el integrador: C_1 y C_2 , y la recuperación de la información usando un umbral de decisión

Este ejemplo sirve solamente para ilustrar el principio de operación de la tecnología de múltiple acceso DS-SS. Solo se ha demostrado que usando esta técnica, mensajes separados pueden ser enviados a través del mismo canal en la misma banda de frecuencia al mismo tiempo, y los mensajes pueden ser exitosamente recobrados en el receptor.

La siguiente sección concluye la descripción de la tecnología por medio de un cuadro sinóptico.

2.1.5.4. Características generales de CDMA

El cuadro sinóptico 2.1.5.4-1 resume las características generales de CDMA.

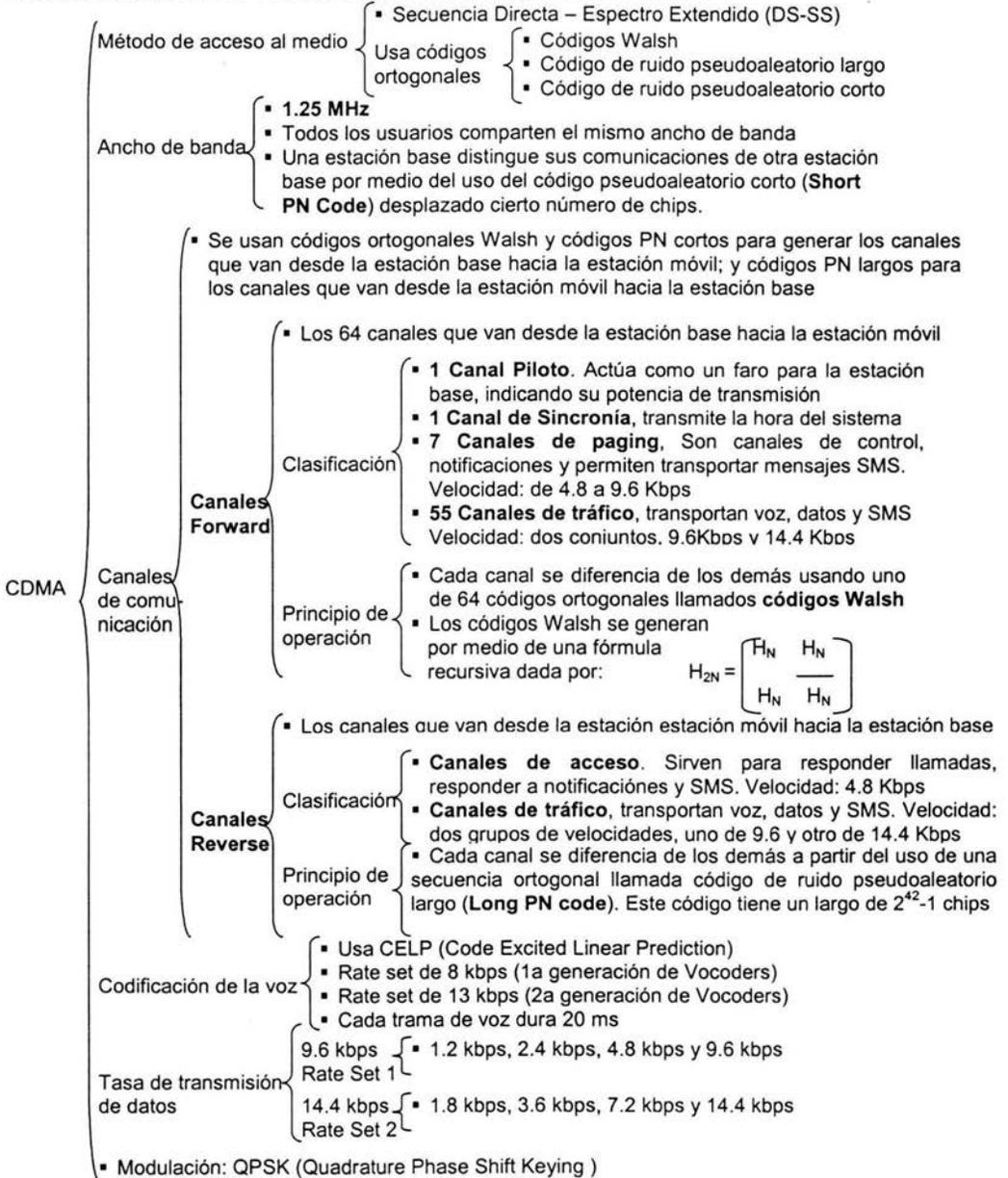


Figura 2.1.5.4-1 Cuadro sinóptico con las características generales de CDMA

Para concluir la síntesis de la tecnología CDMA, se presenta en la siguiente sección , las características generales de GSM; con el objetivo de establecer un marco de referencia con otra tecnología inalámbrica que también transporta mensajes cortos.

2.1.5.5. Comparación: características generales de GSM

La figura 2.1.5.5-1 describe las características generales de la tecnología GSM.

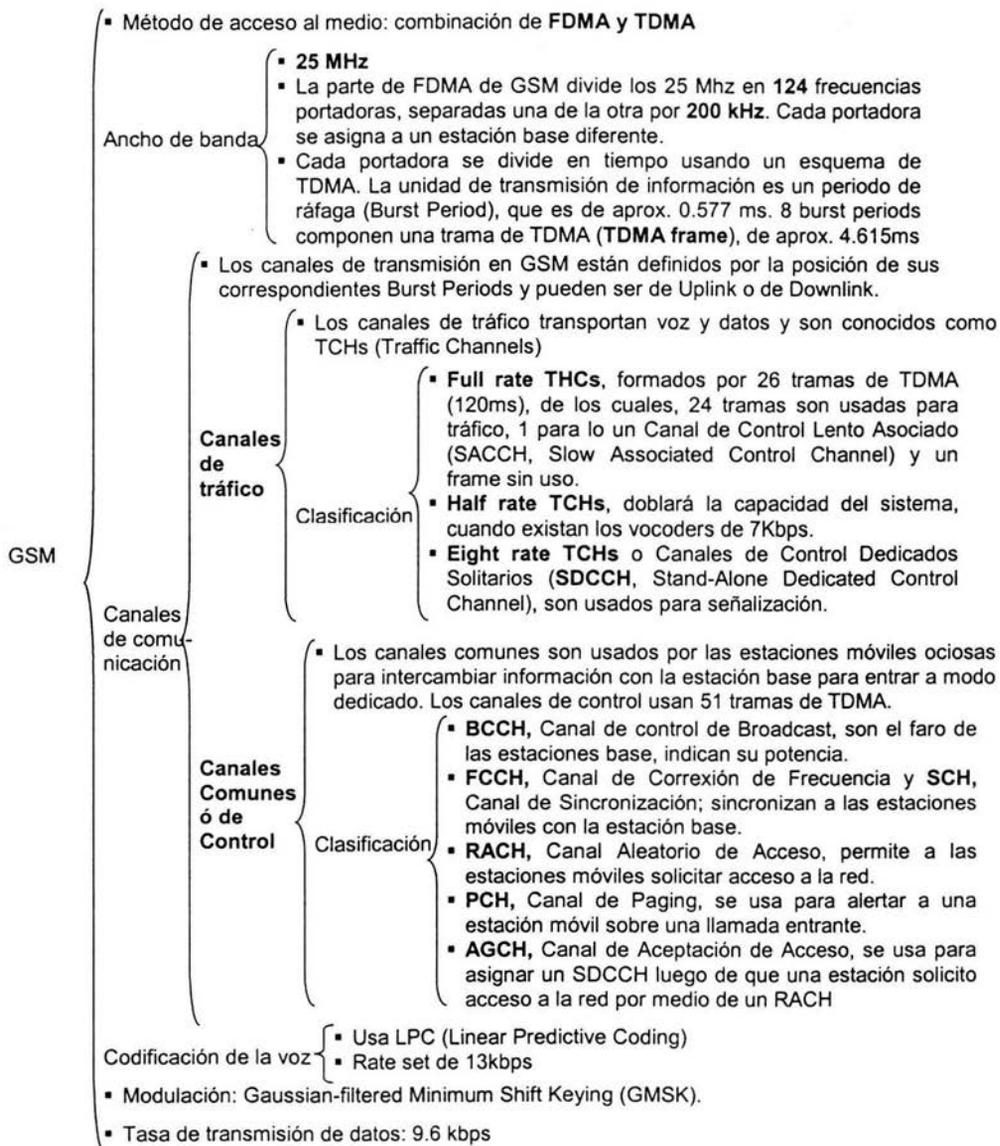


Figura 2.1.5.5-1 Cuadro sinóptico con las características generales de GSM

Como se puede observar en la figura 2.1.6-1, cada nodo está conectado al STP. El STP se encarga de encaminar mensajes entre nodos. En la siguiente figura se observa un ejemplo de una red de señalización real. Ver figura 2.1.6-2.

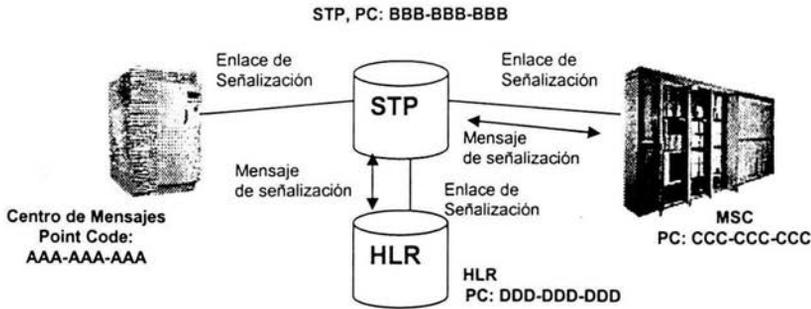


Figura 2.1.6-2 Ejemplo de los nodos físicos de una red de señalización típica

Como se puede observar en la comparación entre una red SS7 física y una red SS7 lógica, el Centro de Mensajes corresponde a un Punto de Señalización, al igual que el MSC. Mientras que el dispositivo HLR (Home Location Register) corresponde a un Punto de Control de Señalización. Como se observa en la figura 2.1.6-2, cada nodo debe tener un Point Code que lo identifique dentro de la red.

En la figura 2.1.6-2 se ha mostrado al dispositivo HLR. El HLR es un dispositivo de gran importancia en una red SS7, y juega un papel importante en la entrega de mensajes cortos. La siguiente tabla resume las funciones que realiza el HLR. Ver tabla 2.6.1-1.

Funciones del HLR	
	El HLR mantiene una base de datos de suscriptores móviles.
	Para cada suscriptor, el HLR mantiene un perfil. En dicho perfil se encuentran almacenados los servicios inalámbricos a los que el suscriptor tiene derecho.
	El HLR puede proveer el mapeo entre MDNs y MINs.
	El HLR también puede definir cual es MSC que le esta brindando servicio a cada suscriptor en un momento dado.

Tabla 2.6.1-1 Funciones del HLR

Para finalizar esta sección, se ilustran en la siguiente figura los protocolos que componen a las redes SS7. Como se puede observar, el estándar de SS7 contempla varias capas de protocolos, que se pueden comparar con las capas del modelo de red OSI. Ver figura 2.1.6-3.

OSI	SS7
Aplicación	<p>TCAP. Transaction Capabilities Applications Part.</p> <p>Esta capa permite a las aplicaciones de la red SS7 comunicarse entre sí; por ejemplo, la comunicación entre el STP y el HLR.</p> <div data-bbox="645 274 1048 718" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">TIA-EIA-41 MAP Mobile Application Part</p> <p>Los mensajes definidos por el estándar de la TIA-EIA-41 para el servicio de SMS son:</p> <p>SMSREQ: El centro de mensajes envía este MAP para comunicarse con el HLR.</p> <p>SMSNOT: El HLR usa este mensaje MAP para realizar notificaciones al centro de mensajes</p> <p>SMSDPP: El centro de mensajes usa este MAP para enviar y recibir mensajes SMS con la estación base.</p> </div>
Presentación	<p>Dentro de esta capa, se transportan los mensajes conocidos como mensajes MAP (Mobile Application Part).</p>
Sesión	<p>En el caso de CDMA, los mensajes MAP están definidos en el estándar TIA-EIA-41.</p>
Transporte	<p>SCCP. Signalling Connection Control Part. En esta capa se pueden diferenciar diversos servicios de acuerdo a lo que se conoce como Subsystem Number. En esta capa se lleva a cabo el mecanismo de global title translation, operación que consiste en traducir una dirección, p.ej. un número 800, a una combinación de <i>Point Code</i> y <i>Subsystem Number</i>.</p>
Red	<p>MTP 3. Message Transfer Part nivel 3. Esta capa provee ruteo entre puntos de señalización de acuerdo a Point Codes. Esta capa puede usar enlaces secundarios cuando un enlace primario falla.</p>
Ligado de datos	<p>MTP2. Message transfer part nivel 2. Esta capa se asegura que un mensaje enviado en un enlace de señalización sea entregado sin errores.</p>
Capa Física	<p>MTP 1. Message Transfer Part 1. Esta capa define las características físicas y eléctricas del enlace de señalización. Las interfaces físicas definidas en el estándar incluyen E-1 (2048 Kbps/32 Canales de 64Kbps), DS-1 (1544 Kbps/24 canales de 64Kbps), V.35 (64 Kbps), DS-0 (64 Kbps) y DS-0A (56 Kbps).</p>

Figura 2.1.6-3 Las capas de red de SS7 comparadas con el modelo OSI

En la siguiente sección se describirá el punto de referencia SMPP.

2.1.7. El punto de referencia SMPP

El punto de referencia SMPP representa una red TCP/IP. El protocolo de red TCP/IP es un conocido protocolo de comunicación en red. En este punto de referencia, tanto el Centro de Mensajes como el ESME deben tener asignada una dirección IP. La siguiente figura ilustra el tipo de red que existe entre el centro de mensajes y los ESMEs. Ver figura 2.1.7-1.



Figura 2.1.7-1 La red TCP/IP entre el MC y el ESME

En el punto de referencia SMPP, los mensajes entre las entidades ESME y el Centro de Mensajes son transportados por medio de un protocolo conocido como Protocolo de Igual a Igual de Mensajes Cortos (SMPP, Short Message Peer to Peer). El modelo de red TCP/IP consta de cuatro capas: la capa física, la capa de red IP, la capa de transporte TCP, y la capa de aplicación. El protocolo SMPP realiza las funciones de la capa de aplicación del modelo TCP/IP. Esto se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 2.1.7-2.

CAPA DE APLICACIÓN	-----	SMPP
CAPA DE TRANSPORTE	-----	TCP
CAPA DE RED	-----	IP
CAPA FÍSICA	-----	ETHERNET

Figura 2.1.7-2 El protocolo SMPP realiza las funciones de la capa de aplicación

El protocolo SMPP permite el intercambio de mensajes SMS entre el Centro de Mensajes y el ESME haciendo uso de unidades de información llamadas Unidades de Paquetes de Datos (PDUs, Packet Data Units). La interfaz SMPP es usada para integrar al servicio de SMS con una gran cantidad de aplicaciones, como WEB, correo electrónico, sistemas de buzón de voz, etc. Esto se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 2.1.7-3.

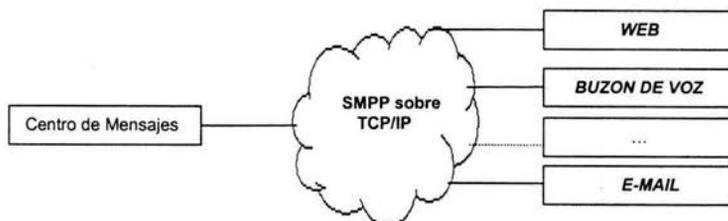


Figura 2.1.7-3 El protocolo SMPP integra aplicaciones al MC

Una vez definidas las entidades y puntos de referencia del sistema SMS, se mostrarán en la sección siguiente los escenarios de entrega de mensajes para dar paso después a la clasificación de mensajes SMS.

2.2. Escenarios de entrega de mensajes SMS

Durante este capítulo se ha presentado el diagrama de referencia de red de SMS, y se han descrito cada una de sus entidades y puntos de referencia.

Siguiendo con el objetivo de definir los conceptos básicos del servicio SMS, en esta sección se mostrará cuales son los escenarios de entrega de mensajes principales en el servicio de SMS.

Cada escenario corresponde a una situación particular en que un mensaje es originado y es entregado en la red celular. Los escenarios de entrega que se analizan en esta sección son los siguientes.

- Mensaje de Centro de Mensajes a estación móvil.
- Mensaje de estación móvil a estación móvil.
- Acuse de recibo de entrega.
- Acuse de recibo de usuario o manual.
- Mensaje de Broadcast.

2.2.1. Mensaje del centro de mensajes hacia la estación móvil

Este es el escenario más simple. En este caso, un mensaje es creado en el Centro de Mensajes y se desea entregarlo a una estación móvil. Para que esto se logre, el mensaje tiene que ser enviado del centro de mensajes a la estación base, para luego ser enviado de la estación base hacia la estación móvil. Este escenario se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 2.2.1-1.

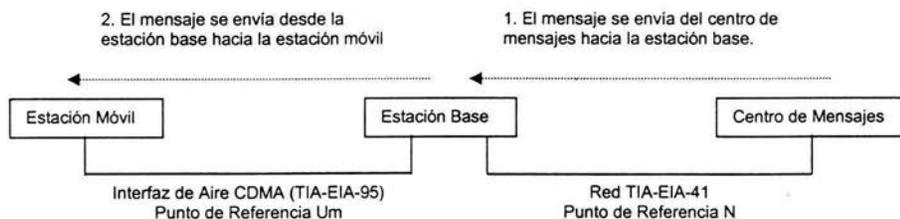


Figura 2.2.1-1 Mensaje entregado desde el MC a una MS

2.2.2. Mensaje de estación móvil hacia estación móvil

En este escenario, un suscriptor origina un mensaje en su estación móvil y desea enviarlo a otro suscriptor móvil. Esta entrega se realiza en dos partes. En la primera parte de la entrega, el mensaje debe llegar al Centro de Mensajes, enviándose desde la estación móvil hacia la estación base, y de la estación base hacia el Centro de Mensajes.

Ver figura 2.2.2-1.

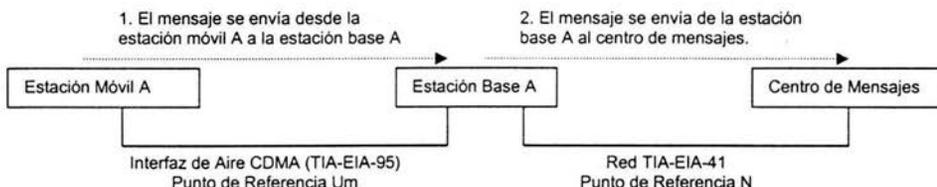


Figura 2.2.2-1 Un suscriptor envía un mensajes a otro suscriptor, primera parte

Durante la segunda parte de la entrega del mensaje, el Centro de Mensajes localiza la estación base que le está dando servicio al suscriptor destino y envía el mensaje a dicha estación base. Ver figura 2.2.2-2.

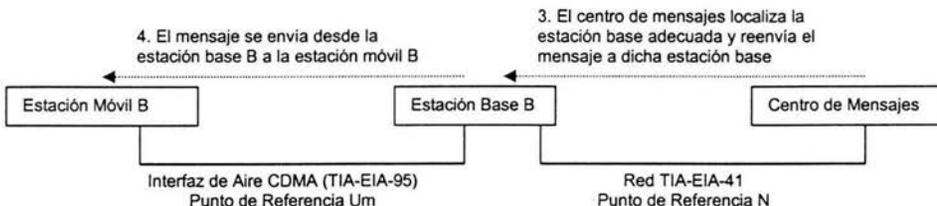


Figura 2.2.2-2 Un suscriptor envía un mensajes a otro suscriptor, segunda parte

2.2.3. Acuse de recibo de entrega

Este escenario corresponde a las ocasiones en que el Centro de Mensajes ha entregado un mensaje a un suscriptor destino, y al lograrlo, el Centro de Mensajes genera un nuevo mensaje destinado al suscriptor originario del mensaje, notificándole que su mensaje ha sido correctamente entregado. A este mensaje se le conoce como acuse de recibo de entrega. La siguiente figura ilustra escenario, y corresponde a una continuación del escenario 2.2.2. Ver figura 2.2.3-1.

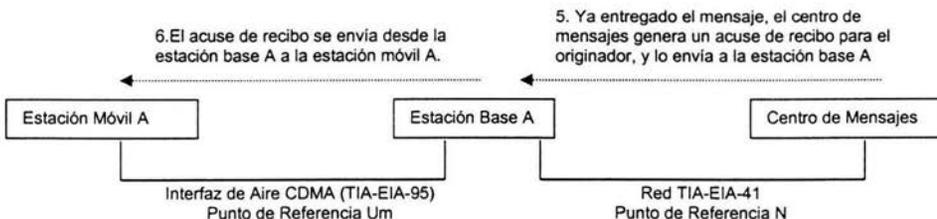


Figura 2.2.3-1 Acuse de recibo de entrega

2.2.4. Acuse de recibo manual

Otro tipo de acuse de recibo es el acuse de recibo manual o recibo de acuse de usuario. Este tipo de acuse de recibo se origina cuando el centro de mensajes ha entregado exitosamente un mensaje a un suscriptor móvil, pero dicho mensaje entregado ha solicitado explícitamente una confirmación al destinatario de que ha recibido el mensaje. Las siguientes figuras ilustran el acuse de recibo manual, y corresponden a una continuación del escenario 2.2.2. Ver figura 2.2.4-1 y 2.2.4-2.

5. Cuando el destinatario recibe el mensaje, se le solicita confirmar que ha recibido el mensaje, generando un acuse de recibo manual. Este acuse de recibo se envía desde la estación móvil B a la estación base B

6. El acuse de recibo se envía desde la estación base B hacia el centro de mensajes.

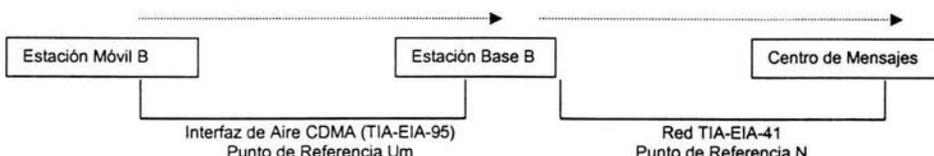


Figura 2.2.4-1 Acuse de recibo manual, primera parte

8. La estación base A entrega el acuse de recibo manual a la estación móvil A

7. El Centro de Mensajes envía el acuse de recibo manual a la estación base A

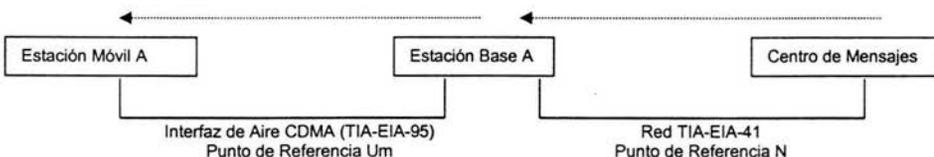


Figura 2.2.4-2 Acuse de recibo manual, segunda parte

2.2.5. Mensaje de Broadcast

Este escenario ocurre cuando se desea enviar un mensaje a toda la base de suscriptores. El mensaje se origina en el Centro de Mensajes y es enviado a todas las estaciones base que tienen registrados suscriptores móviles con capacidad de recibir mensajes. Este escenario se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 2.2.5-1.

2. Cada estación base mensajes a múltiples estaciones base.

1. El Centro de Mensajes genera un mensaje de tipo Broadcast hacia cada estación base.

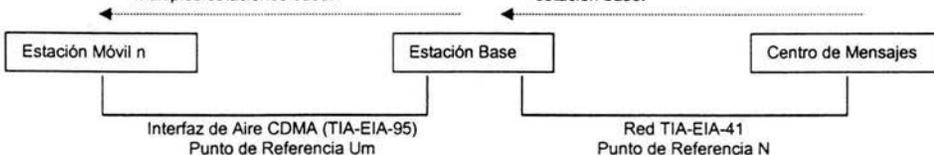


Figura 2.2.5-1 Mensaje de Broadcast

2.3. Clasificación de mensajes

Una vez determinados los escenarios de entrega de mensajes SMS, es necesario exponer cuales son los nombres que se usan para clasificar los mensajes SMS. Estas clasificaciones se usan de manera extensiva en los estándares que definen los mecanismos de entrega de mensajes, por lo que se hace necesario conocerlos.

Cada una de estas clasificaciones depende del punto de referencia en que los mensajes se están recibiendo o generando. Comenzaremos por clasificar los mensajes desde el punto de vista de la estación móvil, luego los clasificaremos de acuerdo a la cantidad de destinatarios que un mensaje puede tener, para después realizar una clasificación desde el punto de vista del centro de mensajes.

2.3.1. Mensajes originados en el móvil y mensajes terminados en el móvil

La primer clasificación de mensajes que analizaremos será hecha desde el punto de vista de la estación móvil.

Llamaremos Mensajes Originados en el móvil, a aquellos mensajes que son creados por un usuario en una estación móvil. Estos mensajes son comúnmente llamados mensajes MO por sus siglas en inglés: *Mobile Originated*. Es importante mencionar que no todas las estaciones móviles CDMA son capaces de originar mensajes. Si el proveedor de servicios celulares CDMA ofrece el servicio de SMS, algunas estaciones móviles que no originan mensajes pueden lograrlo con una actualización de software.

Llamaremos Mensajes Terminados en el móvil, a aquellos mensajes que arriban a la estación móvil, desde la interfaz de aire CDMA. Estos mensajes son comúnmente llamados mensajes MT por sus siglas en inglés: *Mobile Terminated*. Como en el caso anterior, si el proveedor de servicios celulares CDMA ofrece el servicio de SMS, es importante señalar que no todas las estaciones móviles CDMA son capaces de recibir mensajes de SMS. Algunas de estas pueden lograrlo con una actualización de software.

Los mensajes MO y MT se ilustran en la siguiente figura. Ver figura 2.3.1-1.

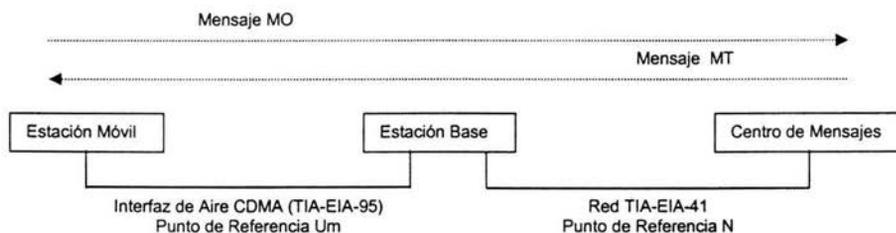


Figura 2.3.1-1 Mensajes de tipo MO y mensajes de tipo MT

2.3.2. Mensajes punto a punto y mensajes de tipo Broadcast

La siguiente clasificación de mensajes que se presenta en esta sección, se basa en la cantidad de destinatarios que puede tener un mensajes SMS.

Se llaman mensajes punto a punto, a aquellos mensajes de SMS en donde siempre se involucra un solo destinatario. Se llama mensaje de broadcast, a aquel mensaje cuyo destino es toda la base de suscriptores del servicio de SMS en la red CDMA. Es decir, existirá un originador, pero múltiples destinos para el mensaje. Los mensajes de tipo broadcast serán creados ya sea en el Centro de Mensajes, o en un ESME conectado al centro de mensajes vía SMPP.

2.3.3. Mensajes de tipo *SUBMIT* y *DELIVER*

La siguiente clasificación que revisaremos, será aquella que clasifica a los mensajes desde el punto de vista del Centro de Mensajes.

Llamaremos mensajes del tipo *SMS Submit* a aquellos mensajes que son entregados al Centro de Mensaje. Llamaremos mensajes del tipo *SMS Deliver* a aquellos mensajes que están siendo reenviados desde el Centro de Mensajes hacia su destino final.

Desde este punto de vista, los mensajes MO, son mensajes *SMS Submit*, mientras que los mensajes MT son mensajes *SMS Deliver*. De igual manera, si un ESME genera un mensaje hacia el Centro de Mensajes dicho mensaje también es un mensaje *SMS Submit*, mientras que todos los mensajes enviados por un centro de mensajes hacia un ESME, son mensajes *SMS Deliver*. Esta clasificación de mensajes se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 2.3.3-1.

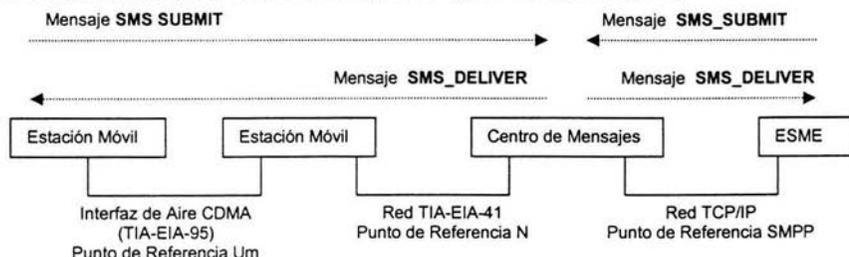


Figura 2.3.3-1 Mensajes del tipo SMS Submit y SMS Deliver

Este capítulo ha presentado el marco teórico necesario para poder exponer de manera más sencilla los siguientes capítulos. En el siguiente capítulo se expondrá de manera detallada el planteamiento de problema, realizando un análisis de éste.

CAPITULO 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este capítulo se presentan de manera detallada los requerimientos técnicos por solucionar, se analiza el estado inicial de las redes celulares de ambos operadores CDMA y se presentan diversas alternativas de solución.

3. Análisis del problema

Este capítulo comienza definiendo detalladamente el problema a resolver, listando los requerimientos técnicos por solucionar. Después se analiza el estado inicial de las redes celulares de ambos operadores, para terminar sugiriendo varias posibles soluciones.

3.1. Planteamiento del problema

Como se ha mencionado en el capítulo uno, el crecimiento en el uso del servicio de mensajes cortos ha traído como consecuencia la necesidad de ofrecerlo a la mayor cantidad de suscriptores posibles.

Este trabajo de tesis presenta la solución a la necesidad que presentaban un par de operadores celulares, un operador celular A y un operador celular B, para establecer un intercambio de mensajes cortos, de común acuerdo, con las siguientes necesidades específicas:

- Los suscriptores del operador celular CDMA A deben poder enviar y recibir mensajes cortos de suscriptores del operador celular CDMA B, y viceversa.
- El operador A desea mantener la mayor cantidad de características del servicio posibles, tales como acuses de recibo y entrega diferida.
- Se desea que estas necesidades sean cumplidas realizando la menor inversión posible, minimizando enlaces requeridos y costos por desarrollo de software, aprovechando los equipos de red existentes al máximo.

3.2. Análisis del estado inicial de las redes de los operadores

Una vez definido el problema a resolver junto con cada uno de los requerimientos, se analizará en esta sección el estado original de la red de los operadores celulares.

El análisis del estado inicial de las redes de los operadores celulares se realiza con los siguientes puntos:

- Análisis de los escenarios de entrega MT y MO.
- Análisis de la red SMPP de ambos operadores.
- Análisis de la red SS7 de ambos operadores.

El análisis de los escenarios de entrega MT y MO permitirá conocer los detalles de la entrega de mensajes en la red SS7.

El análisis de la red SMPP de los operadores permitirá conocer cuales son los ESMEs disponibles en ambas redes, que protocolos manejan dichos equipos y en que redes TCP/IP se encuentran conectados.

El análisis de la red SS7 de ambos operadores permitirá saber los detalles de operación de sus centros de mensajes, cual es el estado de interconexión de las redes SS7 así como la cantidad de MCs, MSCs y HLRs incluidos en ambas redes.

Con base en el estado y funcionamiento de la red inicial, se podrán proponer posibles soluciones al problema en cuestión.

3.2.1. Análisis del escenario de entrega MT

La primera parte del análisis del estado inicial de la red, consiste en analizar como se lleva a cabo la entrega de un mensaje MT en la red CDMA. Este mecanismo se ilustra en el siguiente diagrama de flujo. Ver diagrama 3.2.1-1.

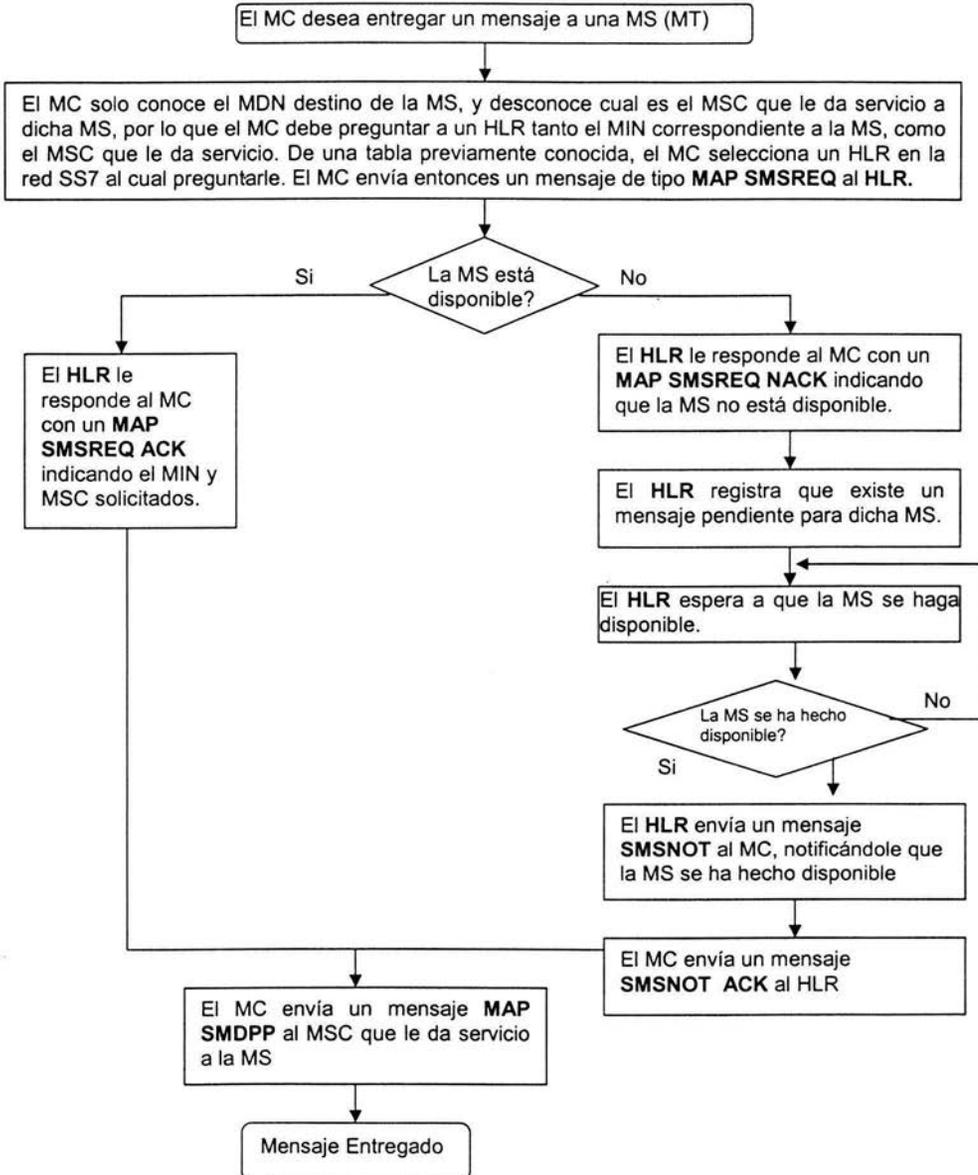


Figura 3.2.1-1 Entrega de un mensaje MT

Los siguientes diagramas ilustran el mecanismo anterior. El primer diagrama ilustra una entrega exitosa al primer intento. Ver figura 3.2.1-2.

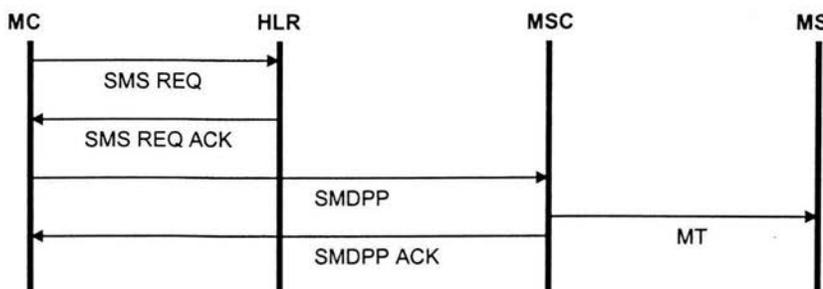


Figura 3.2.1-2 Entrega MT exitosa al primer intento

La siguiente figura ilustra una entrega que no fue exitosa al primer intento. Ver figura 3.2.1-3.

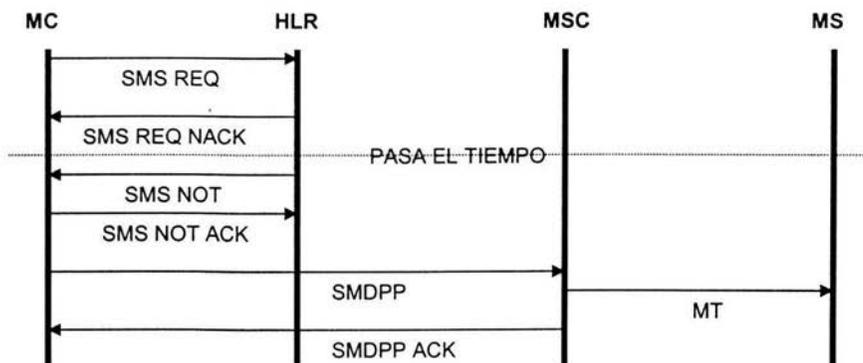


Figura 3.2.1-3 Entrega MT que no fue exitosa al primer intento

Al analizar dicho mecanismo se obtiene la siguiente información.

- El centro de mensajes tiene una tabla de MDNs contra HLRs, que usa para elegir un HLR al cual preguntar el MIN y el MSC que le da servicio a una estación móvil en un momento dado.
- El centro de mensajes debe conocer los *point codes* de los HLRs para poder comunicarse con ellos, también debe conocer los *point codes* de los MSCs para poder enviarles mensajes SMS.
- Los mensajes de SMS se transportan en los mensajes SMDPP, mientras que los mensajes SMSNOT, SMSNOT ACK, SMSREQ, SMSREQ ACK y SMSREQ NACK se usan durante el mecanismo de entrega para intercambiar información con el HLR.

En la siguiente sección de este capítulo se analiza el mecanismo de originación de mensajes en una red CDMA.

3.2.2. Análisis del escenario de entrega MO

Continuando con el análisis del funcionamiento de la red, se presenta en el siguiente diagrama el mecanismo de entrega de un mensaje MO. Ver figura 3.2.2-1.

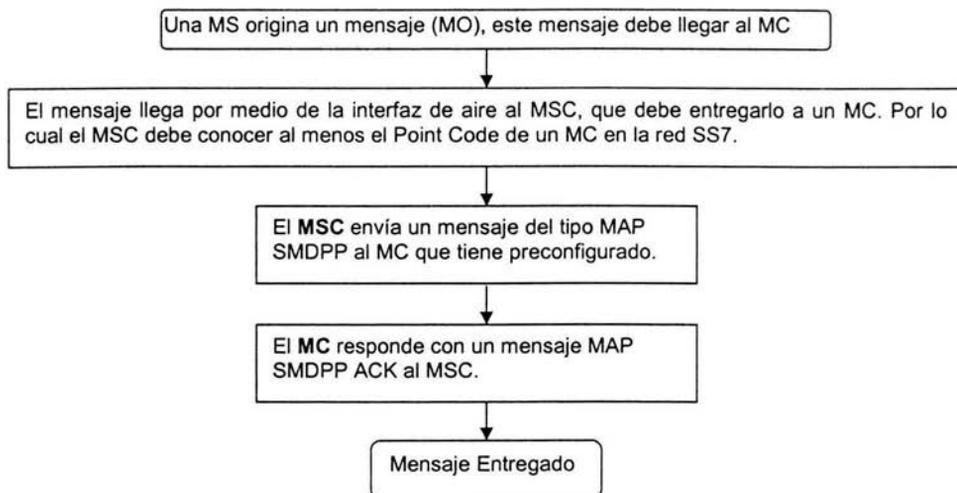


Figura 3.2.2-1 Mecanismo de entrega de mensaje MO

La siguiente figura ilustra el mecanismo anterior. Ver figura 3.2.2-2.

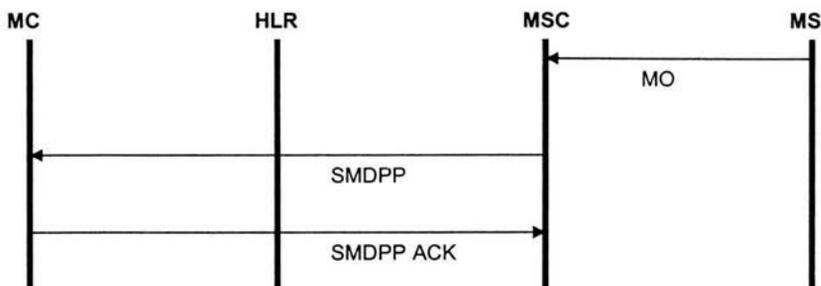


Figura 3.2.2-2 Entrega de un mensaje MO

Del análisis de este escenario se puede obtener la siguiente información:

- Cada MSC en la red tiene configurado un centro de mensajes al cual entregarle los mensajes que ha recibido de las estaciones móviles.
- El mensaje SMS es entregado en un mensaje de señalización SMDPP.

Una vez analizados todos los escenarios de entrega de mensajes, se mostrarán en la siguientes secciones los análisis de las redes de los operadores celulares en cuestión, iniciando por las redes SMPP y luego por las redes SS7.

3.2.3. Análisis de la red SMPP del operador A

Una vez revisado el mecanismo de entrega de mensajes en las redes de ambos operadores, se presenta en esta sección el diagrama de red SMPP del operador A. Ver figura 3.2.3-1.

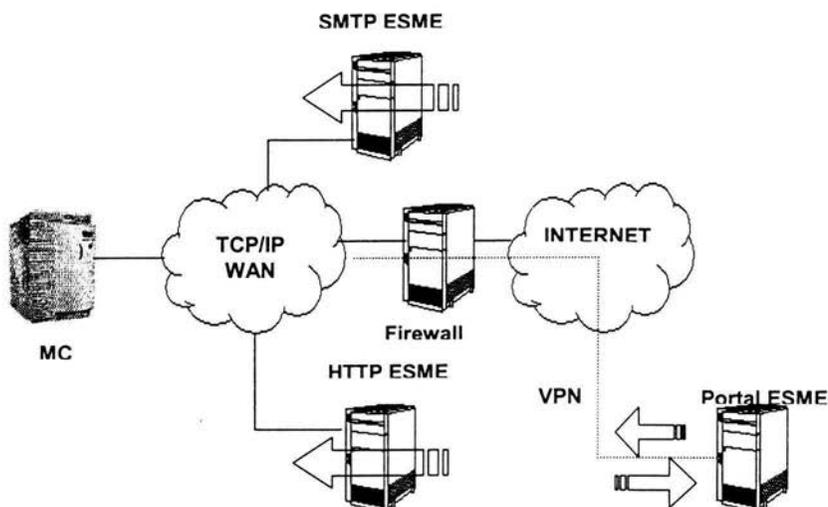


Figura 3.2.3-1 Diagrama de red SMPP del operador A

A partir del diagrama mostrado se puede realizar el siguiente análisis:

- El operador A posee un ESME de SMTP¹ que recibe mensajes desde Internet en la forma de correo electrónico y los entrega al centro de mensajes por medio del protocolo SMPP. Este ESME no puede generar correos electrónicos y enviarlos a otros ESMEs en Internet.
- El operador A posee un ESME de HTTP² que recibe mensajes desde Internet a través de una página web y los envía al centro de mensajes por medio del protocolo SMPP. Este ESME no puede generar mensajes hacia otras páginas web.
- El operador A posee un ESME de tipo portal, que es capaz de recibir y enviar mensajes SMS, para aplicaciones de tipo alertas y noticias únicamente. Este portal se comunica con el centro de mensajes usando el protocolo SMPP, a través de Internet, por medio de una VPN³.red privada virtual.

Una vez realizado el análisis de la red SMPP del operador A, se muestra a continuación el análisis de la red SMPP del operador B.

¹ SMPT son las siglas de Simple Mail Transfer Protocol (Protocolo Simple para Transferir Correo), que es el protocolo que se usa en redes TCP/IP para intercambiar correo electrónico.

² HTTP son las siglas de HyperText Transfer Protocol (Protocolo de Transferencia de HiperTexto), que es el protocolo que se usa en Internet para transportar servicios de WWW (World Wide Web).

³ VPN (Virtual Private Network) o red privada virtual es una tecnología que permite usar una red pública (por ejemplo Internet) para comunicar nodos como si estos estuvieran en una red privada, asegurando la integridad y seguridad de la información intercambiada.

3.2.4. Análisis de la red SMPP del operador B

A continuación se presenta el diagrama de la red SMPP del operador B. Ver figura 3.2.4-1.

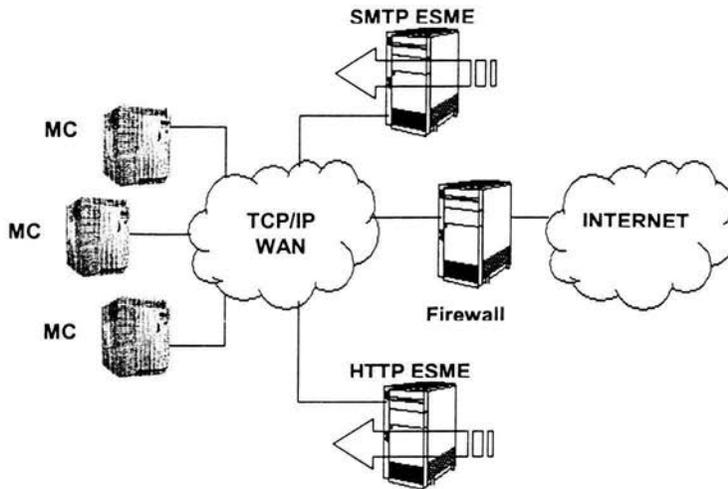


Figura 3.2.4-1 Diagrama de red SMPP del operador B

En este caso se puede observar lo siguiente.

- De la misma manera que el operador A, el operador B posee un ESME de SMTP que recibe mensajes desde Internet en la forma de correo electrónico y los entrega al centro de mensajes por medio del protocolo SMPP. Este ESME no puede generar correos electrónicos y enviarlos a otros ESMEs en Internet.
- De la misma manera que el operador A, el operador B posee un ESME de HTTP que recibe mensajes desde Internet a través de una página web y los envía al centro de mensajes por medio del protocolo SMPP. Este ESME no puede generar mensajes hacia otras páginas web.

Una vez analizadas las redes SMPP de ambos operadores, se puede concluir que entre las redes SMPP de ambos, se podría establecer un enlace, por medio de Internet. Este hecho se ilustra en la siguiente figura, ver figura 3.2.4-2.

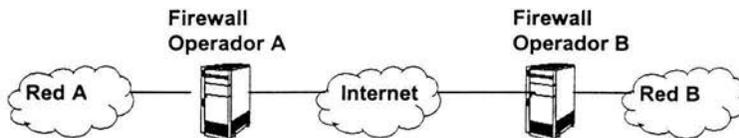


Figura 3.2.4-2 Internet provee un enlace entre los ESMEs de ambos operadores

Una vez analizadas las redes SMPP de ambos operadores, se presentarán ahora el análisis de las redes SS7 de éstos.

3.2.5. Análisis de la red SS7 del operador A

Primeramente, se presentará el diagrama de red SS7 del operador celular A. Este se puede observar en la siguiente figura. Ver figura 3.2.5-1.

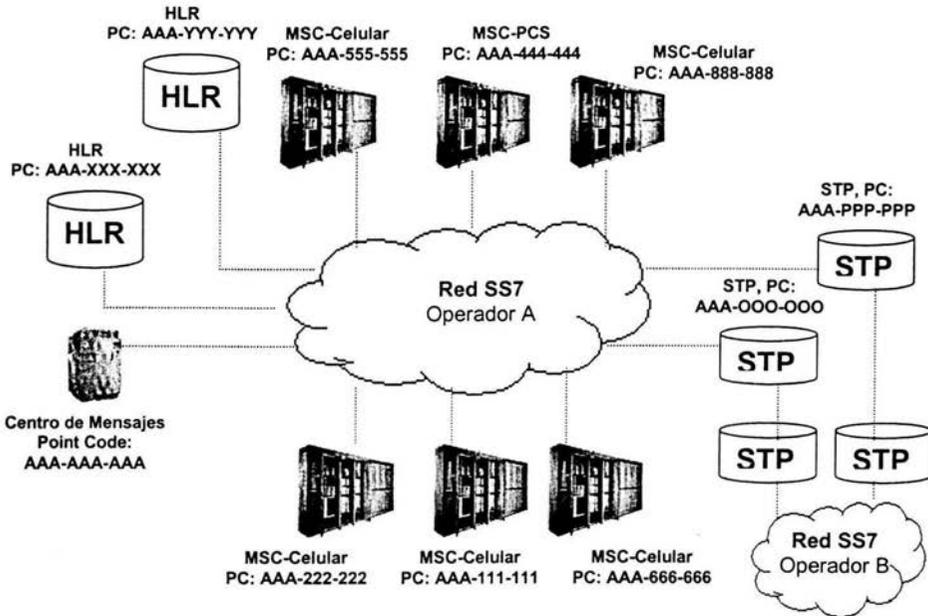


Figura 3.2.5-1 La red de señalización SS7 del operador celular A

Del diagrama de señalización de SS7 del operador A se puede realizar el siguiente análisis.

- Existe ya un enlace a nivel de red SS7 con el operador B, este enlace tiene el objetivo de proveer roaming para el servicio de voz entre ambos operadores.
- El operador A tiene un centro de mensajes únicamente, que debe estar configurado para comunicarse con 6 MCSs y 2 HLRs, es decir, debe tener configurados sus Point Codes.
- Durante el periodo de análisis, se pudo detectar que el centro de mensajes del operador A no puede enviar mensajes SMDPP hacia otros centros de mensajes. Esta es una deficiencia del equipo.

La siguiente sección muestra el análisis de la red de señalización del operador B.

3.2.6. Análisis de la red SS7 del operador B

Se presenta en el siguiente diagrama, la red SS7 del operador celular B. Este se puede observar en la siguiente figura. Ver figura 3.2.6-1.

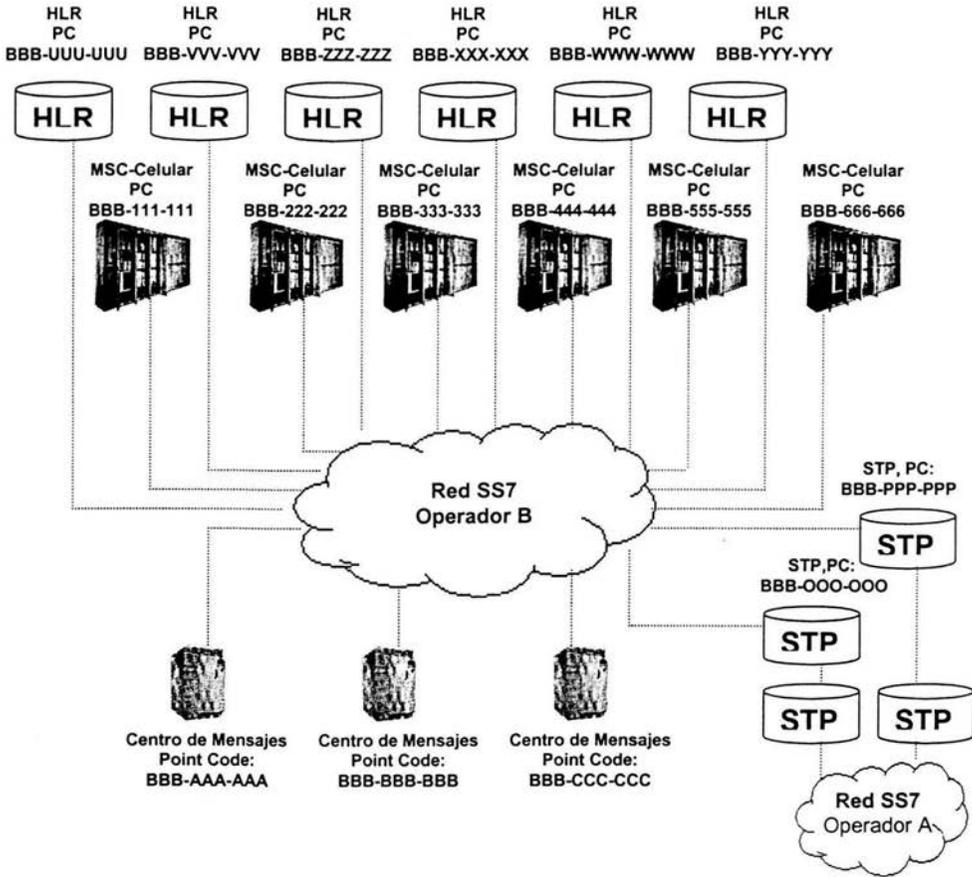


Figura 3.2.6-1 La red de señalización SS7 del operador celular B

Del diagrama de señalización de SS7 del operador B se puede realizar el siguiente análisis.

- Existe ya un enlace a nivel de red SS7 con el operador A, este enlace tiene el objetivo de proveer roaming para el servicio de voz entre ambos operadores.
- El operador B tiene tres centros de mensajes, que debe estar configurados para comunicarse con 6 HLR y 6 MCS, es decir, debe tener configurados sus Point Codes.
- Durante el periodo de análisis, se pudo detectar que estos centros de mensajes si pueden enviar mensajes SMDPP a otros centros de mensajes..

Con base en el análisis del estado inicial de las redes de ambos operadores, se presentan a continuación posibles soluciones al problema en cuestión.

3.3. Soluciones posibles

Una vez analizada la situación inicial de las redes de los operadores celulares involucrados, se pueden formular diversas posibilidades de solución al problema en cuestión, desde un punto de vista general.

Estas soluciones se pueden dividir en dos grandes grupos, las soluciones relacionadas con el uso de SMPP, y una solución relacionada con el uso de la red de señalización SS7.

Se presentarán primeramente las soluciones relacionadas con el uso del protocolo SMPP para conectar los sistemas de mensajes cortos de ambos operadores celulares. Estas dos soluciones consisten en:

- 1. El uso de gateways de SMTP.
- 2. El uso de gateways de SMPP.

3.3.1. Gateways de SMTP

Un gateway de SMTP es un ESME que es capaz de recibir mensajes desde un centro de mensajes por medio del protocolo SMPP y convertirlos a correos electrónicos para ser enviados a otro gateway de SMTP por medio de Internet.

Así mismo, puede recibir correos de Internet y enviarlos por medio de SMPP al centro de mensajes. Esta solución requiere la existencia de un gateway de SMTP en ambas redes de TCPIP de los operadores. Este escenario se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 3.3.1-1.

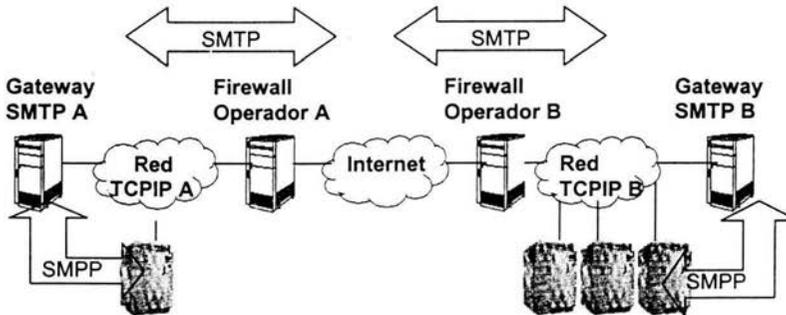


Figura 3.3.1-1 Intercambio de mensajes usando 2 gateways de SMTP

El modo de operación de un gateway de SMTP se presenta en el siguiente diagrama, en donde se ilustra el caso el gateway de SMTP del operador A. Ver figura 3.3.1-2.

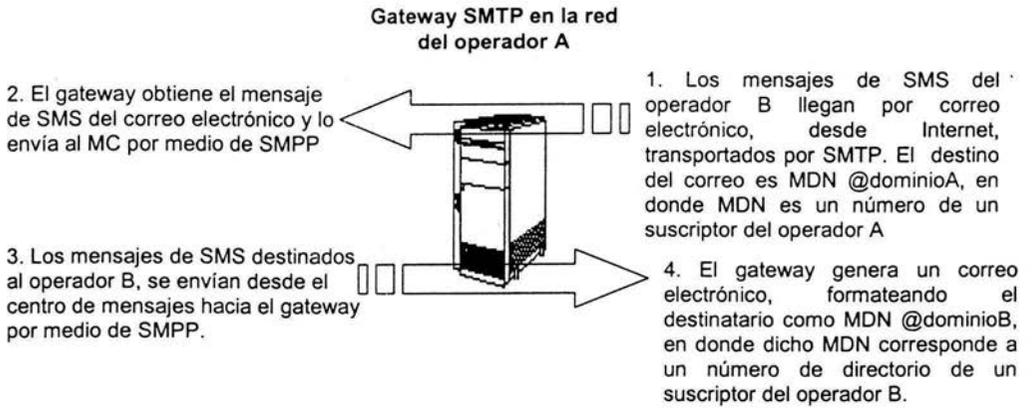


Figura 3.3.1-2 Modo de operación de un gateway SMTP

Esta solución requiere la adquisición de un gateway de SMTP por parte de cada uno de los operadores o de actualizar sus ESMEs de SMTP por medio de un desarrollo de software.

Por otro lado, se requiere que los MCs de cada operador sean configurados para enrutar todos los mensajes destinados al otro operador celular hacia el gateway SMTP. Este hecho se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 3.3.1-3.

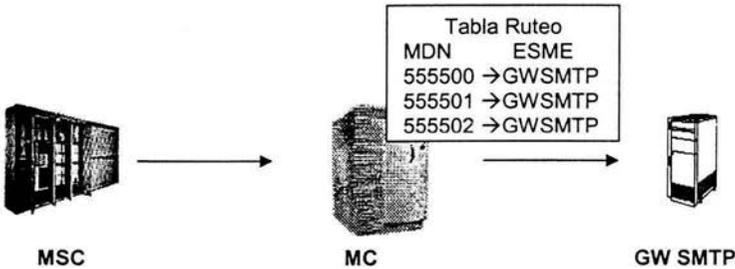


Figura 3.3.1-3 Tabla de ruteo necesaria en el MC

En la figura 3.3.1-3 se presenta la tabla de ruteo que se requiere configurar al centro de mensajes, en esta tabla se incluyen los rangos de números que le corresponden al otro operador celular, y se direccionan hacia el gateway. De esta manera el centro de mensajes puede discernir cuales mensajes deben ser reenviados hacia el otro operador.

La siguiente solución posible consiste en un gateway de SMPP, que se presenta en la siguiente sección.

3.3.2. Gateways de SMPP

Como se ha mencionado, el protocolo SMPP permite el intercambio de mensajes entre en un centro de mensajes y un ESME. El centro de mensajes actúa siempre como servidor mientras que el ESME actúa como cliente. Por esta razón, el protocolo SMPP no permite una conexión entre centros de mensajes de manera directa. Si se desea conectar dos centros de mensajes se requiere de un dispositivo intermedio, que realice las conexiones necesarias para el transporte de mensajes entre ambos. Este hecho se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 3.3.2-1.



Figura 3.3.2-1 El gateway de SMPP conecta dos MCs

Para que esta solución funcione, se requiere, como en el caso anterior, que los centros de mensajes sean configurados con las tablas de ruteo adecuadas, para encaminar los mensajes destinados al otro proveedor, hacia al ESME adecuado. Esto se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 3.3.2-2.

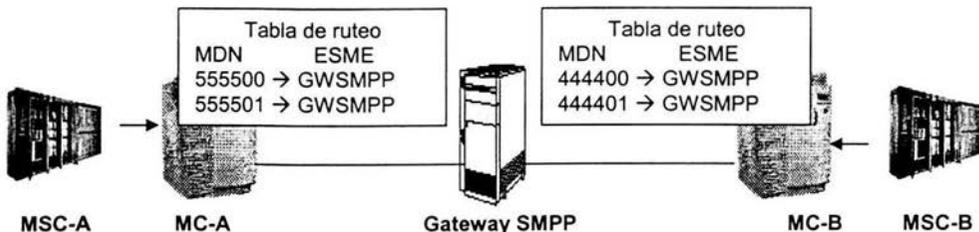


Figura 3.3.2-2 Las tablas de ruteo necesarias en los MCs

Existen proveedores de servicio de gateway de SMPP, y se utilizan frecuentemente para conectar servicios de mensajes cortos entre compañías celulares que usan diferentes tecnologías. Para utilizar este servicio cada operador celular debe realizar un contrato con el mismo proveedor de gateway. Los proveedores de servicio de gateway de SMPP realizan un cargo por cada mensaje que deban transportar. Por otro lado, los gateways de SMPP proveen el servicio de acuse de recibo para mensajes con un costo adicional.

La conexión con un gateway de SMPP se puede realizar por medio de VPNs a través de Internet.

El problema más común que surge con el uso de un proveedor de gateway de SMPP, consiste en su elección. Existen varios proveedores de este servicio y lo ideal es elegir a aquel proveedor con cuyos clientes actuales sea conveniente intercambiar mensajes.

Una vez establecidas las dos posibles soluciones usando el protocolo SMPP, se presenta en la siguiente sección, una solución que usa la red de señalización SS7.

3.3.3. Integración de redes SS7

Una tercera posible solución, consiste en hacer uso de la conexión existente entre las redes SS7 de ambos operadores. Como se vió en el análisis de la red de ambos operadores, existe un enlace entre ambas redes, que se usa principalmente para servicios de roaming de voz. Este hecho se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 3.3.3-1.

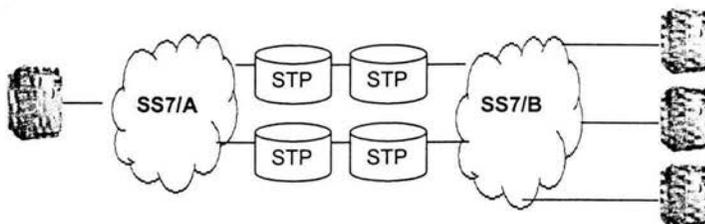


Figura 3.3.3-1 Enlace entre las redes SS7

Como se puede observar en la figura, se puede aprovechar el enlace existente, e integrar los servicios de SMS de ambos operadores directamente en la red SS7.

De esta manera se pueden intercambiar los mensajes definidos en el TIA-EIA-41 entre una red y otra; es decir, los mensajes MAP SMSNOT, MAP SMSNOT ACK, MAP SMSREQ, MAP SMSREQ ACK, MAP SMSREQ NACK, MAP SMDPP y MAP SMDPP ACK. El intercambio de estos mensajes debe ocurrir como se mencionó en el análisis de la red SS7 en las secciones 3.2.1 y 3.2.2. Este hecho se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 3.3.3-2.

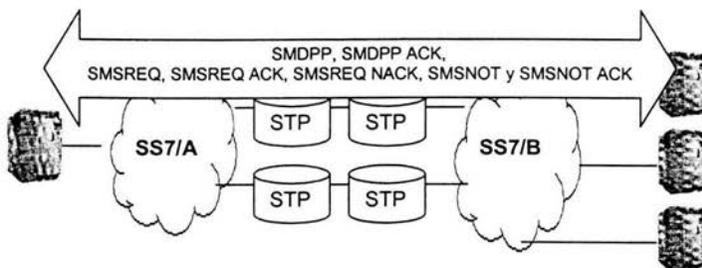


Figura 3.3.3-2 Los mensajes MAP de TIA-EIA-41 entre redes SS7

Esta solución requiere la configuración de nodos de red SS7 de ambos operadores, para poder intercambiar los mensajes MAP adecuadamente, como por ejemplo, dar de alta los Point Codes de los nodos del operador opuesto en cada red.

Por otro lado esta solución no requiere de un nuevo enlace, de nuevos equipos de comunicación, ni desarrollo de software alguno, sino simplemente de una configuración adicional en los equipos de la red SS7.

En este capítulo se han presentado las especificaciones técnicas del problema en cuestión, se ha realizado también un análisis de las redes de ambos operadores celulares y se han presentado, con base en el análisis realizado, tres posibles soluciones al problema. En el siguiente capítulo, se presenta la propuesta técnica correspondiente a la solución que, desde el punto de vista de la ingeniería, resuelve de manera más eficiente las especificaciones del problema.

CAPITULO 4. PROPUESTA TÉCNICA

En este capítulo se justifica la solución seleccionada al problema en cuestión, y se presentan las especificaciones técnicas de dicha solución.

4. Propuesta técnica

Este capítulo comienza presentando un comparativo entre tecnologías. Este comparativo sirvió para elegir la solución que mejor se adecua a las necesidades planteadas.

4.1. Comparativo de tecnologías y justificación de la solución seleccionada.

La siguiente tabla contiene un comparativo entre las soluciones propuestas. Ver tabla 4.1-1.

Interconexión de Redes SS7	Gateway SMPP	Gateway SMTP	Tecnología			Comentarios Adicionales
			Mensajes Red A → Red B	Mensajes Red B → Red A	Requerimientos técnicos	
X	X	X				
X	X	X				
X	X	X				
	VPN					
X	X	X				
		X				
Corto Plazo	Corto Plazo	Mediano Plazo (debido a Software)				
X	X	X				
	Costo adicional por mensaje y por acknowledge					
	La elección de un proveedor de SMPP depende también de la posible interconexión de sistemas de mensajes cortos con operadores celulares GSM.					
El tráfico en las redes SS7 es bajo, por lo que el uso de dicha red para la interconexión de sistemas de mensajes cortos entre ambos operadores es posible.						El tiempo de desarrollo de software hace de esta opción más costosa.

Tabla 4.1-1 Comparativo de tecnologías

Con base en la tabla comparativa, se pueden realizar los siguientes comentarios.

- Existe una notoria desventaja de los Gateways de SMTP debido a que, aunque son una solución viable, el desarrollo de software consume tiempo y recursos.
- A pesar de que los proveedores de gateways de SMPP son una solución común para la interconexión de sistemas de mensajes cortos entre operadores celulares, esta tecnología representa un costo por cada mensaje transportado, costo que en el momento de la elección no era justificado por el tráfico de mensajes esperado. Por otro lado, esta solución habría requerido que ambos operadores celulares eligieran un proveedor de servicio que tal vez en un futuro tendría que ser reemplazado si otros operadores celulares (cómo los que usan GSM) eligiesen a otro proveedor.
- El uso de las redes SS7, que ya tienen un enlace entre ambos operadores, aparece como la solución mas económica. Es importante mencionar el hecho de que el porcentaje de utilización de ambas redes es bajo, por lo que es factible hacer uso de estas redes para el transporte de las operaciones MAP de SMS entre los operadores. Cabe mencionar que esta integración es posible debido a que ambos operadores poseen la misma tecnología; si uno de estos operadores basara su tecnología en GSM esta solución no sería viable.

Con base en la tabla comparativa, la solución relacionada al uso de la red SS7 para la interconexión de los servicios de mensajes cortos de ambos operadores celulares es la solución que mejor se ajusta a las necesidades planteadas.

Una vez justificada la elección del uso de la interconexión de redes SS7 de ambos operadores para solucionar el problema, se presenta en las siguientes secciones los detalles de la solución propuesta.

La propuesta técnica se divide en dos partes, primeramente se presentará el detalle de operación de envío de mensajes del operador A hacia el operador B, para luego presentar el envío de mensajes del operador B hacia el operador A.

4.2. Descripción de entrega de mensajes desde la red A hacia la red B

Esta sección describe el procedimiento de envío de mensajes originados por un suscriptor del operador A, dirigido a un suscriptor del operador B. El mecanismo de entrega de estos mensajes se describe de manera general en el siguiente diagrama de flujo. Ver figura 4.2-1.

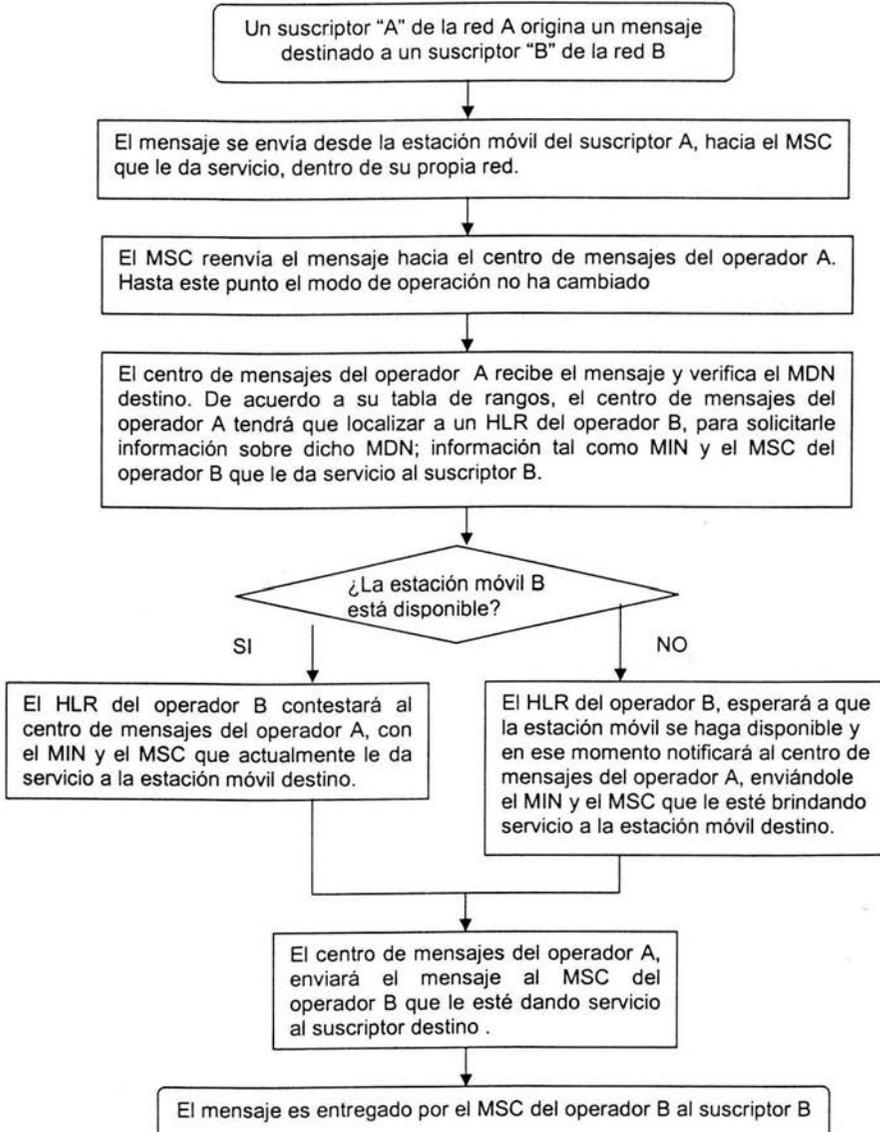


Figura 4.2-1 Entrega de un mensaje originado en la red A destinado a la red B

Para describir este mecanismo de manera detallada, éste se divide en dos partes, la originación y la terminación de mensajes, que se presentan en las siguientes dos secciones.

4.2.1. Procedimiento de MO

Esta sección describe de manera detallada la primera mitad del mecanismo de envío de un mensaje originado en la red A destinado a la red B. Esta primera mitad corresponde a la originación del mensaje.

El siguiente diagrama muestra la originación de un mensaje por un suscriptor del operador A. Ver figura 4.2.1-1. En este mecanismo, la estación móvil envía el mensaje al MSC, que a su vez envía el mensaje al centro de mensajes del mismo operador, esperando que dicho centro de mensajes se encargue de entregarlo a la red B.

1. Un suscriptor de la red A, desea enviar un mensaje a un suscriptor de la red B. Por ejemplo con MDN destino 4444000001

2. El MSC que le da servicio de dicha MS, recibe el mensaje y lo entrega al centro de mensajes de dicha red.



Figura 4.2.1-1 Durante la originación el proceso es prácticamente el mismo

El diagrama formal se presenta en la siguiente figura. Ver figura 4.2.1-2.

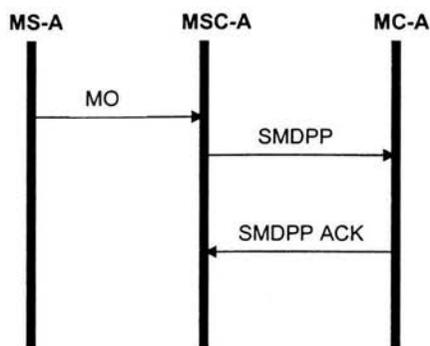


Figura 4.2.1-2 Diagrama de MO, Operador A hacia Operador B

En la siguiente sección se presenta el detalle del mecanismo de entrega de este mensaje hacia el destino final: un suscriptor de la red B.

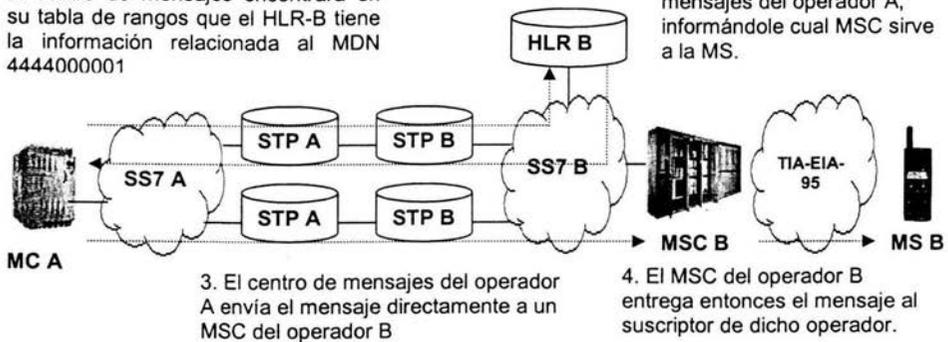
4.2.2. Procedimiento de MT

Como se ha mencionado durante el análisis del problema, el centro de mensajes del operador A no es capaz de enviar mensajes MAP tipo SMDPP directamente a otro centro de mensajes; lo cual sería una operación ideal para minimizar las configuraciones necesarias para la integración de las redes SS7.

Por este motivo, el centro de mensajes del operador A deberá entrar en comunicación directa con los HLRs y MSCs del operador B. El procedimiento de entrega de un mensaje a un suscriptor del operador B, previamente originado en la red del operador A, se muestra en la siguiente figura. Ver Figura 4.2.2-1.

1. El centro de mensajes del operador A podrá localizar a la estación móvil B, a la que debe entregar el mensaje, solicitando información a un HLR del operador B. Siguiendo con el ejemplo, el centro de mensajes encontrará en su tabla de rangos que el HLR-B tiene la información relacionada al MDN 4444000001

2. El HLR del operador B, responderá al centro de mensajes del operador A, informándole cual MSC sirve a la MS.



4.2.2-1 Procedimiento de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B

La siguiente figura presenta el diagrama formal de entrega de un mensaje para este escenario, en el caso en que este mensaje se entrega al primer intento, es decir, la estación móvil se encuentra disponible. Ver figura 4.2.2-2.

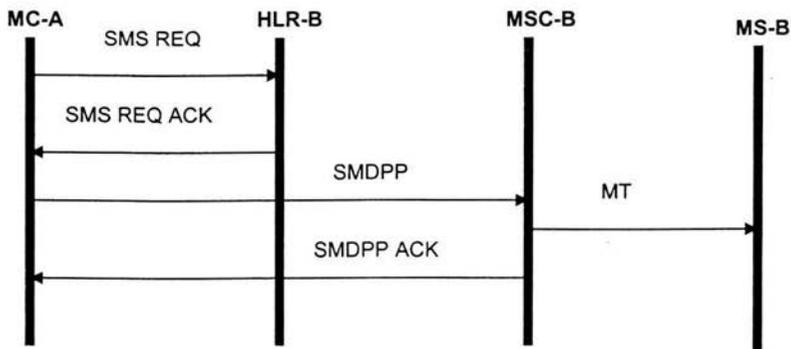


Figura 4.2.2-2 Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B

La siguiente figura presenta el diagrama formal de entrega de un mensaje para este escenario cuando el mensaje no se entrega al primer intento, es decir, la estación móvil no se encuentra disponible en un principio, y luego entra en servicio. Ver figura 4.2.2-3.

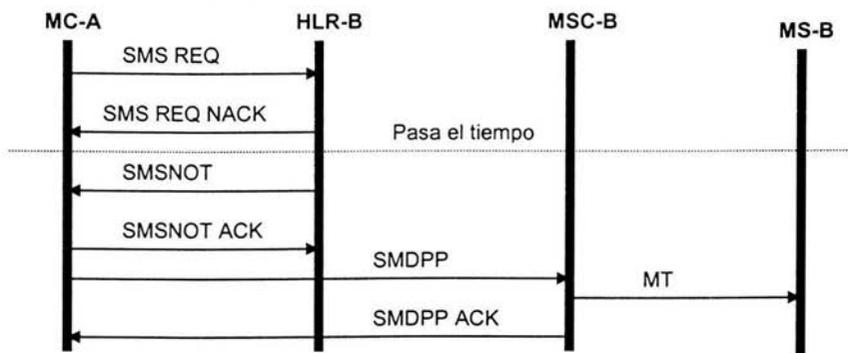


Figura 4.2.2-3 Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B cuando la entrega no se realiza al primer intento

Para que el mecanismo de interconexión entre ambas redes funcione correctamente, se deben realizar las siguientes configuraciones en los elementos de red. Ver tabla 4.2.2-1.

Elemento de red	Operador	Configuraciones	Operaciones MAP que realiza con la otra red SS7
MC	A	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar rutas hacia los Point Codes de los HLRs y MSCs del operador B, de tal manera que el centro de mensajes del operador A pueda enviar mensajes MAP a dichos elementos de red. - Agregar tablas con los rangos correspondientes a los MDNs que administra el operador B y relacionarlos a los HLRs de dicho operador, de tal manera que el centro de mensajes del operador A pueda saber a que HLR solicitar información sobre tales rangos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Envía mensajes SMSREQ a los HLRs del operador B. - Envía mensajes SMSNOT ACK a los HLRs del operador B. - Envía mensajes SMDPP a los MCs del operador B.
HLRs	B	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar ruta hacia el point code del centro de mensajes del operador A. 	<ul style="list-style-type: none"> - Envían mensajes SMSREQ ACK, SMSREQ NACK y SMSNOT al MC del operador A.
MSCs	B	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar ruta hacia el point code del centro de mensajes del operador A. 	<ul style="list-style-type: none"> - Responde con mensajes SMDPP ACK al MC del operador A.

Tabla 4.2.2-1 Configuraciones necesarias para la entrega de mensajes de la red A hacia la red B

La siguiente sección de la propuesta técnica, describe el mecanismo de entrega de mensajes, originados en la red B, destinados a la red A.

4.3. Descripción de entrega de mensajes desde la red B hacia red A

Esta sección describe el procedimiento de envío de mensajes originados por un suscriptor del operador B, dirigido a un suscriptor del operador A. El mecanismo de entrega de estos mensajes se describe de manera general en el siguiente diagrama de flujo. Ver figura 4.3-1.

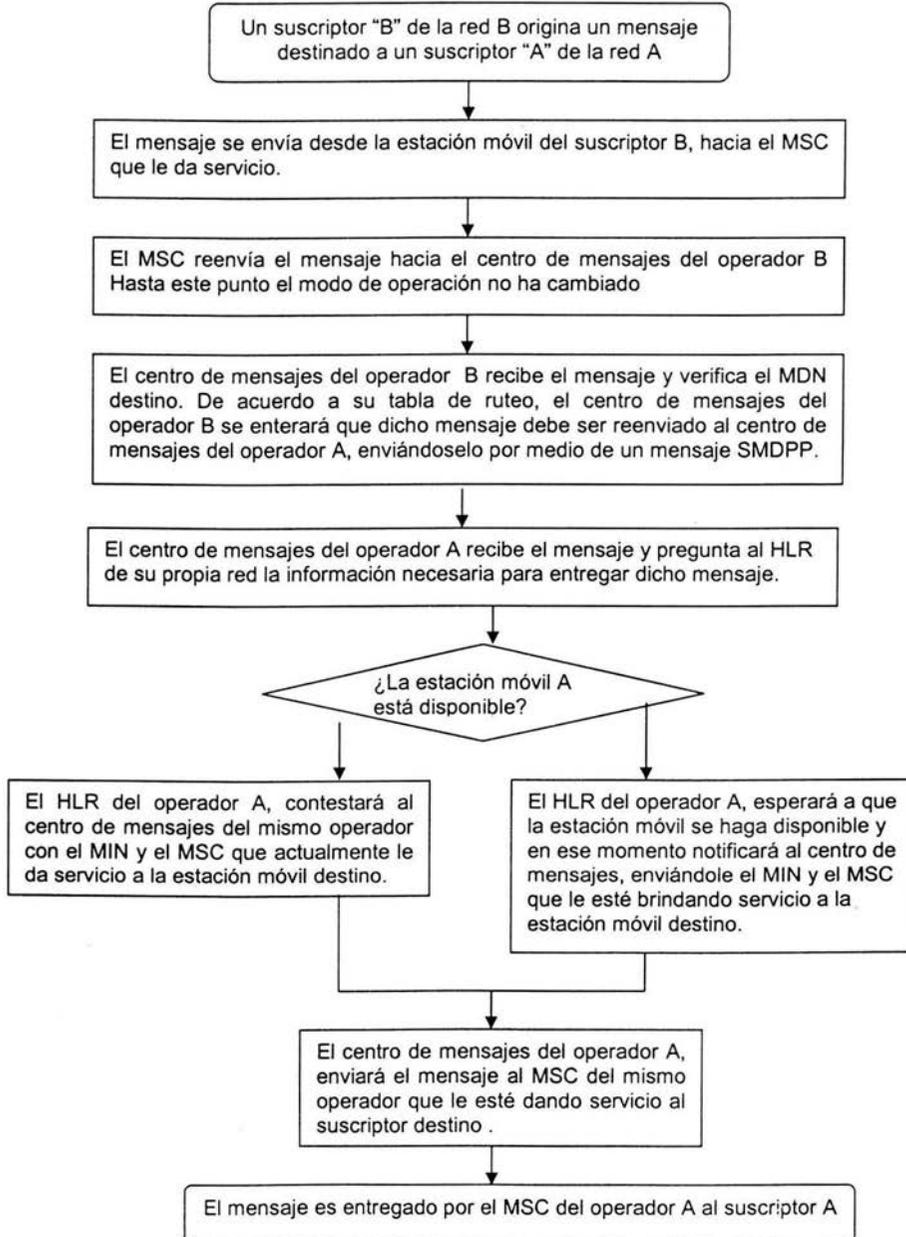


Figura 4.3-1 Entrega de un mensaje originado en la red B destinado a la red A

Para describir este mecanismo de manera detallada, éste se divide en dos partes: la originación y la terminación de mensajes.

4.3.1. Procedimiento de MO

La primera parte del mecanismo de entrega de un mensaje desde la red del operador B hacia la red del operador A consiste en la originación del mensaje, que se presenta en esta sección.

El siguiente diagrama muestra la originación de un mensaje por un suscriptor del operador B. Ver figura 4.3.1-1. La estación móvil que se encuentra en la red del operador B envía el mensaje al MSC a través de la interfaz de aire CDMA. El MSC, a su vez, envía el mensaje al centro de mensajes del mismo operador, esperando que dicho centro de mensajes se encargue de entregarlo a la red A.

1. Un suscriptor de la red B, desea enviar un mensaje a un suscriptor de la red A. Por ejemplo con MDN destino 5555000001

2. El MSC que le da servicio de dicha MS, recibe el mensaje y lo entrega al centro de mensajes de dicha red.



Figura 4.3.1-1 Durante la originación en la red B, el proceso es prácticamente el mismo

El diagrama formal se presenta en la siguiente figura. Ver figura 4.3.1-2.

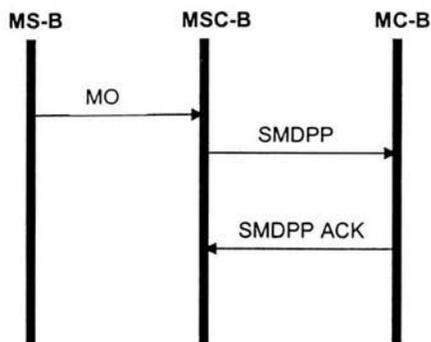


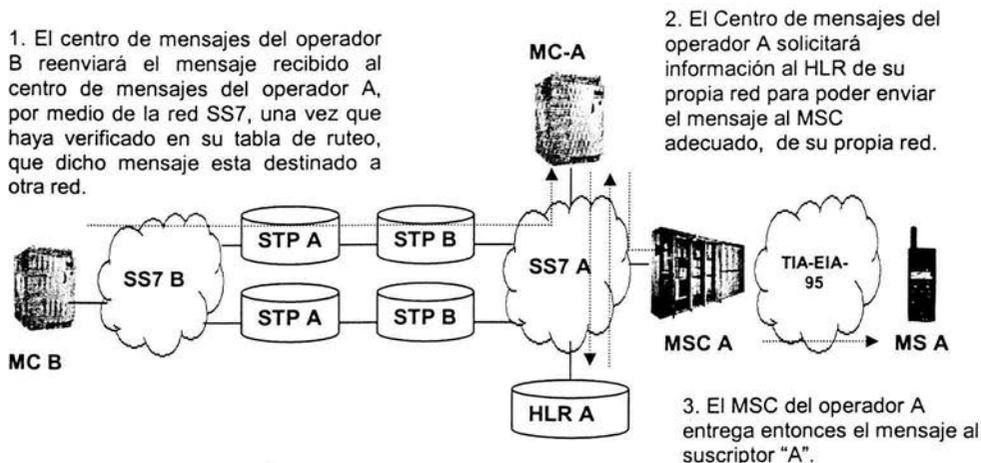
Figura 4.3.1-2 Diagrama de MO, del operador B hacia el operador A

En la siguiente sección se presenta el detalle del mecanismo de entrega de este mensaje hacia el destino final: un suscriptor de la red A.

4.3.2. Procedimiento de MT

Como se mencionó en el análisis del problema, los centros de mensajes del operador B son capaces de enviar mensajes MAP tipo SMDPP directamente a otros centros de mensajes; lo cual minimiza las configuraciones necesarias para la integración de las redes SS7.

El procedimiento de entrega de un mensaje a un suscriptor del operador A, previamente originado en la red del operador B, se muestra en la siguiente figura. Ver Figura 4.3.2-1.



4.3.2-1 Procedimiento de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B

La siguiente figura presenta el diagrama formal de entrega de mensajes para este escenario cuando la entrega se realiza al primer intento, es decir, cuando la estación móvil destino se encuentra disponible en la red en el momento que se realiza el primer intento de entrega. Ver figura 4.3.2-2.

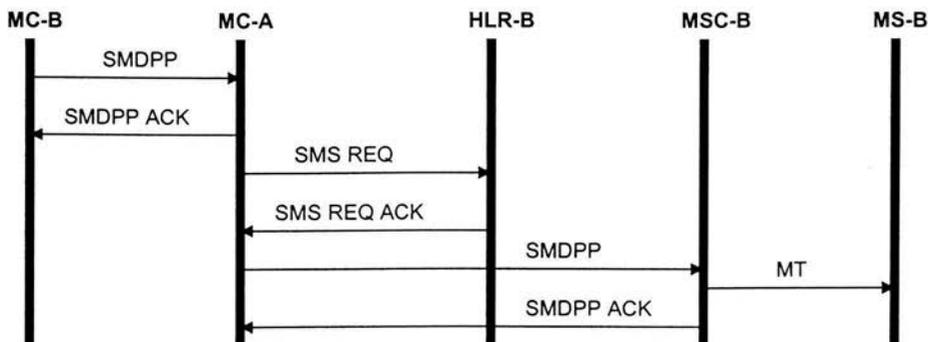


Figura 4.3.2-2 Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B, originado en la red A, cuando la entrega se realiza en el primer intento

El siguiente diagrama formal muestra como se realiza una entrega de un mensaje cuando la estación móvil no se encuentra disponible durante el primer intento de entrega. Ver figura 4.3.2-3.

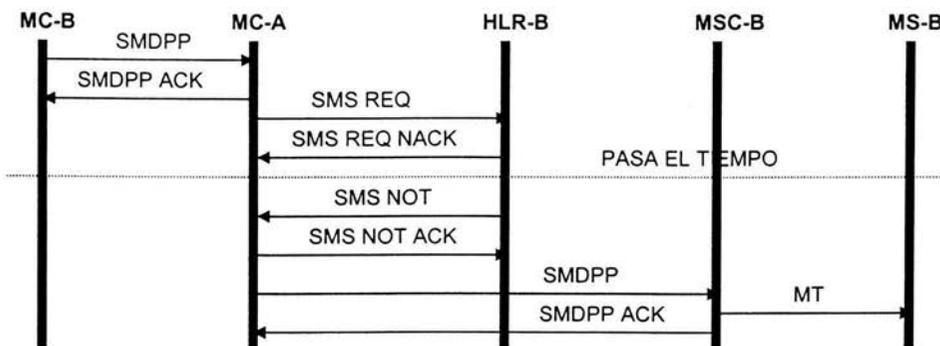


Figura 4.3.2-3 Diagrama formal de entrega de un mensaje a un suscriptor de la red B, originado en la red A, cuando la entrega no se realiza al primer intento

Para que el mecanismo de interconexión entre ambas redes funcione correctamente, se deben realizar las siguientes configuraciones en los elementos de red. Ver tabla 4.3.2-1.

Elemento de red	Operador	Configuraciones	Operaciones MAP que realiza con la otra red SS7
MCs	B	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A, de tal manera que los centros de mensajes del operador B puedan enviarle mensajes MAP. - Agregar tablas con los rangos correspondientes a los MDNs que administra el operador A y relacionarlos al MC de dicho operador, de tal manera que los centros de mensajes del operador B puedan saber que estos rangos deben ser enrutados al centro de mensajes del otro operador celular. 	- Envía mensajes SMDPP al centro de mensajes del operador A.
MC	A	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar ruta hacia el point code del centro de mensajes del operador B. De tal manera que este MC pueda responder a los mensajes SMDPP de los MCs del operador B. 	- Responde con mensajes SMDPP ACK a los centros de mensajes del operador B.

Tabla 4.3.2-1 Configuraciones necesarias para la entrega de mensajes de la red B hacia la red A

Este capítulo ha presentado la propuesta técnica que detalla la solución que fue seleccionada para cumplir con las necesidades del problema planteado. En el siguiente capítulo se realizará una reseña del desarrollo del proyecto durante el cual se implantó físicamente la solución.

CAPITULO 5. DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se describen las actividades realizadas para poder integrar las operaciones SMS MAP entre las redes SS7 de ambos operadores celulares.

5. Desarrollo del proyecto

La primera sección de este capítulo realiza una descripción de las actividades necesarias para implementar la solución propuesta. La siguiente sección del capítulo ilustra el orden en que fueron realizadas todas estas actividades de manera cronológica por medio de un diagrama de Gant.

5.1. Actividades realizadas

Antes de iniciar la descripción de actividades desarrolladas, es importante mencionar que para realizar cualquier tipo de actividad que involucre un cambio en la configuración de los equipos de red SS7, se deben tomar en cuenta dos mecanismos:

- Las ventanas de mantenimiento.
- El control de cambios.

En las siguientes secciones se realizará una breve descripción de estos dos conceptos.

5.1.1. Ventanas de mantenimiento

Las ventanas de mantenimiento son periodos durante los cuales se deben realizar cambios de configuración en los equipos de una red. Estas ventanas de mantenimiento son programadas con anticipación y son notificadas a los administradores de la red, al personal de mantenimiento, y en general a todas las personas que tienen que ver con el correcto funcionamiento de la red SS7.

Por lo regular estas ventanas de mantenimiento toman lugar durante la madrugada, que son las horas durante las cuales la cantidad de usuarios es menor, y por consiguiente cualquier falla en la red tendrá el menor impacto posible.

Además de las ventanas de mantenimiento, existe un mecanismo que permite minimizar la posibilidad de fallas eventuales en el servicio debido a los cambios que se realizarán en las configuraciones de los equipos de una red. Este mecanismo se conoce como control de cambios.

5.1.2. Control de cambios

El control de cambios consiste en realizar un planeamiento detallado de las actividades por realizar durante una ventana de mantenimiento. El control de cambios requiere de diversos elementos de información, que se listan a continuación.

- Lista de actividades detalladas, es decir los cambios exactos a las configuraciones.
- Definición de los equipos de la red involucrados.
- Definición del responsable de los cambios.
- Establecer si el servicio a los usuarios será interrumpido y en ese caso, cuanto tiempo.
- Establecer la lista de pruebas por realizar para comprobar que el servicio no se afectó.
- Establecer la serie de pasos a seguir en caso de emergencia o falla.

Para que el control de cambios funcione, un responsable a cargo de verificar que toda esta información haya sido provista debe permitir o rechazar la realización del cambio.

Una vez demostrados los conceptos de ventana de mantenimiento y control de cambios, se muestran en las siguientes secciones, las configuraciones realizadas a los nodos de las redes SS7; los cambios mostrados en este capítulo se refieren a los diagramas 3.2.5-1 y 3.2.6-1 de las redes SS7, mostrados en las secciones 3.2.5 y 3.2.6 respectivamente, del capítulo "Análisis del problema".

5.1.3. Configuración de centros de mensajes

En esta sección se presenta el detalle de las configuraciones realizadas en los centros de mensajes, primeramente se presentan los cambios realizados en el centro de mensajes del operador A.

5.1.3.1. Centro de mensajes del operador A

La primera configuración realizada consistió en agregar las rutas de los nuevos elementos de red con los que el centro de mensajes va a tener comunicación. Estas se presentan en la tabla 5.1.3.1-1. Los point codes y rutas de dicha tabla se han obtenido de los diagramas de red 3.2.5-1 y 3.2.6-1.

Registro	Nodo	Point Code	Ruta primaria	Ruta secundaria	SSN ¹
1	HLR U	BBB-UUU-UUU	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
2	HLR V	BBB-VVV-VVV	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
3	HLR W	BBB-WWW-WWW	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
4	HLR X	BBB-XXX-XXX	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
5	HLR Y	BBB-YYY-YYY	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
6	HLR Z	BBB-ZZZ-ZZZ	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
7	MSC 1	BBB-111-111	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
8	MSC 2	BBB-222-222	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
9	MSC 3	BBB-333-333	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
10	MSC 4	BBB-444-444	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
11	MSC 5	BBB-555-555	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
12	MSC 6	BBB-666-666	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
13	MC 1	BBB-AAA-AAA	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
14	MC 2	BBB-BBB-BBB	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8
15	MC 3	BBB-CCC-CCC	AAA-000-000	AAA-PPP-PPP	8

Tabla 5.1.3.1-1 Rutas a los point codes de nuevos elementos de red

En la tabla 5.1.3.1-1, cada nuevo elemento de red tiene asignado su correspondiente point code, así como un par de point codes correspondientes a los STP que le permiten al centro de mensajes comunicarse con la otra red SS7.

La siguiente configuración realizada, consiste en dar de alta los rangos de MDNs que administra el operador B. Los rangos de MDNs consisten de 6 dígitos; cada uno de estos rangos corresponde a diez mil números. A cada rango se le relaciona un HLR al cual el centro de mensajes enviará los mensajes MAP SMSREQ para solicitarle información.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de los rangos agregados al centro de mensaje. Ver tabla 5.1.3.1-2. En este ejemplo se establece por ejemplo, que los rangos que comienzan con 4444 son propiedad del operador B.

Registro	Rango	HLR
1	444401	HLR Y
2	444402	HLR Y
3	444403	HLR X
...
N	4444NN	HLR N

Tabla 5.1.3.1-2 Tabla de rangos vs HLRs en el centro de mensajes del operador A

¹ El SSN (SubSystem Number) usado para el servicio de SMS es por lo regular el 8. Este es un valor que usan las capas SCCP de los nodos de red SS7 para identificar aplicaciones.

Durante la implementación se hizo necesaria una configuración adicional en el centro de mensajes del operador A. Este tipo de configuraciones adicionales se contempla en la actividad conocida como "Ajustes y Troubleshooting". Durante esta actividad se solucionan problemas detectados durante una primera etapa de pruebas.

Esta configuración consistió en ajustar el TON² y el NPI³ de los mensajes recibidos por el centro de mensajes del operador A, de los centros de mensajes del operador B; lo que sucede por medio de mensajes SMDPP como ya se ha mencionado. El problema que se detectó durante la etapa de implementación consistía en que los mensajes enviados desde los centros de mensajes del operador B tenían asignado el TON con el valor de dos, y el NPI con el valor de uno.

El centro de mensajes posee una tabla para realizar una translación de TON y NPI. Haciendo uso de esta tabla, el TON y el NPI se pudieron corregir cambiándose a TON igual a uno y NPI igual a uno. Que son los valores requeridos para poder enviar estos mensajes correctamente. Este hecho se ilustra en la siguiente figura. Ver figura 5.1.3.1-1.

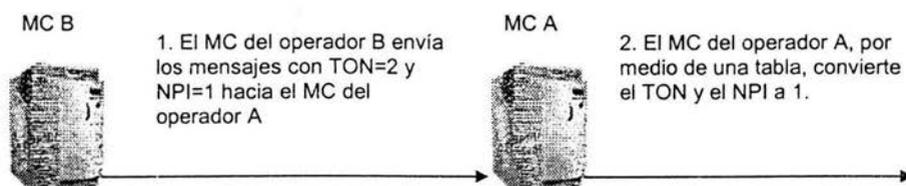


Figura 5.1.3.1-1 Cambio de TON y NPI en el centro de mensajes del operador A

² TON corresponde a las siglas de Type of Number (Tipo de Número). El TON junto con el NPI identifican al originador y al destino de un mensaje SMS. Por ejemplo, la combinación TON y NPI puede establecer si el número MDN originador de un mensaje SMS es internacional, mientras que su número MDN destino es nacional. Por lo regular, los operadores usan el valor de TON=1. Existen varios valores para el TON, que se muestra en la siguiente tabla. Ver tabla 5.1.3.1-3.

Valor de TON	Significado
0	Unknown
1	International
2	National
3	Network
4	Abbreviated
5	Alphanumeric
6	Reservado
7	Reservado

Tabla 5.1.3.1-3 Tabla de tipos de numeración, TON

³ NPI corresponde a las siglas de Numbering Plan Indicator (Indicador de Plan de Numeración). Regularmente los operadores usan el valor de NPI=1. Los valores posibles para el NPI se muestran en la siguiente tabla, ver tabla 5.1.3.1-4.

Valor de NPI	Significado
0	Unknown
1	E164
3	X121
4	Telex
8	National
9	Private
10	ERMES

Tabla 5.1.3.1-4 Tabla de Indicadores de Plan de Numeración, NPI

5.1.3.2. Centros de mensajes del operador B

La configuración realizada en los centros de mensajes del operador B consistió en agregar las rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A y actualizar sus tablas de ruteo.

En la siguiente tabla se ejemplifica las nuevas rutas agregadas, para que los centros de mensajes del operador B puedan enviar información al centro de mensajes del operador A. Ver tabla 5.1.3.2-1. Los point codes y rutas de dicha tabla se han obtenido de los diagramas de red 3.2.5-1 y 3.2.6-1.

Registro	Nodo	Point Code	Ruta primaria	Ruta secundaria	SSN
1	MC A	AAA-AAA-AAA	BBB-OOO-OOO	BBB-PPP-PPP	8

Tabla 5.1.3.2-1 Rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A

La otra configuración de los centros de mensajes del operador B consistió en dar de alta los rangos de MDNs del operador A en su tabla de ruteo. Con este cambio se logra que los centros de mensajes del operador B, reenvíen un mensaje al centro de mensajes del operador A, cuando el MDN destino de un mensaje se encuentre dentro de estos rangos.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de los rangos agregados a las tablas de ruteo de los centros de mensajes. Ver tabla 5.1.3.2-2. En este ejemplo se establece por ejemplo, que los rangos que comienzan con 555500 son propiedad del operador A.

Registro	Rango	Destino
1	555501	MC-A
2	555502	MC-A
3	555503	MC-A
4	555504	MC-A
5	555505	MC-A
...
N	5555NN	MC-A

Tabla 5.1.3.2-2 Nuevos registros en las tablas de ruteo de los centros de mensaje del operador B

5.1.4. Configuración de MSCs

No hubo necesidad de realizar configuraciones en los MSCs del operador A. Por otro lado, en los MSCs del operador B se requirió agregar el point code del centro de mensajes del operador A, como se muestra en la tabla 5.1.4-1. Los point codes y rutas de dicha tabla se han obtenido de los diagramas de red 3.2.5-1 y 3.2.6-1.

Registro	Nodo	Point Code	Ruta primaria	Ruta secundaria	SSN
1	MC A	AAA-AAA-AAA	BBB-OOO-OOO	BBB-PPP-PPP	8

Tabla 5.1.4-1 Rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A

5.1.5. Configuración de HLRs

No hubo necesidad de realizar configuraciones en los HLRs del operador A. Por otro lado, en los HLRs del operador B se requirió agregar el point code del centro de mensajes del operador A, como se muestra en la tabla 5.1.5-1. Los point codes y rutas de dicha tabla se han obtenido de los diagramas de red 3.2.5-1 y 3.2.6-1.

Registro	Nodo	Point Code	Ruta primaria	Ruta secundaria	SSN
1	MC A	AAA-AAA-AAA	BBB-OOO-OOO	BBB-PPP-PPP	8

Tabla 5.1.5-1 Rutas hacia el point code del centro de mensajes del operador A

5.2 Calendarización del proyecto

A continuación se muestra el diagrama de Gant para el desarrollo del proyecto. Ver figura 5.2-1.

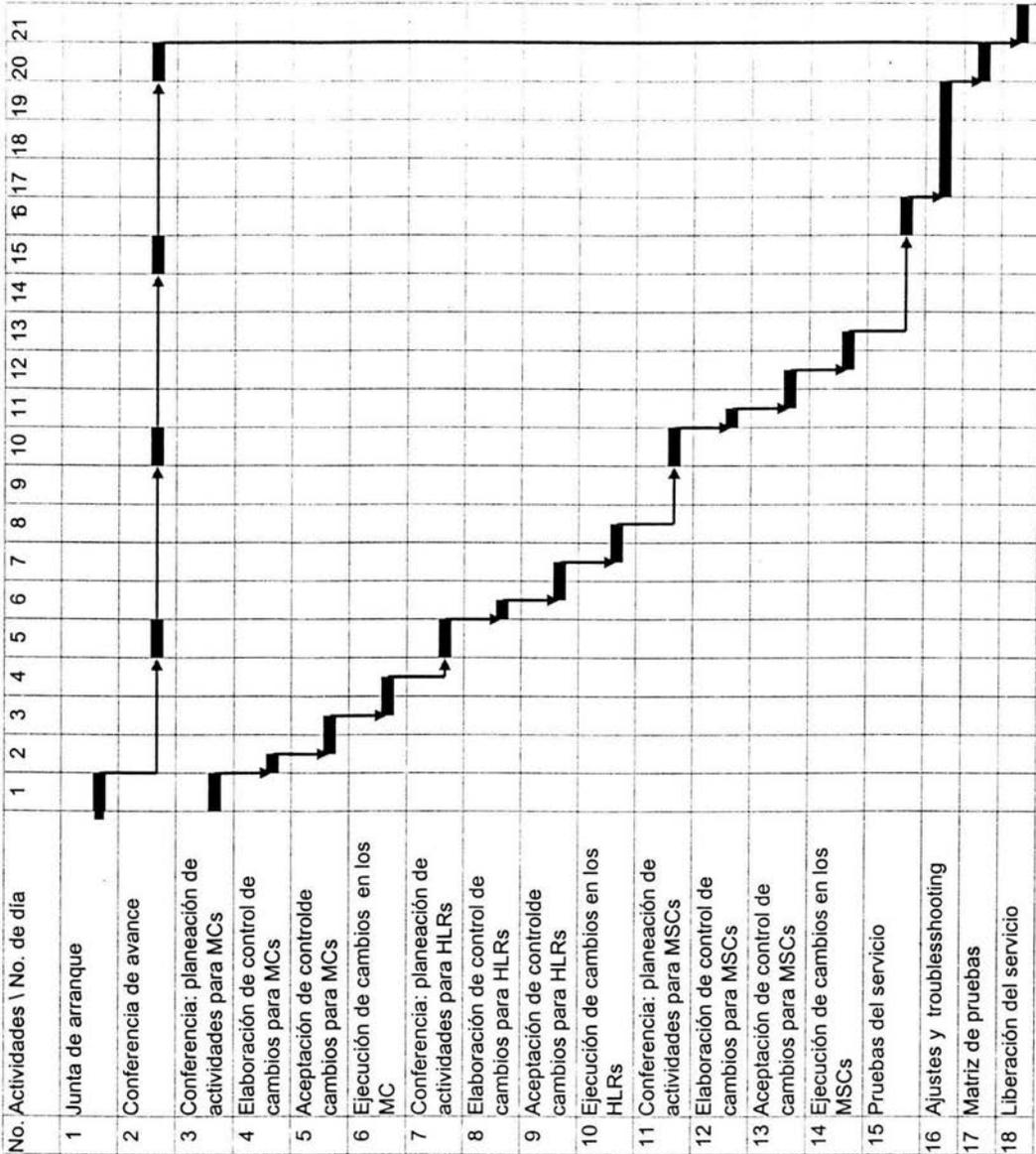


Figura 5.2-1 Diagrama de Gant para el proyecto

Este capítulo ha reseñado las actividades específicas que se llevaron a cabo para la implantación del proyecto, en el capítulo siguiente se presentará el análisis de resultados y conclusiones.

CAPITULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este capítulo se presenta el análisis de los resultados obtenidos con la solución implantada. Se presentan también las conclusiones desprendidas de este proyecto.

6.1. Análisis de resultados

Esta sección describe los dos mecanismos usados para realizar el análisis de resultados de la solución propuesta. Primeramente, se describe la matriz de pruebas para luego presentar el concepto de los registros de datos clientes.

6.1.1. Matriz de pruebas

El primer mecanismo que se usó para medir los resultados de la solución propuesta, consiste en el uso de una matriz de pruebas. La matriz de prueba es una tabla que resume todos los escenarios que se desea funcionen correctamente.

La matriz de pruebas para este proyecto se presenta en la siguiente tabla, ver tabla 6.1.1-1, junto con los resultados obtenidos.

Escenario		Descripción	Resultado	Comentarios
Mensaje de la red del operador A hacia la red del operador B	MO	El mensaje debe ser entregado al MC del operador A	Correcto	Se localizó el mensaje en la base de datos del centro de mensajes
Mensaje de la red del operador A hacia la red del operador B	MT	El mensaje debe ser entregado a un móvil de la red del operador B.	Correcto	El mensaje se recibió en una estación móvil con MDN 4444XXXXXX
Mensaje de la red del operador B a la red del operador A	MO	El mensaje debe ser entregado a cualquiera de los MC del operador B	Correcto	El mensaje se localizó en la base de datos del centro de mensajes
Mensaje de la red del operador B a la red del operador A	MT	El mensaje debe ser entregado a un móvil de la red del operador A.	Correcto	El mensaje se recibió en una estación móvil con MDN 5555XXXXXX
Acuse de recibo hacia un suscriptor de la red A	MT	El acuse de recibo debe ser entregado a un suscriptor de la red A	Correcto	El acuse de recibo se recibió en una estación móvil con MDN 5555XXXXXX
Acuse de recibo hacia un suscriptor de la red B	MT	El acuse de recibo debe ser entregado a un suscriptor de la red B	Correcto	El acuse de recibo se recibió en una estación móvil con MDN 4444XXXXXX

Tabla 6.1.1-1 Matriz de pruebas

La matriz de pruebas final muestra éxito en los escenarios esperados; aunque durante la etapa de ajustes ésta presentó resultados incorrectos, que fueron corregidos finalmente.

6.2. Conclusiones

A partir del diseño e implantación del proyecto presentado en esta tesis, se pueden realizar las siguientes conclusiones.

1. El servicio de mensajes cortos puede integrarse entre diversos operadores celulares por medio de sus redes SS7, de manera rápida, eficiente, confiable y económica; siempre y cuando todos ellos basen su tecnología de comunicación en CDMA.
2. A pesar de que la interfaz de aire de CDMA está definida en el estándar TIA-EIA-95 y los mecanismos de SMS se definen en el estándar TIA-EIA-637, es indispensable conocer con profundidad el estándar TIA-EIA-41 así como las redes SS7, para poder comprender, diseñar y proponer mecanismos de comunicación de voz y mensajes cortos entre operadores celulares.
3. Aún cuando en este proyecto la solución seleccionada no se relaciona con el uso del protocolo SMPP, el análisis del problema nos lleva a concluir que dicho protocolo es sumamente poderoso tanto para integrar aplicaciones al servicio de SMS, como para comunicar sistemas de mensajes cortos.
4. Del análisis del problema, se pudo constatar que los gateways de SMPP son el futuro de la interconexión de sistemas cortos. Esta tecnología es particularmente útil para interconectar sistemas de mensajes cortos cuando los operadores poseen tecnologías diferentes; por ejemplo CDMA y GSM. Sin embargo se debe tener en cuenta que el uso de tales gateways involucra costos de operación adicionales.
5. Es sabido que la tecnología de telecomunicaciones se desarrolla con gran rapidez, por lo que es necesario comentar brevemente que el servicio de mensajes cortos ha evolucionado hacia lo que se conoce como MMS, Multimedia Messaging Service, servicio que hace uso de la siguiente generación de CDMA, conocida como tercera generación; esta tecnología permite el intercambio de sonido, imágenes y video por medio de velocidades de transmisión más altas. La implantación de estas nuevas tecnologías en México traerán consigo sin duda las mismas necesidades planteadas en la presente tesis.

BIBLIOGRAFÍA

1. *TIA/EIA/637, Short Message Service*, TIA/EIA.
2. *TIA/EIA/95, Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Spread Spectrum Systems*, TIA/EIA.
3. *ANSI/TIA/EIA-41-D, Cellular Radio-Telecommunications Intersystem Operations*, ANSI/TIA/EIA December 1997.
4. **Tutorial on Signaling System 7 (SS7)**. *Performance technologies*, <http://www.pt.com>.
5. **CDMA RF System Engineering**. Yang, Samuel C. Artech House Boston-London , 1998
6. **Global System for Mobile Communications Tutorial**, *International Engineering Consortium*, <http://www.iec.org>.