

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**"IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE SEÑALIZACIÓN CCS 7 PARA
UN SISTEMA DE TELEFONÍA CELULAR AMPS / CDMA"**

INFORME DE INGENIERÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR

EDWIN BERNUY CHAVEZ

**PROMOCIÓN
1994 – II**

**LIMA – PERÚ
2003**

**A mi madre, dulce autora de mis días,
un pequeño homenaje a sus
desvelos y su inmenso amor.**

**IMPLEMENTACION DE LA RED DE SEÑALIZACION CCS 7
PARA UN SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR AMPS / CDMA**

SUMARIO

El presente trabajo aporta los detalles más destacables en el proceso de implementación de una red de Señalización en un Sistema de Telefonía Celular. Con este objetivo se realiza el estudio y presentación de información relacionada al Sistema de Señalización Nro 7, también conocido por sus siglas en inglés como CCS7 “Common Channel Signalling N°7” (Señalización por Canal Común Nro 7). Asimismo se recopilaron datos técnicos de los equipos que conforman los nodos de la red y se describe la configuración de dichos equipos con la finalidad de soportar los servicios basados en la aplicación para Telefonía ISUP y la aplicación para servicios inalámbricos ANSI-41.

INDICE

| | |
|--|----|
| PROLOGO | 1 |
| CAPITULO I | 4 |
| ANTECEDENTES | 4 |
| 1.1 Inicio del servicio de Telefonía Celular Banda A. | 4 |
| 1.2 Topología de la red y uso del estándar IS-41. | 6 |
| 1.3 Ingreso del Sistema GSM. | 11 |
| CAPITULO II | 15 |
| SISTEMA DE SEÑALIZACION N° 7 | 15 |
| 2.1 Tipos de Señalización usados en Telefonía. | 15 |
| 2.1.1 Señalización por Canal Asociado. | 15 |
| 2.1.2 Señalización por Canal Común. | 22 |
| 2.2 Señalización por Canal Común N° 7. | 24 |
| 2.2.1 Componentes básicos de una Red de Señalización N° 7 | 26 |
| 2.2.2 Clasificación según las Aplicaciones usadas en la Red. | 30 |
| 2.2.3 Clasificación según los modos de Operación. | 33 |
| 2.2.4 Descripción del Protocolo de Señalización N° 7. | 35 |
| CAPITULO III | 68 |
| APLICACIÓN ISUP PARA TELEFONIA | 68 |
| 3.1 Proceso de una llamada telefónica. | 68 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2 | Mensajes ISUP. | 71 |
| 3.2.1 | Initial Address message IAM. | 72 |
| 3.2.2 | Proceso de Chequeo de Continuidad COT. | 73 |
| 3.2.3 | Address Complete Message ACM. | 74 |
| 3.2.4 | Answer Message ANM. | 75 |
| 3.2.5 | Release Message REL. | 76 |
| 3.2.6 | Release Complete Message RLC. | 78 |
| 3.2.7 | Suspend Message SUS. | 78 |
| 3.2.8 | Resume Message RES. | 78 |
| | CAPITULO IV | 79 |
| | APLICACIÓN ANSI-41 PARA SERVICIOS INALAMBRICOS | 79 |
| 4.1 | Definiciones de una red celular con protocolo ANSI-41. | 81 |
| 4.1.1 | Home Location Register HLR | 81 |
| 4.1.2 | Visitor Location Register VLR | 81 |
| 4.1.3 | Mobile Switching Center MSC | 82 |
| 4.1.4 | Mobile Station | 83 |
| 4.1.5 | CellSites | 83 |
| 4.1.6 | Mobile Identification Number | 84 |
| 4.1.7 | Temporary Local Directory Number TLDN | 84 |
| 4.2 | Tipos de Mensajes ANSI-41. | 84 |
| 4.3 | Procedimientos ANSI-41. | 85 |
| 4.3.1 | Interystem Handoff. | 85 |
| 4.3.2 | Handoff Back. | 86 |
| 4.3.3 | Handoff hacia un tercero. | 87 |

| | | |
|---|--|-----|
| 4.3.4 | Roaming automático y Call delivery. | 88 |
| 4.3.5 | Location & Routing Requests. | 90 |
| 4.3.6 | Otros mensajes ANSI-41. | 92 |
| CAPITULO V | | 96 |
| INTEGRACION DE UN STP PARA APLICACIONES ISUP Y ANSI-41 | | 96 |
| 5.1 | Estado inicial de la red Celular en el proyecto. | 96 |
| 5.2 | Configuración de la Red de señalización. | 99 |
| 5.3 | Red de Señalización Internacional ANSI-41 | 102 |
| 5.4 | Requerimiento de equipos necesarios. | 104 |
| 5.5 | Descripción funcional de la Central DMS-100 SNSE | 105 |
| 5.5.1 | Arquitectura del Supernode DMS | 107 |
| 5.6 | Proceso de implantación de las centrales STP | 112 |
| 5.7 | Datos de los nodos involucrados en la Red | 113 |
| 5.8 | Configuración de enlaces y rutas en los STPs | 115 |
| 5.8.1 | Definición de señalizadores. | 115 |
| 5.8.2 | Definición del Punto de Código local. | 116 |
| 5.8.3 | Definición de Linksets. | 117 |
| 5.8.4 | Definición de Enlaces de Señalización. | 121 |
| 5.8.5 | Enrutamiento de los Destinos . | 123 |
| 5.8.6 | Definición de los temporizadores usados en los links | 124 |
| 5.9 | Pruebas de interconexión CCS7 de la central STP | 124 |
| CONCLUSIONES | | 135 |
| ANEXO A | | 137 |
| SISTEMA CELULAR CON TECNOLOGIA ANALOGICA AMPS | | 138 |

| | | |
|--------|--|-----|
| A.1 | Introducción. | 138 |
| A.2 | Teoría Básica de la Telefonía Celular Analógica AMPS. | 143 |
| A.2.1 | Celda (Célula). | 143 |
| A.2.2 | Transmisión Full – duplex. | 144 |
| A.2.3 | Canales de Voz. | 145 |
| A.2.4 | Canales de Control. | 145 |
| A.2.5 | Espectro de Frecuencias y canales. | 146 |
| A.2.6 | Relación entre frecuencia y canal. | 148 |
| A.2.7 | Reuso de Frecuencias. | 148 |
| A.2.8 | Componentes Básicos del Sistema Celular. | 152 |
| A.2.9 | Padrones de Agrupamientos Celulares (Clusters). | 154 |
| A.2.10 | SAT Supervisory Audio Tone. | 157 |
| A.2.11 | ST Signalling Tone. | 159 |
| A.2.12 | Tipos de mensajes de Señalización en la interface de RF. | 159 |
| A.3 | Procesamiento de Llamadas. | 166 |
| A.3.1 | Llamada originada en el móvil. | 166 |
| A.3.2 | Liberación por el móvil. | 167 |
| A.3.3 | Llamada originada en la red pública. | 168 |
| A.3.4 | Liberación por la red pública. | 170 |
| A.3.5 | Handoff. | 172 |
| | ANEXO B | 176 |
| | SISTEMA CELULAR CON TECNOLOGIA DIGITAL CDMA | 177 |
| B.1 | CDMA Code Division Multiple Access. | 177 |

| | | |
|----------------------------|--|-----|
| B.2 | Comparación del Sistema CDMA con otras tecnologías | 179 |
| B.2.1 | Implementación de la 1ra portadora de CDMA | 182 |
| B.2.2 | El Sistema CDMA visto como una reunión internacional | 183 |
| B.3 | Conceptos de Codificación Digital de voz. | 185 |
| B.3.1 | Isomorfismo. | 187 |
| B.3.2 | Spreading. | 188 |
| B.3.3 | Códigos Pn (Ruido Pseudo aleatorio). | 189 |
| B.3.4 | Códigos Walsh | 191 |
| B.3.5 | Canales del Enlace Forward en CDMA. | 192 |
| B.3.6 | Canales del Enlace Inverso en CDMA. | 193 |
| B.4 | Procesamiento de Llamadas en un Sistema CDMA. | 195 |
| B.5 | Diversidad en CDMA. | 197 |
| B.6 | Handoffs en CDMA. | 199 |
| B.7 | Diagrama de bloques del enlace directo (Forward link). | 202 |
| B.8 | Codificador IS-95 del enlace inverso (Reverse link). | 206 |
| ANEXO C | | 209 |
| SISTEMA CELULAR GSM | | 210 |
| C.1 | Antecedentes históricos del GSM. | 210 |
| C.2 | Ventajas introducidas por el Sistema GSM | 216 |
| C.3 | Estructura del Sistema GSM | 217 |
| C.4 | Arquitectura funcional del Sistema GSM | 220 |
| C.4.1 | Elementos de un Sistema GSM | 222 |

| | | |
|-------------------------|---|------------|
| C.4.2 | Interface Aire en GSM. | 240 |
| C.5 | Características adicionales del Sistema GSM. | 254 |
| C.5.1 | Principio y procesos de autenticación. | 254 |
| C.5.2 | Alineamiento adaptivo de trama. | 259 |
| C.5.3 | Handover. | 261 |
| C.5.4 | Transmisión discontinua. | 262 |
| C.5.5 | Frequency hopping. | 263 |
| C.5.6 | Location Update. | 263 |
| C.5.7 | Call processing. | 265 |
| C.6 | Diferencias entre GSM900, GSM 1800 y GSM 1900. | 267 |
| C.7 | GPRS y la transición hacia la Tercera Generación. | 270 |
| ANEXO D | | 274 |
| LISTA DE FIGURAS | | 275 |
| ANEXO E | | 280 |
| LISTA DE TABLAS | | 281 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 282 |

PROLOGO

El desarrollo de las Telecomunicaciones en los últimos años ha experimentado un crecimiento exponencial en cuanto a la gama de servicios ofrecidos, calidad de la comunicación, velocidad de transmisión de datos y sobre todo en la penetración de estos servicios en sectores de la población donde antes era muy difícil hacerlo. La mejora en los costos de producción y operación de los equipos involucrados ha hecho que los servicios ofrecidos se pongan más al alcance de los usuarios, provocando así la masificación de su uso. Uno de estos casos es el servicio de Telefonía celular , el cual en sus inicios era de alto costo tanto en la infraestructura de las Centrales y Estaciones base, como en los equipos terminales de los usuarios. Hoy en día el número de usuarios de Telefonía Celular a nivel mundial ha alcanzado casi a los de Telefonía fija, en nuestro país todavía este nivel está lejos de lograrse, ya que la penetración de este servicio está alrededor del 4%, mientras que la de telefonía fija está por el 8% (Datos de Osiptel 2do Trimestre 2001). Sin embargo adicionalmente a la presencia original de dos compañías operadoras de Telefonía celular en la banda de 800 MHz se ha dado la aparición de una tercera operadora en la Banda de 1,9 GHz lo cual le ha dado al mercado peruano un nuevo impulso, propiciando la competencia y el consiguiente beneficio de los usuarios.

Detrás de la plataforma comercial y de marketing de las compañías operadoras y , en condiciones normales alejada de la percepción directa de los usuarios, se encuentra la variada infraestructura de equipos que se encarga de proveer los medios físicos para la óptima disponibilidad de los servicios. Dentro de esta infraestructura se encuentra la red de Señalización que en palabras simples es el sistema que permite a Centrales de diferentes operadores y de diferentes fabricantes conversar entre ellas para la gestión de llamadas de voz, datos, servicios de valor agregado, de Red inteligente, etc.

El objetivo del presente trabajo es analizar el Sistema de señalización Nro 7, que es el estándar más usado en los Servicios de Telefonía de la actualidad, y su uso en las Aplicaciones ISUP e IS-41 para una red de Telefonía celular. Asimismo describir el proceso de implementación de una red de Señalización local para Servicios de Telefonía Móvil con enlaces de señalización orientados a la conexión y enlaces no orientados a la conexión. Adicionalmente dar una descripción de las Tecnologías de Telefonía Móvil usadas en nuestro País para la Banda A,

Para lograr esto se analizará los datos necesarios para implementar un STP (Signalling Transfer Point) en el Sistema de Señalización Nro 7 de la red de Telefonía Celular banda A de nuestro País, luego se hará una simulación de la configuración de estos datos en una Central DMS-100 de Tecnología Northern Telecom. Asimismo agradezco de manera muy especial a mi Alma Mater, LA UNI, que formó mis conocimientos base, el

criterio indispensable de un Ingeniero y el afán de seguir aprendiendo algo nuevo cada día. A mis maestros del 1er al último Ciclo académico y en especial al Ing. Frans Peralta quien me hizo la gentil deferencia de ser mi asesor en el presente proyecto. A las personas que trabajaron con el que subscribe durante los 6 últimos años, en las compañías Telefónica del Perú, AT&T Latin América y Telecom Italia Mobile, los cuales colaboraron en el desarrollo de mis conocimientos y experiencia profesional.

CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTORICOS DEL SISTEMA CELULAR EN EL PERU

1.1 Inicio del Servicio de Telefonía Celular Banda A

En Abril del año 1991, se inicia la Operación de la Primera Central de Conmutación de Telefonía Celular, gracias a la gestión de la entonces Compañía Peruana de Teléfonos (CPT). Esta central estaba ubicada en la Oficina de Higuiereta, distrito de Surco y para su implementación se adquirió una Central DMS – MTX de tecnología Northern Telecom con una capacidad para atender 4000 abonados , a la vez que se instalaron tres Estaciones Base configuradas en el modo de radiación omnidireccional, ubicadas en el Morro Solar , Centro Cívico de Lima y el Cerro Camacho. Los lugares anteriormente mencionados fueron escogidos estratégicamente por su apropiada altitud y ubicación para dar cobertura en un inicio a la ciudad de Lima Metropolitana. El servicio ofrecido en provincias, estaba soportado por una Central de tecnología Northern Telecom, cuya instalación y operación estuvo a cargo de la entonces Entel Peru con ubicación en el Jr. Washington en Lima. Desde esta central se controlaba las Estaciones Base ubicadas en Huancayo, Ayacucho, Jauja y Huánuco.

Para el mes de Agosto de ese mismo año, ante la buena acogida del servicio y previendo un crecimiento de la demanda, se amplió la capacidad

de la central DMS-MTX de Higuiereta a 12000 abonados y se instalan 6 Estaciones Base adicionales, las cuales atenderían el aumento de tráfico y mejorarían la cobertura.

Para el año 1992 , se realizó una segunda expansión de ocho (8) Estaciones Base, usando también antenas con patrón de radiación Omnidireccional, y ampliando la capacidad de la Central para atender a 22,200 abonados . Las estaciones base ampliadas fueron localizadas en los siguientes distritos: San Borja, Higuiereta , Ancón, Callao, Carabayllo, Vitarte, Monterrico y Zárate.

En 1993 se realizó una tercera expansión de seis (6) Estaciones Base, y ampliando la capacidad de la central de Higuiereta para atender a 30,000 abonados. En las ciudades de Trujillo y Arequipa se instalaron centrales DMS-MTX con sus respectivas Estaciones Base para atender abonados de estas ciudades y las ciudades más importantes de cada zona.

En 1994 se realizó una cuarta expansión, a partir de la cual se usó la técnica de sectorización de las estaciones base, para facilitar la implantación de más estaciones. Se pone en funcionamiento también una central DMS-MTX y una estación base en las ciudades de Iquitos y Tarapoto.

A partir de 1995 se instalan de 10 a 20 Estaciones Base por año, según la demanda estimada para el año entrante tanto en Lima como en provincias.

A finales del año 1996 e inicios de 1997 se toma la decisión de introducir la tecnología digital en la red, y se tenía que elegir entre dos opciones: el acceso múltiple con división en el tiempo (TDMA) o el acceso múltiple por división de códigos (CDMA). Después de un cuidadoso estudio se opta por la segunda alternativa, lo que involucraba cambiar también el Hardware de toda la red AMPS existente. En noviembre de 1997 se inicia el reemplazo de las centrales y Estaciones Base de Lima, continuándose con este proceso hasta fines de 1998 que culminó con el reemplazo de las centrales de Trujillo y Arequipa.

1.2 Topología de la red y uso del estándar IS-41

La red voz y señalización del Sistema celular banda A consta de los siguientes nodos:

- a) En la capital: Tres MSCs (Mobile Switching Center), aproximadamente ciento cincuenta (150) estaciones base duales AMPS / CDMA, 2 HLR (Home Location Register) que contienen las bases de datos de los móviles, 2 Servidores de Voice Mail para el correo de voz de los clientes, y un Convertidor del protocolo IS-41 a DMX y viceversa.
- b) En la zona norte del País se dispone de un MSC, un servidor de Voice mail y Estaciones Base duales en la mayoría de ciudades de la costa y sierra norte.
- c) En la zona sur del País se dispone de un MSC, un servidor de Voice mail y Estaciones Base duales en la mayoría de ciudades de la costa y sierra sur.

- d) Estaciones base que cubren las principales ciudades de la sierra central y de la selva del País, dichas estaciones controladas por la MSC de la Capital.

La interconexión con la Red de Telefonía básica local en la capital se realiza a través de enlaces con las dos centrales de tránsito principales: La Tandem de San Isidro y la Tandem de Washington, usando para esto troncales de voz con Señalización Nro 7 aplicación ISUP. En forma similar y usando también enlaces de señalización Nro 7, se realiza la interconexión con dos centrales de larga distancia: Lima1 y Lima2, dichos enlaces transportan las llamadas de larga distancia nacional e internacional, tanto entrantes como salientes. (Ver Fig 1.2).

Las centrales MSC de provincia Trujillo y Arequipa, se interconectan con las centrales nodales respectivas en cada ciudad, tanto para llamadas locales y de larga distancia. Adicionalmente estas centrales están interconectadas con las MSC de la capital, con la finalidad de brindar el servicio de Roaming automático nacional, usando para esto el protocolo DMX propietario del suministrador (Ver Figura 1.2). En el presente trabajo se expondrá como cambiará este protocolo DMX hacia el estándar IS-41 que es usado para el roaming internacional.

El nodo convertidor de protocolo es necesario para el servicio de roaming con redes de otros países, ya que estas redes no trabajan en el protocolo DMX por ser de diferentes fabricantes. Dicho convertidor se

comunica con las MSC a través de DMX, para las funciones análogas a lo que es el IS-41.

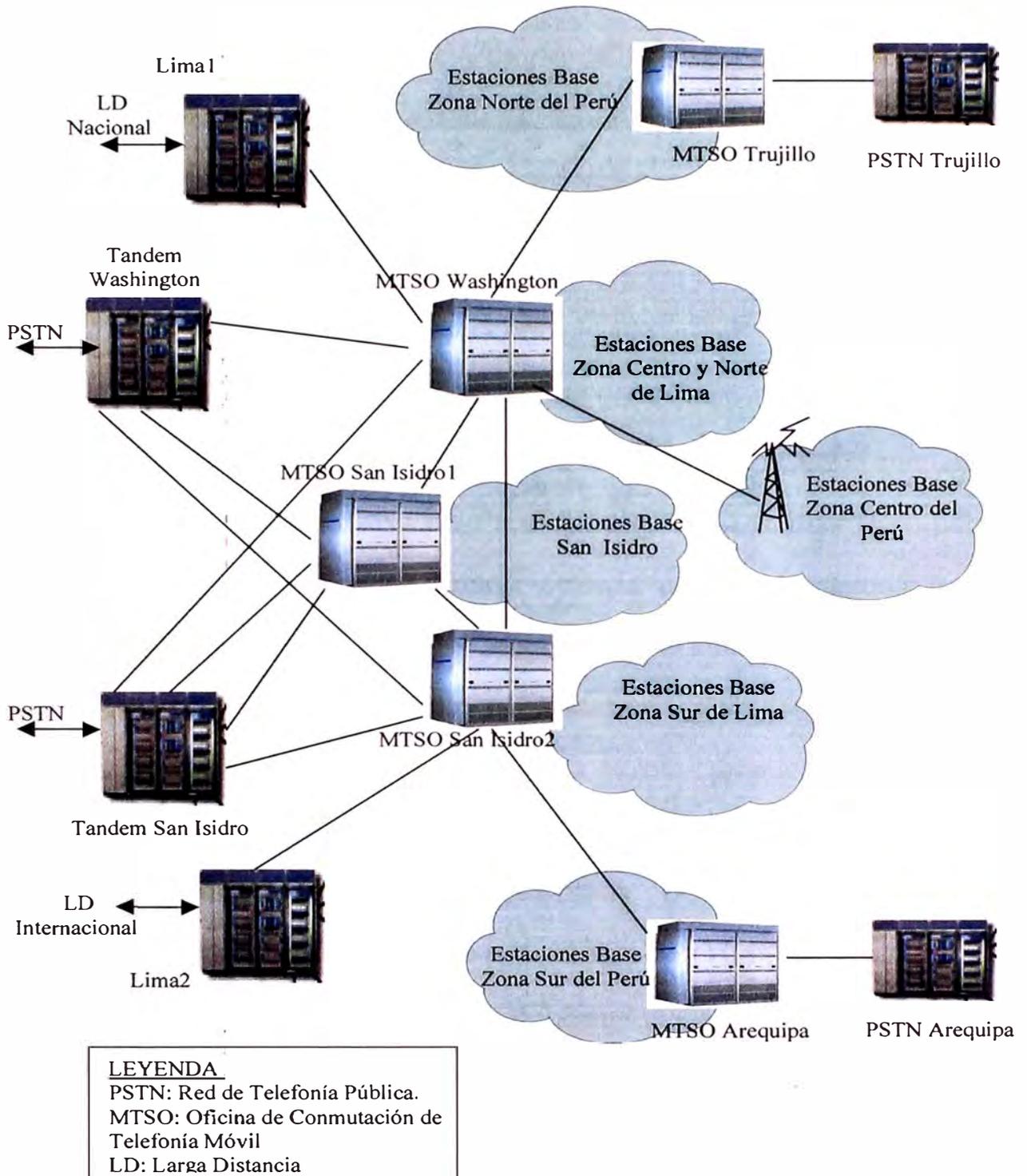


Figura 1.1 Red del Sistema Celular (Banda A)

En la figura 1.1 se muestra un diagrama de Red del Sistema celular Banda A de Nuestro País. Los enlaces que unen los diferentes nodos corresponden a enlaces de voz a través de E1s también conocidos como tramas de 2 Mbits. Más adelante la figura 1.2 muestra los enlaces de señalización entre los mismos nodos, en algunos casos dichos enlaces de señalización usan el mismo medio físico que los de voz, estas configuraciones se analizarán más en detalle en el capítulo 2.

En la figura 1.2 se muestra la red de señalización en el Sistema Celular de Banda A, los enlaces de Señalización Nro 7 (o CCS7) son usados para transportar los mensajes del Protocolo ISUP (ISDN User Part) para el establecimiento de las llamadas hacia y desde la Red de Telefonía Pública (PSTN), mientras que los enlaces DMX (Protocolo interno del suministrador) sirven para el establecimiento de llamadas entre los MSC (Mobile Switching Center) de la red Celular y también para el intercambio de mensajes de señalización no orientada a la conexión como son los relacionados al servicio de Roaming y Handoffs Intersistemas. Cuando la figura menciona la “red nacional de IS-41” se refiere a los enlaces que dan soporte al acuerdo de Roaming nacional con el operador del Sistema celular Banda B.

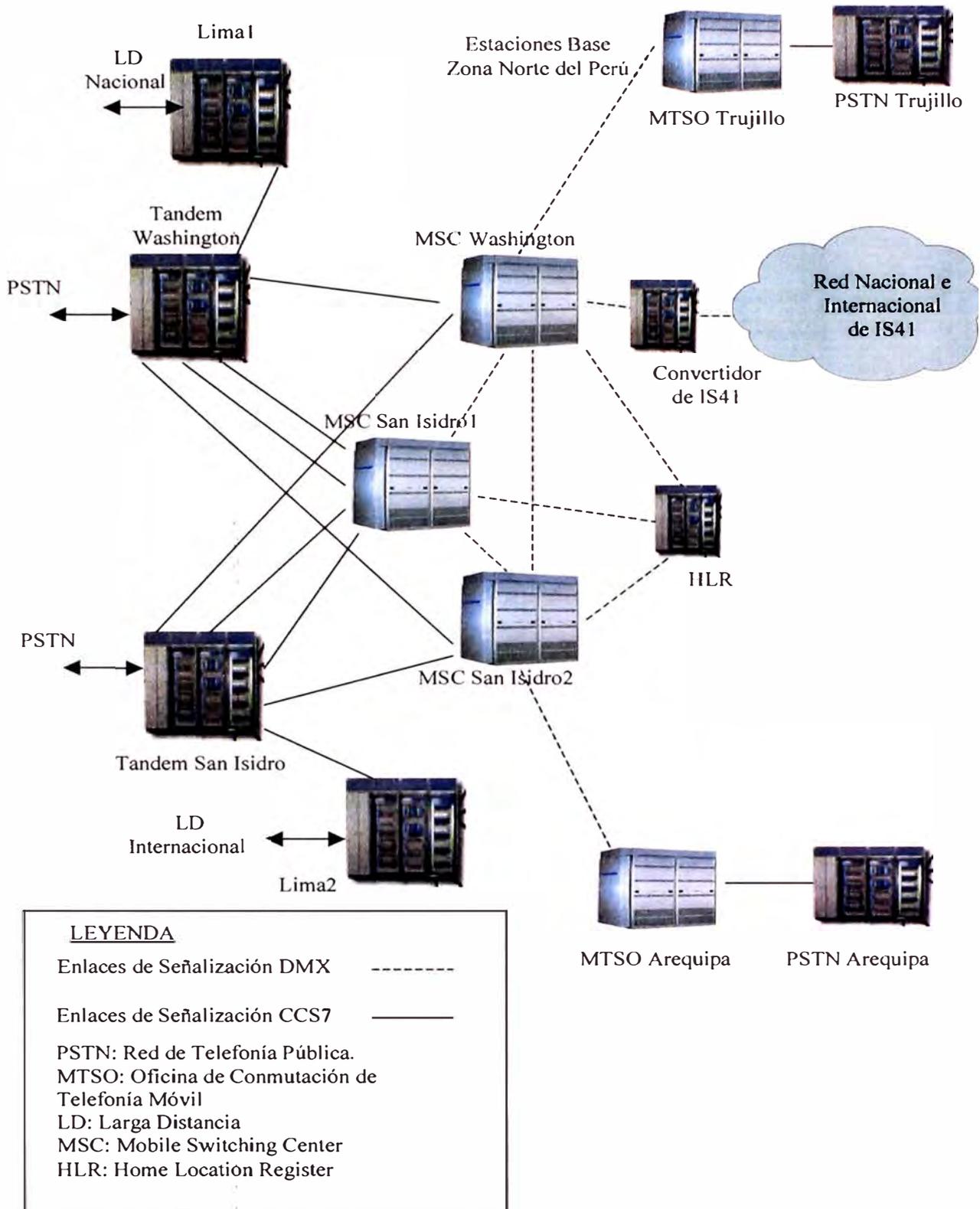


Figura 1.2 Red de Señalización del Sistema Celular (Banda A)

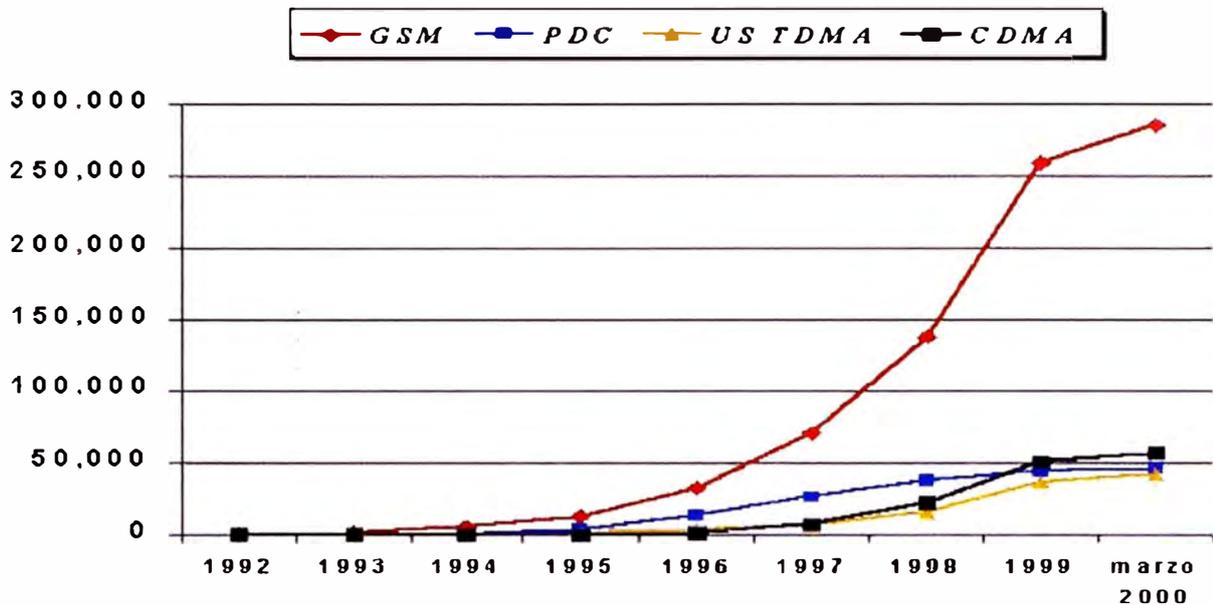
Como se verá en el anexo A de Telefonía celular analógica, cuando se hizo la división del espectro de radiofrecuencia, se concibió la idea de tener dos operadores en una misma área de servicio, es de ahí que nace la banda A y la Banda B, en nuestro país la primera fue entregada en concesión a la CPT que después sería adquirida por Telefónica del Perú, y la segunda fue entregada a Tele2000, que posteriormente fue adquirida por la Transnacional Bellsouth. Dentro de la concepción del servicio celular también se previó la posibilidad de que abonados de un operador, tuvieran servicio por medio del otro operador en las zonas donde la primera no tuviera cobertura, es así que se produce el acuerdo de Roaming Nacional entre las dos empresas operadoras de nuestro país.

1.3 Ingreso a nuestro País del Sistema GSM.

A mitad del año 2000 se otorgó la licencia de Telefonía móvil en la banda de 1900 MHz de nuestro país a la Transnacional Telecom Italia Mobil, miembro del grupo Telecom Italia, compañía que hasta inicios del año 2000 había logrado obtener 35 Millones de usuarios de telefonía celular GSM a nivel mundial (Fuente: EMC). En América del sur tiene presencia en Argentina, Brasil, Chile, Bolivia y Paraguay.

Actualmente la tecnología GSM es una de las más usadas en el mundo, principalmente por su característica de permitir el uso global del número de cliente en redes de diferentes países donde existe este Sistema. Inicialmente más difundido en los países europeos por ser originario de este

continente, el Sistema GSM es cada vez más aceptado en América y Asia, la figura 1.3 muestra esta tendencia.



Fuente: Asociación GSM

Figura 1.3 Tendencia de las Tecnologías por clientes (x1000)

La salida al aire comercialmente en nuestro país se realizó el 25 de enero del 2001, logrando captar la atención del mercado nacional de Telefonía Celular, un poco retraído hasta ese momento. TIM comenzó una agresiva campaña de marketing, difundiendo principalmente el concepto de "Libertad" ofrecida a los usuarios, libertad para obtener los terminales deseados a precios muy por debajo de los ofrecidos por los dos operadores anteriores, con la ausencia de un contrato que comprometa al cliente a seguir usando el servicio por uno o hasta dos años.

La tarificación en moneda nacional y sobre todo los servicios adicionales inherentes a una red GSM como son el envío gratuito de mensajes de texto, casilla de correo voz, roaming automático nacional, comunicación digital, autenticación, encriptación de la voz y una característica especial no vista antes en nuestro país, que es la de una tarjeta de identificación del usuario portátil, esto es la posibilidad de usar un número en diferentes terminales.

Esta tarjeta en realidad es un Chip, también llamado "SIM" card, por sus iniciales en Inglés Subscriber Identity Module (Módulo de identidad del suscriptor), que guarda en su interior los datos técnicos del suscriptor, esto es su identificación en la red, herramientas necesarias para la autenticación y encriptación, agenda personal del cliente y en algunos tipos de Chips mensajes de texto. La evolución de estas tarjetas va de la mano con el desarrollo de los servicios que la red y los propios terminales van experimentando. La figura 1.5 muestra como está prevista la evolución de la SIM cards y los tipos de terminales disponibles en los sistemas GSM.

A dos años de operación la cantidad de usuarios GSM en nuestro país ha llegado a los 350,000 clientes, la cobertura del servicio ha llegado a trece (13) ciudades, se cuenta con interconexión directa con todos los operadores de Telefonía fija y celular y se ha logrado acuerdos de roaming internacional con 35 países. En el Anexo C se incluye una descripción técnica más detallada de este Sistema.



Figura 1.4 Desarrollo de las SIMCards y algunos tipos de terminales GSM

CAPITULO II SISTEMA DE SEÑALIZACION N° 7

2.1 Tipos de Señalización usados en Telefonía

2.1.1 Señalización por canal asociado (R2).-

En los inicios de la telefonía, el envío de mensajes desde una central a otra era mediante el uso de un canal asociado dentro de la trama de PCM que llevaba la voz. Si se tiene la siguiente disposición de enlaces entre dos centrales:

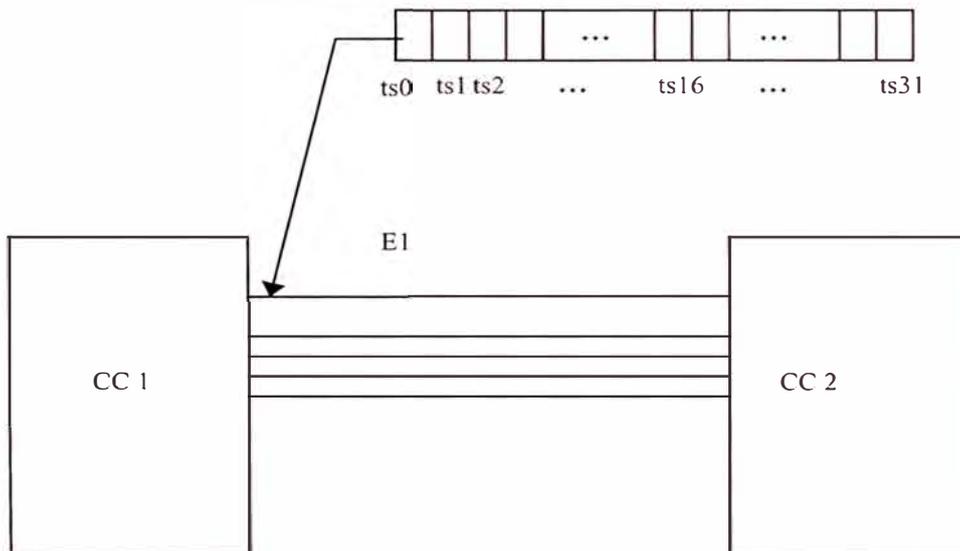
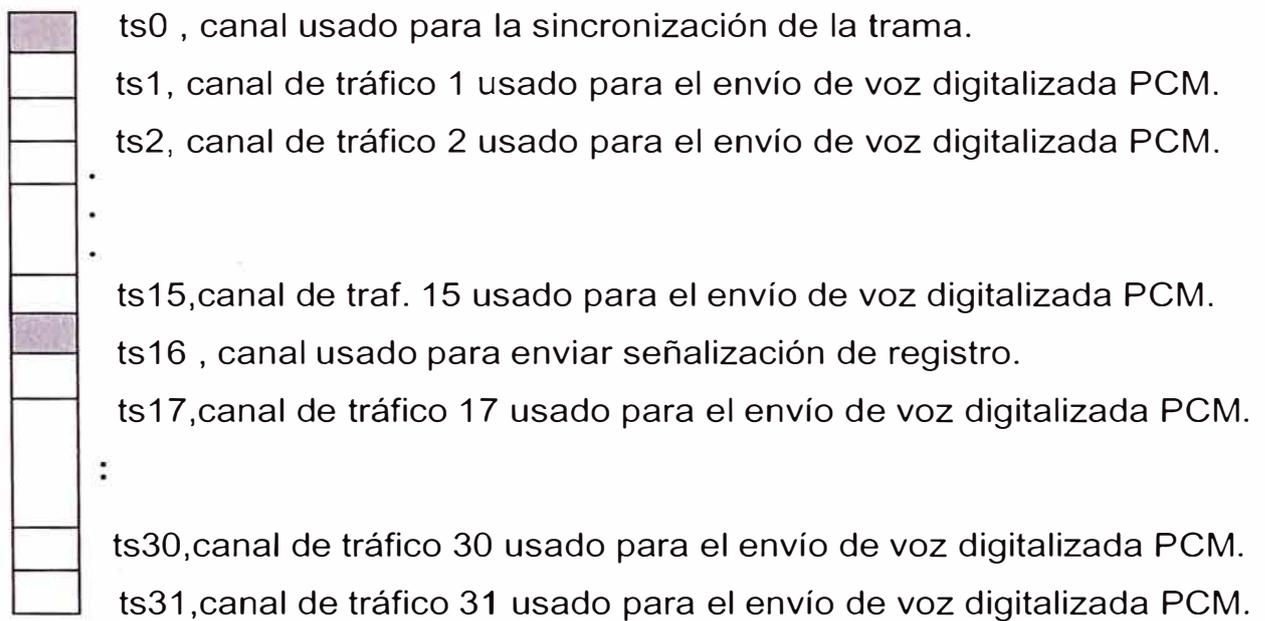


Figura 2.1 Interconexión de Centrales de Conmutación haciendo uso de E1s

Estas centrales de conmutación intercambian información de voz a través de enlaces de interconexión, estos en nuestro país son del tipo "E1" el cual es conocido también como PCM30, ya que es usado para transmitir datos de voz digitalizados en 30 canales, uno para cada conversación, cada canal de 64 Kbps, y toda la trama de 2.048 Mbps. El sistema de canal asociado usa un canal de esta trama, que en realidad tiene 32 canales, para enviar señalización de telefonía.

La asignación de los 32 canales de un E1, para telefonía es la siguiente:



Se conoce como multitrama a la secuencia de 16 tramas (0- 15), entonces se tendría la siguiente distribución del canal 16 de cada trama:

Canal 16 de la trama 0 : Sincronización de la multitrama.

Canal 16 de la trama 1 : Canal de Señalización para el canal 1 y canal 17

Canal 16 de la trama 2 : Canal de Señalización para el canal 2 y canal 18

⋮
⋮

Canal 16 de la trama 14: Canal de Señalización para el canal 14 y canal 30

Canal 16 de la trama 15: Canal de Señalización para el canal 15 y canal 31

Cada canal consta de 8 bits, por lo tanto dentro del canal 16 de cada trama, 4 bits serán usados para un canal de señalización.

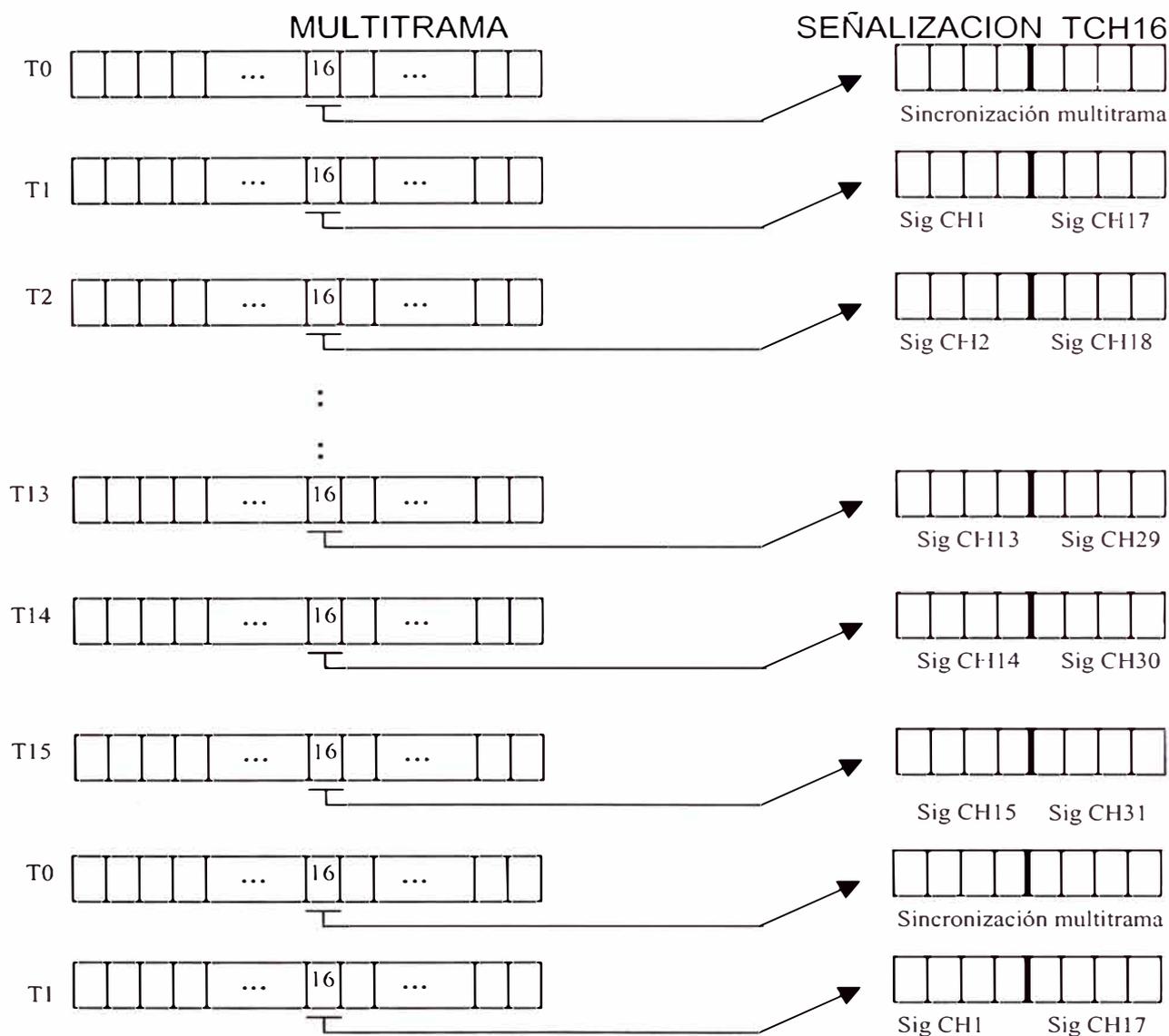


Figura 2.2 Esquema de la señalización por canal asociado

2.1.1.1 Concepto de canal de señalización asociado (CAS)

El canal 16 tiene 8 bits, para señalar 2 canales de voz por vez. Por lo tanto cada canal de voz tiene 4 bits de señalización: A, B, C, D.

La señalización tiene dos direcciones de una central hacia otra, hacia delante (forward) y hacia atrás (backward), entonces se pueden definir los siguientes bits de señalización:

A(f) , B(f) , C(f), D(f) donde f = Forward (FW)

A(b) , B(b), C(b), D(b) donde b= Backward (BW)

La CCITT le dio el siguiente significado a cada señal:

A(f): Es una señal hacia delante, que da el estado de un canal (troncal) en la central origen.

0 : El lado llamante descuelga y el canal (troncal) es tomado (seizure).

1 : El lado llamante cuelga y el canal (troncal) es liberado (release).

B(f): Es una señal hacia delante, que da el estado de servicio de una troncal.

0 : El canal esta en un estado normal.

1 : El canal tiene problemas.

C(f): Es una señal hacia adelante que indica la acción del operador.

0 : Retimbrado o acción de corte por el operador.

1 : No retimbrado o acción de corte por el operador.

D(f): No usada.

A(b): Es una señal hacia atrás que da el estado del abonado destino.

0 : El abonado llamado descuelga.

1 : El abonado llamado cuelga.

B(b): Es una señal hacia atrás que indica el estado de una troncal de clase entrante.

0 : La troncal está en estado libre.

1 : La troncal está tomada o bloqueada.

C(b): Es una señal hacia adelante que indica la acción del operador.

0 : Retimbrado o acción de corte por el operador.

1 : No retimbrado o acción de corte por el operador.

D(b): No usada.

La señalización CAS se divide en dos tipos:

Señalización de Línea : Estado de la troncal, toma , liberación, etc.

Señalización de Registro: Número del lado llamado y lado llamante, estado de estos números, etc.

2.1.1.2 Bitmap de la Señalización de Línea :

| LINE SIGNAL ----- | FORWARD ----- | BACKWARD ----- |
|------------------------|------------------|-------------------|
| | A B C D | A B C D |
| Libre | 1 0 1 1 | 1 0 1 1 |
| Toma | 0 0 1 1 | 1 0 1 1 |
| Reconocimiento de toma | 0 0 1 1 | 1 1 1 1 |
| Respuesta | 0 0 1 1 | 0 1 1 1 |
| LINE SIGNAL ----- | FORWARD ----- | BACKWARD ----- |
| | A B C D | A B C D |
| Clear forward | 1 0 1 1 | 0 1 1 1 |
| Clear backward | 0 0 1 1 | 1 1 1 1 |

| | | |
|---------------------------|----------|-----------|
| Release guard | 1 0 1 1 | 1 0 1 1 |
| Blocking | 1 0 1 1 | 1 1 1 1 |
| Dial pulse | 1/00 1 1 | 1 1 1 1 |
| Meter pulse | X 0 1 1 | 1 0 0/1 1 |
| Liberación forzada | 0 0 1 1 | 0 0 1 1 |
| Breakdown | 0 0 0 1 | 1 1 1 1 |
| Retimbrado forward | 0 0 0 1 | 1 1 1 1 |
| Retimbrado backward | 1 0 1 1 | 0 1 0 1 |
| Abonado llamado libre | 0 0 1 1 | 1 1 0 1 |
| Abonado llamado ocupado | 0 0 1 1 | 0 1 0 1 |
| Llamada maliciosa | 0 0 1 1 | 0 0 1 1 |
| Receipt fine | 0 0 1 1 | 0 1 1 1 |
| Abonado llamado alcanzado | 0 0 1 1 | 1 1 1 1 |
| Idle PABX | 1 X X X | 1 1 1 1 |
| Seizure PABX | 0 X X X | 1 1 1 1 |
| Sync Rec Ann | X X X X | 1 1 1 1 |
| Rec Ann Send | X X X X | 1 1 1 1 |
| Idle Ringdown | X 1 1 1 | 0 1 1 1 |
| Rering FW Ringdown | X 1 0 1 | 0 1 1 1 |
| Rering BW Ringdown | X 1 1 1 | 0 1 0 1 |
| Falla de PCM | 1 1 1 1 | 1 1 1 1 |

2.1.1.3 Señalización de Registro :

La señalización de registro también tiene señales hacia delante y hacia atrás:

El lado llamante envía una señal FW del grupo I, recibe una señal BW del grupo A.

El lado llamante envía una señal FW del grupo II, recibe una señal BW del grupo B.

1) Señales Forward del grupo I:

a.- Dígitos

0-9 : número del lado llamante o llamado.

F : fin de dígitos.

b.- Señal KA : enviada después de A6, (lleva el CPC Categoría de la parte llamante)

KA1 : Periódico ordinario.

KA2 : Medición inmediata.

KA3 : Impresión inmediata.

KA4 : Reserva.

KA5 : Ordinario sin cargo.

KA6 : Reserva.

KA7 : Reserva.

KA8 : Prioridad periódico

KA9 : Automático suburbano

KA10: Prioridad sin carga.

c.- Señal KC : (enviada entre los dígitos)

KC11 : Reserva.

KC12 : ATME Test call.

KC13 : Llamada de prueba de troncal.

KC14 : Llamada de prioridad.

KC15 : Conexión via satélite.

2) Señales Backward del grupo A

A1 : Enviar siguiente dígito.

A2 : Enviar otra vez el número de la parte llamada desde el primer dígito.

A3 : Cambiar a señales backward del grupo B.

A4 : Abonado llamado ocupado / congestión.

A5 : Requerimiento de CPC (Calling Party Category), e identificación

de lado llamante

A6 : Paso a posición de conversación

A9 : Descarte de llamadas de poca prioridad (usado sólo en redes Railway) .

3) Señales Forward del grupo II

Señales KD : enviadas inmediatamente después de A3

KD-1 : Operador nacional.

KD-2 : Llamada de larga distancia.

KD-3 : Llamada local.

KD-4 : Prioridad de data.

KD-5 : Verificación.

KD-6 : Llamada de prueba.

4) Señales backward del grupo B (señales KB) :

| | Conexión con una Central de Tránsito | Conexión con una Central local |
|--------|---|---|
| KB-1 : | Llamada libre | Llamada libre |
| KB-2 : | Abonado local llamado ocupado | Reserva |
| KB-3 : | Troncal llamada Ocupada | Reserva |
| KB-4 : | Congestión de equipos. | Abonado llamado ocupado / Congestión de equipos |
| KB-5 : | Número vacante. | Número vacante. |
| KB-6 : | Reserva. | Abonado llamado libre. |

2.1.2 Señalización por Canal Común

Es el método por el cual un solo canal lleva , por medio de mensajes etiquetados, información de señalización de una cantidad de circuitos o información de gestión de la red. La señalización por canal común puede ser

observada como una forma de comunicación de datos que está especializada en transferencia de información y señalización entre procesadores en las redes de telecomunicaciones.

El sistema de señalización usa enlaces de señalización (signalling links) para transmitir los mensajes entre las centrales o nodos de una red de telecomunicaciones. Se toman las consideraciones necesarias para que exista confiabilidad en la transmisión de estos mensajes, ante la presencia de disturbios en el medio o fallas de red.

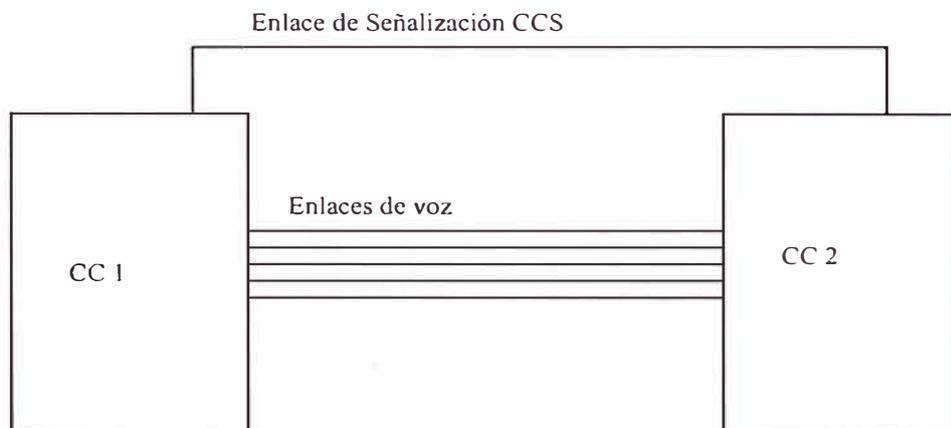


Figura 2.3 Esquema de la señalización por canal común

2.2 Señalización por Canal Común Nº 7

La estandarización es el resultado de varias reuniones internacionales entre grupos que comparten una misma necesidad y deciden uniformizar las definiciones de cierta tecnología. La jerarquía comienza con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), que es una parte de las Naciones Unidas. La CCITT (Consultative Committee on International Telegraph and Telephone) está debajo de la ITU. La CCITT editó las especificaciones preliminares para el sistema CCS digital en 1980. El sistema fue llamado Sistema de Señalización CCITT #7. La aprobación para la especificación detallada fue obtenida en 1984.

Una organización aparte, la Organización Internacional de Estándards (ISO) trabajó conjuntamente con la CCITT. Estos grupos juntos crearon un modelo universal de networking llamado "Sistema de Interconexión abierto" (OSI). Este modelo determina cada capa de la arquitectura, y el protocolo para la comunicación entre capas.

La definición CCS7 de la ITU permite variaciones nacionales como el modelo del Instituto Nacional Americano de Standards (ANSI), o el Bell Communications Research (Bellcore) usados en Europa, o el estándar ETSI (European Telecommunications Standards Institute) usado en Europa.

Si se hace una comparación con la señalización por troncal o también llamada por canal asociado, se puede observar que en este caso la señalización va a través de un solo canal de 64 Kbps, la cantidad de

información de señalización que es puesta en el enlace por una llamada es pequeña comparada a la de voz o datos. Como resultado, un enlace de señalización puede ser usado por un gran número de troncales de voz sin presentar sobrecarga.

El protocolo CCS7 es usado para lo siguiente:

- Establecimiento básico de llamadas , gestión y mantenimiento de red.
- Servicios de Telefonía celular como servicios personales de comunicación (PCS) , roaming , y autenticación de abonados móviles.
- Portabilidad de números locales (LNP).
- Tránsito libre (800/888) y servicios de tránsito 900.
- Servicios mejorados de telefonía tales como call forwarding, display del número llamante, llamada tripartita.

Las ventajas de este tipo de señalización son las siguientes :

- Permite liberar canales que antes eran de señalización CAS, ahora para transmitir voz.
- Los mensajes pueden viajar más rápido y asegurar la disponibilidad de canales en el establecimiento de una llamada.
- Mejora en tiempo de "set up" de las llamadas, que es el tiempo que demora la red en conectar un teléfono origen con un teléfono destino.
- Permite disponer de una gama de facilidades y nuevos servicios, como la identificación del número llamante.

2.2.1 Componentes de una Red Señalización CCS7

Se han definido tres componentes básicos en una red CCS7 : SSP's (Service switching points) , STP's (Signalling transfer points) y SCP's (Service Control Points) . Estos componentes, son generalmente conocidos como nodos o puntos de señalización , y con los enlaces que los conectan conforman la red de señalización.

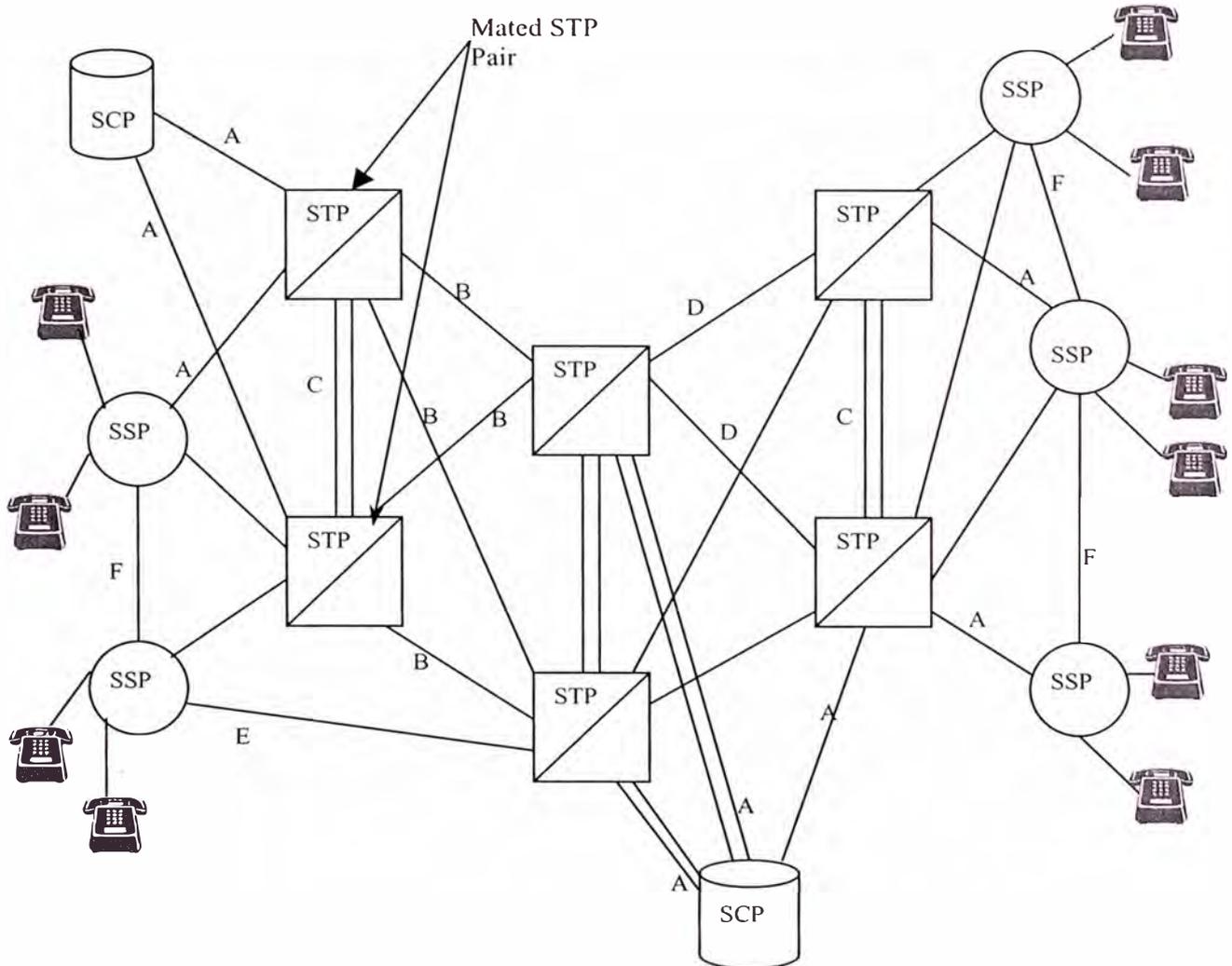


Figura 2.4 Componentes de una Red CCS7

2.2.1.1 SSPs y SPs.-

Los SSP (Puntos de servicio de Switching) son centrales de conmutación interconectadas por enlaces, sirven como puntos de conexión para abonados y generan procesamiento de llamadas en originación, tránsito o terminación de llamadas. Los SSPs o SPs(signalling Points) son conocidos en la tecnología celular como MSCs (Mobile Switching Center) o MTSOs (Mobile Telephone Switching Office) , estos generan mensajes de CCS7 para transferir información relacionada a llamadas hacia otros SSPs o envían mensajes de consulta hacia un SCP para obtener instrucciones de enrutamiento o validación de servicios.

2.2.1.2 STPs.-

Los STPs (Puntos de transferencia de Señalización) son nodos que enrutan mensajes entre Centrales y Bases de datos de una red, transfiriendo mensajes desde un enlace de entrada de señalización hacia otro de salida. El enrutamiento de mensajes está basado en la información contenida en los campos de dirección del mensaje de CCS7. Estos nodos no son ni el inicio ni la terminación de los mensajes, sólo actúan como una tandem, excepto para los mensajes de gestión de red, como los mensajes de estado de los links.

Para asegurar una absoluta disponibilidad del servicio, los STPs son implementados en pares redundantes (Mated STP Pair), usualmente localizados en sitios separados. Si un problema se presentara en un STP, el nodo redundante asumirá por completo la transferencia de mensajes a todos

los puntos de la red, asegurando continuidad en el servicio sin interrupción. Adicionalmente el STP provee la función de GTT (Global Title Translation) , que permite la traducción de los dígitos marcados contenidos en un mensaje en un punto de código destino, y la función de Gateway Screening , que permite hacer las funciones de Firewall de mensajes de señalización rechazando mensajes que no coinciden con las políticas de enrutamiento definidos en el STP.

2.2.1.3 SCPs.-

Los SCPs (Puntos de Control de Servicios) , contienen las base de datos centralizadas de la red, las cuales proveen de servicios mejorados. Estas bases de datos son usadas par confirmar códigos de autorización de servicios. Los SCPs aceptan consultas de los SSPs y responden con la información requerida al punto de originación de la consulta.

2.2.1.4 Enlaces de Señalización .-

Los enlaces de señalización proveen transferencia confiable de los mensaje de señalización entre dos SPs. Los links de señalización conforman los dos primeros niveles del protocolo CCS7 : El nivel físico (uno), y el nivel de enlace (dos)

En la figura anterior se muestran varios links identificados con letras del alfabeto, según la siguiente definición:

Enlaces A .- Los enlaces A o de acceso llevan información entre los SSPs y los STPs , y entre STPs y SCPs.

Enlaces B .- Llamados enlaces Bridge (puentes) llevan mensajes entre dos STPs o entre un par de STPs mated y otro par de STPs mated. Estos enlaces forman la estructura denominada Quad, la cual provee total redundancia de STP's al proveer 4 enlaces tipo B para enviar los mensajes.

Enlaces C .- Son los llamados cross links que unen dos STPs con la intención de formar un par mated o redundante.

Enlaces D .- Llamados enlaces diagonales, que interconectan a los pares de STPS primarios y secundarios. Proveen comunicación entre los Mated pairs y sirven como una ruta alterna.

Enlaces E .- Los SPs , SSPs y SCPs generalmente están conectados a STPs localizados en la misma área geográfica, sin embargo también tienen la posibilidad de conectarse adicionalmente a un STP de otra área, en este caso los links que los unen son llamados E Links.

Enlaces F .- Son los links que conectan directamente y sin usar los STPS a los SSPs , SCPs y SPs.

2.2.1.5 Definiciones para la comunicación entre los nodos .-

La comunicación directa entre dos nodos adyacentes en una red CCS7, ocurre a través de un "link de señalización". Los siguientes términos son usados para describir estos caminos de comunicación directa.

Link.- Es una canal de comunicación entre dos nodos adyacentes en una red de señalización.

Linkset .- Es un juego de links que son usados como un grupo para transportar tráfico de señalización entre dos nodos en una red de señalización. El linkset puede contener más de un link de señalización para cumplir requerimientos de redundancia y capacidad de tráfico.

La comunicación directa entre nodos CCS7 se vuelve impráctica a medida que la distancia entre nodos en la red se incrementa. Como resultado, vías de comunicación son establecidas para proveer varias rutas entre los nodos a través de la red. Los siguientes términos son usados para describir estas vías alternas de comunicación.

Route (ruta) .- Es la identificación del nodo al cual se desea enviar mensajes de señalización, este destino puede ser un nodo adyacente como también un nodo remoto. Para llegar a este destino se usa el camino definido por los routesets.

Routeset (set de rutas) .- Es un grupo lógico de caminos posibles para llegar a un mismo destino o ruta. Los routesets están conformados por los linksets anteriormente descritos.

2.2.2 Clasificación según las Aplicaciones usadas en la red

La señalización CCS7 está dividida en dos tipos:

Señalización orientada a la conexión.

Señalización no orientada a la conexión.

2.2.2.1 Señalización orientada a la conexión

También conocida como señalización de troncales, es usada para establecer, monitorear y terminar una llamada usando CCS7.

La señalización que es usada para establecer y monitorear la llamada es enrutada desde un punto de señalización (SP) originante, a través de un STP y terminada en otro SP. El tráfico de voz es puesto en una troncal de voz llamada troncal ISDN user part (troncal ISUP), que conecta el SP originante con el SP terminante.

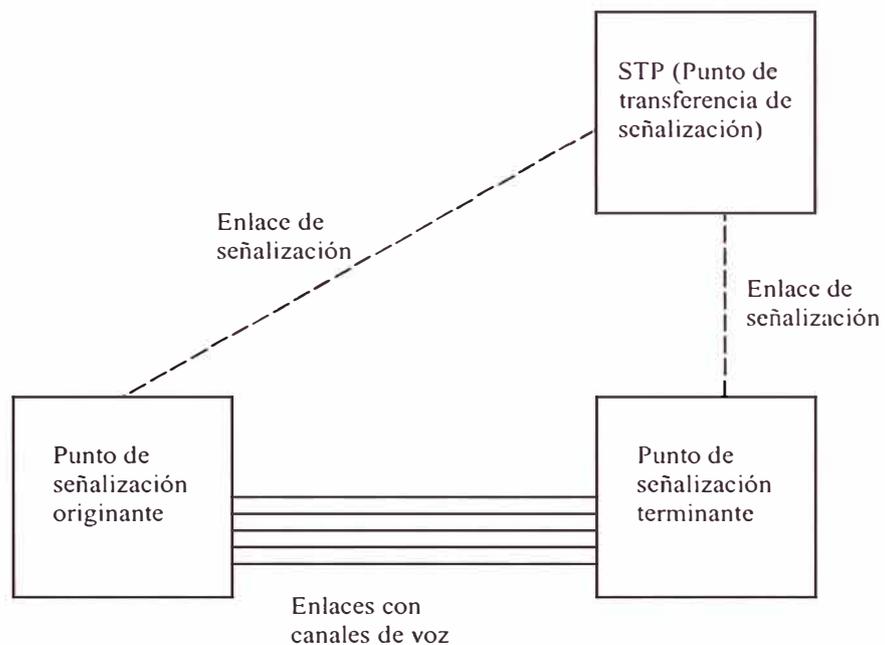


Figura 2.5 Señalización orientada a la conexión (señalización de troncales)

2.2.2.2 Señalización No orientada a la conexión

También conocida como Servicios de Transacción, es una señalización que no está relacionada con el establecimiento de y terminación de una llamada de una llamada CCS7. Por ejemplo señalización usada para

acceder a una base de datos de traducción de números 0800, o mensajes de señalización de mantenimiento entre puntos de señalización son considerados como señalización no orientada a la conexión.

Un ejemplo muy claro de este tipo de señalización es el usado para la validación, y registración de un abonado roaming en el sistema Celular, caso que veremos más adelante.

En el caso de acceder a una base de datos, como para la traducción de un número 0800 a un numero de directorio, el requerimiento de esta traducción pasa a través de los mensajes provenientes desde una central, que puede no tener señalización por canal común, va hacia un punto de servicio de switching (SSP), El SSP enruta el requerimiento a través de la red de señalización hacia un punto de control de servicios (SCP) donde la transacción es procesada. EL SCP devuelve el número traducido a través de la red de señalización hacia el SSP, el cual envía el numero traducido a la central que hizo el requerimiento inicial de transacción.

Señalización No Orientada a la Conexión (Señalización de troncales)

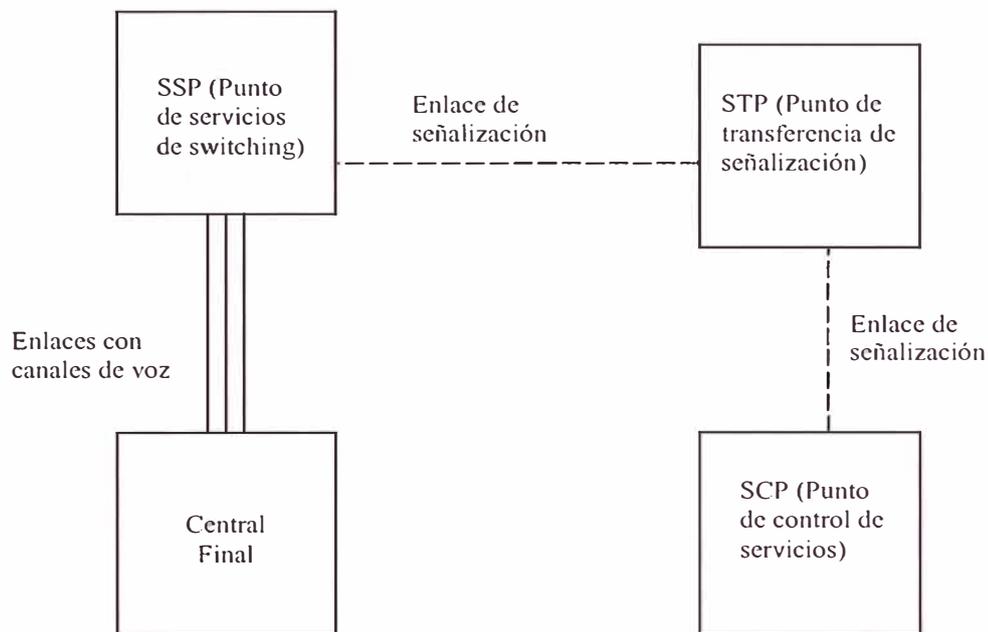


Figura 2.6 Señalización no orientada a la conexión

2.2.3 Clasificación según los modos de Operación

Los modos de operación de la Señalización CCS7 son determinados considerando la relación existente entre los componentes de señalización y de voz de una llamada. Típicamente la señalización por canal común opera en uno de los dos siguientes modos.

2.2.3.1 Modo Asociado .- En el cual los mensajes pertenecientes a una relación de señalización particular son transportadas sobre enlaces de transmisión (linksets), usando la misma ruta que los canales de voz, interconectando directamente los nodos de señalización involucrados.

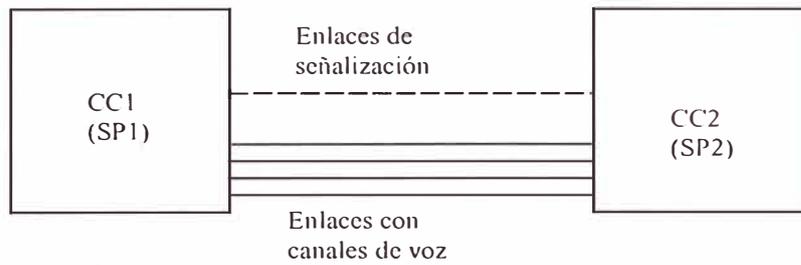


Figura 2.7 Señalización en Modo Asociado

2.2.3.2 Modo Cuasi-asociado .- En este modo los mensajes pertenecientes a una relación de señalización particular son transportadas sobre dos o más enlaces de transmisión en tandem, pasando a través de uno o más nodos de señalización intermedios. Los caminos de señalización a través de la red están sobre rutas fijas predeterminadas por la oficina de conmutación.

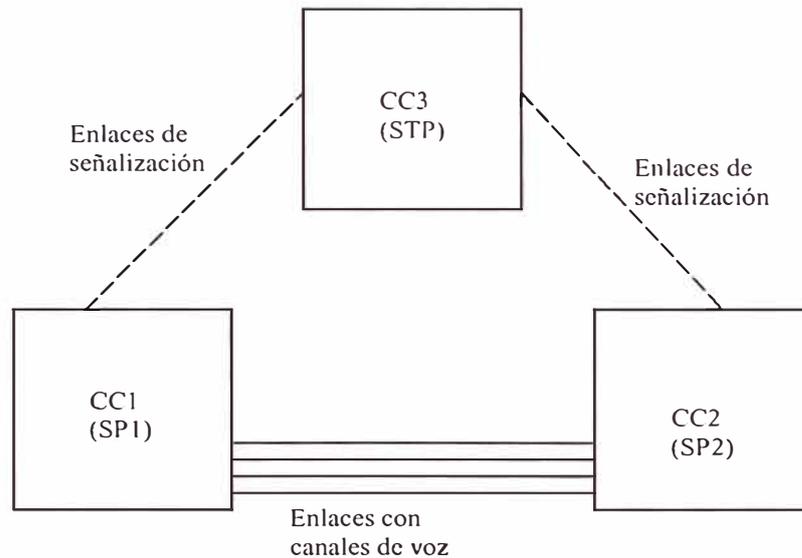


Figura 2.8 Señalización en modo Cuasi-asociado

2.2.4 DESCRIPCION DE PROTOCOLO DE SEÑALIZACION N° 7

El protocolo de señalización por canal común CCS7, también conocido como Sistema de señalización 7 (SS7), es un protocolo basado en mensajes, que divide en capas la interconexión y el intercambio de información que ocurre entre los puntos de señalización en una red.

Está dividido en cuatro capas definidas por el Comité Consultivo en Telefonía y Telegrafía Internacional (CCITT), el cual se relaciona al protocolo abierto de interconexión de sistemas (Open System Interconnection OSI) definido por la Organización Internacional de Estandards (International Standards Organization ISO). Estas capas son las siguientes:

a) MTP Message Transfer Part (Parte de Transferencia de mensaje) 1 a 3

Estas capas son usadas para enrutar los mensajes dentro de la red.

Nivel 1 de MTP, define las características del enlace de señalización CCS7.

Nivel 2 de MTP, define los procedimientos para la transferencia de mensajes de tamaño variable sobre un enlace de datos de señalización.

Nivel 3 de MTP, provee funciones y procedimientos necesarios par el enrutamiento de mensajes y la gestión de red.

b) Nivel 4 , parte de Usuario que define las diferentes aplicaciones que pueden ser usadas en una red CCS7 para procesamiento de llamadas, transacciones y mantenimiento.

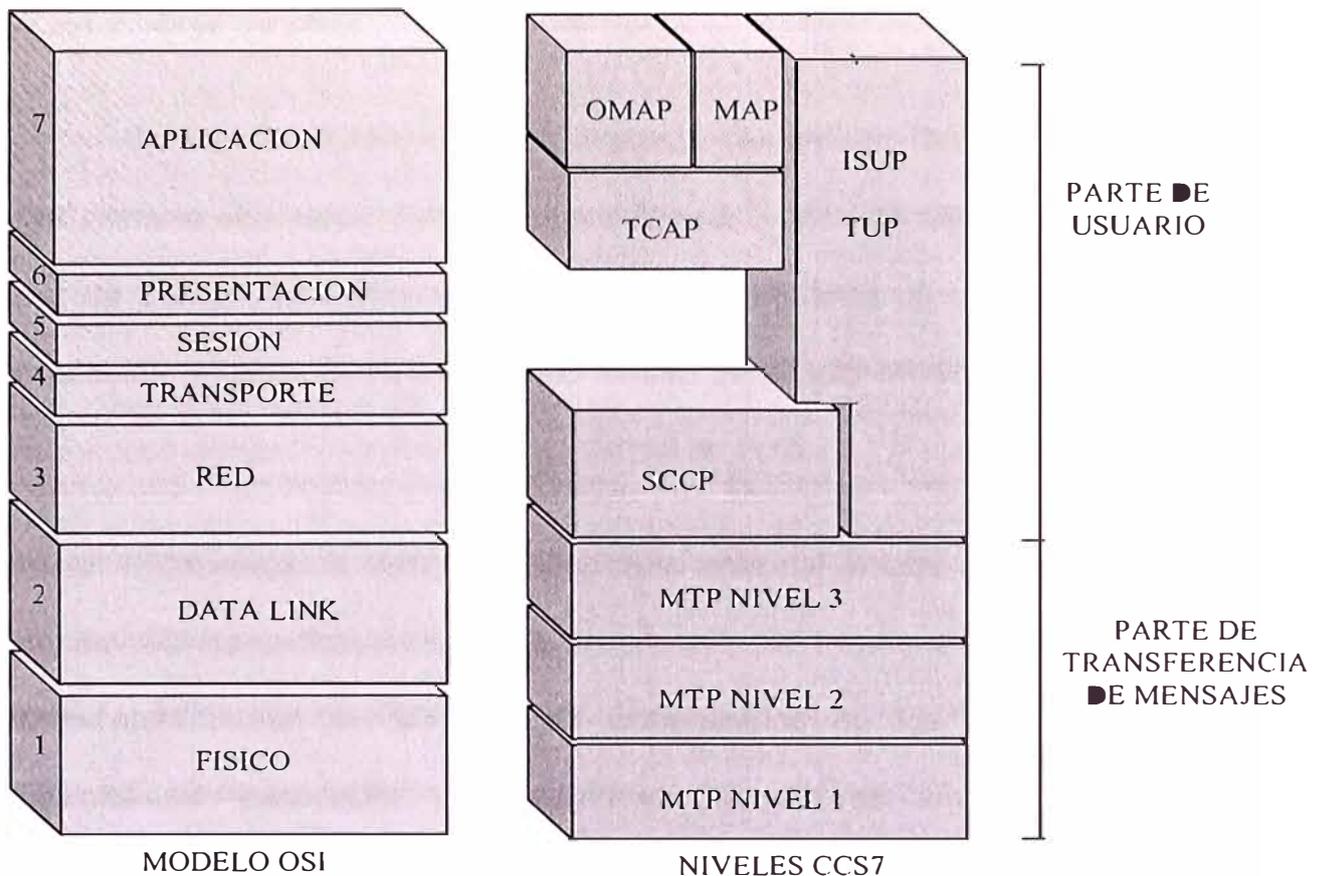


Figura 2.9 Relación entre el Sistema de señalización N° 7 y el Modelo OSI

2.2.4.1 MTP Nivel 1

Enlace de datos de Señalización , define las características físicas , eléctricas y funcionales de los enlaces que interconectan los componentes de una red CCS7. Los enlaces de datos de señalización son capaces de operar sobre enlaces de transmisión terrestres o satelitales y estos pueden ser analógicos o digitales. Es el equivalente al nivel físico del modelo OSI. Las interfaces físicas definidas incluyen al E-1 (2048 kb/s ; 32 canales de 64 kb/s) , DS-1 (1544 kb/s ; 24 canales de 64 kb/s) , V.35 (64 kb/s) , DS-0 (64 kb/s) , DS-0A (56 kb/s).

2.2.4.2 MTP Nivel 2

El nivel 2 (Q.703) es el equivalente al nivel de Data Link del modelo OSI. Añade seguridad de disponibilidad a un enlace de señalización entre un par de puntos de señalización. Provee alineamiento de unidades de señal, detección y corrección de errores, alineamiento del enlace de señalización, monitoreo de errores del enlace y control de flujo.

El terminal de señalización a cada lado del enlace contiene funciones de nivel 2 de señalización, para una confiable transferencia de mensajes. Este nivel vence las limitaciones encontradas en los circuitos físicos y permite la detección y corrección de errores en la transmisión, enmascarando por lo tanto las deficiencias en el medio de transmisión.

Unidades de Señal (SU signal unit), la señalización y otras informaciones originadas desde una parte de usuario son transferidas sobre un enlace de señalización a través de unidades de señal. Existen tres tipos de unidades de señal, y los siguientes parámetros son comunes a los tres tipos. Estos parámetros definen la información de señalización del nivel 2 de MTP.

Flag (Bandera), El flag es una secuencia de 8 bits que indican el comienzo de una unidad de señal, y el final de la unidad de señal anterior. Es usado para delimitación de unidades de señal y alineamiento. El valor binario del flag es 0111 1110, antes de transmitir una unidad de señal el MTP 2 remueve los "flag falsos" adicionando un bit cero después de

cualquier secuencia de cinco bits uno. Al recibir una unidad de señal y extraer el flag, el MTP 2 remueve cualquier bit cero seguido de una secuencia de 5 bits uno, para restaurar el contenido original del mensaje. Los flags duplicados son removidos entre unidades de señal. Si en algún momento se reciben mas de 6 bits 1 se genera una alarma de pérdida de alineamiento.

Backward Sequence Number BSN (Número de secuencia hacia atrás), es usado para dar el reconocimiento de la llegada de una unidad de señal proveniente de un punto de código remoto. El BSN contiene el número secuencial de la unidad de señal que está siendo reconocida.

Backward Indicator Bit BIB (Bit indicador hacia atrás) , este bit es usado para informar del éxito o no del reconocimiento de una unidad de señal (SU), si no fue exitoso el reconocimiento este bit es cambiado.

Forward Sequence Number FSN (Número de secuencia hacia adelante), es el número secuencial de la unidad de señal transmitida.

Forward Indicator Bit FIB (Bit indicador hacia adelante) , este bit es usado en la recuperación de errores. Su valor es cambiado cada vez que se envía la repetición de una unidad de señal después de haber recibido un reconocimiento negativo (BIB cambiado).

Cyclic Redundancy Check (CK) , es una secuencia de verificación cíclica "checksum" de 16 bits transmitida con cada unidad de señal (SU), si

el checksum no coincide en el punto de código destino, se asume que el SU contiene errores y por lo tanto el SU es descartado.

Length Indicator Field LI (Campo indicador de longitud), este campo de 6 bits indica el número de octetos que siguen al mismo campo LI y que preceden al CK. El valor de este número determina el tipo de SU según lo siguiente:

- LI = 0 Fill - in Signal Unit (FISU), unidad de señal de relleno.
- LI = 1 - 2 Link Status Signal Unit (LSSU), unidad de señal de estado de enlace.
- LI = 3-63 Message Signal Unit (MSU), unidad de señal de mensaje.

Los 6 bits de LI pueden representar valores de 0 a 63 , si el número de octetos que siguen al LI y preceden al CRC es menos de 63 el LI representa este número. De otra forma el valor es configurado a 63. Un valor de 63 indica que la longitud del mensaje es igual o mayor de 63 octetos (hasta un máximo de 273). La longitud máxima de una unidad de señal es de 279 octetos : 273 octetos de data + 1 octeto (Flag) + 1 octeto (BSN y BIB) + 1 octeto (FSN y FIB) + 1 octeto (LI y 2 bits de reserva) + 2 octetos (CRC).

2.2.4.2.1 FISU (Fill - in Signal Units)

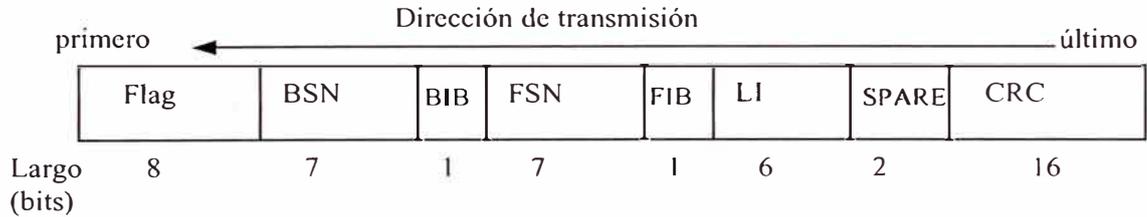


Figura 2.10 Fill-In Signal Unit

Las unidades FISU (Unidades de señal de relleno), son normalmente transmitidos cuando no se transmiten MSUs ni LSSUs. Esto permite al sistema CCS7 recibir notificación inmediata de alguna falla en el link de señalización. Los FISU sólo contienen bits de información del nivel 2 de MTP (como el reconocimiento de unidad de señal recibida del lado remoto del link), no hay parámetros adicionales en este tipo de unidad de señal. Los FISUs son transmitidos continuamente en ambos sentidos. Debido a que el Checksum es comprobado para cada FISU la calidad del link de señalización es constantemente comprobada a ambos lados del link.

2.2.4.2.2 LSSU (Link Status Signal Units)

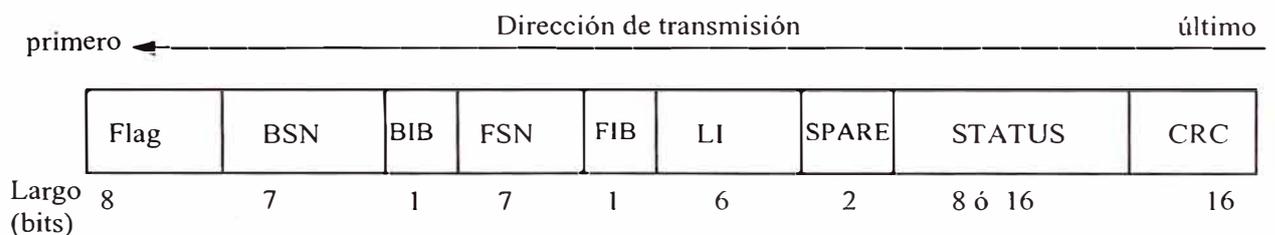


Figura 2.11 Link Status Signal Unit

Las unidades LSSU (Unidades de señal de Estado del Enlaces), son mensajes que proveen indicaciones de MTP nivel acerca del estado del enlace, son enviados hacia el lado remoto del enlace. Los LSSUs envían el campo de estado (Status Field), este campo es usado para indicar el estado del link, unos ejemplos de estos indicadores de estados son el Alineamiento normal (Normal Alignment), Fuera de servicio (Out of Service), y Falla de Procesador (Processor Outage).

2.2.4.2.3 MSU (Message Signal Units)

Las unidades MSU (Unidades de señal de Mensaje) , transportan los mensajes de control, consultas (query) y respuestas a Bases de datos, Gestión de red, y datos de mantenimiento de red, dentro de su campo de información de señalización (SIF signalling information field). Los MSU incluyen parámetros de nivel 3 de MTP en adición a la porción de MTP2 del mensaje. Los MSU también contienen información del nivel 4 (Parte de usuario), dependiendo en la definición que lleve el campo SIO (Service Information Octet) u octeto de información de servicio.

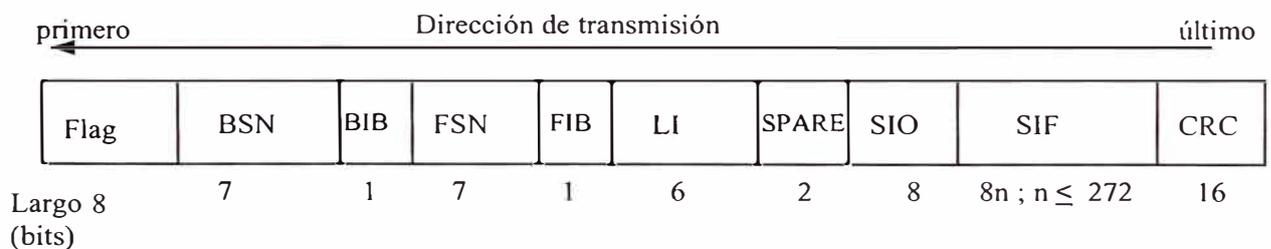


Figura 2.12 Message Signal Unit

Service Information Octet (SIO), u octeto de información de servicio, está compuesto del indicador de servicio (SI service indicator, 4 bits) y el campo de sub-servicio (SF sub-service field, 4 bits). El indicador de servicio es usado para asociar el mensaje de señalización con un usuario en particular del MTP en el punto de señalización, permitiendo así la correcta decodificación del mensaje.

| Service Indicator | Parte de Usuario |
|--------------------------|---|
| 0 | Mensaje de Gestión de Red de Señalización (SNM, Signalling Network Management) |
| 1 | Mensaje Regular de Mantenimiento (MTN) |
| 2 | Mensaje especial de mantenimiento (MTNS) |
| 3 | Parte de Control de Señalización de Conexión (SCCP, Signalling Connection Control Part) |
| 4 | Parte de Usuario de Telefonía (TUP, Telephone User part) |
| 5 | Parte de Usuario de ISDN (ISUP, ISDN User part) |
| 6 | Parte de Usuario de Datos (Data User Part, mensajes de llamadas y relacionados a circuitos) |
| 7 | Parte de Usuario de Datos (Data User Part, mensajes de facilidad de Registración y Cancelación) |

Tabla 2.1 Service Indicator

El campo de sub-servicio contiene el indicador de red (nacional o internacional) y la prioridad del mensaje (0 a 3, siendo el 3 la más alta prioridad). La prioridad del mensaje es considerada sólo bajo condiciones de

congestión, no para controlar el orden de transmisión de los mensajes. Los mensajes con baja prioridad son descartados durante periodos de congestión. Los mensajes de prueba de los enlaces de señalización reciben un prioridad más alta que los mensajes de procesamiento de llamada.

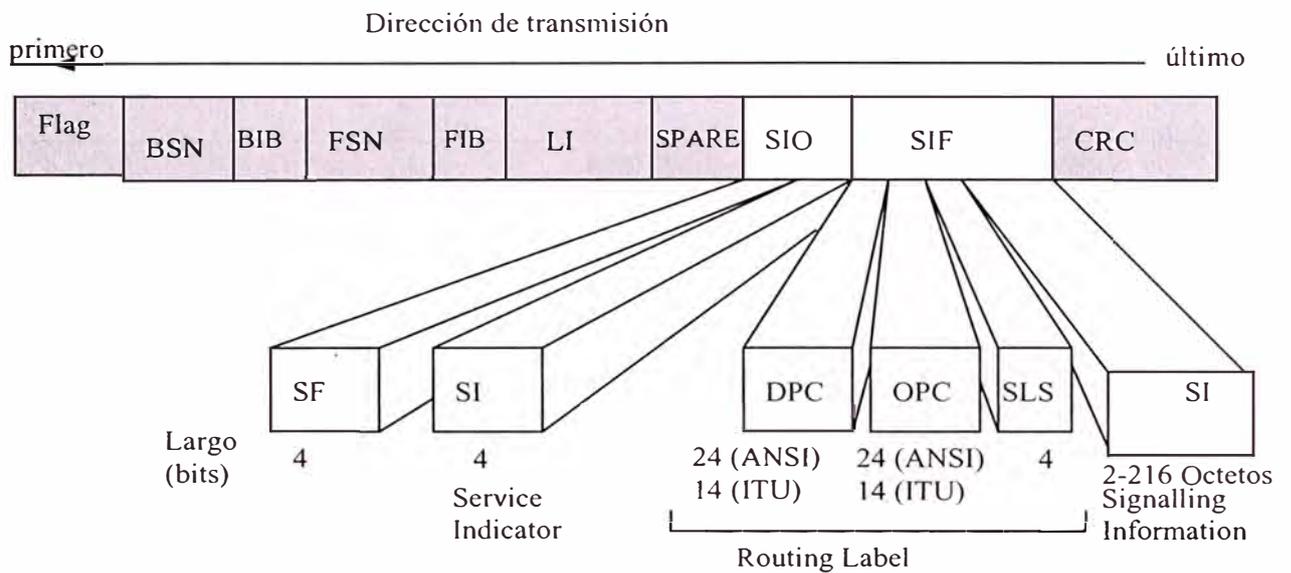


Figura 2.13 SIO y SIF en el MSU

2.2.4.2.4 Procedimientos del Nivel 2 de MTP .-

Los LSSU son usados para procedimientos de alineamiento, fallas en los procesadores y control de flujo. Las tablas siguientes muestran los tres tipos diferentes de LSSUs y los temporizadores asociados con cada procedimiento de nivel 2.

| Mnemonic | Campo de Subservicio SF (3 bits) | Función |
|----------|----------------------------------|--|
| SIOS | 011 | Mensaje para llevar el enlace fuera de servicio |
| SIO | 000 | Mensaje para iniciar el procedimiento de alineamiento |
| SIN | 001 | Mensaje para iniciar un estado de prueba normal |
| SIE | 010 | Mensaje para iniciar un estado de prueba de emergencia |
| SIB | 101 | Mensaje de congestión de nivel 2 |
| SIPO | 100 | Mensaje que indica una falla en el Procesador |

Tabla 2.2 Mensajes de LSSU:

| Timers | Descripción | ANSI | ITU |
|--------|---|---------------------|----------|
| 1 | Alineado/En Servicio (SIO hacia FISU) | 13 seg | 40 seg |
| 2 | No alineado (estado SIO) | 11,8 seg a 23,5 seg | 5 seg |
| 3 | Alineado (Estado de prueba hacia FISUs) | 11,8 seg | 1,5 seg |
| 4N | Periodo de Prueba Normal | 2,3 seg | 8,2 seg |
| 4E | Periodo de Prueba de Emergencia | 0,6 seg | 0,5 seg |
| 5 | Ocupado (Frecuencia SIB) | 80 mseg a 120 mseg | 100 mseg |
| 6 | Congestión Remota (SIB esperado) | 3 seg a 6 seg | 3 seg |
| 7 | Retardo de reconocimiento | 0,5 seg a 2 seg. | 1 seg |

Tabla 2.3 Temporizadores del Nivel 2.

Procedimientos de Alineamiento Inicial

Este procedimiento ocurre cuando un enlace de señalización es activado por primera vez o restaurado después de una falla en el enlace. Están disponibles un procedimiento de alineamiento normal y uno de emergencia. Un estado de prueba es incluido en ambos procedimientos para medir los errores, asegurando así que un enlace confiable se ha establecido. Los pasos que se siguen para el alineamiento son:

El mensaje SIOS (Indicador de estado de Fuera de Servicio) es enviado en ambas direcciones, llevando fuera de servicio el enlace. Luego el mensaje SIO es enviado en ambas direcciones el comienzo del procedimiento de alineamiento.

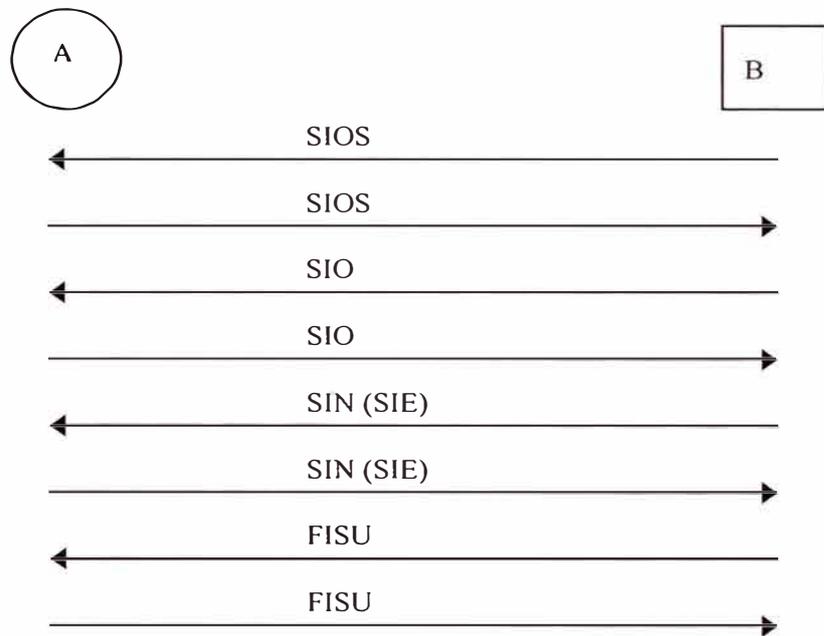


Figura 2.14 Procedimientos de alineamiento inicial

Los mensajes Indicador de Estado normal (SIN) o el indicador de Estado de Emergencia (SIE) son enviados en ambas direcciones indicando un periodo de prueba normal o de emergencia. Un período de prueba normal es iniciado cuando existe otro link en el linkset, y un período de prueba de emergencia si existe solamente un link.

Seguidamente al período de prueba , un mensaje de FISU deben ser enviados en ambas direcciones, indicando que el link está en servicio y disponible para el tráfico de mensajes.

Falla de Procesador (Processor Outage) , una falla de procesador ocurre cuando, debido a factores funcionales de niveles más altos que el nivel 2, el uso del link es evitado. Cuando el nivel 2 identifica una falla local de procesador, ya sea por recibir una indicación explícita del nivel 3 o por reconocer una falla del nivel 3, transmite un mensaje Indicador de estado de falla de procesador (SIPO Status Indicator Processor Outage), informando que una falla de procesador ha ocurrido. Los MSUs recibidos son descartados. Al recibir el SIPO reconoce que el nivel 2 del lado remoto de link está en operación normal, entonces notifica al nivel 3 para comenzar una transmisión continua de FISUs.

Control de Flujo (Flow Control), este procedimiento es iniciado en un enlace de señalización cuando se detecta congestión en cualquiera de los dos lados del enlace. La congestión se puede deber a una falla de procesador o de enlace en cualquier parte de la red. Cuando la congestión

es reconocida por el nivel 2, este se va a un estado de ocupado, enviando un mensaje Indicador de ocupado (SIB Status Indicator Busy).

Monitoreo de errores en el enlace de señalización, existen dos formas de monitorear los errores en el enlace de señalización, la primera es el monitoreo de la razón de unidades con error (SUERM, Signalling Unit Error Rate Monitor) y la segunda es el monitoreo de la razón de errores de alineamiento (AERM, Alignment Error Rate Monitor).

El SUERM provee un indicador de falla en el nivel 3 de MTP, cuando los umbrales de errores son excedidos mientras el enlace está en servicio. El AERM es usado durante el procedimiento de alineamiento inicial durante el estado de prueba (Proving). Los umbrales de error están basados en el porcentaje de la razón de mensajes errados combinado con el periodo de tiempo en el cual ocurren los errores.

Corrección de errores,

El nivel 2 de CCS7 usa el reconocimiento positivo y el negativo para indicar que una unidad de señal ha sido correctamente recibida o para requerir la retransmisión de unidades de señal corrompidas. Hay dos formas de corrección de errores. El método básico es usado cuando los dos nodos permiten los reconocimientos continuos. La retransmisión cíclica preventiva (PCR Preventive Cyclic Retransmission) es usada cuando los nodos están separados por una gran distancia, generalmente por enlaces vía satélite.

Ejemplo de Corrección Básica de errores, en este caso los mensajes que no son correctamente recibidos son retransmitidos por el punto de código originante. En la transmisión correcta de un mensaje, el lado de recepción realiza un reconocimiento positivo , cuando el lado de recepción detecta un mensaje errado, realiza un reconocimiento negativo y el lado originante retransmite el mensaje y todos los subsecuentes.

El FSN es el número de secuencia de una unidad de señal que está siendo transmitida. Sólo los MSU pueden incrementar este valor. El rango de número para el FSN varía de 0 a 127 y deben ser consecutivos.

El valor del FIB es cambiado para notificar que el mensaje que está siendo enviado es una retransmisión.

El BSN se usa para reconocimiento de los MSUs recibidos, reflejando el valor del FSN del MSU que está siendo reconocido.

El BIB es usado para solicitar la retransmisión desde el lado remoto, al cambiar su valor de 1 a 0 ó de 0 a 1.

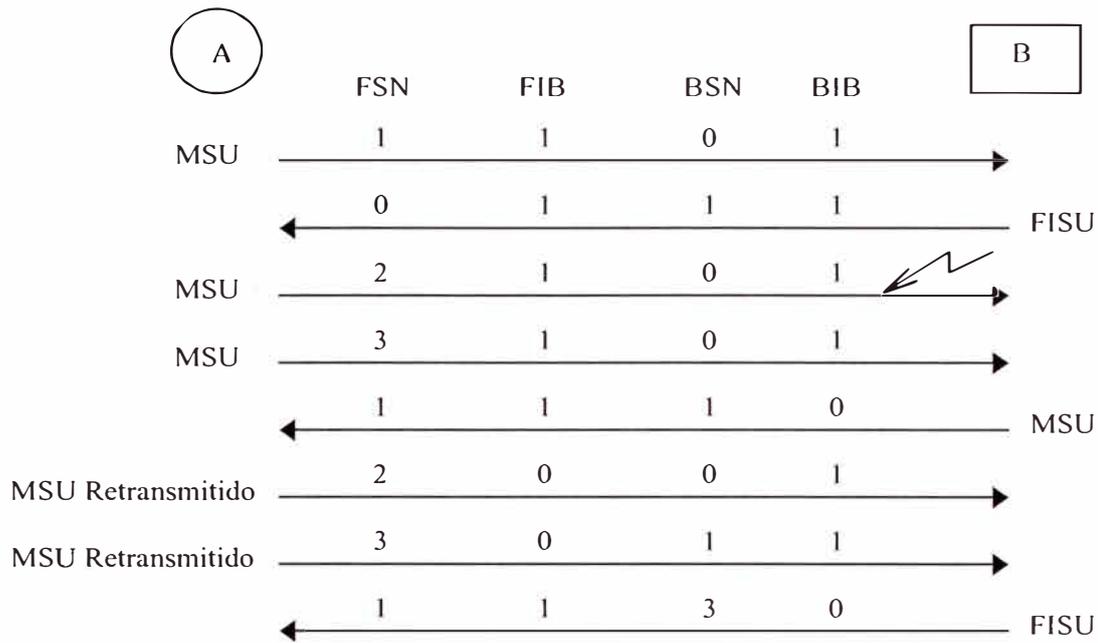


Figura 2.15 Ejemplo de corrección de errores

- En el ejemplo anterior A transmite un MSU con FSN=1.
- B reconoce la recepción exitosa del MSU seteando el BSN=1 en el FISU que envía hacia A.
- A transmite dos nuevos MSUs, con FSN=2 y FSN=3.
- En este caso B no recibe el MSU con FSN=2, por alguna distorsión en el enlace. Pero si recibe correctamente el MSU con FSN=3. Por lo tanto envía un MSU hacia A con el BSN=1 indicando que el MSU con FSN=1 fue el último MSU bien recibido. Adicionalmente el valor del BIB es cambiado para notificar un reconocimiento negativo.

A retransmite los MSU con FSN=2 y FSN=3, El FIB es seteado a 0 para indicar que los MSU son una retransmisión.

- B reconoce estos MSU respondiendo con un FISU que tiene BSN=3, el cual también sirve para reconocer todos los previos. Un nodo puede enviar hasta 127 MSU antes de solicitar una reconocimiento del lado remoto.

2.2.4.3 MTP Nivel 3

El nivel 3 de MTP provee funciones de de red de señalización , relacionadas al enrutamiento de mensajes, mantenimiento y gestión de red. Estas funciones incluyen el enrutamiento de los mensajes hacia los enlaces correctos o funciones de mayor nivel y control de enrutamiento y tráfico en respuesta a cambios en el estado de la red.

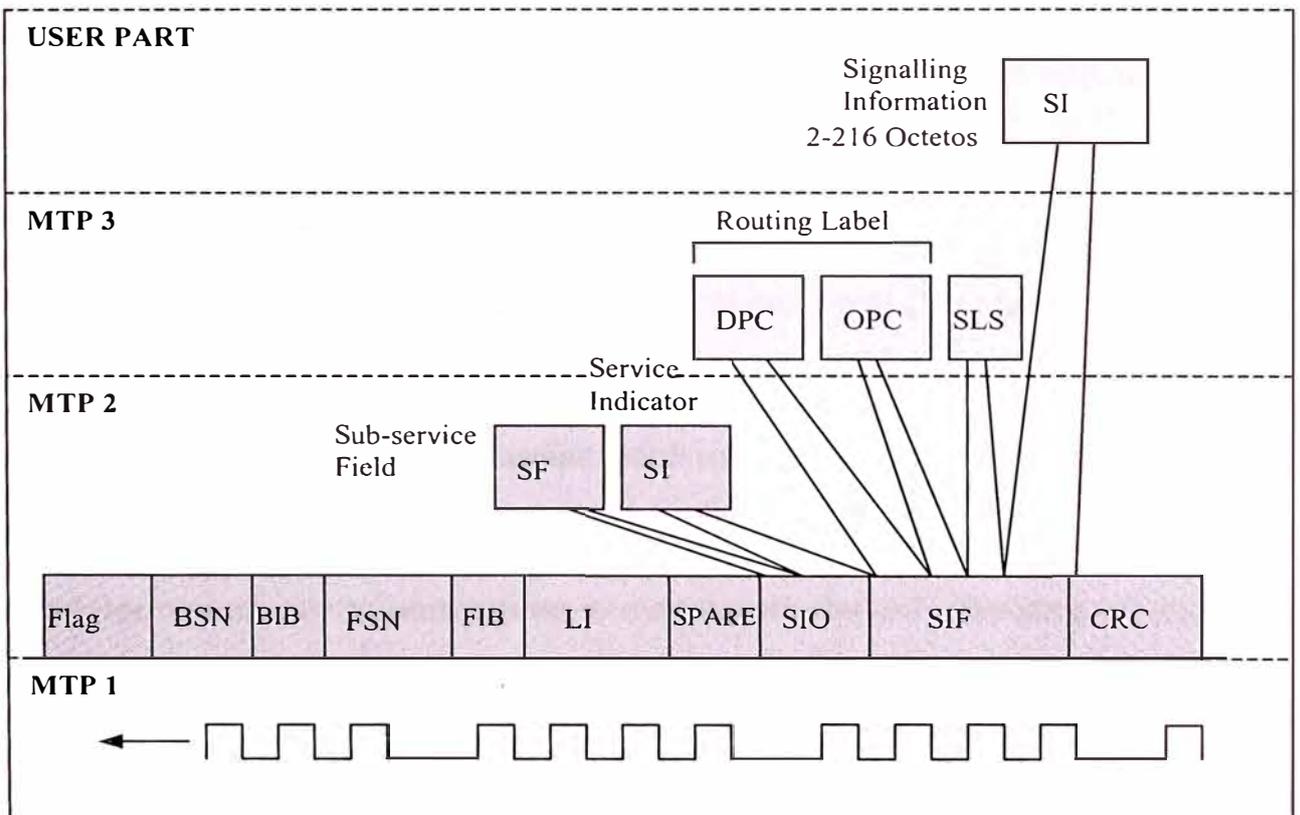


Figura 2.16 MTP Nivel 3

2.2.4.3.1 Manejo de Mensajes de Señalización.-

Consiste de las funciones de discriminación de mensajes, distribución de mensajes y enrutamiento de mensajes. La discriminación y distribución de mensajes son funciones de MTP diseñadas para entregar el mensaje al proceso correcto en el punto de señalización. El enrutamiento de mensajes determina el link sobre el cual el mensaje es transmitido.

Discriminación de Mensajes, esta función examina el campo de punto de código destino (DPC) del mensaje recibido. Si el DPC del mensaje es aquel del nodo que ha recibido el mensaje, este mensaje es entregado a la función de distribución para su procesamiento dentro del nodo. Si el DPC pertenece a otro nodo, el mensaje es enviado a la función de enrutamiento para su transmisión al punto de código remoto.

Distribución de mensajes, es la función que recibe el mensaje proveniente de la etapa de discriminación, si es que el DPC es el del nodo.

Enrutamiento, la ruta que sigue un mensaje esta formada por un grupo de enlaces, sobre los cuales será transportado el mensaje desde el punto origen al punto destino. La ruta para un mensaje dado es predeterminado por la etiqueta de enrutamiento del SIF (Routing label). La etiqueta de enrutamiento contiene el OPC (punto de código originante), el DPC (punto de código terminante) y el SLS (Código de selección de Enlace de Señalización). Para enrutar los mensajes cada nodo determina el link de señalización sobre el cual tiene que enviar un mensaje basándose en la información contenida en el DPC y el campo SLS.

Para identificar los nodos se utilizan los puntos de código (Point Codes). La norma ANSI usa point codes de 24 bits, y la norma ITU usa point codes de 14 bits. El SLS es usado para compartir carga en los enlaces, ya que un mensaje puede ser enviado por otros links dentro de un linkset.

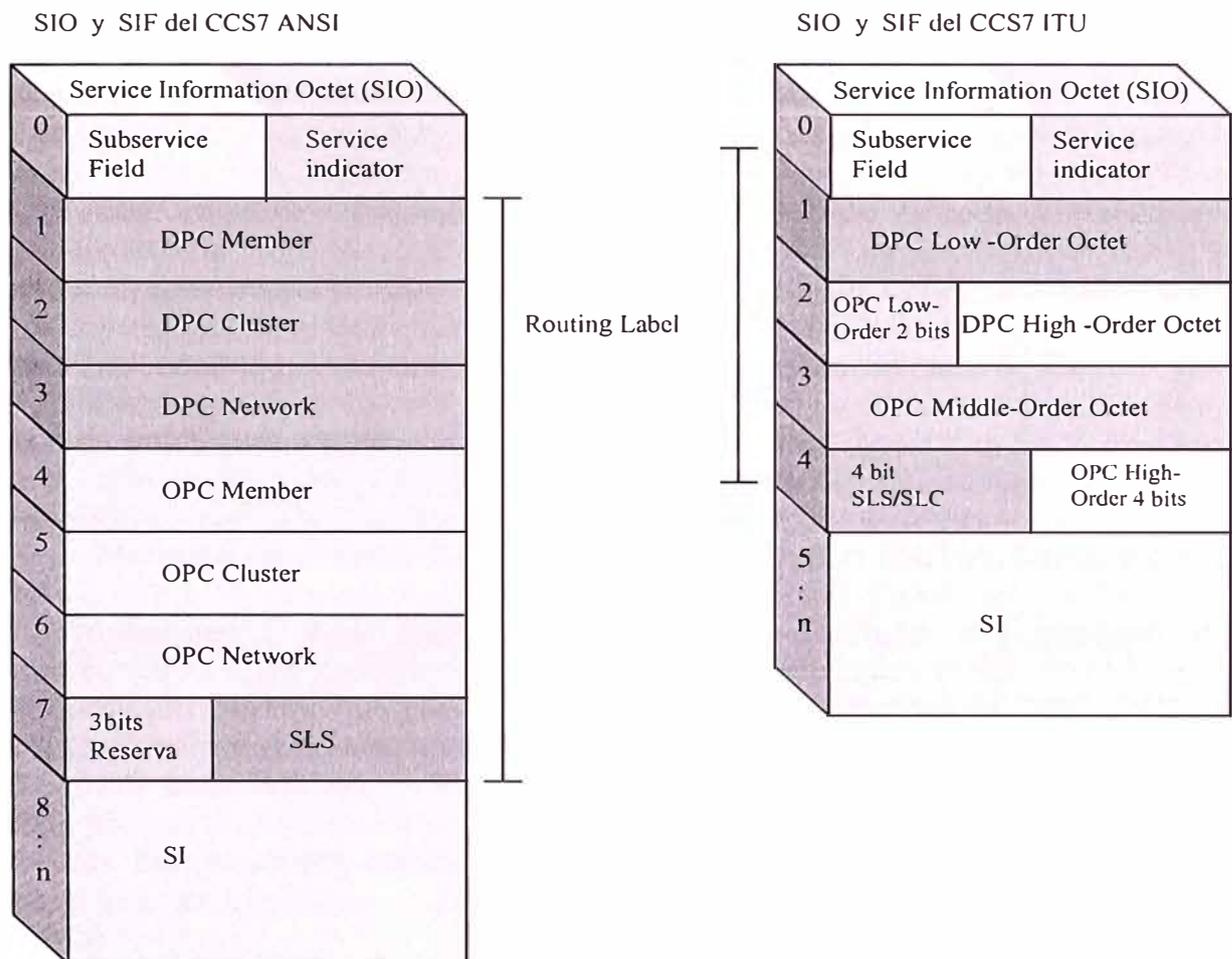


Figura 2.17 Estructura del SIO y SIF

Norma ANSI : Network - Cluster - Member

8bits 8bits 8bits

Norma ITU : Zone - Network - Signalling Point

3bits 8bits 3bits

Los puntos de código ANSi usan 24 bits (3 octetos), los puntos de código ITU típicamente usan 14 bits. Por esta razón el intercambio de información entre redes ITU y ANSI debe ser hecha a través de un Gateway STP, un convertidor de Protocolos u otro punto de señalización que trabaje con las dos normas.

2.2.4.3.2 Mantenimiento de Red de Señalización .-

Los mensajes de mantenimiento / prueba de red de señalización regulares y especiales, son mensajes del nivel 3 de MTP, proveídos para probar el correcto funcionamiento del enlace de señalización. Existen dos tipos de estos mensajes:

Mensaje de Prueba de Enlace de Señalización (SLTM, Signalling link test message) , este mensaje es enviado después del proceso de alineamiento del nivel 2, para verificar que estén correctos el OPC, DPC, y SLC para cada link en un linkset entre dos nodos adyacentes. Los SLTMs pueden ser enviados también periódicamente durante el funcionamiento normal.

Mensaje de Reconocimiento de Prueba de enlace de Señalización (SLTA, Signalling Link Test Acknowledgment), es el mensaje de respuesta a cada SLTM enviado sobre el mismo link del nodo adyacente. Si el OPC, DPC o SLC están incorrectos el enlace es puesto fuera de servicio.

SLC, es el código de identificación de cada link en un linkset. El SLC de para un link debe ser el mismo que está definido para el mismo link en el nodo adyacente. El rango de SLC varía de 0 a 15. Normalmente el primer link es el SLC 0, el mismo SLC no puede estar duplicado en el mismo linkset.

2.2.4.3.3.- Gestión de la Red de Señalización.-

Esta función controla los enrutamientos en respuesta a la información de congestión y fallas en los links locales o en las rutas de la red de señalización. En caso de fallas, el tráfico es reenrutado alrededor del componente con falla, si es posible, y pueden ser activados nuevos links de señalización. La reconfiguración es hecha de tal manera que los mensajes no son perdidos, son duplicados, o puestos fuera de secuencia tal que el retardo del mensaje no se torna excesiva. La gestión de red de señalización está dividida en tres categorías:

Gestión de Enlaces de Señalización, esta función maneja localmente los links de señalización, es responsable por el mantenimiento de las capacidades predeterminadas del linkset. La activación, desactivación y reposición de los enlaces son usados para manejar los links poniéndolos o quitándolos fuera de servicio. La activación es usada para poner un linkset en servicio inicialmente.

Gestión de Enrutamiento de señalización, estas funciones son usadas para intercambiar información acerca de la disponibilidad de rutas entre los puntos de señalización.

a) Transferencia restringida, (TFR transfer restricted) es un proceso ejecutado en un STP cuando tiene que notificar a uno o mas puntos de señalización adyacentes que ellos no deben, si fuera posible, enrutar tráfico hacia un destino dado a través de ese punto de señalización. Los TFR son enviados bajo ciertas situaciones de falla de link o de congestión.

b) Transferencia prohibida, (TFP, Transfer prohibited) es proceso ejecutado por un STP cuando un nodo adyacente no es más accesible vía este STP.

El siguiente ejemplo describe este proceso

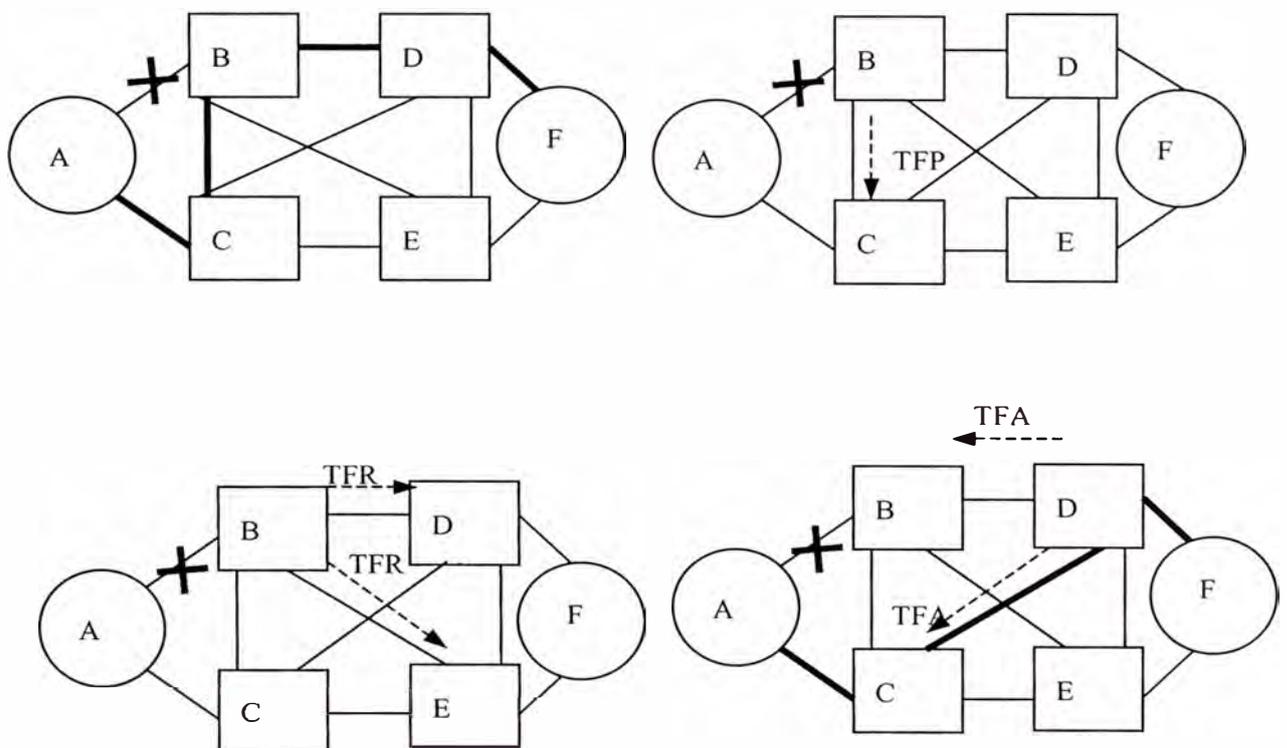


Figura 2.18 Proceso de Transferencia Restringida

En una falla del link A-B, se inicia un proceso de "changeover" es iniciado entre A y B. El tráfico entre A y F puede tomar el siguiente camino: A-C-B-D-F. La función de Gestión de tráfico puede decidir que ruta alterna sobre el camino A-C-D-F es más eficiente.

Puede ser que B envíe un mensaje de TFP a C indicando que C no debe enrutar tráfico destinado para F a través de B. En este caso, C inicia un proceso controlado de reenrutamiento y enruta tráfico destinado para F vía D.

De manera similar, B envía TFRs hacia D y E, indicando que ellos no deben, si fuera posible, reenrutar tráfico destinado para A. En este caso D y E inicia los procesos controlados de reenrutamiento y enruta tráfico destinado para A vía C.

c) Prueba de Route set de señalización (RST, Signalling Route Set Test), es ejecutado en un STP para consultar si el tráfico de señalización hacia cierto destino puede ser enrutado vía un STP adyacente. Este proceso es activado seguidamente a la recepción de un TFP o TFR desde un SP adyacente.

d) Transferencia Permitida (TFA, Transfer Allowed), es ejecutado por un STP cuando tiene que notificar a uno o más puntos de señalización adyacentes que ellos pueden enrutar tráfico hacia un destino dado a través de este punto de señalización.

El siguiente ejemplo, muestra el uso de estos mensajes en un escenario de fallas en la red de señalización.

- En una falla de D-F y D-E, D no tiene más acceso hacia F. D informa de esta condición a B y C enviando mensajes **TFP** indicando que F ya no puede ser alcanzado vía D. B y C inician procesos de reenrutamiento forzado para reenrutar el tráfico de señalización destinado a F vía E.

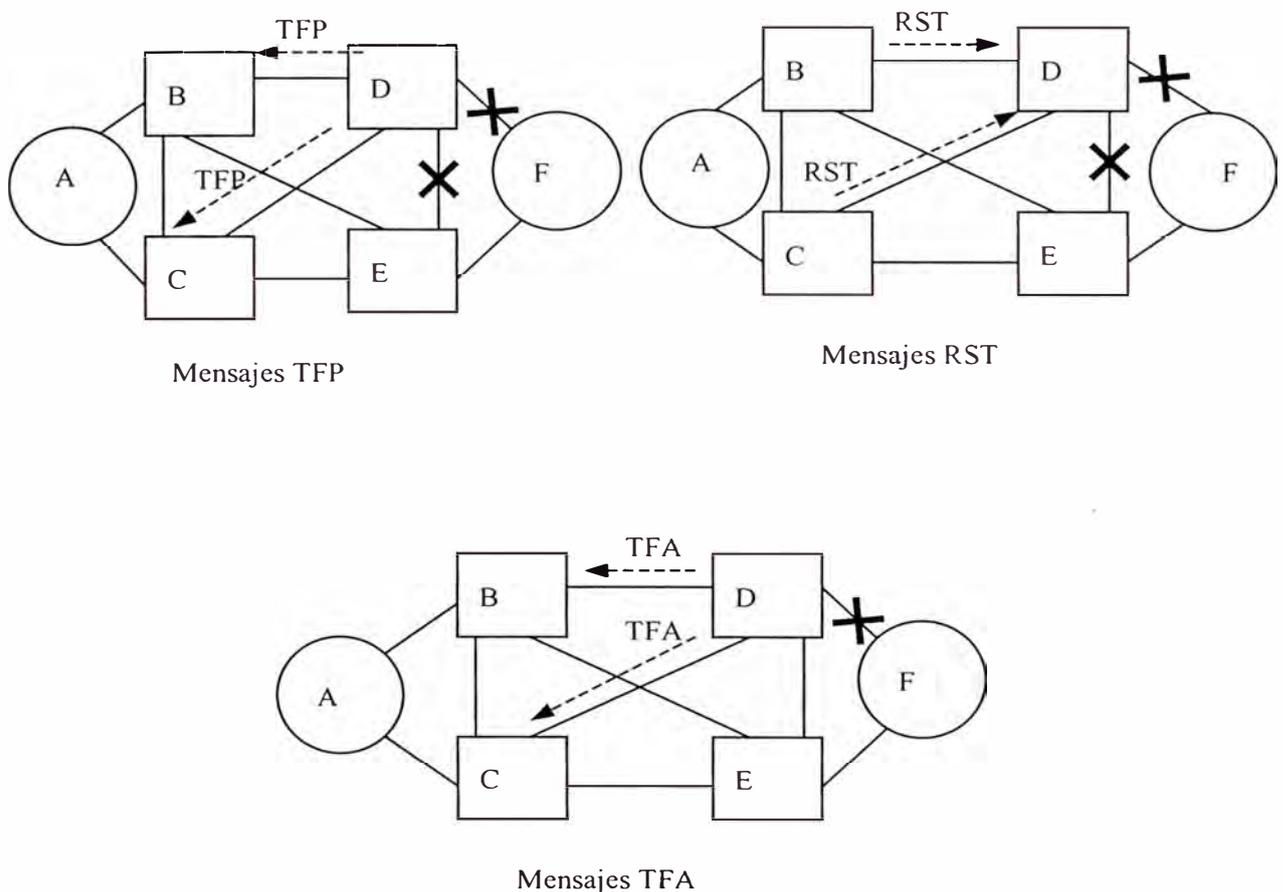


Figura 2.19 Proceso de Transferencia Permitida TFA

- Los puntos de señalización B y C envían mensajes RST (Signalling route set test) hacia D solicitando el estado de la ruta hacia F. Esto ocurre cada 30

a 60 segundos, hasta que un mensaje de TFA (Transfer allowed) es recibido desde D. Este mensaje de TFA indica que el destino esta disponible. El punto D responde al RST con un TFP, TFR o TFA según sea el estado actual.

- Si el link D-F se recupera, D envía un mensaje de TFA hacia B y C indicando que F puede ser alcanzado ahora vía D. B y C pueden iniciar procesos de reenrutamiento para enrutar el tráfico de señalización destinado a F via D.

e) Transferencia Controlada (TFC, Transfer controlled), este proceso es usado para notificar a los puntos de señalización adyacentes de la presencia de congestión en un punto de señalización o congestión en una ruta de señalización. La acción tomada al recibir estos mensajes de TFC depende de las condiciones de implementación de la red.

f) Prueba de Congestión en un Route set de Señalización (RCT, Route Set Congestion test), este proceso es ejecutado en un punto de señalización para determinar el estado de la congestión en un destino específico. La información de congestión es solicitada con un RCT, y transmitida con un TFC.

2.2.4.3.4 Gestión de Tráfico de Señalización.-

Estas funciones son usadas para desviar el tráfico de un link o una ruta hacia otro link o ruta diferente, como resultado de fallas o de congestión.

A) Mensajes de Gestión de Inhibición

La Inhibición de un enlace es solicitada cada vez que una función de gestión considera necesario poner fuera de servicio un link, con el propósito de hacer pruebas o por mantenimiento. Un link no puede ser inhibido si una de las siguientes condiciones existe:

Un destino previamente accesible se torna inaccesible como resultado de la solicitud de inhibición.

Condiciones de congestión existen en la ruta hacia este destino.

- a) Link Inhibit Message (LIN), mensaje de inhibición de link , es usado cada vez que una función de gestión necesita inhibir un link.
- b) Link Uninhibit Message (LIA), es el mensaje de reconocimiento de la inhibición de un link.
- c) Link Uninhibit message (LUN), este mensaje es usado cada vez que una función de gestión requiere que un link inhibido sea puesto en servicio.
- d) Link Uninhibit acknowledgment message (LUA), este mensaje es usado para cambiar el estado del link en servicio.
- e) Link Forced Uninhibit message (LFU), es usado cuando un destino se torna inaccesible y el linkset asociado con ese destino contiene links inhibidos.
- f) Link Inhibit Denial message (LID), este mensaje es usado para denegar el permiso de inhibición de un link.

B) Mensajes de Changeover y Changeback

El proceso de changeover es usado para asegurar que el tráfico de señalización transportado por un link o linkset no disponible sea rea desviado hacia un link o linkset alternativo tan pronto como sea posible. El proceso de Changeback es usado para devolver tráfico de señalización de los links alternos hacia los links primarios.

C) Mensajes de Changeover order (COO) y Changeover acknowledgment (COA) , es usado cuando un link de señalización es reconocido como no disponible debido a una falla de enlace o bloqueo. El punto de señalización remoto es notificado para desviar tráfico hacia links alternos. El mensaje COO es reconocido con un mensaje COA. Estos procedimientos incluyen actualización de buffer, donde los FSNs de los mensajes recibidos son comparados tal que estos mensajes no se pierdan.

D) Mensaje de Emergency Changeover order (ECO) y Emergency changeover acknowledgment (ECA), estos procesos son similares al COO y COA pero por ser de emergencia la información de FSN no es intercambiada para la actualización de buffer.

E) Mensaje de Changeback declaration y changeback acknowledgment , cuando un link de señalización ha sido restaurado, un mensaje de Changebak declaration (CBD) es enviado al punto de señalización remoto para comenzar a enviar tráfico sobre el link previamente inaccesible. Un mensaje de changeback acknowledgment (CBA) es enviado para

reconocimiento. El tráfico entrante destinado para ese link es almacenado en el buffer hasta que el proceso de Changeback sea completado. Luego el tráfico almacenado es enviado sobre el nuevamente accesible link.

El siguiente ejemplo describe el procedimiento para el Changeover.

1.- Suponiendo que una avería ha dañado el link entre A-B. Los mensajes de COO son intercambiados entre A y B sobre una ruta alterna. Estos mensajes incluyen información que permite a A y B actualizar sus buffers para la retransmisión de los mensajes que pueden haberse perdido durante la falla del link.

2.- Ambos puntos de señalización responden a los COOs con COAs.

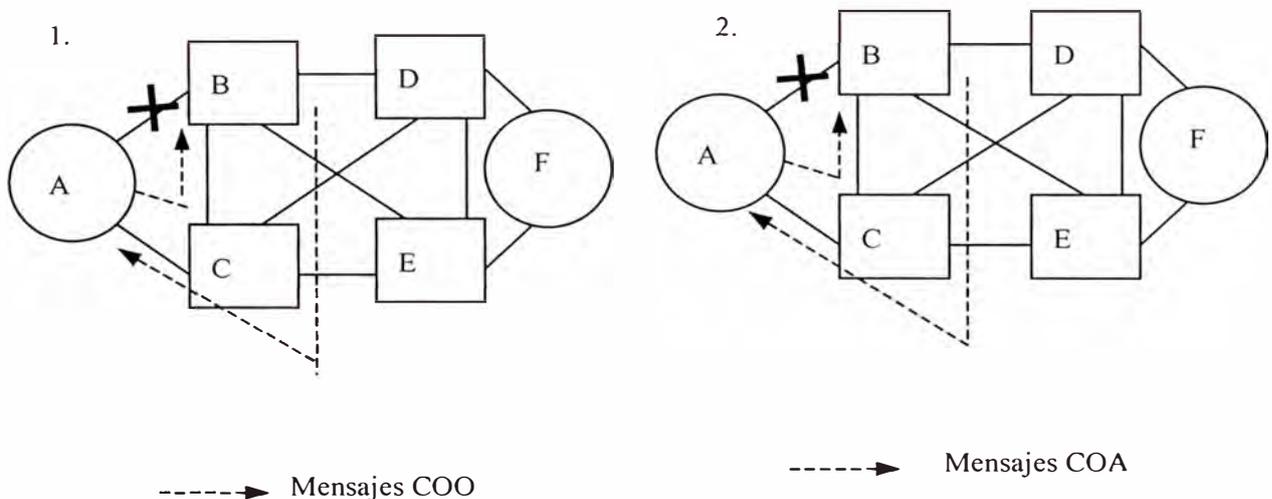


Figura 2.20 Mensajes de Change over

3.- Después de la recepción de los mensajes COAs, A y B envían ahora tráfico sobre la ruta alterna, comenzando con los mensajes almacenados en el buffer de retransmisión.

4.- Cuando el link de señalización entre A y B se torna activo otra vez, un mensaje de CBD es enviado desde cada punto de señalización.

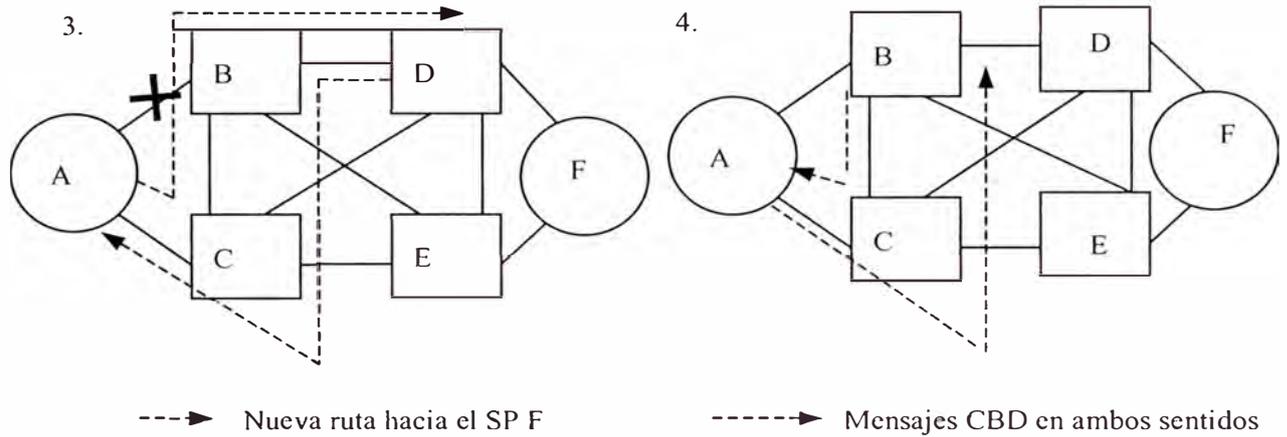


Figura 2.21 Mensajes de Change Back

5.- Ambos puntos de señalización responden a los CBDs con CBAs.

6.- Los puntos de señalización A y B comienzan a enviar tráfico de señalización en el link repuesto.

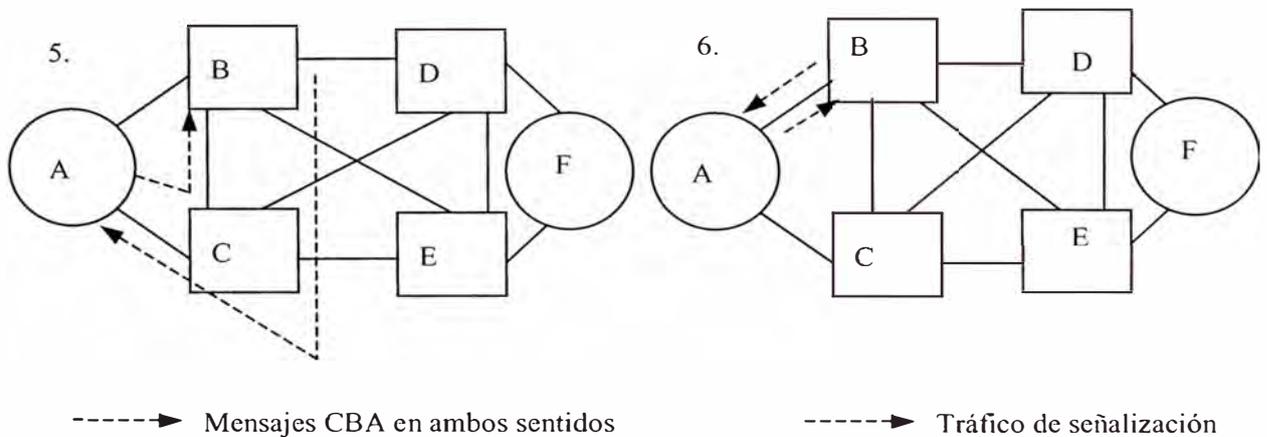


Figura 2.22 Mensaje de Change Back Acknowledgement

2.2.4.4 Parte de Usuario

La parte de usuario desempeña funciones que se corresponden con el nivel 7 del modelo OSI y tienen por objeto la creación y el tratamiento de la información de señalización antes de que esta se transmita por la red de señalización. En el contexto del CCS7, el termino “usuario” designa cualquier entidad funcional que utiliza la capacidad de transferencia proporcionada por la parte de MTP.

Como en el sistema de señalización se intercambia información entre diferentes clases de usuarios, las funciones de la parte de usuario se particularizan para esas clases. De esta manera aparece el TUP (Telephony User Part) la aplicación necesaria para el establecimiento de llamadas telefónicas. Para el caso de la Red digital de servicios integrados ISDN, surge la aplicación ISUP (ISDN User part), la cual por trabajar para voz y datos reemplaza al TUP. En algunos casos el ISUP se apoya en las propiedades del SCCP (Signalling Connection and Control) que básicamente permiten la señalización entre dos puntos remotos de extremo a extremo sin la necesidad de enviar mensajes a todos los nodos intermedios.

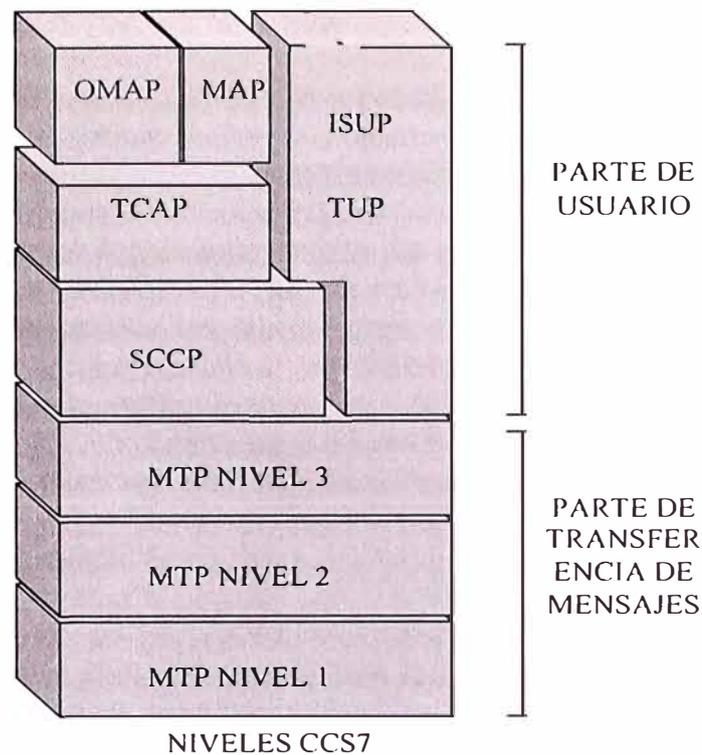


Figura 2.23 Niveles del Sistema de Señalización Nro 7

Existen, además, otras funciones de red no relacionadas estrictamente con los circuitos de comunicación, como por ejemplo, el acceso a bases de datos o funcionalidades de control remoto. En una arquitectura de protocolos, se definen las capacidades de transacción TCAP (Transaction Capabilities Application Part) como el conjunto de protocolos y funcionalidades utilizado por un grupo de aplicaciones distribuidas en una red para su intercomunicación. La TCAP utiliza los servicios de SCCP y MTP y proporciona un conjunto de métodos en un entorno sin conexión, disponibles por una aplicación en un nodo para invocar la ejecución de un procedimiento en otro nodo e intercambiar los resultados de esa invocación. Por consiguiente, TCAP comprende protocolos y servicios para ejecutar

operaciones remotas. En las redes de telecomunicaciones, las aplicaciones distribuidas que utilizan TCAP pueden residir en centrales y bases de datos de la red. En las redes de comunicaciones móviles el TCAP es usado por la aplicación MAP (Mobil Application Part) , la cual será descrita más adelante. La parte de Administración, mantenimiento y operación, OMAP , proporciona los protocolos y procedimientos de aplicación para la supervisión, coordinación y control de los recursos de red que hacen posibles las comunicaciones del SS7.

2.2.4.4.1 SCCP Signalling Connection Control Part

La capacidad de direccionamiento del MTP (Message Transfer Part) está limitada a entregar mensajes a un nodo y usar el indicador de servicio de 4 bits del SIO para distribuir mensajes dentro de un nodo. La Parte de Control de Conexión de Señalización (SCCP, Signnalling Connection Control Part) complementa esta capacidad proveyendo la capacidad de direccionamiento que usa el DPC más los números de Subsistema (SSNs, Subsystem Numbers). El SSN es una información de direccionamiento usada por el SCCP para identificar cada usuario del SCCP en un nodo.

Enrutamiento especializado.- Un STP (Signalling Transfer Point) usa el SCCP para aplicar el llamado Global Title Translations (GTT) a ciertos tipos de mensajes, que consiste en la traducción de los dígitos recibidos en un determinado punto de código.

2.2.4.4.2 TCAP Transaction Capabilities Application Part

La capacidad de transacción en el protocolo SS7 son funciones que controlan la transferencia de información no relacionada a circuitos entre dos o más nodos de señalización vía una red de señalización. TCAP provee la capacidad a aplicaciones distribuidas de invocar remotamente procedimientos dentro una base de datos. Las transacciones TCAP incluyen transacciones unidireccionales y bidireccionales entre dos procesos de aplicación, esto es, las transacciones involucran comunicación sólo en una dirección o una comunicación interactiva. Desde este punto de vista, el proceso de aplicación que inicia la transacción TCAP indica que caso aplicar, al comenzar la transacción. La parte TCAP caracteriza las siguientes aplicaciones: Credit card, Facturación de llamada tripartita, llamadas Collect, llamadas a números 0800/0900, CLASS, Aplicaciones Móviles y Redes privadas virtuales (PVN, Private virtual Network).

Mensajes y Procedimientos TCAP

Los parámetros TCAP están contenidos dentro de los datos de SCCP de los MSUs.

- Iniciación de las Transacciones.- Una transacción es iniciada con la asignación de un identificador de transacción. Una transacción TCAP es iniciada enviando o recibiendo un mensaje TCAP.
- Terminación de las transacciones.- Una transacción es terminada con la liberación del identificador de la transacción.

- Transacción para la Asociación de Procesos de Aplicación.- Las transacciones para los procesos de aplicación son identificados a través de los identificadores (Ids) de Transacción. Ambos procesos de aplicación involucrados en la transacción TCAP pueden asignar Ids en cualquier manera conveniente a ellos.

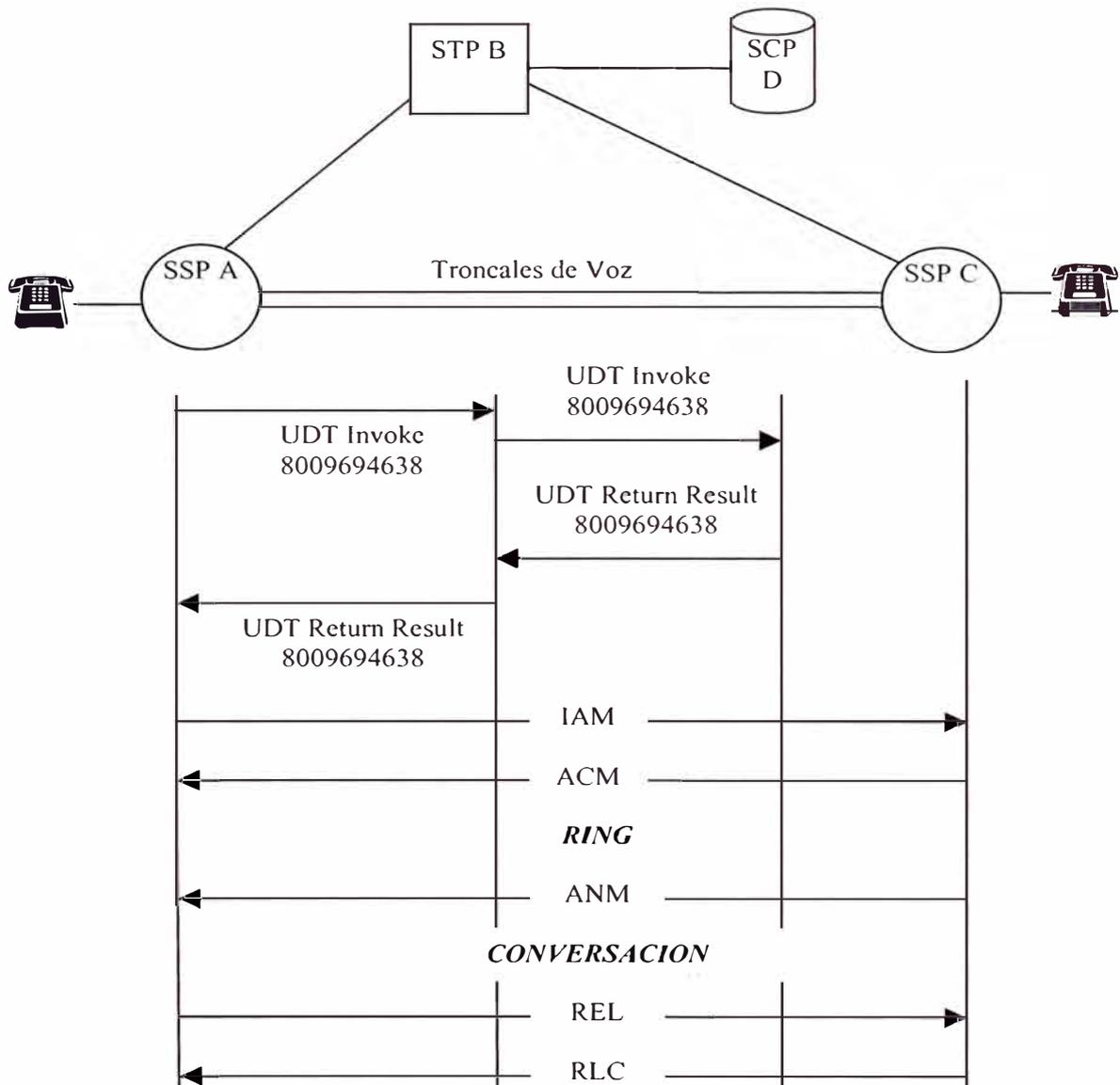


Figura 2.24 Proceso de una Consulta 800 de SCCP

CAPITULO III APLICACIÓN ISUP PARA TELEFONIA

ISUP (Integrated Services Digital Network User Part), provee las funciones de señalización necesarias para soportar el servicio básico y servicios suplementarios, de un portador de telefonía, para conmutación de voz y aplicaciones de datos en un ambiente de ISDN (Red Digital de Servicios Integrados). Dos partes de usuario fueron especificadas antes del ISUP, estas son la TUP (Telephone User Part) y el DUP (Data User Part). ISUP provee todas las funciones proveídas por el TUP más funciones adicionales para soportar llamadas que no son de voz e ISDN avanzado así como servicios IN (Intelligent Network).

3.1 Proceso de una llamada telefónica

A continuación veremos en detalle como se produce un establecimiento de llamada en ISUP. En la figura 3.1, se muestra el proceso que se sigue para una llamada y luego más tarde liberarla.

Cuando el usuario que llama, que a partir de ahora denominaremos usuario A, marca el número de teléfono del usuario llamado (usuario B), la central recibe la notificación de que se requiere realizar una llamada. Esta notificación lleva implícito como parámetro el número B (número marcado).

Lo primero que hace la central es averiguar por que ruta debe encaminar esa llamada y una vez que ha obtenido esa información envía un IAM por la ruta elegida.

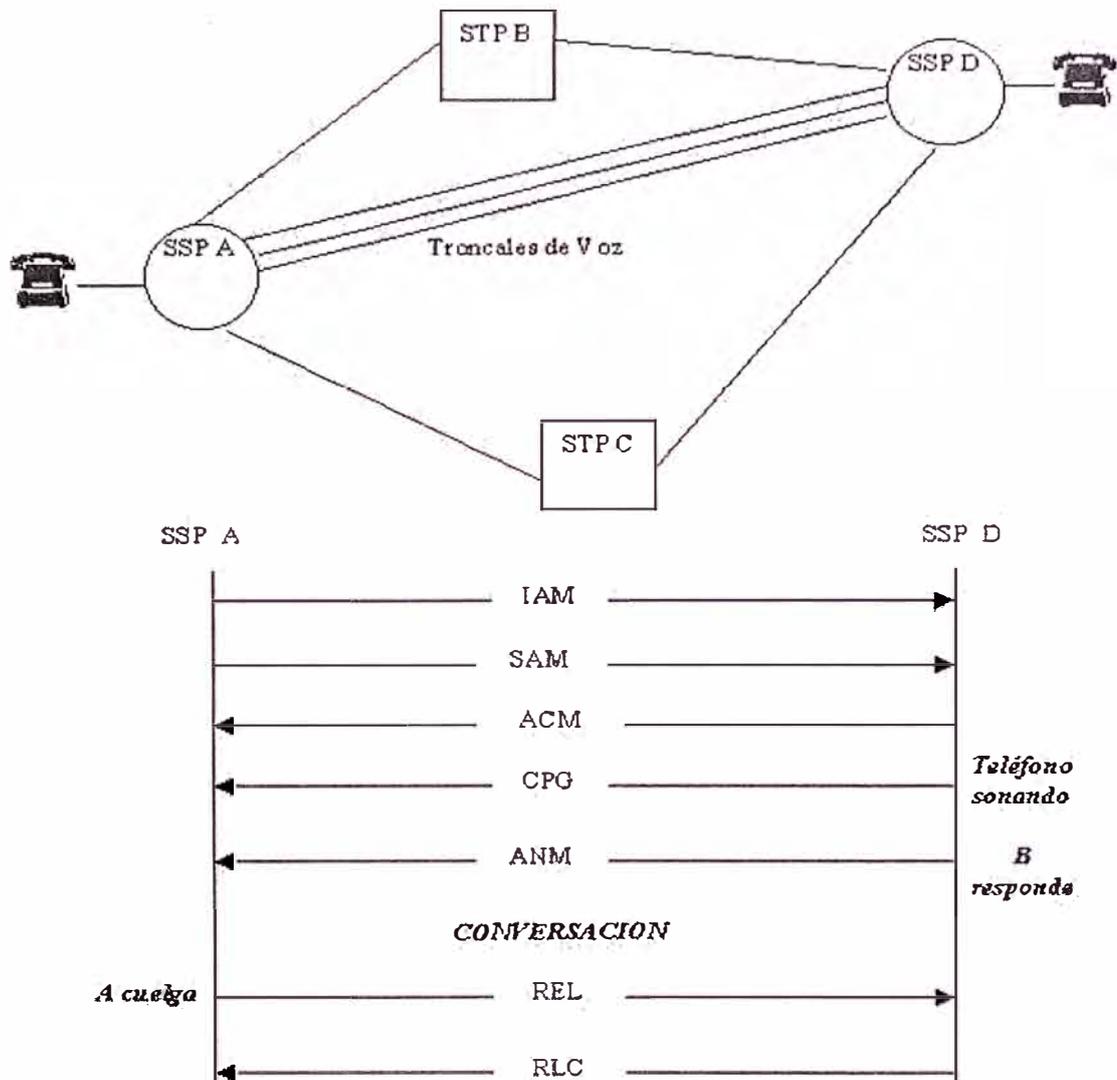


Figura 3.1 Proceso de una llamada ISUP

El primer mensaje que se envía es el mensaje de direccionamiento inicial, IAM (Initial Address Message). En general, contiene toda la información necesaria para encaminar la llamada, entre esta información se

encuentra el circuito o canal de voz que se tomará para la llamada. Si la comunicación tiene que pasar por centrales intermedias, se va abriendo camino central a central.

En ocasiones, es posible que el mensaje IAM no sea suficientemente adecuado para llevar toda la información. En estos casos, después del IAM se envían uno o varios mensajes de direccionamiento subsecuentes, SAM (Subsequent Address Message) con el resto de la información. El ACM (Address Complete message) lo envía la central remota hacia la central origen cuando ha recibido el IAMy los posibles SAM. Con ello indica que la llamada se está procesando. Se envía a modo de confirmación.

El CPG (Call Progress Signal) es enviado por la central destino para que la origen sepa que se está alertando al usuario B. Cuando el usuario B descuelga el teléfono, la central destino envía un mensaje de respuesta ANM (Answer Message) a la central origen. A partir de ese momento comienza a medirse el tiempo para la facturación del servicio. Cuando una de las dos partes cuelga el teléfono, se envía un mensaje de liberación de la llamada, REL (Release) en el sentido oportuno. Sin embargo, para que el circuito vuelva al estado de libre, es necesario que la otra parte confirme la liberación con un RLC (Release complete).

3.2 Mensajes ISUP

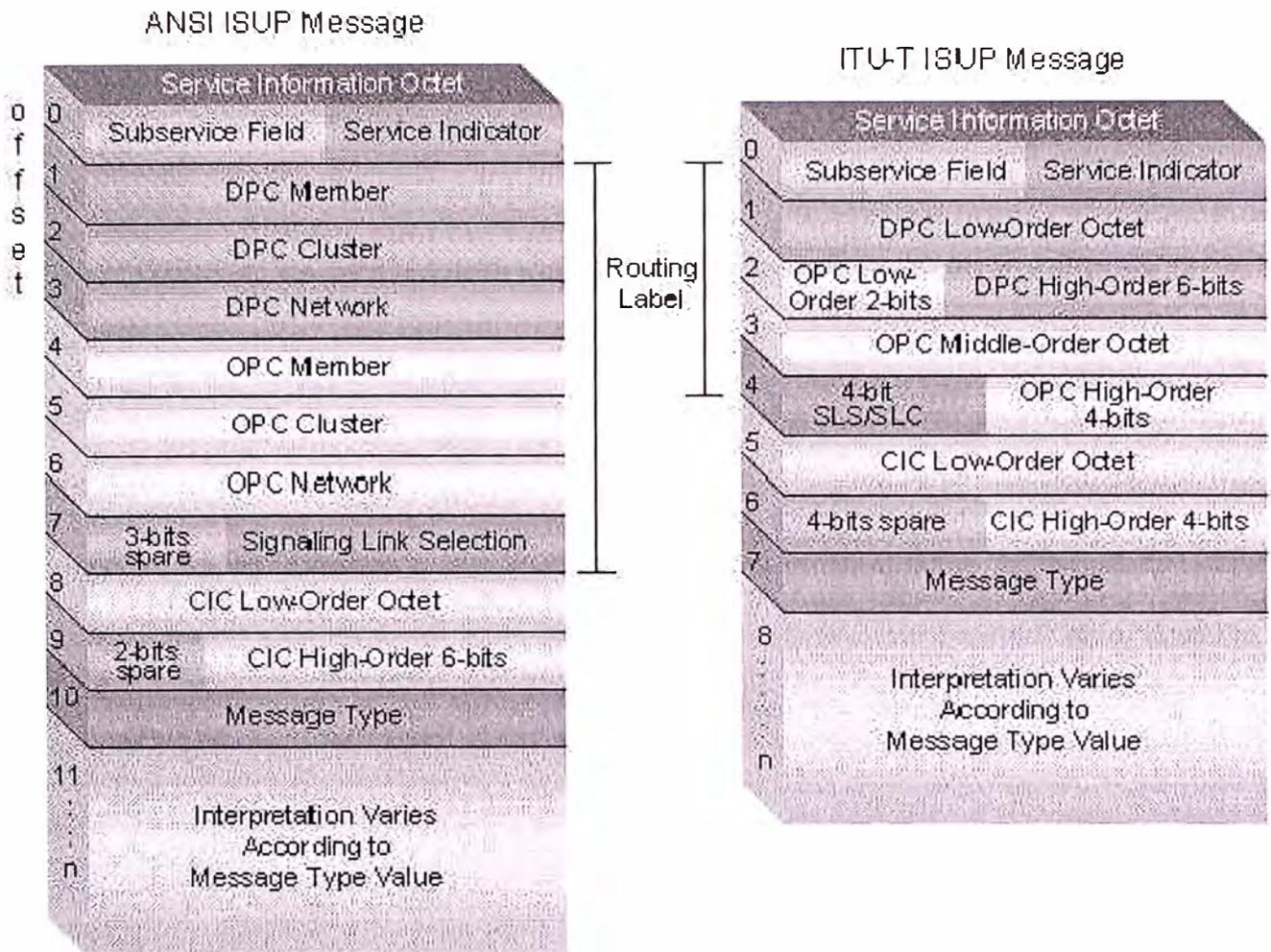


Figura 3.2 Formato de los mensajes ISUP

El servicio básico ofrecido por el ISUP es el control de las conexiones en una red de conmutación de circuitos para la terminación de llamadas de líneas de abonados. El proceso de una llamada ISUP está dividido en tres fases: call setup, conexión y liberación de llamada. La información de ISUP es transportada en el Campo de Información de señalización (SIF) del MSU. Esta información puede incluir los mensajes descritos a continuación.

3.2.1 Initial Address message (IAM)

Mensaje inicial de dirección, este mensaje es enviado en la dirección de forward para iniciar la toma de un circuito de salida y para transmitir la dirección y otra información relacionada al enrutamiento y manejo de una llamada.

Entre los parámetros más importantes que lleva este mensaje están, el CIC (Circuit Identification Code) que es el identificador del circuito o troncal de voz que se usará para transportar la llamada, dicha troncal debe tener la misma identificación CIC en ambas centrales, caso contrario se producirá el llamado problema de “one way” , en el cual el abonado A no escucha lo que dice el abonado B y lo mismo ocurre en el otro sentido. Información sobre las características que tendrá la llamada, como que si usará un enlace por satélite, si se hará chequeo de continuidad, si se usará controlador de eco, si se permite el redireccionamiento, la categoría del abonado llamante, la cual puede ser local, nacional o internacional, el tipo de canal de voz que se usará, es decir si se enviará sólo voz en la llamada o también se enviará datos o fax. La identificación de Número B (Called party number), su categoría de abonado. Como parámetro opcional está la identificación del número A, el cual en muchas centrales es configurado como obligatorio, ya que sólo así se puede brindar el servicio de poder ver quien llama, entre otros parámetros más. La figura 3.3 nos muestra la estructura de un mensaje de IAM.

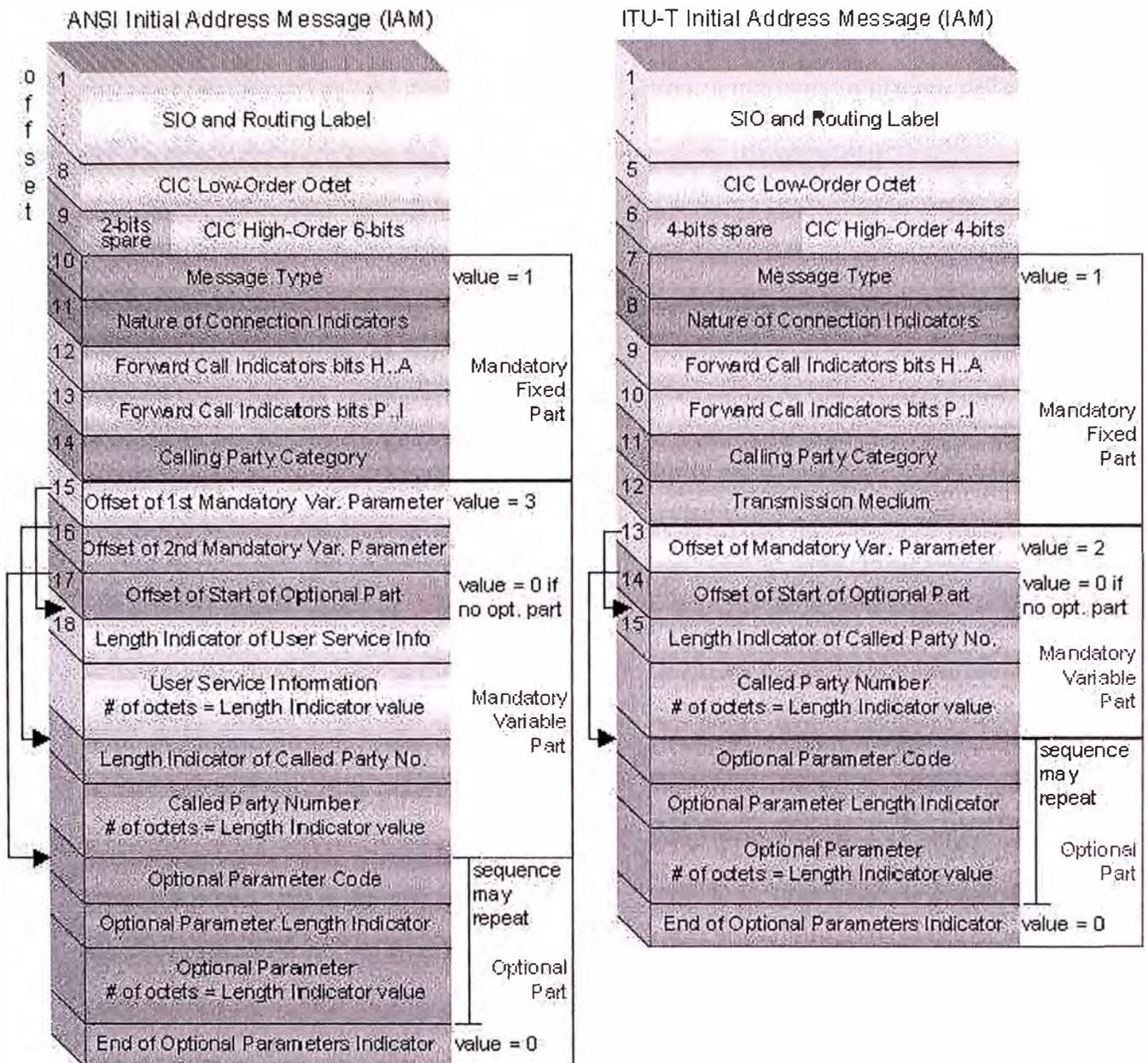


Figura 3.3 Initial Address Message

3.2.2 Proceso de Chequeo de Continuidad

Este proceso puede ser iniciado cuando un mensaje IAM es transmitido inicialmente. El IAM contiene un parámetro que especifica si es requerido o no un chequeo de continuidad en el circuito que va a ser usado una vez que se establezca una llamada. El IAM contiene un Código

Identificador de Circuito (CIC) para identificar que circuito va a ser usado una vez que la llamada sea establecida. Todos los mensajes de señalización asociados con esta llamada contienen el mismo código CIC.

El mensaje de Chequeo de Continuidad (COT) es enviado en la dirección hacia adelante o forward para indicar el éxito o la falla del test de continuidad aplicado en un circuito durante la conexión. El mensaje de COT es enviado inmediatamente después de la completación del chequeo de continuidad.

3.2.3 Address Complete Message (ACM)

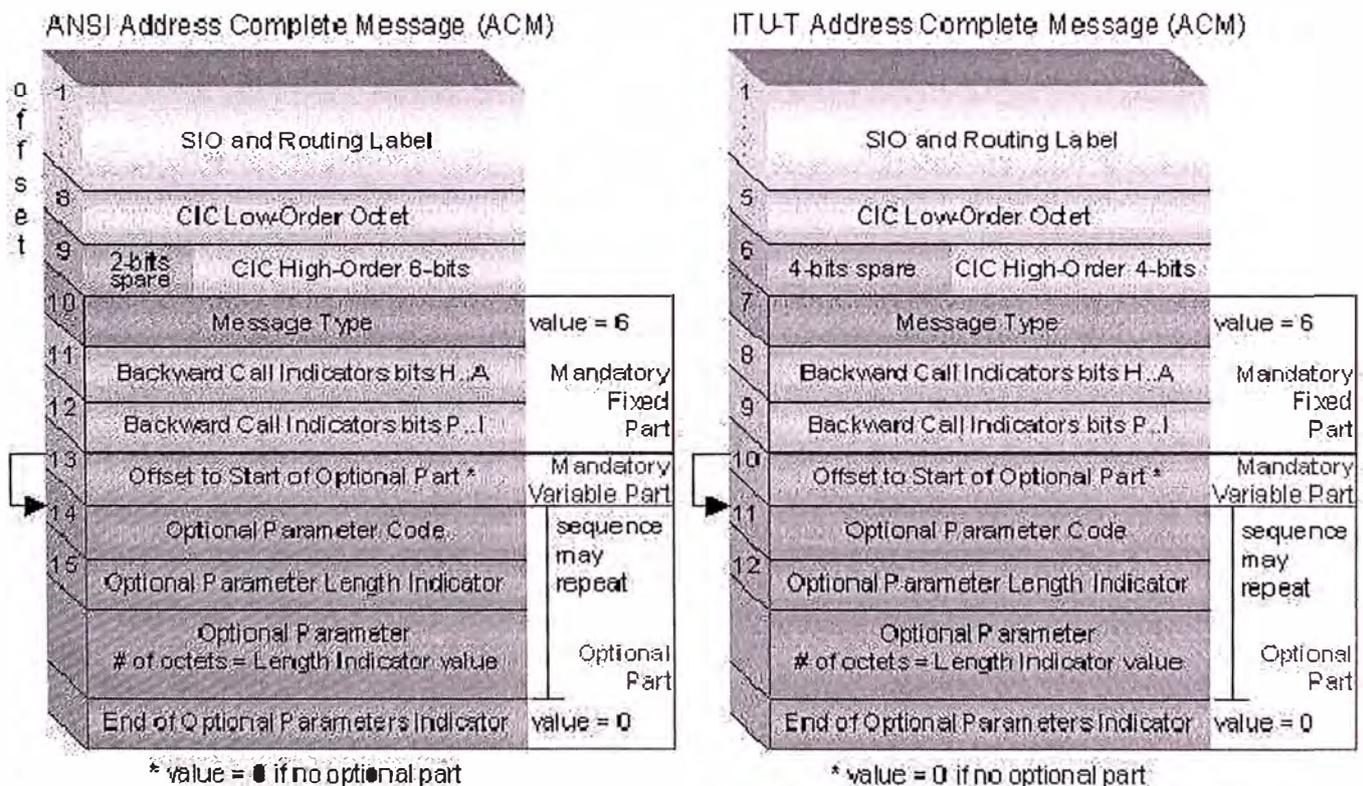


Figura 3.4 Address Complete Message (ACM)

Mensaje de dirección completa, es enviada en la dirección hacia atrás (backward) cuando la información referente al número de la parte llamada está completada y el chequeo de continuidad requerido a través de la conexión ha sido exitosa (es decir un mensaje COT con la indicación "continuity check successful" es recibido). Por lo general, después de este mensaje la central destino envía el mensaje CPG (Call Progressing) para indicar que el teléfono del usuario B está timbrando.

3.2.4 Answer Message (ANM)

El mensaje de respuesta es enviado en la dirección hacia atrás para indicar que una llamada ha sido contestada. Es a partir de la recepción de este mensaje que las centrales de conmutación empiezan la tarificación.

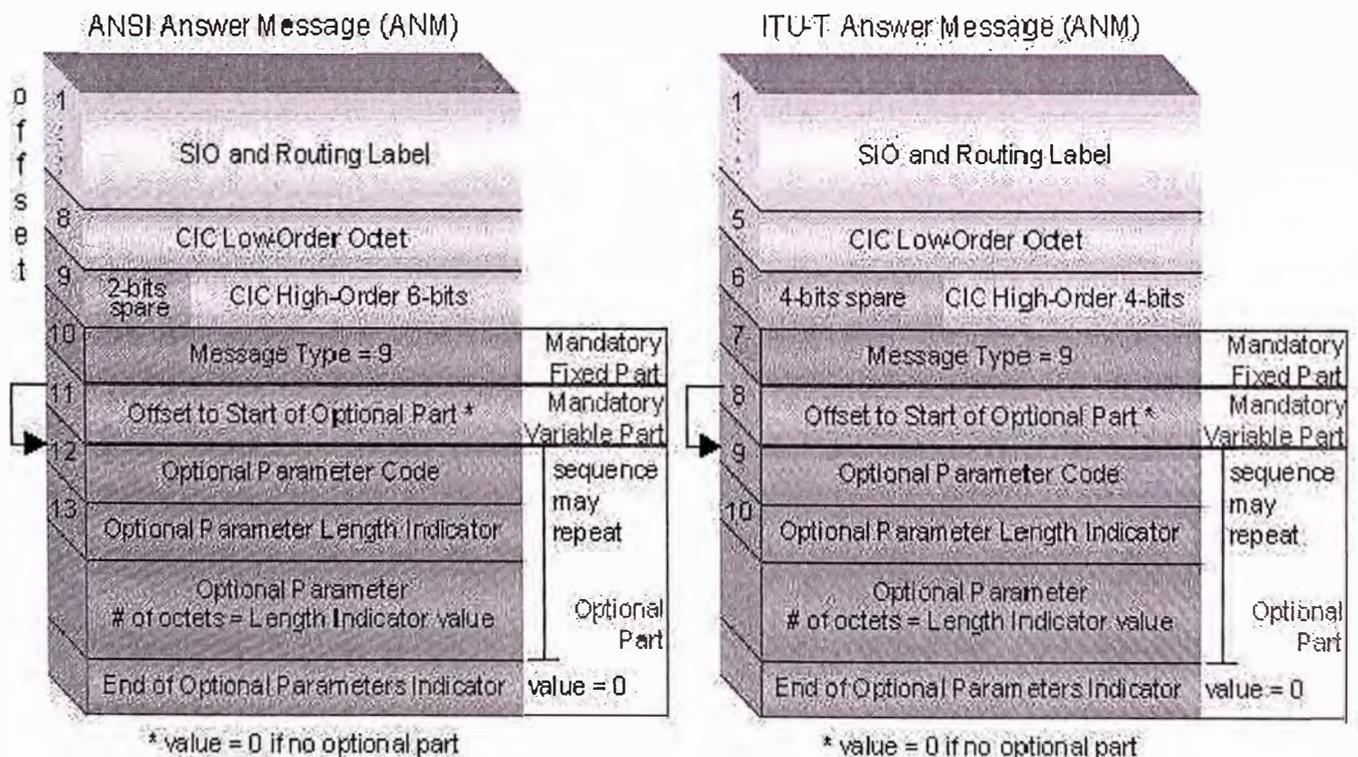


Figura 3.5 Answer Message (ANM)

3.2.5 Release Message (REL)

El mensaje de liberación es enviado en cualquiera de las dos direcciones para indicar que el circuito especificado esta siendo liberado de la conexión. El circuito especificado es liberado cuando el mensaje REL es enviado, pero el circuito no es puesto disponible hasta que el mensaje de Release Complete (RLC) es recibido. Este mensaje contiene un parámetro que es de extrema utilidad en la detección de problemas de configuración de los encaminamientos entre las centrales de conmutación, este es el valor de la “Causa de Liberación”, el cual nos da una indicación exacta de la razón por la cual una llamada termina o por que no llega a establecerse. La figura 3.6 nos muestra la estructura de este mensaje, y la tabla 3.1 nos muestra los significados de cada valor de causa de liberación.

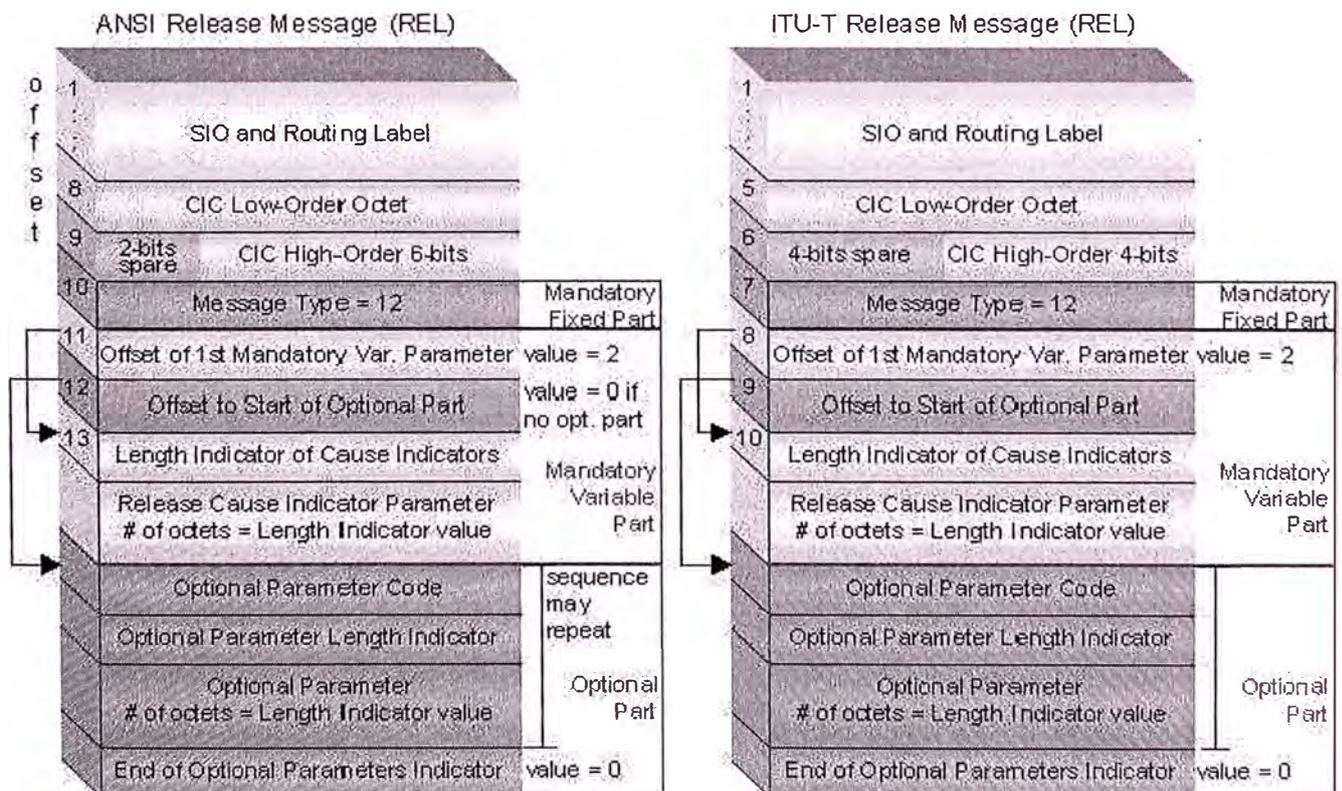


Figura 3.6 Release Message (REL)

Tabla 3.1 Valores de Causa de liberación.

| | |
|-----|---|
| 01 | número no asignado. |
| 02 | ruta no disponible hacia la red de tránsito especificada. |
| 03 | ruta al destino no disponible. |
| 04 | envío de tono especial de información. |
| 05 | error de marcación de prefijo interurbano. |
| 16 | Terminación normal. |
| 17 | usuario ocupado. |
| 18 | usuario llamado no responde. |
| 19 | no hay respuesta del usuario (usuario avisado). |
| 21 | llamada rechazada. |
| 22 | número cambiado. |
| 27 | destino fuera de servicio. |
| 28 | dirección incompleta. |
| 29 | facilidad rechazada. |
| 31 | normal, sin especificar. |
| 34 | no hay circuitos disponibles. |
| 38 | red fuera de servicio. |
| 41 | fallo temporal de red. |
| 42 | congestión del equipo de conmutación. |
| 43 | access information discarded |
| 47 | recursos no disponibles sin especificar. |
| 50 | facilidad pedida pero no suscrita. |
| 55 | prohibición de llamadas entrantes dentro del GCU. |
| 57 | capacidad de portadora no autorizada. |
| 58 | capacidad de portadora no disponible. |
| 63 | servicio u opción no disponible, sin especificar. |
| 65 | capacidad de portadora no implantada. |
| 69 | facilidad pedida no implantada. |
| 70 | sólo disponible una capacidad de portadora restringida. |
| 79 | servicio u opción no implantada. |
| 87 | usuario no miembro del GCU. |
| 88 | destino incompatible. |
| 91 | selección de red de tránsito invalida. |
| 95 | mensaje no válido. |
| 97 | tipo de mensaje no existente o no implementado. |
| 99 | parámetro no existente o no implementado (descartado). |
| 102 | Vencimiento de temporizador. |
| 103 | parámetro no existente o no implementado (pasado). |
| 111 | error de protocolo, sin especificar. |
| 127 | interfuncionamiento sin especificar. |

3.2.6 Release Complete Message (RLC)

Mensaje de liberación completa, es enviado en cualquiera de las dos direcciones en respuesta a un mensaje de REL. Una vez que el mensaje RLC es recibido para un circuito, el circuito es puesto disponible.

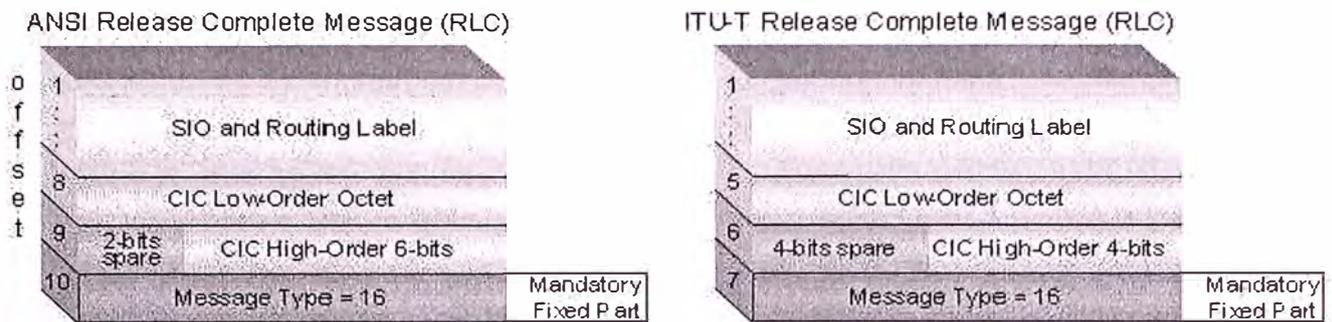


Figura 3.7 Release Complete Message

3.2.7 Suspend Message (SUS)

El mensaje de suspensión es enviado en la dirección hacia atrás para indicar que la parte llamada ha desconectado antes de la recepción de un mensaje de liberación (REL).

3.2.8 Resume Message (RES)

El mensaje de Resumen es enviado en la dirección hacia atrás después de que un SUS ha sido enviado para indicar que la parte llamada se ha reconectado (levantando el teléfono otra vez). El RES informa a la red que la llamada que ha sido suspendida seta siendo retomada.

CAPITULO IV APLICACIÓN ANSI-41 PARA SERVICIOS INALAMBRICOS

Las aplicaciones usadas por los Sistemas de Servicios Móviles, denominadas Mobile Application Part, se encuentran en el nivel de aplicación del protocolo CCS7. Una de estas aplicaciones es el protocolo antes llamado IS-41 por sus siglas en inglés "Interim Standard 41", convertido ahora en Estándar aceptado, y por lo tanto denominado ANSI – 41 del American National Standard Institute. En el presente proyecto se usarán estos dos términos indistintamente, para referirse a dicho protocolo.

La característica básica del servicio celular de completa movilidad del suscriptor o cliente, hace necesario que los sistemas celulares tengan la capacidad de brindar cobertura en ciudades diferentes a la ciudad original del suscriptor e incluso en países diferentes y alejados del país original del servicio. Con esta finalidad las empresas operadoras hacen acuerdos de servicio con sus pares de otras ciudades y/o países para asegurar que estas redes foráneas brinden cobertura para el cliente que visite su zona geográfica, a este servicio se le denominó "Roaming". Estos acuerdos tienen varios aspectos que contemplar durante su desarrollo, uno de estos es el aspecto técnico el cual debe asegurar que las dos redes en cuestión deben tener la misma tecnología de modulación, lo que permitirá que el cliente use su mismo terminal o equipo celular en la red visitada. Por lo general, como

se ve en el Capítulo I, las redes de Servicio celular comenzaron a brindar servicio con tecnología de modulación analógica AMPS ó NAMPS (Narrow AMPS) y fueron migrando hacia las tecnologías digitales TDMA o CDMA (Ver Apéndice A y B), sin embargo siempre dejaron parte de la señal analógica dando servicio, principalmente con dos finalidades: seguir brindando servicio a los clientes que no cambiaron de terminal celular, y para brindar servicio a los clientes visitantes de otras redes cuyo terminal digital no coincidía con la tecnología digital brindada por la red visitada. En resumen lo anterior posibilitaba que un cliente CDMA, tuviera servicio en una red visitada TDMA, pero usando la parte analógica de la red, lo anterior era posible también por la característica dual de la mayoría de los terminales celulares digitales, que les permitía sintonizarse a la primera señal analógica que encontraran en el aire, si es que antes no encontraban la señal digital correspondiente a su tecnología.

Los mensajes IS-41 son mensajes de SCCP (Signalling Connection Control Part). El nombre del subsistema en el mensaje SCCP es IS41 Mobile Application Part (MAP) y el subsistema 5 en ANSI. Los parámetros de IS41 están definidos en la porción TCAP del mensaje SCCP. Los mensajes de IS41 son usados para proveer servicios entre sistemas, tales como el Intersystem Handoff (handoff entre sistemas) y el Roaming Automático.

4.1 Definiciones de una red celular con el protocolo ANSI-41

4.1.1 Home Location Register HLR El Registro de Localización Local (HLR) es el nodo donde la identidad de los abonados celulares, clientes de la propia red están asignados. El móvil del abonado (subscriber) está identificado por un número de serie eléctrica (ESN) y un número de Identificación móvil (MIN, Mobile International Number). La base de datos del HLR contiene información del subscriber como información de su profile (MIN, ESN, y servicios) , localización actual y período de validación. Un HLR puede servir a varios MSC (Mobile Switching Centers) en su área. La comunicación entre un HLR y los otros elementos de la red es a través de enlaces de señalización CCS7, con la aplicación MAP.

4.1.2 Visitor Location Register VLR

El Registro de Localización de Visitante es usado por un MSC para obtener información necesaria para manejar las llamadas desde y para un abonado visitante. Un VLR puede servir a varios MSC en su área. En la mayoría de los casos físicamente el VLR se encuentra dentro del MSC. En esta base de datos se guardan de manera temporal los datos de los abonados visitantes, provistos por su HLR origen.

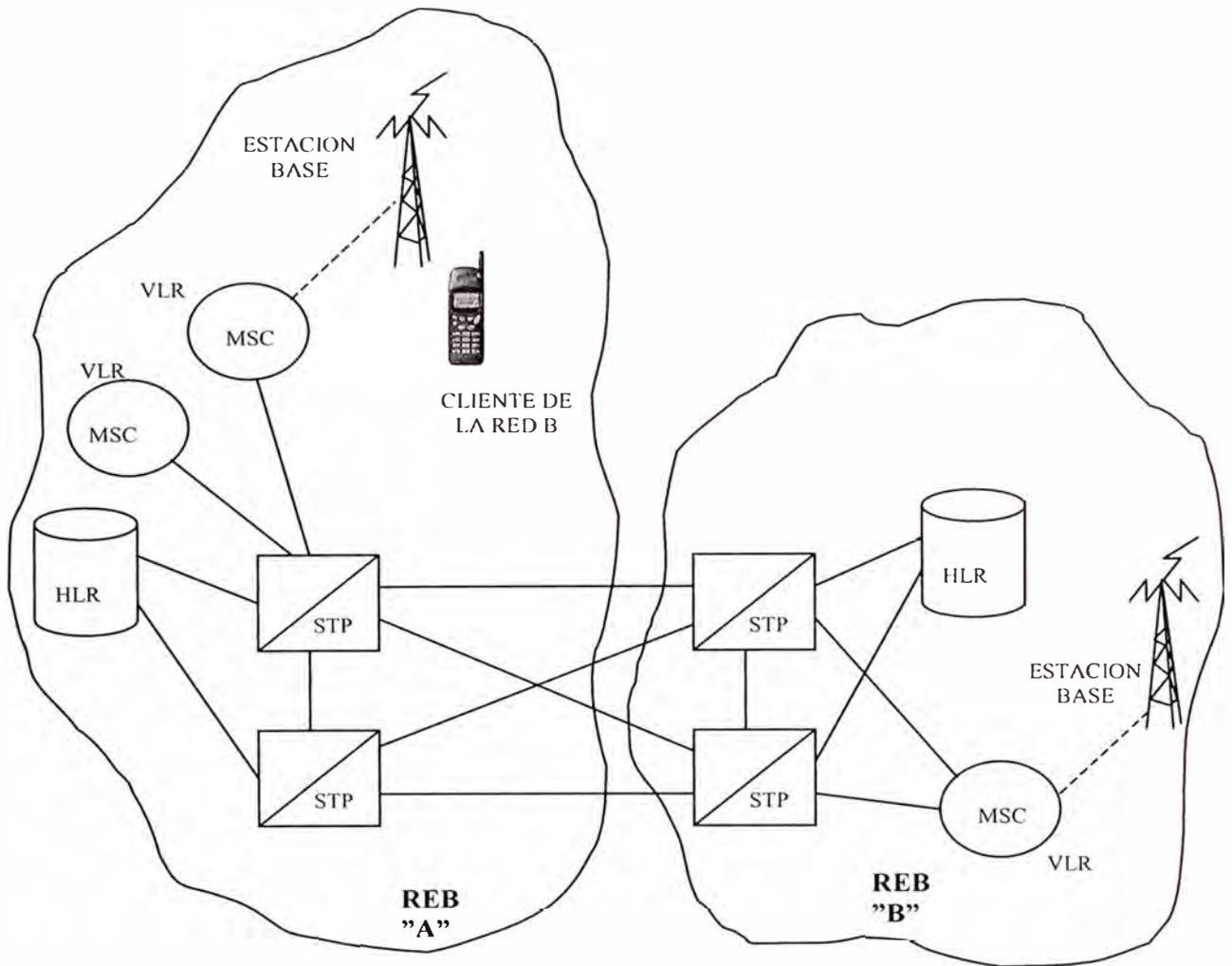


Figura 4.1 Elementos de una Red Celular con IS41

4.1.3 Mobile Switching Center MSC

El Centro de Conmutación móvil provee la interfase entre la red celular y las otras redes de conmutación pública (compañías telefónicas) u otras redes celulares. Es el nodo encargado de manejar las llamadas desde y hacia el abonado celular, ya sea este cliente de su red o visitante de otras redes que cuenten con acuerdos de roaming con ella. En sus inicios, sobre todo para las tecnologías celulares analógicas, los MSCs estaban encargados del control y gestión de las Estaciones base, posteriormente

esta labor fue asumida por controladores dedicados a esta función, denominados BSCs (Base Station Controllers). Adicionalmente los MSC realizan la función de tarificación de todas las llamadas gestionadas a través de sus troncales.

4.1.4 Mobile Station

La estación celular de abonado es un equipo usado para terminar las señales de radiofrecuencia en el lado del cliente, esto es teléfonos celulares, transportables para automóviles, etc. En sus inicios los teléfonos celulares analógicos, sólo servían para trabajar en AMPS, posteriormente se hicieron duales con la posibilidad de trabajar en AMPS y NAMPS (Narrow AMPS) que operaba en un ancho de banda menor posibilitando que tres conversaciones se transmitan a través de un canal AMPS. Con la aparición de la tecnología celular digital, los teléfonos celulares evolucionaron hacia una mejor calidad de voz, resistencia a las interferencias radioeléctricas y mayores servicios de valor agregado como envío de mensajes cortos, identificación del número llamante, llamada en espera, etc , adicionalmente algunos modelos ofrecían la posibilidad de trabajar en modo analógico, para casos en los que el cliente se visite una red que brinde sólo esta tecnología.

4.1.5 Cell Sites (Estaciones base)

La estación base es la localización física de los equipos de radiofrecuencia y sus equipos de soporte, como medios de transmisión hacia el MSC, antenas de radiofrecuencia para comunicarse con los teléfonos

celulares, etc. Una descripción más detallada de estas características se encuentra en el apéndice A.

4.1.6 Mobile Identification Number MIN

El número de identificación del móvil es asignado a la estación móvil. El MIN y el número serial del móvil son usados para registrar a este en la red celular. Estos datos permanecen en el HLR del cliente.

4.1.7 Temporary Local Directory Number TLDN

Cuando un móvil se registra en un VLR, el VLR asigna un número temporal , el cual es enviado al MSC origen, con la finalidad de enrutar las llamadas hacia dicho móvil. En algunos VLRs el número temporal es mantenido hasta que recibe un mensaje de cancelación de registración, en otros sistemas el TLDN es asignado solamente para una llamada.

4.2 Tipos de Mensajes IS41

Invoke .- Es un mensaje enviado desde un MSC, VLR o HLR iniciando una acción o consulta (Query)

Return Result.- Es la respuesta a un Invoke.

Return Error.- Es enviado en lugar de un result, esto indica que el Invoke recibido no tuvo un parámetro esperado o este tuvo un parámetro inesperado.

Return Reject.- La invocación (Invoke) fue rechazada por que no fue entendida. La porción TCAP del mensaje Invoke pudo haber estado corrupta.

4.3 Procedimientos IS41

4.3.1 Intersystem Handoff

El Handoff intersistemas es el proceso para transferir una llamada que está en progreso hacia un diferente canal de radio controlado por otra MSC sin interrumpir la llamada. Este proceso se soporta sobre troncales intersistemas dedicados. Solamente los móviles que se encuentra cursando una llamada pueden hacer el handoff y no los que se encuentran en el estado de timbrado.

El MSC servidor, determina si un handoff hacia un MSC adyacente es necesario. Este envía un mensaje de Handoff Measurement Request Invoke (Requerimiento de Medición de Handoff). Los MSCs adyacentes, o candidatos envían de regreso un mensaje de Return Result (Resultado), entregando así la identificación de las celdas y valores de calidad de la señal.

El MSC servidor u origen selecciona el mejor MSC candidato para el Handoff y luego envía un mensaje de Facilities Directive Invoke (Invocación de directiva de facilidades) hacia el MSC B, con lo que instruye a este MSC a conectar un Canal de voz VCH Voice Channel), y un link de datos (Data link). El MSC destino envía un mensaje de Return result indicando que el VCH y el data link han sido conectados.

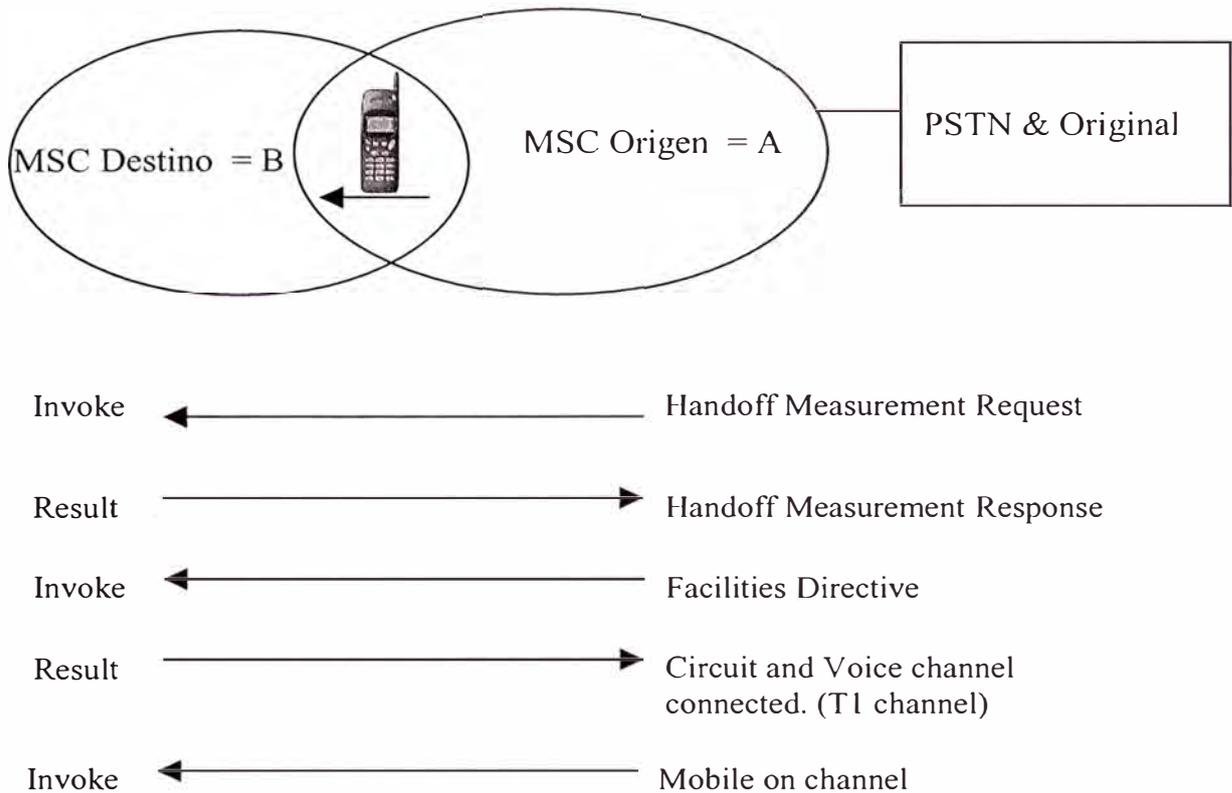


Figura 4.2 Proceso de ANSI-41 para un Hand off Intersistemas

El MSC destino luego envía un mensaje de Mobile on Channel Invoke (Invocación de móvil en canal) hacia el MSC servidor y el terminal (CCS) cambia de frecuencia de radio hacia la estación base del MSC destino.

4.3.2 Handoff Back

Si el móvil (MS) viaja de regreso al MSC servidor original (A), el MSC B realiza un Handoff Back hacia el MSC A, no presentándose así un doble lazo entre los dos MSC.

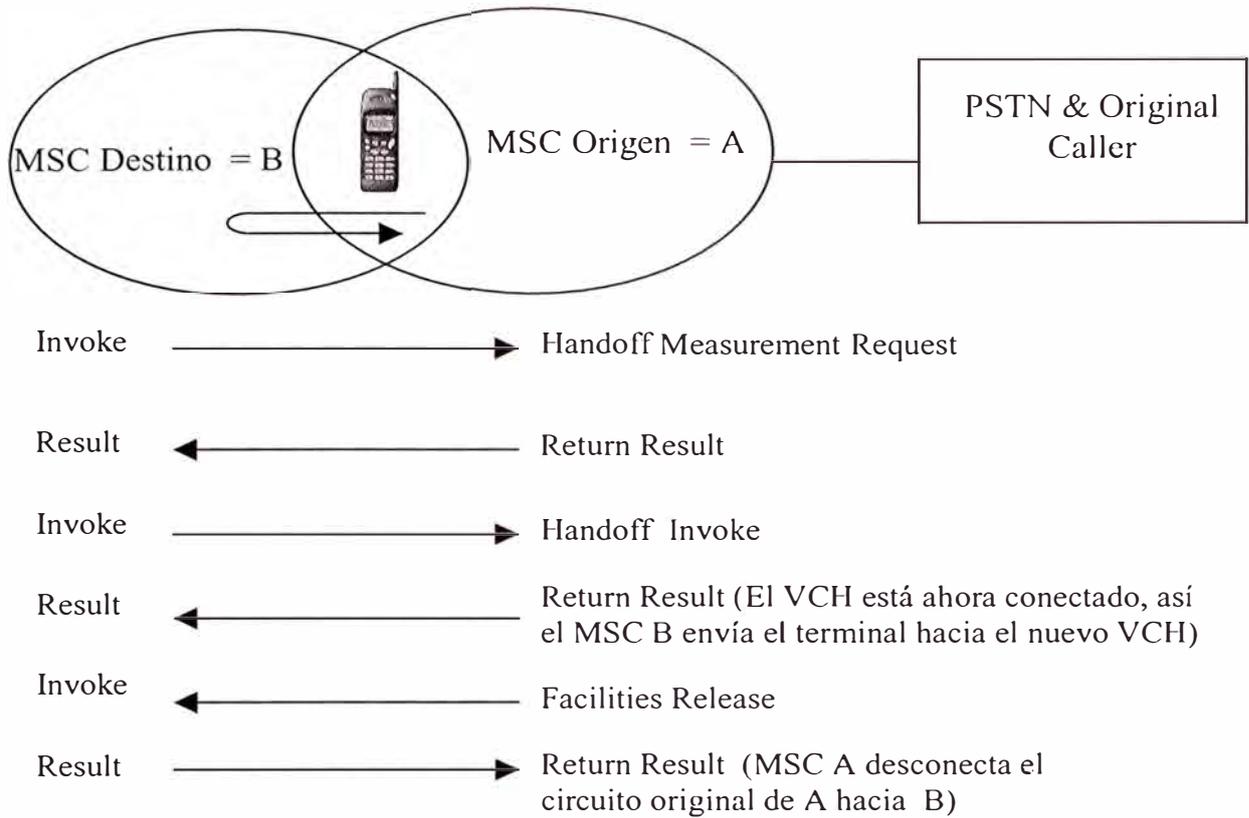


Figura 4.3 Handoff back

En el ejemplo anterior, una llamada fue transferida (handed off) desde el MSC A hacia el MSC B. Si el MSC B devuelve la llamada hacia el MSC A, el mensaje seguirá la secuencia de la figura 4.3

4.3.3 Handoff hacia un Tercero

En la siguiente figura, una llamada es manejada desde el MSC A hacia el MSC B. EL MSC B puede hacer un handoff adicional hacia otro MSC C, lo cual puede resultar entonces en una conexión entre A y B y entre B y C. Esto es un proceso de handoff aceptable, existe para esto circuitos dedicados de voz y datos entre A y B y entre B y C. Sin embargo si hubieran

circuitos dedicados entre A y C, puede ser usado el Handoff usando la minimización de ruta, conectando así A directamente a C.

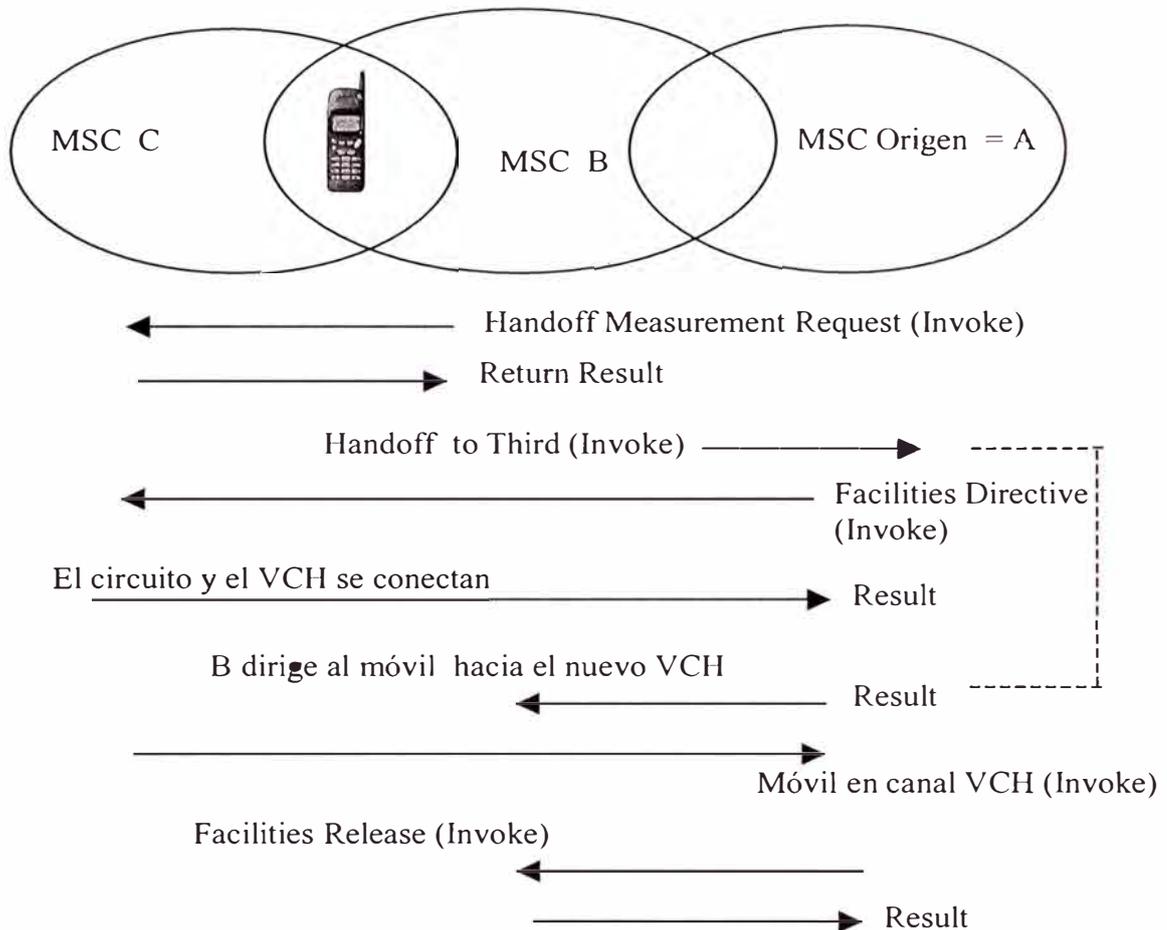


Figura 4.4 Handoff hacia un tercer MSC

4.3.4 ROAMING AUTOMÁTICO Y CALL DELIVERY

Los procesos principales para el Roaming automático y el Call delivery son el Registration Notification (Notificación de registración) y el Registration cancellation (Cancelación de Registración).

Notificación de Registración y Cancelación

El propósito de la notificación de registración es obtener información en un móvil roaming (roaming CCS) y notificar a su HLR de su nueva

ubicación. La cancelación de registración es usada para notificar a un VLR que el CCS ya no está más presente en el área de influencia de este VLR. Cuando un móvil roaming es encendido o decide hacer una llamada, el MSC en el área visitada origina un mensaje de Notificación de registración hacia el VLR. Si el VLR no tiene un registro de este móvil, envía también un mensaje de Notificación de registración hacia el HLR del cliente visitante. El VLR identifica el HLR del móvil visitante por medio de su Mobile Identification Number (MIN).

El HLR envía un mensaje de Registration Notification Return Result (Resultado de la notificación de registración) hacia el VLR, el cual puede contener información del profile del cliente. Si la Notificación de registración recibida por el HLR es desde un nuevo VLR, y el cliente estuvo registrado previamente en un diferente VLR, el HLR actualiza la información de localización del nuevo VLR y envía un mensaje de Registration cancellation (Cancelación de la registración) al antiguo VLR. El VLR antiguo remueve el registro del móvil de su base de datos y también envía un mensaje de Registration Cancellation Return result hacia el HLR.

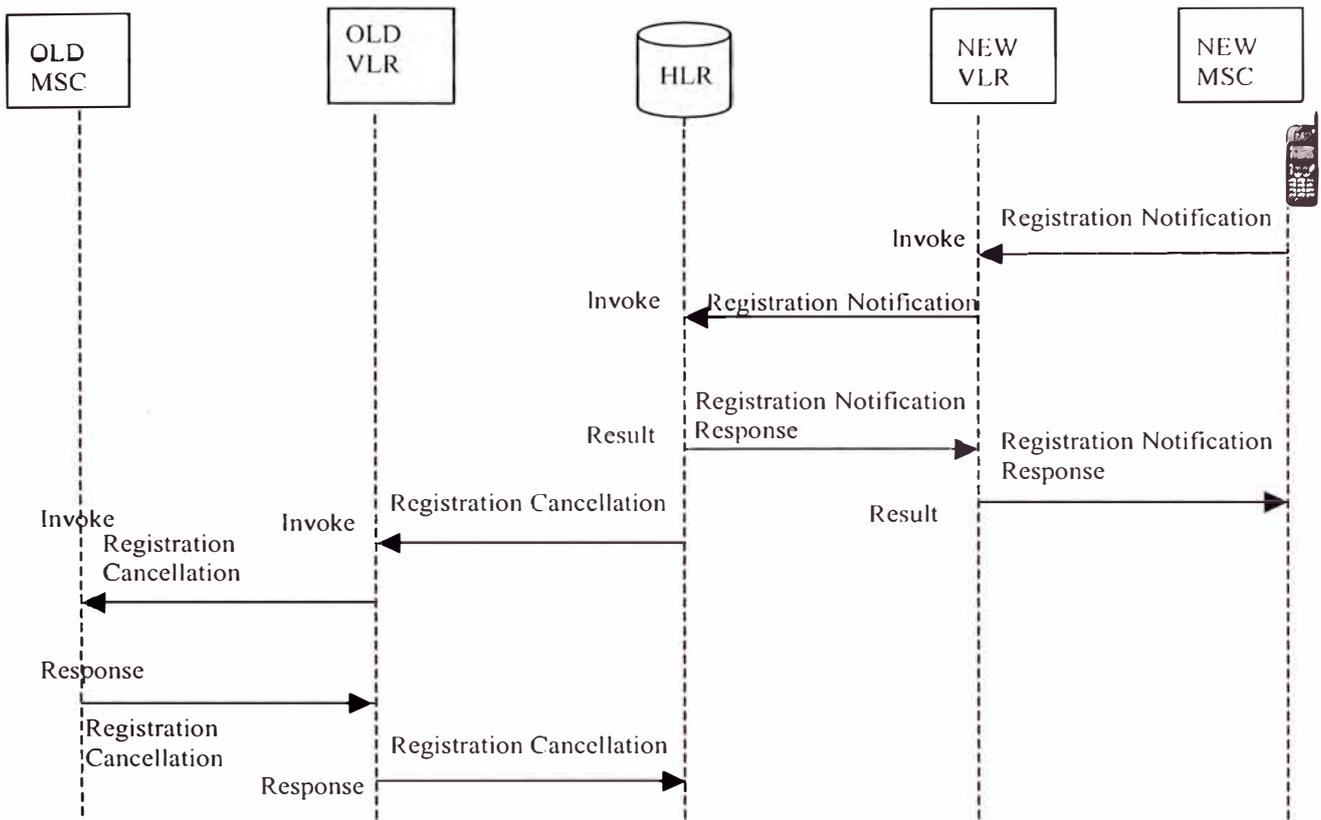


Figura 4.5 Registration Notification & Cancellation

4.3.5 LOCATION AND ROUTING REQUESTS

(Requerimiento de Localización y enrutamiento)

Los requerimientos de localización son enviados hacia un HLR desde un MSC para encontrar como enrutar una llamada hacia un móvil. Si el móvil se encuentra haciendo roaming en otra área, entonces el HLR debe enviar un mensaje de Routing Request hacia el VLR donde el móvil se registró por última vez. En la siguiente figura se detalla esta secuencia.

MSC hacia HLR = Location Request

HLR hacia VLR = Routing Request

VLR hacia MSC = Routing Request

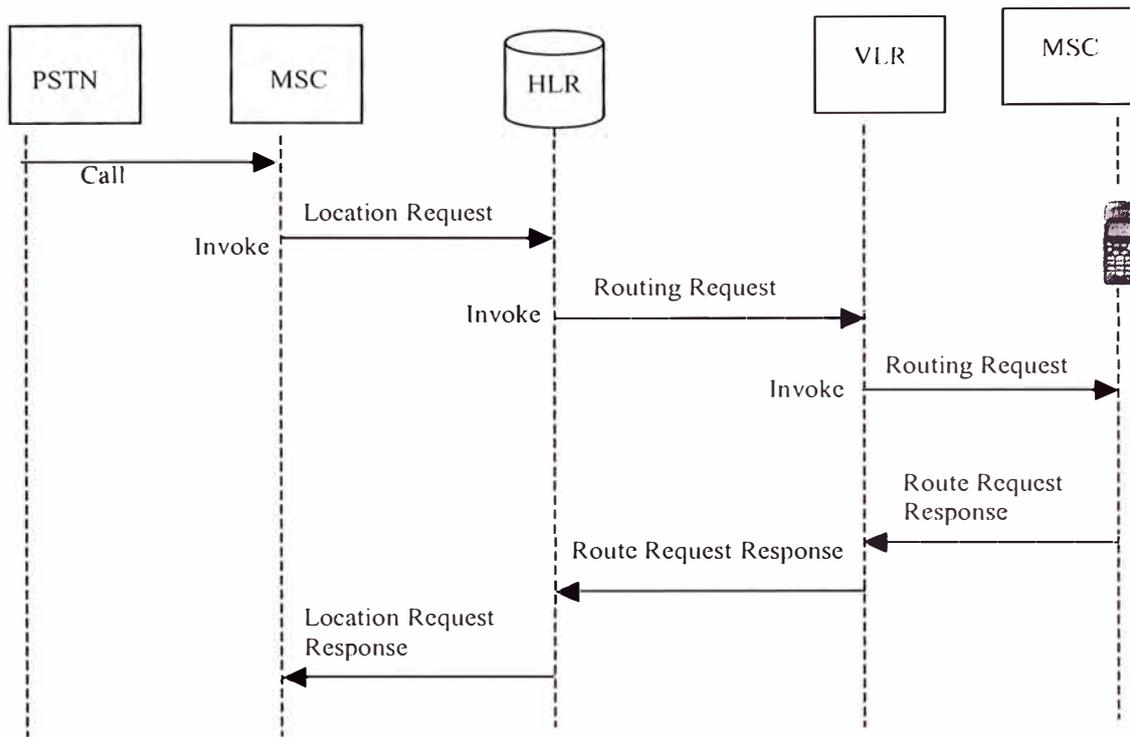


Figura 4.6 Location and Routing Request

Si una MSC recibe una llamada desde la Red de telefonía pública (PSTN) hacia un móvil, este MSC envía un mensaje de Location Request hacia el HLR que sirve al móvil. Si el móvil se encuentra en otra área de visitante, el HLR envía un mensaje de Routing Request Invoke hacia el VLR donde se registró el móvil por última vez. El VLR envía un mensaje de Routing Request Return Result hacia el HLR, asignándole un Número temporal local (TLDN) al móvil, para que el MSC origen pueda enrutar la llamada hacia el MSC visitado.

4.3.6 Otros Mensajes ANSI 41

Profile Request (Service Profile Request)

El profile de servicio de un móvil contiene información acerca de las características a las que el usuario está autorizado a usar y además información acerca de cuales servicios están activos. Un MSC o un VLR puede enviar un mensaje de Profile Request Invoke hacia el HLR para conseguir el profile del usuario. El HLR regresa un mensaje de Profile Request Return Result conteniendo el profile requerido, el profile puede ser un una transacción separada o puede estar contenido como un parámetro en le mensaje original de Registration Notification Invoke, y el HLR puede devolver la información del profile de servicio hacia el VLR en el mensaje de Registration Notification Return Result.

Service Profile Directive

Si el profile de servicio de un móvil cambia, el HLR puede enviar una Directiva de Profile hacia el VLR en el cual el móvil se registró por última vez, indicando el profile de servicio cambiado.

Qualification Request

La información de calificación es usada para la verificación del valor del crédito de un usuario. El mensaje de Qualification Request es enviado desde un VLR hacia un HLR y es usado para autenticar un móvil. La información de Calificación puede también ser requerida en el mensaje original de Registration Notification como un parámetro.

Qualification Directive

Si la autenticación de un móvil ha cambiado (Esto es, si el móvil fue robado y esto hace que no se le permita realizar ninguna llamada) el HLR puede enviar un mensaje de Qualification Directive al VLR.

Remote Feature Control Access

Si un móvil intenta usar algún servicio agregado como el call forward (o redireccionamiento de llamadas), este mensaje es enviado desde el MSC a través del VLR hacia el HLR del móvil. Basándose en los dígitos marcados por el móvil, el MSC visitado o el VLR lo identifica como un Remote Feature Control Access (Acceso a control de Servicio remoto). Si los dígitos son de acceso a control de servicios locales, el VLR actualiza la información almacenada referida al servicio requerido. Si los dígitos son de acceso a control de servicios remoto, el VLR envía un mensaje de Remote Feature Control Access Invoke hacia el HLR del móvil, el HLR actualiza la información almacenada relacionada al servicio requerido. El HLR envía un mensaje de Remote Feature Control Access Return Result (Resultado de acceso a control de servicio remoto) hacia la nodo que solicitó la transacción (MSC o VLR).

Call Data Request

El requerimiento de datos de llamada, es enviado desde el VLR al HLR para servicios especiales como la facturación de llamadas tripartitas (Third party billing).

Call Redirect

Si un MSC envía una llamada para un móvil hacia el VLR donde este está registrado, y el móvil no responde o está ocupado, el MSC originante envía un requerimiento de redirección hacia el HLR del móvil. El HLR provee al MSC la información de redireccionamiento (por ejemplo, correo de voz, redireccionamiento hacia un número, etc). El MSC corta la llamada y la redirecciona hacia el número provisto por el HLR.

Transfer to Number Request

Es similar al call redirect, con la diferencia que el MSC no corta la llamada hacia el VLR donde el móvil está registrado sino que el VLR transfiere la llamada hacia el número proporcionado.

Móvil Inactivo

Si un móvil está inactivo (apagado) por una periodo de tiempo, el MSC y VLR pueden enviar un mensaje de CSS Inact hacia el HLR. El VLR y el MSC pueden remover el record del móvil de la memoria. Entonces el móvil necesitará re-registrarse la próxima vez que encienda el terminal.

Mensajes Miscelaneos

SysMyType Code, es un parámetro contenido dentro del mensaje de Registration Notification que define el tipo de sistema que ha originado el mensaje (por ejemplo, AT&T, Ericsson).

Authorization Period, es el periodo de tiempo durante la cual la autorización es válida.

Routing Number or Destination Number, son los dígitos usados por el Automatic Number Identification ANI (Identificación de número automático).

CAPITULO V

INTEGRACION DE UN STP PARA APLICACIONES ISUP Y ANSI-41

5.1 Estado Inicial de la Red Celular en el proyecto

Las redes de Telefonía por lo general comienzan con una topología que incluye el transporte de los enlaces de señalización dentro de los enlaces usados para el transporte de voz. Dicho método se implementa tomando un canal (Time Slot) de la trama (E1 o T1), de la interconexión de voz , para dedicarlo unicamente al envío de señalización.

En el presente trabajo, la red celular donde se desarrollará el proyecto, usa la topología mencionada en el párrafo anterior. Las centrales de conmutación MSC, se interconectan con la Red de Telefonía fija y con los otros operadores a través de enlaces de dicha naturaleza, en un principio esta disposición era óptima por la poca cantidad de enlaces, pero a medida que la red creció, ingresaron en servicio más MSCs y más operadores complicando de esta manera la gestión de los enlaces de señalización. Una manera de optimizar dicha situación es la de implementar una red de señalización independiente de la red de transporte de voz, aplicando el concepto de señalización en modo “cuasi asociado” , visto en el capítulo 2.

Los MSC de la red en mención además de usar la señalización N° 7 para comunicarse con las otras centrales, usan el protocolo interno DMX, para comunicarse entre ellos, si bien este protocolo se basa en la señalización por canal común no es compatible con el estándar CCS 7 que se piensa usar para implementar la red de señalización independiente a través de STPs, por lo tanto es necesario una migración de este protocolo interno hacia la señalización CCS 7, con la aplicación ANSI-41 para el servicio de Roaming, y la aplicación ISUP para Telefonía.

La figura 5.1 muestra un diagrama de esta red de Telefonía Celular en la que se desarrollará el proyecto. Una observación adicional es que para las aplicaciones de Roaming y poder interactuar con el protocolo estándar ANSI-41 usado por los operadores de los países con los que se tiene acuerdo de este servicio, es necesario hasta ahora un convertidor entre ANSI-41 y DMX, con la migración mencionada en el párrafo anterior, este convertidor ya no será necesario.

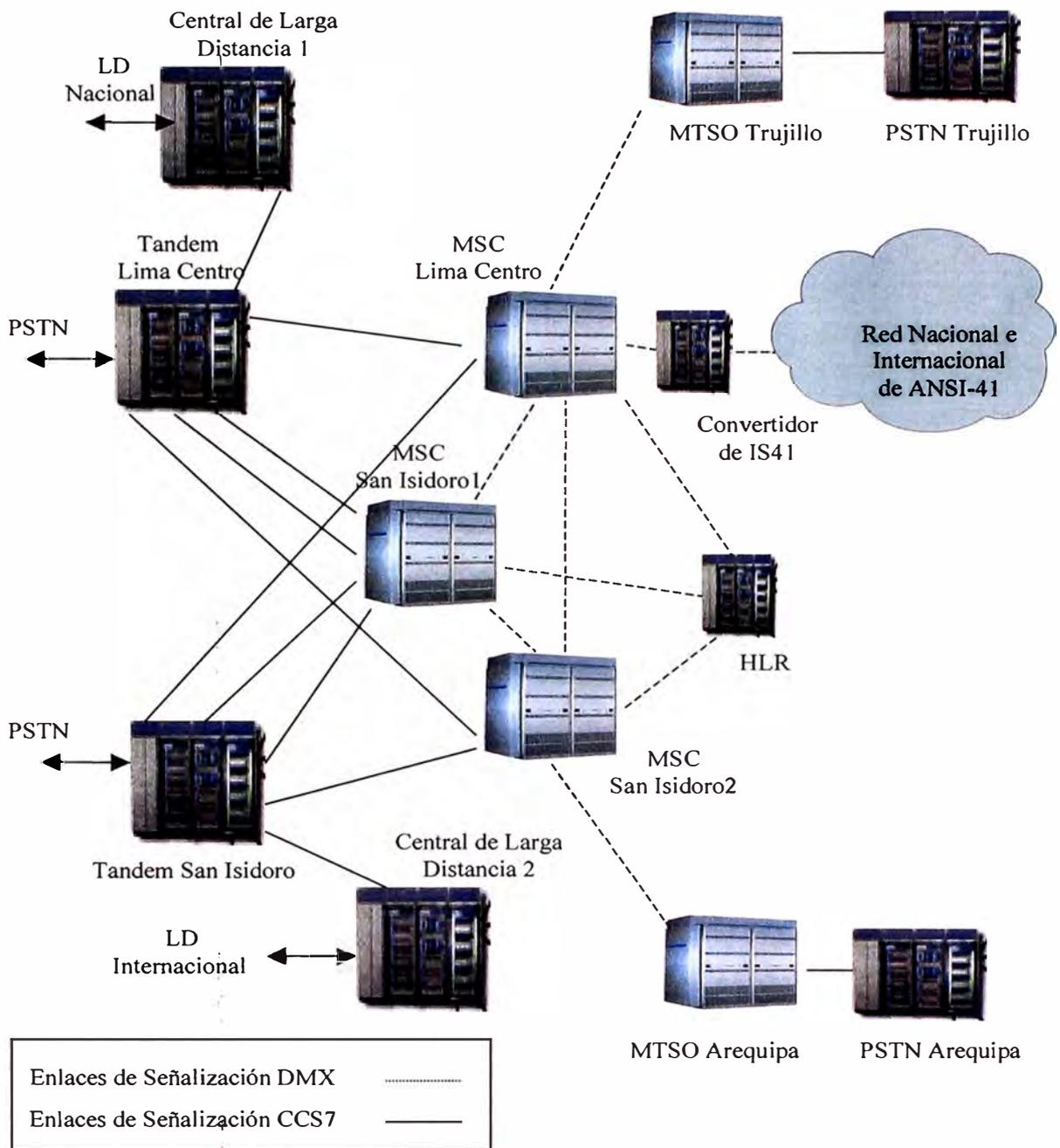


Figura 5.1 Red de Señalización Inicial del Proyecto.

5.2 Configuración de la Red de Señalización Superpuesta a la Red Voz

Conforme la red crece y los servicios ofrecidos se incrementan se hace necesario implementar una Topología basada en la superposición de dos redes, una encargada de transportar la voz datos y otra destinada a transportar unicamente señalización CCS7 totalmente independiente de la anterior, esto para asegurar la disponibilidad de rutas alternas ante la ocurrencia de alguna avería en la red, mejorar la gestión y control de los recursos de señalización y proyectar un crecimiento ordenado de los nodos en el Sistema.

Para la implementación de esta topología es imprescindible el uso de las centrales denominadas STP (Signalling Transfer Point) , o puntos de transferencia de señalización, las cuales estarán encargadas de hacer el tránsito de los mensajes de señalización entre los diferentes nodos de la red, según se describió en el capítulo 2. En las siguientes figuras se muestran las dos redes de señalización a las que se debe llegar al finalizar la presente implementación: red nacional de aplicación ISUP y la red nacional e internacional de aplicación ANSI 41, ambas redes usando los STPs (STP Lima Centro y STP Miraflores) simultaneamente.

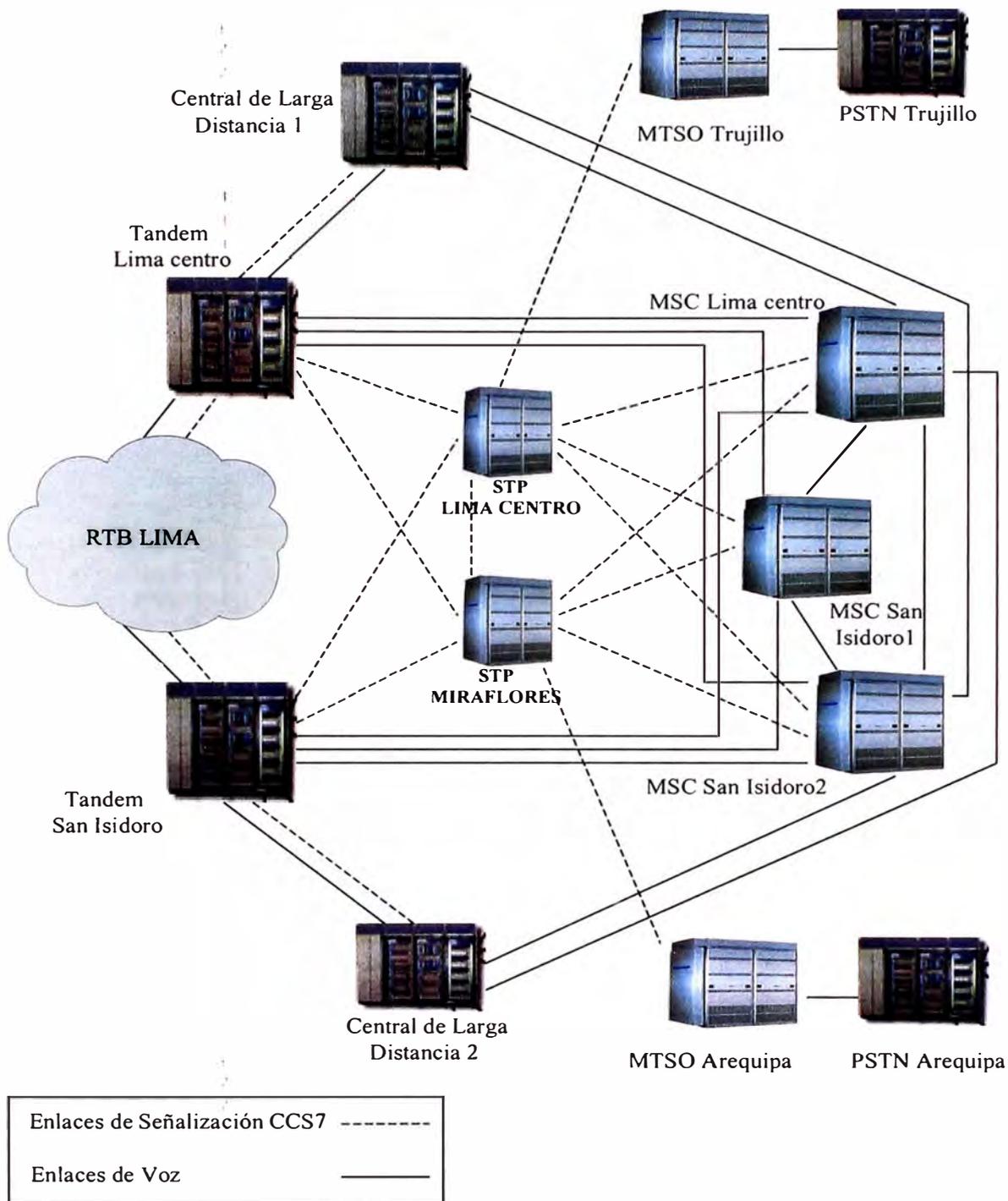


Figura 5.2 Red de señalización Nacional para Aplicación ISUP

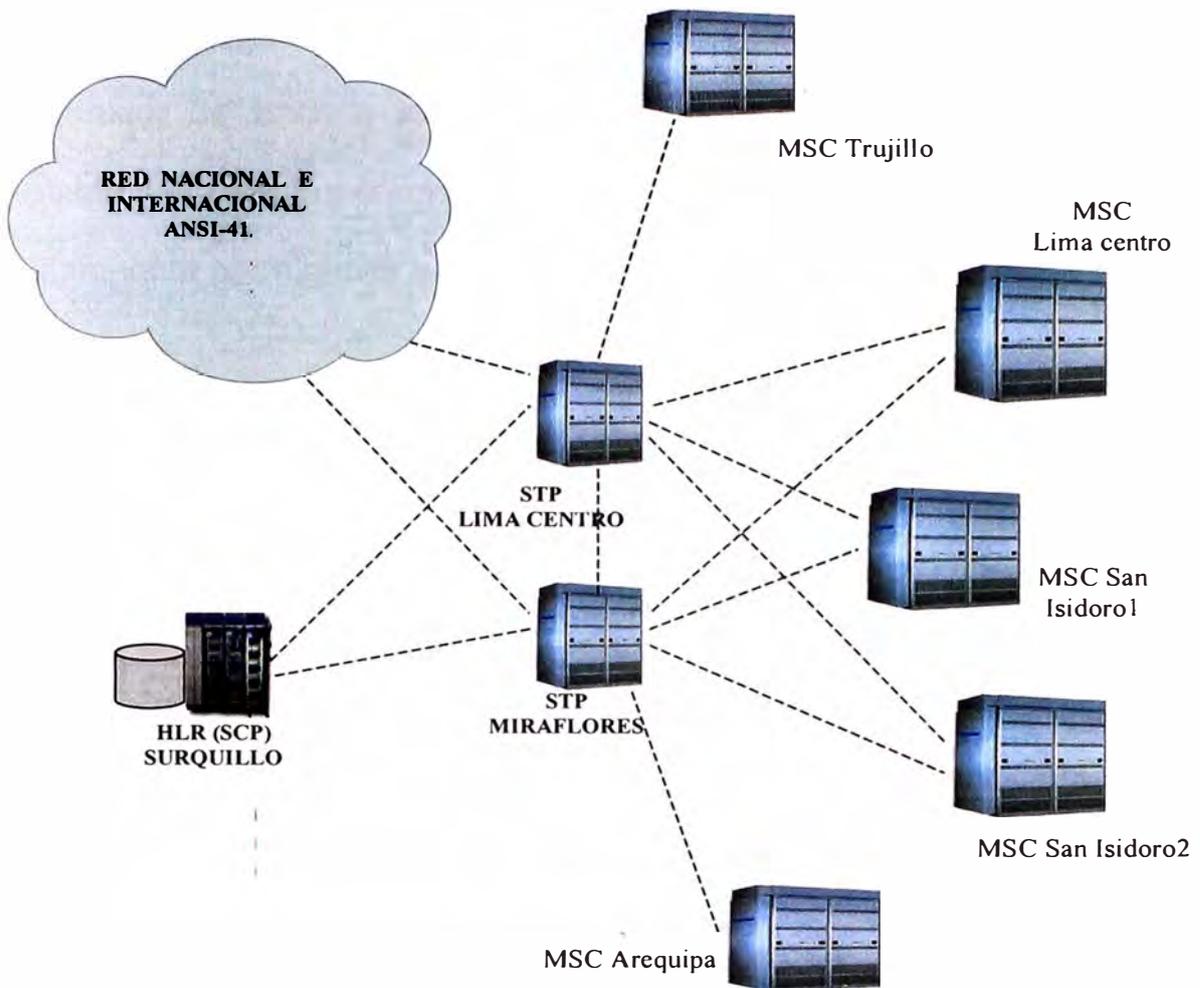


Figura 5.3 Red de Señalización CCS7 para ANSI-41

Para el caso del Sistema celular que estamos analizando, se tiene proyectada una migración del protocolo DMX el cual era usado para

- a) Señalización de troncales entre las MSC del suministrador.
- b) Señalización no orientada a la conexión, para efectos de roaming entre las coberturas de las MSC e Intersystem Handoff entre las mismas.

hacia el protocolo ISUP en el caso a (Figura 5.2) y hacia ANSI-41 para el caso b (Figura 5.3), ambas redes usando simultáneamente los STPs

implementados. Con este trabajo se eliminaría la necesidad de contar con un convertidor de DMX a ANSI-41, y se tendría también la posibilidad de implementar más servicios para los clientes "Roamers", que antes no se podían hacer por algunas incompatibilidades entre los protocolos usados.

5.3 Red de Señalización internacional ANSI-41

Para ilustrar mejor la manera como se tienen dispuestas las conexiones a las redes de señalización CCS7 de otros países (Que aparecen en el Figura 4.3 sólo como "Red de ANSI-41 Internacional) , se presenta el Gráfico 5.4 , en el cual se pueden observar los diferentes países y sus respectivos STPs que nos sirven de tránsito para la señalización ANSI-41 destinada a los SCPs existentes en los acuerdos de Roaming internacional. Estos datos son tomados en cuenta en el momento de configurar los STPs de este proyecto, ya que cada uno de estos puntos de código deberá ser programado. De aquí podemos observar la importancia que tiene la disponibilidad del servicio de Roaming, ya que cada vez es mayor la cantidad de clientes que requieren contar con la posibilidad de usar sus propios equipos y números telefónicos en los diferentes países de Latinoamérica , centro y Norteamérica. Debemos observar que hay una cierta separación en el nivel de uso de las tecnologías celulares usadas en América y en Europa, mientras que en América son mas difundidas las tecnologías AMPS, CDMA y TDMA, en Europa es más difundida la tecnología GSM, imposibilitando de esta forma que se tengan masivos acuerdos de Roaming automático con los países de ese continente.

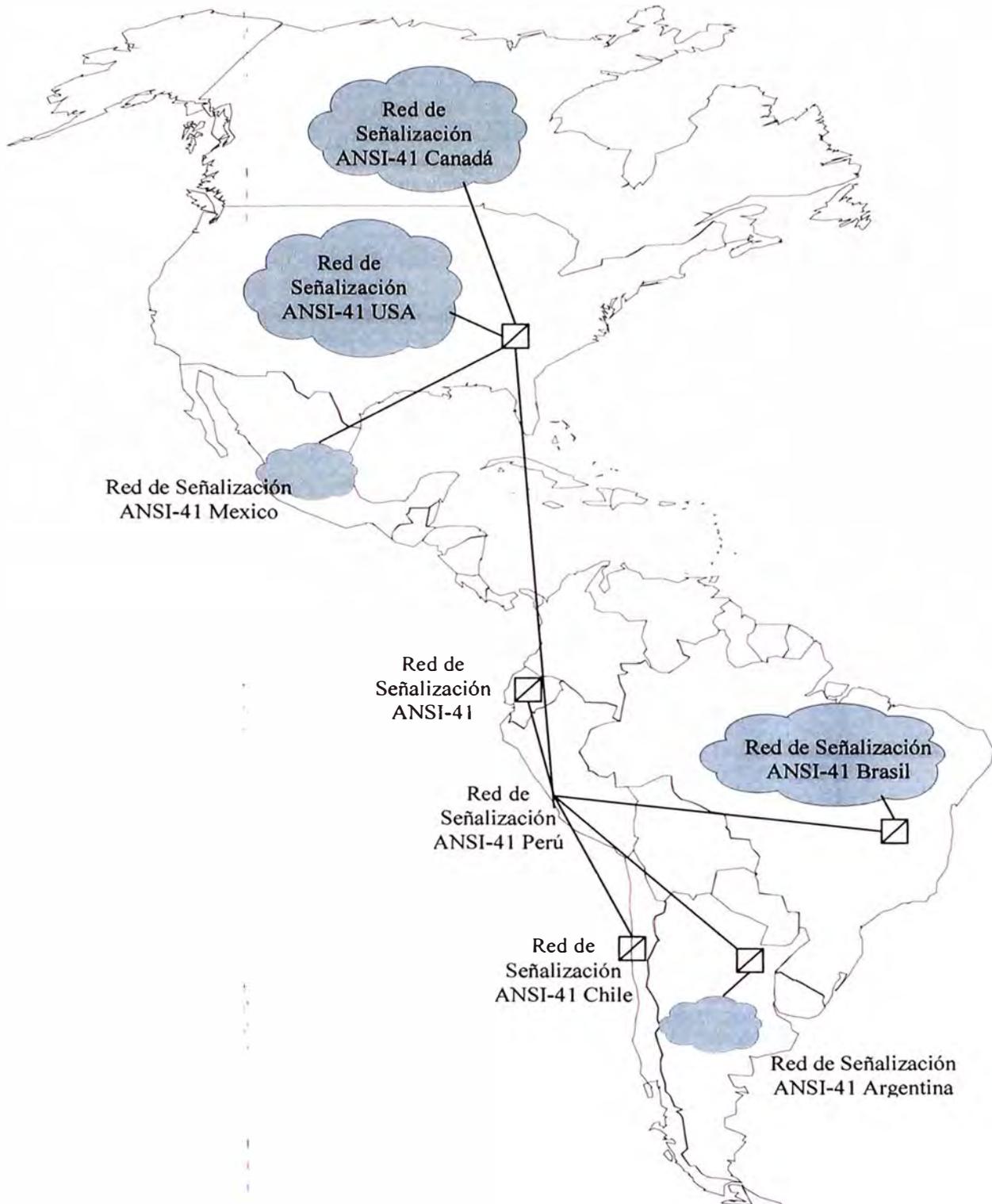


Figura 5.4 Interconexiones ANSI-41 con las redes celulares en América

5.4 Requerimiento de Equipos necesarios

Para el caso de la red Celular mencionada, se hará uso de dos STP's de Tecnología Northern Telecom, dispuestos según se muestra en la figura 5.2. Dichas centrales deberán cumplir con las especificaciones mínimas requeridas para realizar las siguientes funciones:

- Transferencia de mensajes entre los Diferentes nodos de la red.
- Posibilidad de Traducir Señalización Nro 7 del tipo ITU (antes CCITT) y del tipo ANSI.
- Poseer el Hardware necesario para manejar enlaces de señalización Nro 7.
- Los puertos disponibles para manejar dichos enlaces, deberán ser de dos tipos, a través de canales de 64Kb en un E1 y a través de puertos V35.
- La central deberá poseer un Sistema de registro de todas las transacciones realizadas, con la finalidad de implementar la tarificación por MSU transmitido.
- Deberá contar con la funcionalidad de GTT (Global Title translation) , lo que posibilitará la implementación de un nodo SCCP en la misma central STP.
- Deberá poseer la funcionalidad de Gateway Screening, para bloquear los mensajes que vengan desde y hacia destinos no permitidos por el Operador del STP.
- La central deberá poseer Redundancia 2n de los Procesadores Principales.

- Los módulos de procesamiento de Señalización deberán poseer Redundancia n+1.
- Es necesario contar con un sistema de almacenamiento externo, para guardar copias de respaldo de configuración y software del Sistema.
- Deberá contar con un sistema de Almacenamiento externo de tarificación en cintas magnéticas.
- Las Interfaces hombre máquina deberán permitir una interacción fluida entre la central y el operador del Sistema, deberá proveerse también un sistema de alarmas en caso de averías.

Luego de analizar estos requerimientos, se determinó que el modelo de central a utilizar sería la Central DMS 100 version SNSE (Super Node Size Enhanced) de Northern Telecom. Cuyo diagrama funcional se muestra en la figura 5.5.

5.5 Descripción Funcional de la Central DMS-100 SNSE

El conmutador del Sistema Multiplex Digital (DMS-Digital Multiplex System), se basa en un concepto de familia o de serie y proporciona una amplia gama de funciones digitales de conmutación y operación en red. Se han aplicado técnicas de diseño modular a diversos productos de la familia que sirven al mercado como conmutadores de red local, larga distancia y celular (DMS-MTX, Mobile Telephone Exchange).

Procesamiento Distribuido

La Arquitectura del DMS utiliza conceptos modulares tanto en hardware como en software. Cada módulo de hardware tiene su propio microprocesador. Al distribuir módulos controlados por microprocesador en todo el DMS, la Unidad central de procesamiento (CPU-Central Processing Unit) maestra es liberada de muchas funciones que ocupan tiempo, permitiendo que la CPU lleve a cabo funciones de más alto nivel.

Control de programa almacenado

El Sistema DMS es controlado por un programa almacenado, capaz de servir virtualmente cualquier aplicación local, interurbana o combinación de aplicaciones. Las instrucciones (programas requeridos para procesamiento de llamadas se almacenan en los procesadores principales y en diversos procesadores distribuidos. Estos procesadores distribuidos son controlados por una CPU maestra. La CPU maestra controla todas las operaciones del DMS haciendo referencia a y ejecutando los programas almacenados requeridos.

Multiplexión de 32 canales (DS30)

El sistema de conmutación digital del DMS requiere que todas las señales analógicas sean codificadas digitalmente antes de ingresar al sistema. Los medios que envían la información digital se basan en una configuración de cuatro cables (par de transmisión y recepción) y son capaces de transmitir y recibir información en forma simultánea. Cada medio de cuatro cables lleva 32 canales de información Multiplexada por división de

tiempo (TDM - Time Division Multiplexed). TDM permite la transmisión de 32 señales individuales sobre un solo trayecto.

Enlaces por fibra óptica (DS512)

DS512 es un enlace de transmisión por fibra óptica implementado en los sistemas DMS Supernode y Supernode de tamaño mejorado (SNSE). Los enlaces de DS512 conectan el módulo de computación al Conmutador de mensajes. Un enlace DS512 equivale a 16 enlaces DS-30.

Red Digital

Todas las vías de transmisión que entran y salen de la red llevan información digital. El DMS conmuta voz y datos utilizando una red completamente digital. La capacidad para implementar conmutación por división de tiempo en una red digital mejora en gran medida la flexibilidad de la matriz de conmutación y elimina bloqueo de red y diafonía.

5.5.1 Arquitectura de Supernode DMS

El sistema modular del DMS que se muestra en la figura 5.5, se subdivide en cuatro bloques funcionales principales. Todos los enlaces de comunicación usan enlaces de cobre DS30 o enlaces de fibra óptica DS512.

5.5.1.1 Complejo de control central

El complejo de control central es el cerebro del conmutador. Es responsable del control y del funcionamiento apropiado del conmutador y está formado por el núcleo DMS y el bus DMS. El núcleo DMS desempeña

funciones de computación y de control de sistemas, usando microprocesadores de alto rendimiento de 32 bits, maneja y controla las llamadas mientras se mueven por el sistema. El núcleo proporciona además las funciones de almacenamiento de datos de configuración y de software de núcleos (programas). Como se muestra en la Figura 5.6 los tres componentes de hardware principales son : Núcleo de DMS: módulo de computación (CM-computing module), memoria y módulo de carga del sistema (SLM- system load module). Dos de estos componentes están equipados para proporcionar redundancia del núcleo DMS.

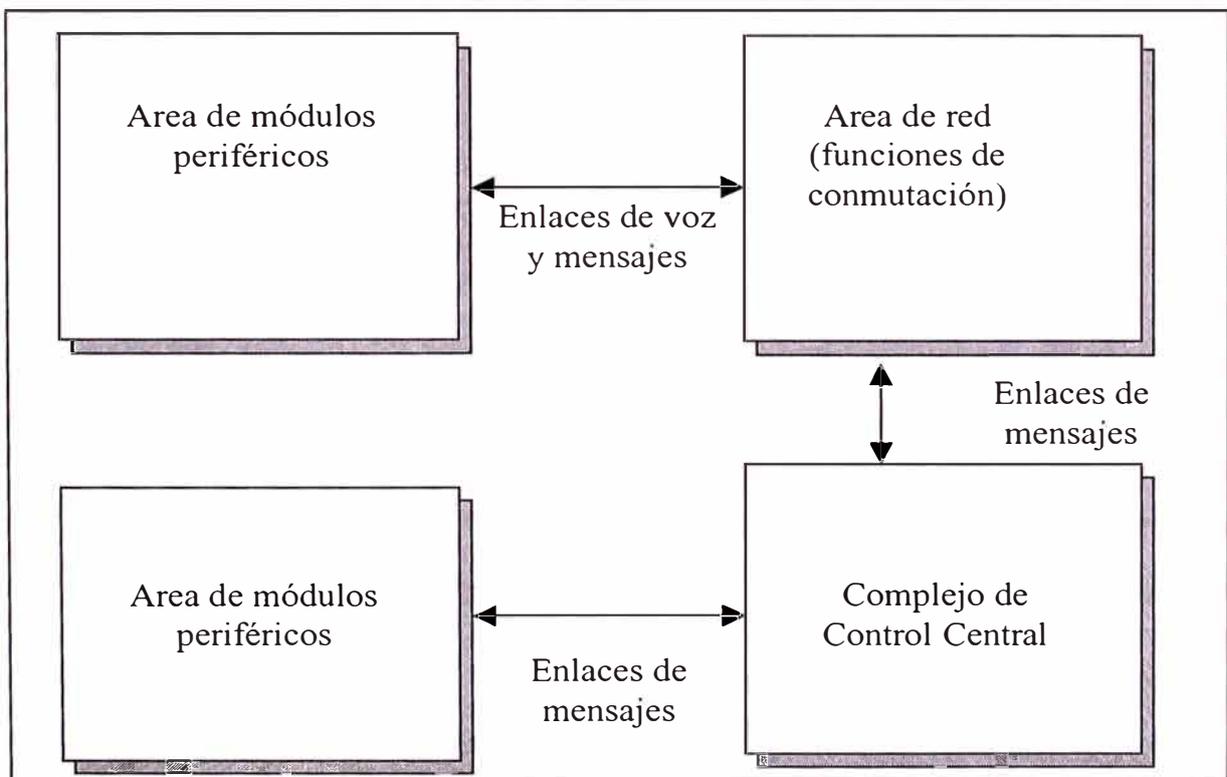


Figura 5.5 Diagrama de bloques arquitectura del DMS

El CM desempeña las funciones reales de procesamiento del sistema, mientras que la memoria proporciona almacenamiento de programas y datos en la memoria volátil de acceso aleatorio (RAM). El SLM proporciona almacenamiento de respaldo de los datos del sistema y de software del programa. Cada CM procesa la misma información al mismo tiempo (es decir sincronizadamente), un CM está activo mientras el otro está en modo standby.

Los buses de interconexión hacen posible las comunicaciones entre los CM y los SLM, permitiendo al CM activo controlar ambos SLM. El bus de intercambio operacional (MEB) permite que los dos CM aseguren la sincronización y monitoricen el estatus entre ellos. Los procesadores CM poseen cada un terminal de monitoreo independiente llamados RTIF (Remote Terminal Interface Function).

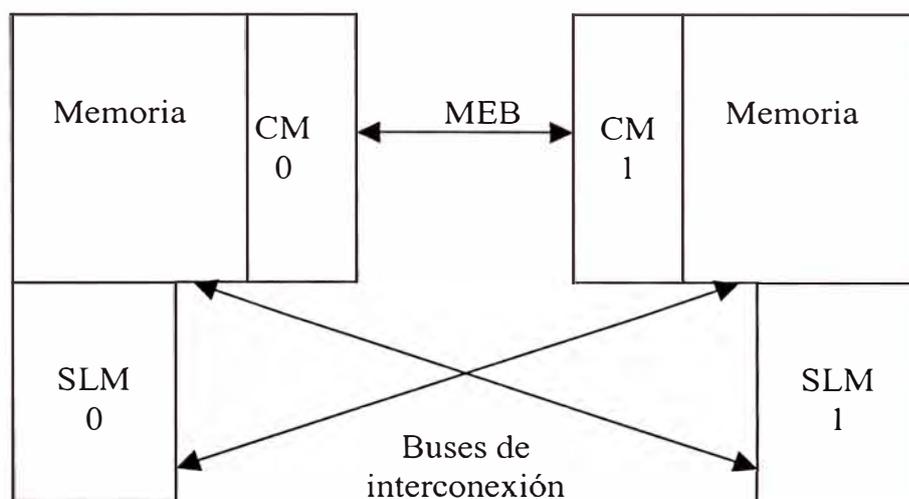


Figura 5.6 Núcleo del DMS Supernode

El núcleo DMS se conecta al próximo componente supernode , que es el bus DMS, por medio de un interfaz de fibra óptica.

5.5.1.2 Bus de DMS

También denominado Conmutador de mensajes (MS - Message Switch), realiza la función de envío de mensajes de sistema que permite control de los enlaces de mensajes entre el núcleo DMS y otros bloques funcionales. Están equipados dos de estos componentes para proporcionar redundancia de bus DMS. El bus DMS contiene su propio procesador central, memoria, circuito de acceso a bus y unidades de interfaz de puerto. También contiene las interfaces de reloj para el conmutador, los que se pueden configurar para correr en su propio reloj o conectarse a una fuente de reloj externa altamente estable. Este reloj proporciona temporización del sistema y se distribuye a todos los bloques funcionales dentro del conmutador.

5.5.1.3 Módulos Periféricos (PM)

Como se muestra en la figura 5.7 los módulos periféricos (PM – Peripheral Modules) hacen la interfaz de las líneas de abonado, las troncales digitales y analógicas , las conexiones hacia la red CCS7 y los circuitos de servicio con la red de conmutación. Dichos módulos periféricos se dividen en varias clases según la función que cumplen y aplicaciones que manejan, los más importantes son los PDTC (PCM30 Digital Trunk Controller) encargado de manejar los E1s de interconexión con las otras redes ya sea PSTN, Celular o CCS7, los MTM (Maintenance Trunk Module), y los LPPS

(link Peripheral Process), encargados de manejar los mensajes de señalización CCS7 con otras redes. Los LPPS contienen unidades de señalización con puertos tipo V35 para enlaces via circuitos digitales dedicados, y también interfaces hacia la matriz de conmutación ENET, con lo cual se logra, vía software, hacer la conexión de un señalizador con un time slot dentro de un E1 de interconexión.

5.5.1.4 Red de Conmutación (ENET)

El área de red de conmutación proporciona un trayecto conmutado tanto para voz como para datos entre los módulos periféricos entrante y saliente. También facilita la transmisión de mensajes entre el complejo de control central y el área de los módulos periféricos.

La figura 5.7 muestra un diagrama resumido de las partes que conforman una central DMS, y como se interconectan entre ellos, se aprecia también la redundancia existente en la mayoría de módulos.

5.5.1.5 Equipos de entrada y salida

Consisten en dispositivos y controladores, los cuales están compuestos de los llamados IOD (Input/output Devices) proporcionando interfaces a los diversos dispositivos utilizados para tareas de mantenimiento y administración. Estos dispositivos incluyen unidades de disco (DDU), unidades de cinta magnética (MTD) para hacer copias de respaldo del Billing y terminales VDU (Video Display Unit) de posición de mantenimiento y administración (MAP – Maintenance and Administration Position). El flujo de

información desde y hacia estos dispositivos es controlado por un controlador denominado IOC (Input/Output controller).

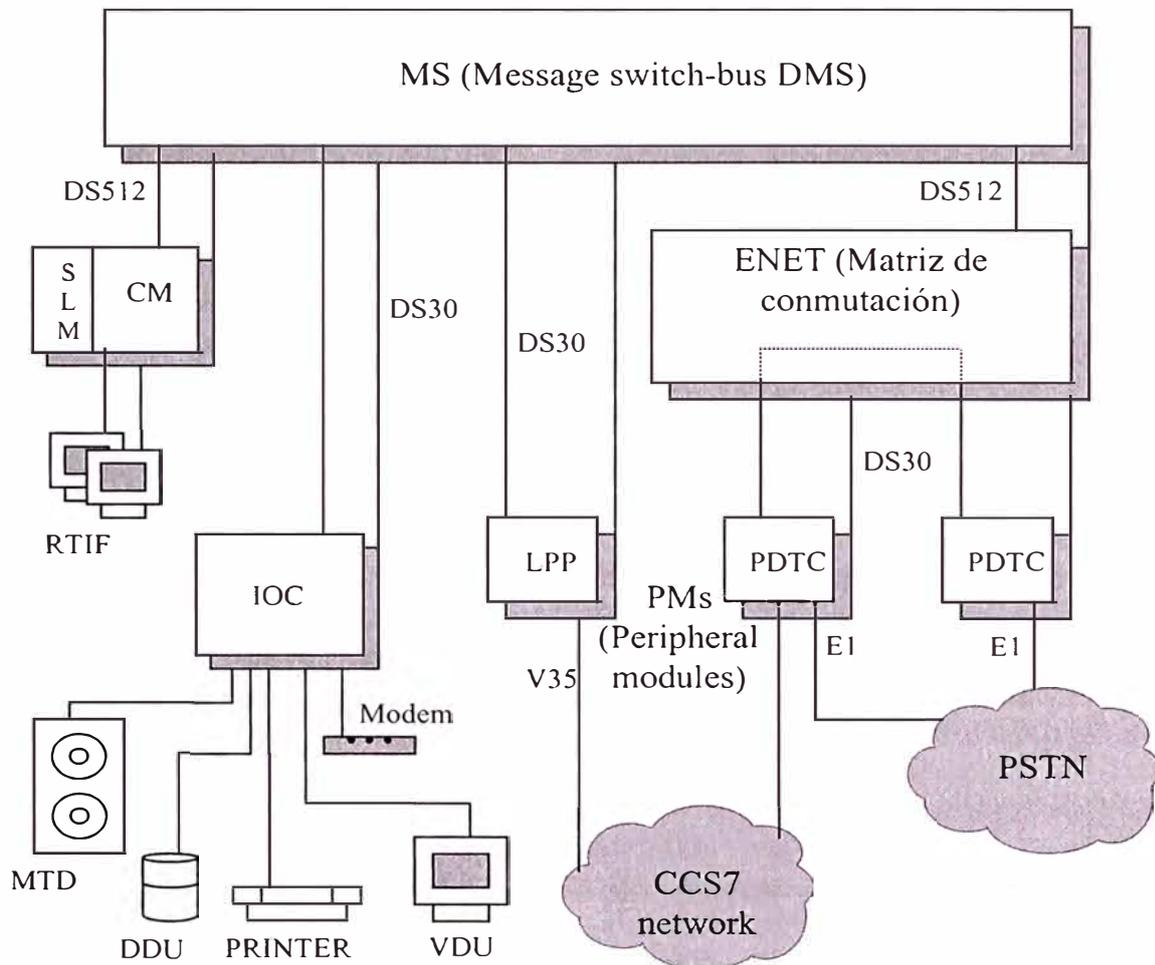


Figura 5.7 Diagrama de la arquitectura DMS

5.6 Proceso de Implantación de las Centrales STP

El proceso de implantación de los STPs sigue los siguientes pasos:

Ubicación e instalación física de los equipos.

Disposición de la energía de alimentación a -48 Voltios . Esta energía deberá provenir de rectificadores respaldados por bancos de baterías, con autonomía de por lo menos 8 horas.

- Cableado de los enlaces de interconexión, desde los PDTCs hacia un Distribuidor centralizado (DDF) .
- Disposición de enlaces dedicados a 64 Kb hacia la red de transmisión de datos.
- Pruebas de funcionalidades del Sistema, tales como acceso desde los VDUs, proceso de respaldo en cintas magnéticas del billing y respaldo de software del sistema a través de los SLM.
- Pruebas de redundancia de los CM, Bus de mensajes, Matriz de conmutación y aquellos módulos que posean redundancia.
- Configuración de los datos necesarios para el funcionamiento de la central como un punto de transferencia de Señalización.
- Pruebas de los diferentes niveles del protocolo de señalización CCS7 basándose en las recomendaciones ITU respectivas.

Luego de haber cumplido todos los pasos descritos anteriormente se procede a configurar los datos mencionados en el penúltimo item del párrafo anterior, para lo cual es necesario la tabulación previa de los datos que identifican a los nodos involucrados en la red de Señalización.

5.7 Datos de los Nodos involucrados en la Red

A continuación se presenta los nodos que conforman la red con sus respectivos puntos de código :

| | Point Code |
|----------------------|------------|
| 1.- MSC San Isidoro1 | 37 |
| 2.- MSC San Isidoro2 | 38 |

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| 3.- MSC Lima centro | 442 |
| 4.- STP Miraflores | 60 |
| 5.- STP Lima centro | 444 |
| 6.- SCP Surquillo | 2109 |
| 7.- Tandem Lima centro (PSTN) | 433 |
| 8.- Tandem San Isidoro (PSTN) | 33 |
| 9.- MTSO Arequipa | 450 |
| 10.- MTSO TRUJILLO | 470 |
| 11.- Lima 1 (Larga Distancia) | 7-32-2 |
| 12.- Lima 2 (Larga Distancia) | 7-32-4 |
| 13.- STP Chile | 128-1-6 |
| 14.- STP USA (TULSA) | 227-9-0 |
| 15.- STP Brasil | 128-16-59 |
| 14.- STP Ecuador | 209-209-99 |
| 16.- STP Argentina (Unifon) | 227-204-229 |
| 17.- Tele2002 (Operador banda B Perú) | 209-202-40 |

Se iniciará la implementación configurando los datos de los enlaces en el STP de Lima centro, los datos del STP de Miraflores serán muy similares ya que será un nodo que servirá de redundancia. La culminación de la implementación física del STP de Miraflores, está supeditada a la disponibilidad del medio de transporte de cada uno de los enlaces planificados, esto depende a su vez de los costos, existencia de equipos y ancho de banda que puedan ofrecer los carriers internacionales.

5.8 Configuración de enlaces y rutas en los STPs

5.8.1 Definición de señalizadores :

En este punto definiremos las tarjetas encargadas de manejar los enlaces propiamente dichos y generar los procesos de nivel MTP de CCS7.

En líneas generales realizarán las siguientes funciones:

- Soportar los protocolos de señalización CCS7.
- Aplicar el chequeo de errores en los mensajes de entrada.
- Ensamblar los mensajes CCS7 de salida .
- Decodifica los mensajes entrantes para determinar sus destinos, según sea el caso, enrutar hacia otro señalizador si el mensaje tiene como destino otro nodo en la red o enrutar el mensaje hacia su destino correcto dentro del nodo para su procesamiento.

Table LIUINV

| LIU | NAME | LOCATION | LOAD | PROCINFO | CARDINFO |
|---------|------------|----------|----------|----------|----------------|
| LIU7 0 | LIM 0 1 8 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78BA | FBUS 64000 NIL |
| LIU7 1 | LIM 0 1 6 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS 64000 DTE |
| LIU7 2 | LIM 0 1 14 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78BA | FBUS 64000 DTE |
| LIU7 3 | LIM 0 2 32 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78BA | FBUS 64000 DTE |
| LIU7 4 | LIM 0 1 12 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78BA | FBUS 64000 DTE |
| LIU7 5 | LIM 0 3 38 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78BA | FBUS 64000 NIL |
| LIU7 6 | LIM 0 2 30 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78BA | FBUS 64000 NIL |
| LIU7 7 | LIM 0 3 40 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78BA | FBUS 64000 NIL |
| LIU7 8 | LIM 0 1 2 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS 64000 DTE |
| LIU7 9 | LIM 0 1 4 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS 64000 DTE |
| LIU7 10 | LIM 0 2 22 | LRS08BC | NTEX22AA | | |
| | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS 64000 DTE |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|---|---|----|---------|----------|----------|----------|------|-------|-----|--|--|
| LIU7 11 | LIM | 0 | 1 | 10 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 12 | LIM | 0 | 2 | 34 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 13 | LIM | 0 | 1 | 16 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 14 | LIM | 0 | 2 | 24 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 15 | LIM | 0 | 3 | 36 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 16 | LIM | 0 | 1 | 18 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 17 | LIM | 0 | 2 | 26 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 18 | LIM | 0 | 3 | 42 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 19 | LIM | 0 | 2 | 20 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 20 | LIM | 0 | 2 | 20 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |
| LIU7 21 | LIM | 0 | 2 | 20 | LRS08BC | NTEX22AA | | | | | | | |
| | | | | | | | NT9X76AA | NT9X78AA | FBUS | 64000 | DTE | | |

5.8.2 Definición del Punto de Código local

En este punto definiremos la identificación del nodo en el cual estamos trabajando, esto es el punto de Código del STP, el cual servirá para también para identificar las redes existentes en el nodo. En nuestro caso el STP hará tránsito de señalización para los dos siguientes casos:

- a) Señalización ISUP para telefonía local, y larga distancia en el Standard de la ITU.
- b) Señalización IS-41 para aplicaciones de Roaming sobre el Standard ANSI.

Por lo tanto con el uso de la Tabla C7NETWRK, se definirán estas dos redes:

Table C7NETWRK
NETNAME

| NETNAME | RCTEST | NODETYPE | | PTCODE | | CLUSTERS |
|-----------------|--------|----------|--------|----------------------|-----|----------|
| | | NI | SLSROT | TFR | MCS | |
| | | MTPRES | | CNGCONT | | |
| WSTP_ISUP_C7NET | | STP | | CCITT 444 | | |
| | NATL | N | Y | 3 | Y | |
| | Y | Y | Y | | | |
| WSTP_IS41_S7NET | | STP | | ANSI 209 - 202 - 249 | | |
| | INTL | N | Y | 1 | Y | |
| | Y | Y | Y | | | |

5.8.3 Definición de Linksets (Links entre dos nodos adyacentes)

Tal como se vio en el punto anterior, los linksets identifican al grupo de links que van hacia un punto de señalización adyacente. La siguiente tabla realiza esta definición:

Table C7LKSET

| LINKSET | LSTYPE | NETNAME | | RSTEST | INHTEST |
|---------------------|----------|-----------------|----------|----------|------------|
| | | FEPC | SIGLKTST | | |
| | FECLLI | Q704 | CNGSTN | NUMFLAGS | MTPRES |
| | | | | | CHNGSLS |
| SI1LKSET | ALINK | WSTP_ISUP_C7NET | | | CCITT7 37 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | Y |
| | 0 | 0 | 1 | | N |
| S21LKSET | ALINK | WSTP_ISUP_C7NET | | | CCITT7 38 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | Y |
| | 0 | 0 | 1 | | N |
| WA1LKSET 442 | ALINK | WSTP_ISUP_C7NET | | | CCITT7 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | Y |
| | 0 | 0 | 1 | | N |
| MI1STPLKSET | CLINK | WSTP_ISUP_C7NET | | | CCITT7 60 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | Y |
| | 0 | 0 | 1 | | N |
| SU1SCPLKSET 2109 | ALINK | WSTP_ISUP_C7NET | | | CCITT7 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | Y |
| | 0 | 0 | 1 | | N |
| TDWALKSET | ALINK | WSTP_ISUP_C7NET | | | CCITT7 433 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | Y |

| | | | | | |
|------------------------|----------|-----------------|---|---|-------------|
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| TDSILKSET | ALINK | WSTP_ISUP_C7NET | | Y | CCITT7 33 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| TRJLKSET | ALINK | WSTP_ISUP_C7NET | | Y | CCITT7 33 |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| CHILES7SET 1 - 6 | BLINK | WSTP_IS41_S7NET | | Y | ANSI7 128 - |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| USAS7SET 9 - 0 | BLINK | WSTP_IS41_S7NET | | Y | ANSI7 227 - |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| BRASILS7SET 16 - 59 | BLINK | WSTP_IS41_S7NET | | Y | ANSI7 128 - |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| ECUAS7SET 209 - 99 | BLINK | WSTP_IS41_S7NET | | Y | ANSI7 209 - |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| UNIFS7SET 204 - 229 | BLINK | WSTP_IS41_S7NET | | Y | ANSI7 227 - |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |
| T2002S7SET 202 - 40 | BLINK | WSTP_IS41_S7NET | | Y | ANSI7 209 - |
| | EMRLKSET | Y | Y | Y | |
| | 0 | 0 | 1 | Y | |
| | | | | N | |

La figura 5.8 describe esquemáticamente la disposición de estos linksets, como se verá en la definición de los links físicos, los linksets pueden estar compuestos de uno o dos links de señalización, se aprecia también como se usará a las centrales Tandem San Isidoro y Lima centro, como centrales de transferencia de mensajes (STP), con la finalidad de enviar mensajes de señalización hacia las centrales de larga distancia. En

dicho gráfico se han omitido los enlaces de voz así como también los enlaces de señalización del STP de Miraflores, para no complicar demasiado la figura. El detalle de esta configuración se puede apreciar en la figura 5.2 anteriormente descrita.

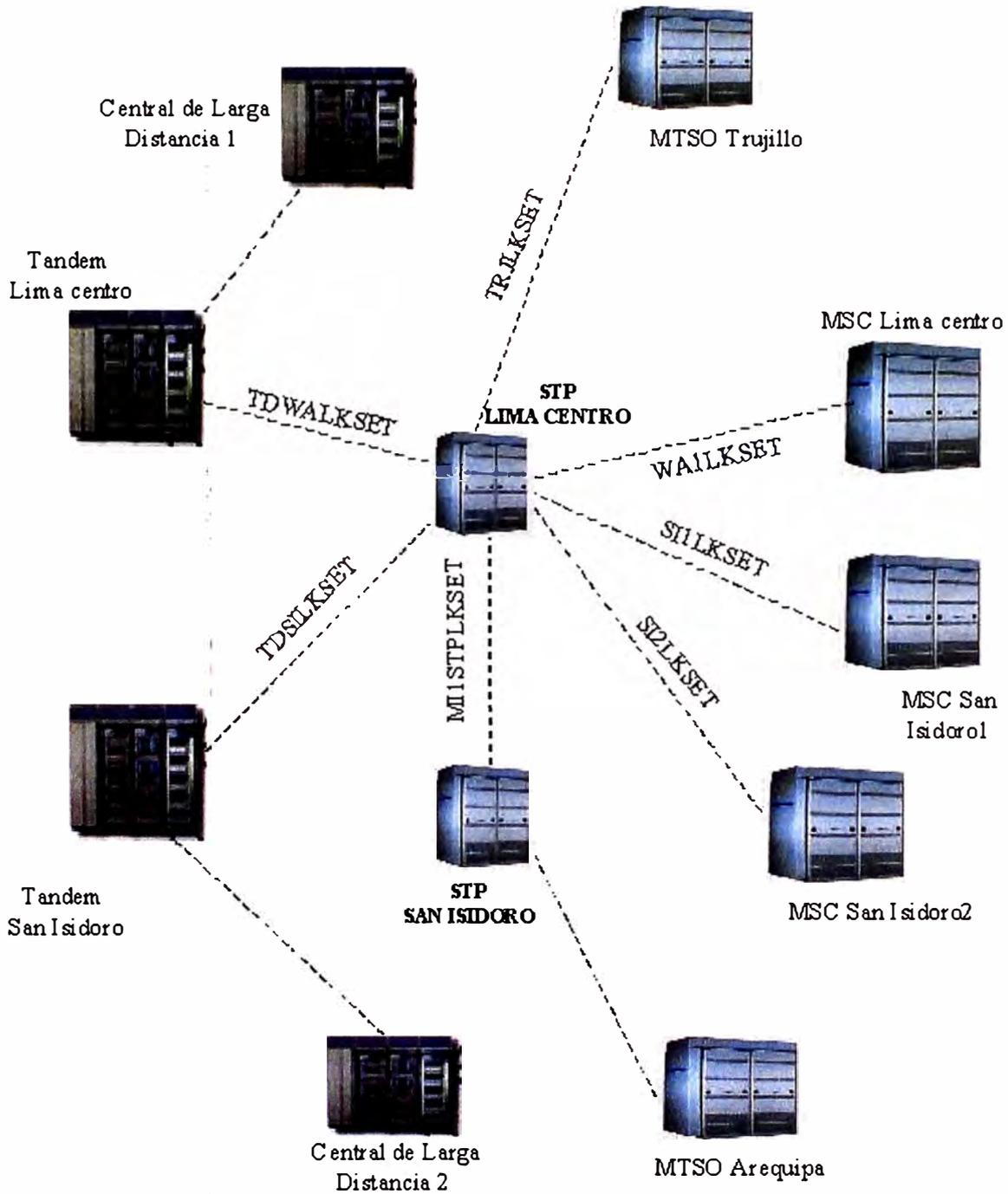


Figura 5.8 Definición de linksets en el STP de Lima Centro

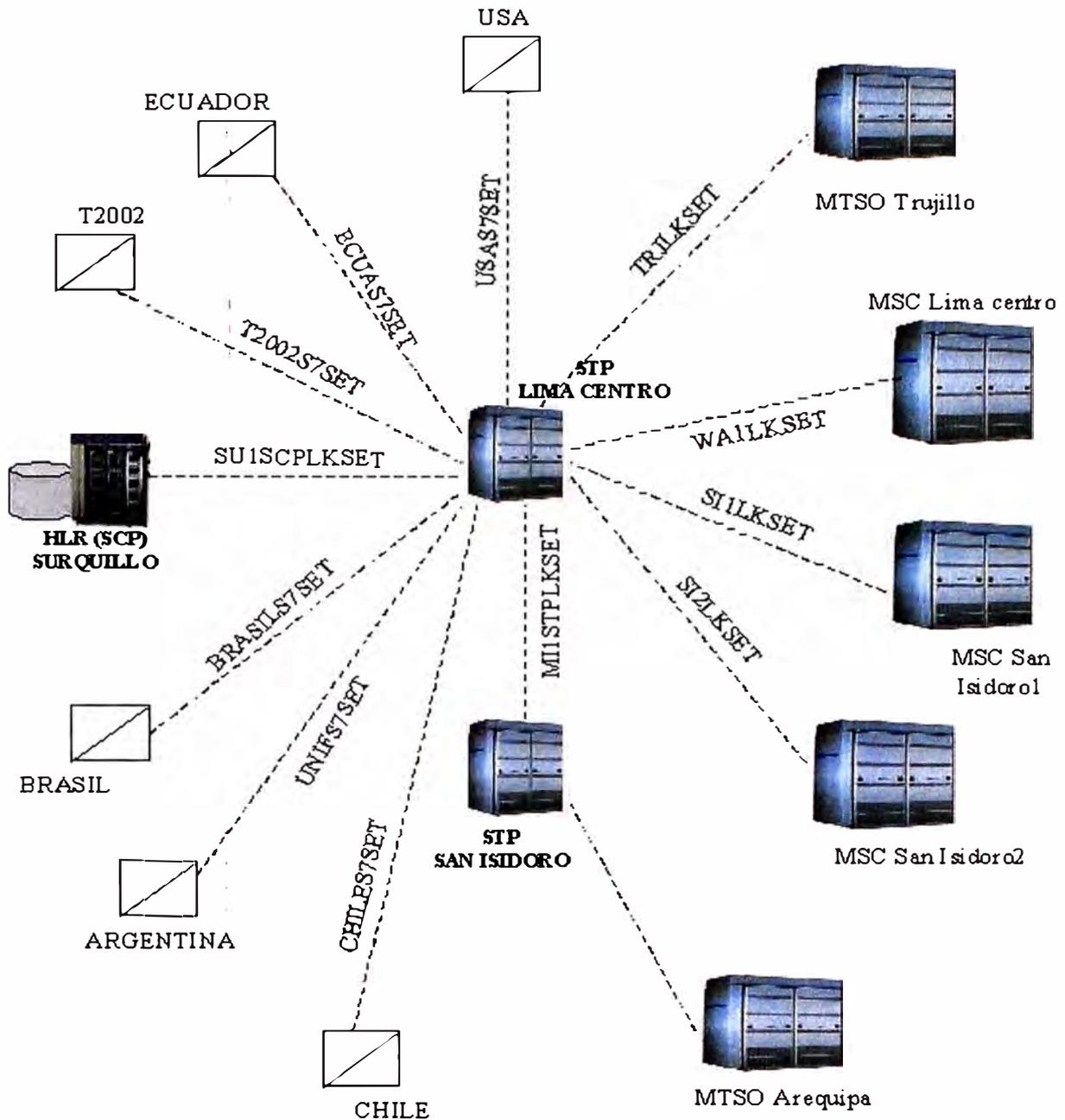


Figura 5.9 Definición de linksets usados para ANSI-41 con otras redes

La figura 5.9 muestra la configuración de los linksets usados para el tráfico de mensajes de señalización de ANSI-41 tanto dentro de la red local como para la interconexión con las redes de otros países, por lo general los enlaces presentados llegan a STPs que sirven de tránsito hacia los

diferentes SCPs y MSCs con los que se tienen acuerdos de roaming. Se debe observar también aquí la necesidad de que el STP elegido cuente con la funcionalidad de traducción entre la norma ITU y ANSI, ya que los enlaces en la red nacional se usarán para enviar ambos tipos de mensajes, el primero para telefonía ISUP y el segundo para el servicio de roaming.

5.8.4 Definición de enlaces de señalización :

En esta tabla definiremos la asociación entre el hardware definido anteriormente con el punto de vista lógico del nodo, esto es como miembro de un linkset, o agrupación de links que tienen un destino común.

Table C7LINK

| LINKNAME | LINKDATA | CLASSDATA | Q703 | Q707 |
|-----------------|------------|--------------|------|------|
| LINKOPT | | | | |
| SI1LKSET 0 | 0 LIUBASIC | LIU7 0 MTP2 | 3 | 0 |
| SI1LKSET 0 | 1 LIUBASIC | LIU7 5 MTP2 | 0 | 0 |
| S21LKSET 0 | 0 LIUBASIC | LIU7 1 MTP2 | 2 | 0 |
| S21LKSET 0 | 1 LIUBASIC | LIU7 8 MTP2 | 0 | 0 |
| WA1LKSET 0 | 0 LIUBASIC | LIU7 2 MTP2 | 1 | 0 |
| WA1LKSET 0 | 1 LIUBASIC | LIU7 4 MTP2 | 0 | 0 |
| STPMILKSET 0 | 0 LIUBASIC | LIU7 11 MTP2 | 1 | 0 |
| STPMILKSET 0 | 1 LIUBASIC | LIU7 12 MTP2 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|-------------|---|----------|---------|------|---|---|
| SU1SCPLKSET | 0 | LIUBASIC | LIU7 15 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| SU1SCPLKSET | 1 | LIUBASIC | LIU7 19 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| TDWALKSET | 0 | LIUBASIC | LIU7 10 | MTP2 | 2 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| TDWALKSET | 1 | LIUBASIC | LIU7 13 | MTP2 | 3 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| TDSILKSET | 0 | LIUBASIC | LIU7 7 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| TDSILKSET | 1 | LIUBASIC | LIU7 3 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| TRJLKSET | 0 | LIUBASIC | LIU7 21 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| CHILES7SET | 0 | LIUBASIC | LIU7 16 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| USAS7SET | 0 | LIUBASIC | LIU7 6 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| BRASILS7SET | 0 | LIUBASIC | LIU7 9 | MTP2 | 2 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| ECUAS7SET | 0 | LIUBASIC | LIU7 14 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| UNIFS7SET | 0 | LIUBASIC | LIU7 17 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| T2000S7SET | 0 | LIUBASIC | LIU7 18 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |
| T2000S7SET | 1 | LIUBASIC | LIU7 20 | MTP2 | 0 | 0 |
| 0 | | | | | | |

En la tabla anterior podemos observar mejor la definición de Linkset, por ejemplo los dos links (0 y 1) que van hacia el STP de Miraflores, ambos llevan el mismo nombre inicial "STPMILKSET", este identificador es el que servirá luego para hacer los enrutamientos de mensajes de señalización.

5.8.5 Enrutamiento de los Destinos

Cada SP (Punto de Señalización) en la red, como hemos visto, tiene una identificación que es el Punto de Código (Point Code). Para encaminar los mensajes que van destinados a cada punto de código es necesario definir las rutas y por tanto linksets que transportarán estos mensajes, en el STP que estamos configurando estas definiciones se hacen en la tabla C7RTESET, como se muestra a continuación:

Table C7RTESET

| ROUTESET | NETNAME | TFPBCAST | ROUTESET | DPC |
|--------------|-----------------|----------|-----------------|---|
| SI1RTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (SI1LKSET 0) | CCITT7 (37) |
| SI2RTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (S21LKSET 0) | CCITT7 (38) |
| WA1RTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (WA1LKSET 0) | CCITT7 (442) |
| MI1STPRTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (M1STPLKSET 0) | CCITT7 (444) |
| SU1SCPRTSET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (SUSCP1LKSET 0) | CCITT7 (2109) |
| TDWARTSET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (TDWALKSET 0) | CCITT7 (433) |
| TDSIRTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (STPMILKSET 0) | CCITT7 (33) |
| ARQRTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (TDSILKSET 0) | CCITT7 (33) |
| TRJRTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (TRJLKSET 0) | CCITT7 (33) |
| LIM1RTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (TDWALKSET 0) | ANSI7 (7 - 32 - 2) |
| LIM2RTESET | WSTP_ISUP_C7NET | N | (TDSILKSET 0) | ANSI7 (7 - 32 - 4) |
| CHILERTSET | WSTP_IS41_S7NET | N | (CHILES7SET 0) | ANSI7 (128 - 1 - 6) |
| USARTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | (USAS7SET 0) | (UNIFS7SET 1) ANSI7 (227 - 9 - 0) |
| CANRTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | (USAS7SET 0) | (UNIFS7SET 1) ANSI7 (226 - 0 - 0) |
| MEXRTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | (USAS7SET 0) | ANSI7 (224 - 6 - 0) |
| BRASILRTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | (BRASILS7SET 0) | ANSI7 (128 - 16 - 59) (USAS7SET 1) |

| | | | |
|-------------|-----------------|----------------|---------------------------|
| BOLRTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | ANSI7 (209 - 4 - 0) |
| | | (USAS7SET 0) | (UNIFS7SET 1) |
| ECUARTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | ANSI7 (209 - 209 - 99) |
| | | (ECUAS7SET 0) | |
| UNIFRTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | ANSI7 (227 - 204 - 229) |
| | | (UNIFS7SET 0) | (CHILES7SET 1) |
| T2000RTESET | WSTP_IS41_S7NET | N | ANSI7 (209 - 202 - 40) |
| | | (T2000S7SET 0) | |

En la tabla anterior, podemos observar que para los casos de Lima1 y Lima2 se usa la señalización cuasi-asociada ya que no existen links directamente con esas centrales, sino que la señalización va a través de las Tandem respectivas.

5.8.6 Definición de los Temporizadores usados en los links

Table C7Timer

TIMEKEY

TIMEDATA

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|---|---|----|----|
| Q703 0 | ANSI703 | 130 | 118 | 118 | 6 | 23 | 12 | 30 | 100 | | | | | | | | |
| Q703 1 | ANSI703 | 130 | 235 | 118 | 6 | 23 | 12 | 30 | 100 | | | | | | | | |
| Q703 1 | ANSI703 | 110 | 235 | 120 | 6 | 23 | 12 | 40 | 100 | | | | | | | | |
| Q703 1 | ANSI704 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 10 | 30 | 69 | 10 | 10 | 3 | 2 | 20 | 10 |
| 60 8 90 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q707 0 | ANSI707 | 30 | 60 | | | | | | | | | | | | | | |

5.9 Pruebas de Interconexión CCS7 de la Central STP.

Luego de la implementación de estos parámetros en los nodos de la red de Señalización se continúan con las pruebas respectivas para asegurar que la configuración sea la correcta y trabaje de manera óptima. Para esto se usaron las recomendaciones de ITU respectivas, listadas a continuación:

Q.780 Sistema de Señalización No. 7 especificación de pruebas- Descripción General.

Q.781 Especificación de pruebas del nivel 2 MTP (con referencia de la recomendación Q.703).

Q.782 Especificación de pruebas del nivel 3 MTP (con referencia de las recomendaciones Q.704 – Q.707).

Q.703 Especificación de los enlaces de señalización.

Q.704 Funciones y mensajes de la Red de señalización.

Q.705 Estructura de la red de señalización.

Q.706 Performance de la parte de transferencia de mensajes de señalización.

Q.707 Pruebas y Mantenimiento.

Q.761 Sistema de Señalización No 7 – descripción funcional de la parte de usuario ISDN .

Q.762 Sistema de Señalización No 7- funciones generales de los mensajes y Señales de la parte de usuario ISDN.

Q.763 Sistema de Señalización No 7 - Formatos y códigos de la parte de usuario ISDN.

Q.764 Sistema de Señalización No 7 – Procedimientos de señalización de la parte de usuario ISDN.

La herramienta usada para realizar las pruebas mencionadas es el Analizador de protocolos Nro 7 Spectra - Inet , el cual se muestra en la figura 5.10 .



Figura 5.10 Analizador de protocolos Inet de Spectra.

La disposición del equipo de pruebas, fue en modo de monitoreo sobre los enlaces que interconectan el STP con los nodos respectivos, según muestra la figura 5.11. Para no afectar la estabilidad del enlace en cuestión se configuró el monitoreo en alta impedancia.

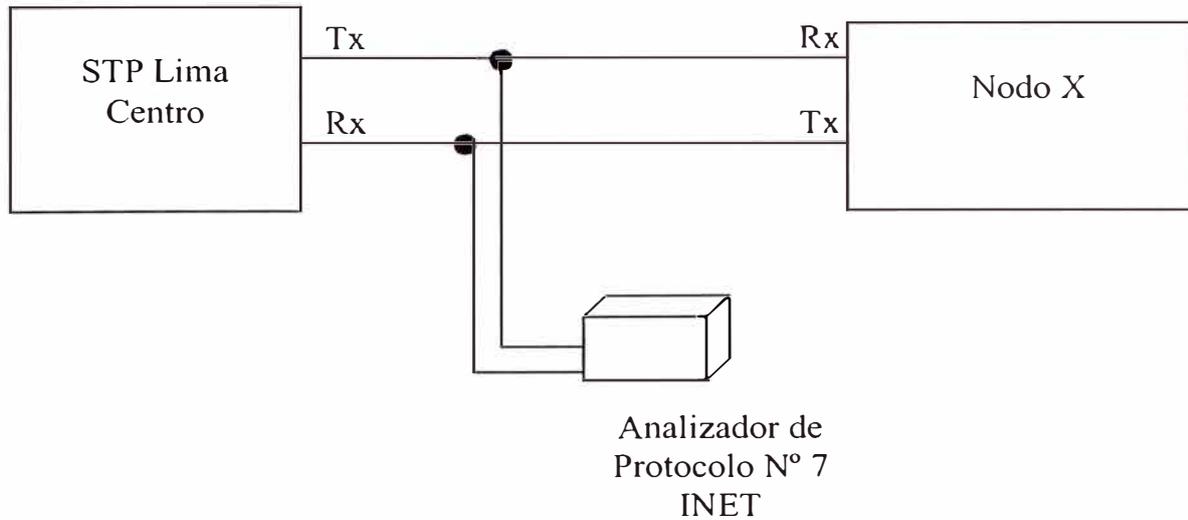


Figura 5.11 Disposición del equipo de pruebas en los enlaces del STP.

A continuación se presentan dos tablas con algunas de las pruebas realizadas en el nivel 2 y nivel 3 de MTP, dichas tablas se usaron para probar cada uno de los links configurados en el STP, previamente a la puesta en servicio y a las pruebas de nivel de aplicación.

Tabla 5.1 Pruebas de Nivel 2 MTP (Q703)

| | Pruebas de Nivel 2 (Q703) | Objetivo de la prueba |
|---|---|---|
| 1 | Inicialización de arranque | Chequear que el señalizador entre al estado correcto (envío de SIOS) |
| 2 | Timer T2 | Consiste en verificar el timer T2=72.5 segs. "no alineado" |
| 3 | Alineamiento normal | Chequear el procedimiento de alineamiento normal |
| 4 | Alineamiento de emergencia | Chequear el procedimiento de alineamiento de emergencia |
| 5 | Desactivación durante el alineamiento inicial | Probar la respuesta a la recepción de un comando de parada mientras se encuentra en el estado de alineamiento inicial |
| 6 | Desactivación del link en servicio | Chequear la desactivación de un link de señalización cuando esta en servicio |
| 7 | Desactivación durante el periodo de prueba | Consiste en probar la respuesta a la recepción de SIOS durante el periodo |

| | | |
|---|--|--|
| | | de prueba |
| 8 | Falla en la transmisión | Consiste en probar la respuesta a una falla en transmisión cuando el link está en servicio |
| 9 | Control de transmisión y recepción de MSUs | Consiste en probar la transmisión y recepción de MSUs |

Tabla 5.2 Pruebas de nivel 3 MTP (Q704)

| | Pruebas de nivel 3 (Q704) | Objetivo de la prueba |
|----|--|---|
| 1 | Administración del enlace de señalización | Verificar que el enlace de señalización está disponible |
| 2 | Desactivación del linkset | Verificar que se puede sacar fuera de servicio un linkset con un enlace de señalización |
| 3 | Activación del linkset | Poner en servicio un linkset con dos links |
| 4 | Reparto de carga - todos los links disponibles | Verificar el reparto de carga dentro de un linkset con todos los links disponibles |
| 5 | Changeover iniciado en un lado del linkset | Verificar que el sistema ejecuta un "ChangeOver" hacia otra ruta alternativa cuando el último link de un linkset está en estado no disponible |
| 6 | Changeover iniciado en ambos SPs al mismo tiempo | Verificar que el procedimiento de ChangeOver es iniciado al mismo tiempo en ambos SPs |
| 7 | Changeback dentro de un linkset | Consiste en restaurar un link de un link set |
| 8 | Inhibición de un link disponible | Verificar la respuesta correcta cuando se recibe una petición de inhibición de un link disponible |
| 9 | Inhibición de un link no disponible | Verificar la respuesta correcta cuando se recibe una petición de inhibición de un link no disponible |
| 10 | Rechazo local de inhibición de un link disponible | Consiste en tratar de inhibir un link disponible y verificar que este no ha sido permitido. |
| 11 | Rechazo local de inhibición de un link no disponible | Consiste en tratar de inhibir un link no disponible y verificar que este no ha sido permitido. |
| 12 | Deshinhibición manual de link con "change back" | Consiste en verificar el procedimiento de desinhibición manual con "changeback" |
| 13 | Deshinhibición manual de link sin "change back" | Consiste en verificar el procedimiento de desinhibición manual sin "changeback" |
| 14 | No es posible desinhibición | Verificar que una desinhibición no es ejecutada. |

| | | |
|----|---|--|
| 15 | Prueba de inhibición - Procedimiento normal | Consiste en verificar que los mensajes LLT (Link local inhibit test signal) son enviados por el SP A y LRT (link remote inhibit test signal) son enviados por el SP B. |
| 16 | Prueba de inhibición - Procedimiento normal | Consiste en verificar que los mensajes LLT (Link local inhibit test signal) son enviados por el SP B y LRT (link remote inhibit test signal) son enviados por el SP A. |
| 17 | Prueba de inhibición - Procedimiento normal | Consiste en verificar que los mensajes LLT (Link local inhibit test signal) y LRT (link remote inhibit test signal) son enviados por los puntos SP A y SP B. |

Pruebas de Conectividad entre los Nodos definidos.

El paso final para probar la funcionalidad de transferencia de mensajes de señalización de la central STP, es la prueba de intercambio de mensajes entre dos nodos definidos en la red. La tabla 5.3 enumera las pruebas del nivel de aplicación efectuadas a cada uno de los enlaces de señalización provistos para el establecimiento de llamadas ISUP. Seguidamente se presentan algunos traceos de señalización ISUP donde se puede apreciar la secuencia de mensajes intercambiados entre dos nodos para el establecimiento de una llamada.

Tabla 5.3 Especificación de las pruebas de nivel de Aplicación ISUP.

| | Especificaciones de Pruebas de Llamadas básicas de ISUP (Q.764) | Objetivo de la prueba |
|---|---|---|
| 1 | CGB/CGA: bloqueo y desbloqueo de grupo de circuitos | Consiste en verificar que el bloqueo de un grupo de circuitos puede ejecutarse correctamente. |
| 2 | Bloqueo y desbloqueo de circuitos BLO recibido | Consiste en verificar la recepción correcta del bloqueo y desbloqueo de un circuito. |
| 3 | Bloqueo y desbloqueo de circuitos BLO enviado | Consiste en verificar que el SP A es capaz de generar mensaje de bloqueo y desbloqueo |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Verificar que el SP A y SP B pueden bloquear y desbloquear un circuito. | Verificar que los SP A y SP B pueden bloqaer y desbloquear un circuito |
| 5 | IAM recibido sobre un circuito remotamente bloqueado | Verificar que un IAM desbloqueara un circuito remotamente bloqueado. |
| 6 | Recepcioón de un mensaje de señalización no esperado durante el estableclmiento de la llamada. | Verificar que acción realiza la central cuando recibe un mensaje de señalización no esperado en fase de establecimiento. |
| 7 | Recepcioón de un mensaje de señalización no esperado durante una llamada establecida. | Verificar que acción realiza la central cuando recibe un mensaje de señalización no esperado en fase de conversación. |
| 8 | IAM : selección de un circuito | Verificar que el punto de señalización A puede originar una llamada saliente sobre un circuito capaz de operar en ambos sentidos, cuando el control de la llamada lo tiene el SP A. |
| 9 | IAM enviado por el SPA (SPA no tiene el control de la llamada). | Verificar que el punto de señalización A puede originar una llamada saliente sobre un circuito capaz de operar en ambos sentidos, cuando el control de la llamada no lo tiene el SP A (SP B libera la llamada). |
| 10 | Envío de la dirección de la parte llamada "en bloc" | Consiste en verificar que un allamada se establezca en forma exitosa mediante el envío de todos los dígitos en el IAM (en bloc). |
| 11 | Envío de la dirección de la parte llamada "en overlap" | Consiste en verificar que una llamada se establezca en forma exitosa mediante el envío de todos los dígitos en el IAM en forma solapada (overlap) |
| 12 | Establecimiento normal - diferentes indicadores en ACM | Verificar que una llamada puede ser completada exitosamente usando diferentes indicadores de ACM. |
| 13 | Llamada ordinaria (mensaje CON) | Verificar que una llamada puede ser completada exitosamente usando el mensaje CON. |
| 14 | BLO / BLA durante una llamada (iniciada) | Verificar que el procedimiento de bloqueo y desbloqueo de un circuito, enviado durante una llamada establecida pueda ser ejecutada correctamente. |
| 15 | BLO / BLA durante una llamada (recibida) | Verificar que el procedimiento de bloqueo y desbloqueo de un circuito, recibido durante una llamada establecida pueda ser ejecutada correctamente. |
| 16 | Liberación de una llamada antes de ser contestada | Verificar que el lado llamante puede liberar una llamada antes de que sea contestada |
| 17 | Liberación de una llamada después de ser contestada - llamante cuelga . | Verificar que el abonado llamante puede liberar una llamada exitosamente después que el abonado llamado conteste. |
| 18 | Liberación de una llamada después de ser contestada - llamado cuelga | Verificar que el abonado llamado puede liberar una llamada exitosamente. |
| 19 | Liberación normal de una llamada - SUSpend iniciado por la red | Verificar que el abonado llamado puede suspender y reasumir una llamada |
| 20 | Llamadas no exitosas causas de liberación | Verificar que la llamada será liberada inmediatamente cuando un mensaje de liberación es recibida con una causa acorde con el estado de la llamada. |
| 21 | Timer - T9 : Esperando un mensaje de respuesta. | Verificar que la llamada es liberada pasado un tiempo (T9) que la llamada no es contestada. |

Traza obtenida con el analizador INET, correspondiente a una llamada de voz desde la central MSC de San Isidoro1 hacia la Tandem Lima Centro.

```

Ch#:SD2 3 CCITT WHITE          3 Flg:1      Cnt:12      Time:08/23/00 17:27:06.083 3
3 10110101 3 BIB/BSN.....          3 1/53          3
3 11011011 3 FIB/FSN.....          3 1/91          3
3 ..100001 3 SU type/length.... 3 MSU33        3
3 00..... 3 Spare.....           3 0             3
3 octet003 3 Service information octet.....          3
3 ....0101 3 Service indicator. 3 ISUP ISDN user part 3
3 ..00.... 3 Spare.....           3 0             3
3 00..... 3 Network indicator. 3 I International network 3
3 octet004 3 International routing label.....          3
3 ..... 3 DPC: Zone-Net-SP.. 3 433          3
3 ..... 3 OPC: Zone-Net-SP.. 3 32           3
3 octet007 3 Signalling link selection.....          3
3 0011.... 3 SLS.....           3 3             3
3 octet009 3 Circuit identification code.....          3
3 ..... 3 CIC.....           3 67           3
3 0000.... 3 spare.....           3 0             3
3 octet010 3 Message type.....          3
3 00000001 3 Headers H1/H0.... 3 IAM Initial address message 3
3 octet011 3 ISUP Nature of connection indicators parameter.....          3
3 .....00 3 Satellite.....     3 No satellite circuit in the connection 3
3 ....10.. 3 Continuity check.. 3 Continty chk performed on a previous circuit 3
3 ...1.... 3 Echo device.....   3 Outgoing echo control device included 3
3 000..... 3 spare.....           3 0             3
3 octet012 3 ISUP Forward call indicators parameter.....          3
3 .....1 3 Nat'l/Int'l call.. 3 call to be treated as an international call 3
3 ....00. 3 End-to-end method. 3 no end-2-end method avail(only link-by-link) 3
3 ....0... 3 Interworking..... 3 No interworking encountered, No7 all the way 3
3 ...0.... 3 End-to-end info... 3 no end-to-end information available 3
3 ..1..... 3 ISDN user part.... 3 ISDN user part used all the way 3
3 01..... 3 ISUP preference... 3 ISDN user part not required all the way 3
3 .....0 3 ISDN access.....   3 Originating access non-ISDN 3
3 .....00. 3 SCCP method..... 3 No indication 3
3 ....0... 3 spare.....           3 0             3
3 0000.... 3 Resrved, nat'l use 3 Reserved for national use 3
3 octet014 3 ISUP Calling party's category parameter.....          3
3 00001010 3 Category.....     3 Ordinary calling subscriber 3
3 octet015 3 ISUP Transmission medium requirement parameter.....          3
3 00000011 3 Xmission medium... 3 3.1 kHz audio 3
3 octet016 3 Variable & Optional parameter pointers.....          3
3 00000010 3 Pointer-> Called # 3 2             3
3 00001001 3 Pointer-> Optional 3 9             3
3 octet018 3 ISUP Called party number parameter.....          3
3 00000111 3 Parameter length.. 3 7             3
3 .0000011 3 Nature of address. 3 National (significant) number 3
3 1..... 3 Odd/even.....     3 Odd number of address signals 3
3 ....0000 3 spare.....           3 0             3
3 .001.... 3 Numbering plan... 3 ISDN (Telephony) numbering plan 3
3 0..... 3 Internal Network # 3 Routing to internal network No. allowed 3
3 ..... 3 Address signals... 3 2728963ST 0 3
3 octet026 3 ISUP Optional parameter.....          3
3 00001010 3 Parameter name.... 3 Calling party number 3
3 00000010 3 Parameter length.. 3 2             3
3 .0000000 3 Nature of address. 3 Spare 3
3 0..... 3 Odd/even.....     3 Even number of address signals 3
3 .....11 3 Screening.....    3 Network provided 3
3 ....01.. 3 Addr presentation 3 Presentation allowed 3
3 .000.... 3 Numbering plan... 3 Spare 3
3 0..... 3 IncompleteIndicator 3 Complete 3

```

```

3 ..... 3 Address signals... 3 19620024 3
3 octet031 ISUP Optional parameter..... 3
3 00000011 3 Parameter name... 3 Access transport 3
3 10010000 3 Parameter length.. 3 144 3
3 ..... 3 Info elements..... 3 90 a3 00 3
3 Checksum 3 CRC 16..... 3 1111111111111000 hex=fff8 3

```

```

-
3 Ch#:SD2 3 CCITT WHITE 3 Flg:1 Cnt:70 Time:08/23/00 17:27:06.377 3
3 10110101 3 BIB/BSN..... 3 1/53 3
3 11100001 3 FIB/FSN..... 3 1/97 3
3 ..001001 3 SU type/length... 3 MSU09 3
3 00..... 3 Spare..... 3 0 3
3 octet003 Service information octet..... 3
3 ....0101 3 Service indicator. 3 ISUP ISDN user part 3
3 ..00.... 3 Spare..... 3 0 3
3 00..... 3 Network indicator. 3 I International network 3
3 octet004 International routing label..... 3
3 ..... 3 DPC: Zone-Net-SP.. 3 433 3
3 ..... 3 OPC: Zone-Net-SP.. 3 32 3
3 octet007 Signalling link selection..... 3
3 0011.... 3 SLS..... 3 3 3
3 octet009 Circuit identification code..... 3
3 ..... 3 CIC..... 3 67 3
3 0000.... 3 spare..... 3 0 3
3 octet010 Message type..... 3
3 00000101 3 Headers H1/H0..... 3 COT Continuity 3
3 octet011 ISUP Continuity indicators..... 3
3 .....1 3 Continuity status. 3 Successful 3
3 00000000. 3 spare..... 3 0 3
3 Checksum 3 CRC 16..... 3 0110010000101100 hex=642c 3

```

```

-
3 Ch#:RD2 3 CCITT WHITE 3 Flg:1 Cnt:181 Time:08/23/00 17:27:06.441 3
3 11100001 3 BIB/BSN..... 3 1/97 3
3 10111000 3 FIB/FSN..... 3 1/56 3
3 ..001011 3 SU type/length... 3 MSU11 3
3 00..... 3 Spare..... 3 0 3
3 octet003 Service information octet..... 3
3 ....0101 3 Service indicator. 3 ISUP ISDN user part 3
3 ..00.... 3 Spare..... 3 0 3
3 00..... 3 Network indicator. 3 I International network 3
3 octet004 International routing label..... 3
3 ..... 3 DPC: Zone-Net-SP.. 3 32 3
3 ..... 3 OPC: Zone-Net-SP.. 3 433 3
3 octet007 Signalling link selection..... 3
3 0011.... 3 SLS..... 3 3 3
3 octet009 Circuit identification code..... 3
3 ..... 3 CIC..... 3 67 3
3 0000.... 3 spare..... 3 0 3
3 octet010 Message type..... 3
3 00000110 3 Headers H1/H0..... 3 ACM Address complete 3
3 octet011 ISUP Backward call indicators..... 3
3 .....10 3 Charge indicator.. 3 Charge 3
3 ....01.. 3 Cld Party status.. 3 Subscriber free 3
3 ..01.... 3 Cld Party category 3 ordinary subscriber 3
3 00..... 3 Method indicator.. 3 no end-2-end method avail(only link-by-link) 3
3 .....0 3 Interworking..... 3 no interworking encountered(SS7 all the way) 3
3 .....0. 3 End-to-end info... 3 no end-to-end information available 3
3 .....1.. 3 ISUP indicator.... 3 ISDN User Part used all the way 3
3 .....0... 3 Holding indicator. 3 Holding not requested 3
3 ...0.... 3 ISDN access..... 3 terminating access non-ISDN 3
3 ..1..... 3 Echo control device 3 Incoming echo control device included 3
3 00..... 3 SCCP method..... 3 No indication 3
3 octet013 Optional parameter pointer..... 3
3 00000000 3 Pointer-> Optional 3 0 3
3 Checksum 3 CRC 16..... 3 0101100001100001 hex=5861 3

```

```

3 Ch#:RD2 3 CCITT WHITE          3Flg:1      Cnt:278    Time:08/23/00 17:27:10.7403
3 11100101 3 BIB/BSN.....          3 1/101      3
3 10111010 3 FIB/FSN.....          3 1/58       3
3 ..001001 3 SU type/length...     3 MSU09      3
3 00..... 3 Spare.....           3 0          3
3 octet003  Service information octet.....          3
3 ...0101 3 Service indicator.    3 ISUP ISDN user part 3
3 ..00.... 3 Spare.....           3 0          3
3 00..... 3 Network indicator.    3 I International network 3
3 octet004  International routing label.....          3
3 ..... 3 DPC: Zone-Net-SP..    3 32         3
3 ..... 3 OPC: Zone-Net-SP..    3 433        3
3 octet007  Signalling link selection.....          3
3 0011.... 3 SLS.....             3 3          3
3 octet009  Circuit identification code.....          3
3 ..... 3 CIC.....             3 67         3
3 0000.... 3 spare.....           3 0          3
3 octet010  Message type.....          3
3 00001001 3 Headers H1/H0.....    3 ANM Answer 3
3 octet011  Optional parameter pointer.....          3
3 00000000 3 Pointer-> Optional    3 0          3
3 Checksum 3 CRC 16.....          3 0001001100101010 hex=132a 3

```

```

3 Ch#:SD2 3 CCITT WHITE          3Flg:1      Cnt:105    Time:08/23/00 17:29:02.4703
3 10000101 3 BIB/BSN.....          3 1/5        3
3 11000101 3 FIB/FSN.....          3 1/69       3
3 ..001101 3 SU type/length...     3 MSU13      3
3 00..... 3 Spare.....           3 0          3
3 octet003  Service information octet.....          3
3 ...0101 3 Service indicator.    3 ISUP ISDN user part 3
3 ..00.... 3 Spare.....           3 0          3
3 00..... 3 Network indicator.    3 I International network 3
3 octet004  International routing label.....          3
3 ..... 3 DPC: Zone-Net-SP..    3 433        3
3 ..... 3 OPC: Zone-Net-SP..    3 32         3
3 octet007  Signalling link selection.....          3
3 0011.... 3 SLS.....             3 3          3
3 octet009  Circuit identification code.....          3
3 ..... 3 CIC.....             3 67         3
3 0000.... 3 spare.....           3 0          3
3 octet010  Message type.....          3
3 00001100 3 Headers H1/H0.....    3 REL Release 3
3 octet011  Variable & Optional parameter pointers.....          3
3 00000010 3 Pointer-> Cause...    3 2          3
3 00000000 3 Pointer-> Optional    3 0          3
3 octet013  Cause.....            3
3 00000010 3 Parameter length..    3 2          3
3 ...0000 3 Location.....        3 User       3
3 ...0.... 3 spare.....           3 0          3
3 .00.... 3 Coding standard...    3 CCITT standard 3
3 1..... 3 Extension bit.....    3 last octet 3
3 .001.... 3 Cause Class.....      3 normal event 3
3 ...0000 3 Cause value.....      3 NormalCallClearing 3
3 1..... 3 Extension bit.....    3 last octet 3
3 Checksum 3 CRC 16.....          3 0101110001011000 hex=5c58 3

```

```

3 Ch#:RD2 3 CCITT WHITE          3Flg:1      Cnt:199    Time:08/23/00 17:29:02.5313
3 11000101 3 BIB/BSN.....          3 1/69       3
3 10001001 3 FIB/FSN.....          3 1/9        3
3 ..001001 3 SU type/length...     3 MSU09      3
3 00..... 3 Spare.....           3 0          3
3 octet003  Service information octet.....          3
3 ...0101 3 Service indicator.    3 ISUP ISDN user part 3
3 ..00.... 3 Spare.....           3 0          3
3 00..... 3 Network indicator.    3 I International network 3
3 octet004  International routing label.....          3
3 ..... 3 DPC: Zone-Net-SP..    3 32         3
3 ..... 3 OPC: Zone-Net-SP..    3 433        3
3 octet007  Signalling link selection.....          3

```

```

3 0011.... 3 SLS..... 3 3 3
3 octet009 Circuit identification code..... 3
3 ..... 3 CIC..... 3 67 3
3 0000.... 3 spare..... 3 0 3
3 octet010 Message type..... 3
3 00010000 3 Headers H1/H0..... 3 RLC Release complete 3
3 octet011 Optional parameter pointer..... 3
3 00000000 3 Pointer-> Optional 3 0 3
3 Checksum 3 CRC 16..... 3 0101011000101110 hex=562e 3

```

CONCLUSIONES

El sector de las Telecomunicaciones se ha convertido en el más dinámico e importante dentro de los negocios de Servicios, debido a que es el principal motor para el buen desenvolvimiento y desarrollo de la economía de un País.

Lo que empezó con un servicio que brindaba comunicación de voz entre dos puntos alejados, se fue convirtiendo en un Sistema de aplicaciones que iban integrando más opciones como la transmisión de datos e imágenes a mayor capacidad y velocidad. Dentro de estas aplicaciones, la Telefonía celular siguió igualmente un desarrollo rápido, evolucionando desde la Tecnología AMPS, hacia la NAMPS, y posteriormente a las opciones digitales TDMA, CDMA y GSM que ofrecen mayor calidad de voz, y la posibilidad de obtener mayor capacidad de tráfico en su ancho de banda así como mayor velocidad en la transmisión de datos. Por estos días, ya se habla del Internet a través de la Tecnología celular, con los protocolos WAP y GPRS que son los pasos de transición hacia la Telefonía celular de Tercera Generación (3G).

Un aspecto trascendental para el desarrollo de esta tecnología, es la señalización entre los diferentes módulos que forman parte de las redes de

Servicios. Es así que múltiples protocolos fueron desarrollados, sobresaliendo de entre todos la Señalización por Canal Común, debido a su versatilidad para implementar aplicaciones y su gran capacidad para transportar mensajes de señalización. En la actualidad casi todas las aplicaciones están soportadas sobre la Señalización por canal común Nro 7, es por eso que el presente trabajo hizo un análisis de este protocolo y su aplicación en Telefonía orientada a la Conexión (ISUP) y aplicaciones no orientadas a la conexión (IS-41), dentro de una red celular que va evolucionando hacia el uso de este estándar.

Se ha demostrado también la necesidad de los Operadores de Telefonía de implementar redes de Señalización independientes de las redes tradicionales de voz, esto con la finalidad de brindar redundancia ante fallas, versatilidad en el crecimiento de servicios y una óptima Gestión de la Operación y mantenimiento de sus enlaces de señalización. Situación que ha originado el uso frecuente de los STPs, nodos indispensables en una red de señalización, los cuales han ido desarrollando nuevas opciones de operación, tales como el Gateway Screening, Global Title Translation (GTT) y la traducción de protocolos ITU hacia ANSI y viceversa.

Esperamos haber contribuido en algo a la comprensión del protocolo y de sus aplicaciones en una red de Telefonía Celular existente en nuestro País.

ANEXO A

SISTEMA CELULAR CON TECNOLOGIA ANALOGICA AMPS

(ADVANCED MOBILE PHONE SYSTEM)

SISTEMA CELULAR CON TECNOLOGIA ANALOGICA AMPS (ADVANCED MOBILE PHONE SYSTEM)

A.1 Introducción

La tecnología de comunicación celular tiene sus antecedentes en el descubrimiento de Heinrich Hertz (1888) del fenómeno de transmisión de onda electromagnéticas (al producir una chispa y percibir su influencia a la distancia). Pocos años después, Guglielmo Marconi establece un “Radio Link” (fue él quien creó el nombre “radio”)para transmisión de señales telegráficas entre un remolcador y una estación fija, con un alcance de 18 millas.

1905, Reginald Feseden realiza las primeras transmisiones en AM de voz y música (Hasta entonces sólo se transmitían pulsos) . La calidad, sin embargo, todavía era muy deficiente, y sólo diez años después se iniciarían investigaciones para el perfeccionamiento de las radios por causa de la I Guerra Mundial.

En 1928 entra en el aire el primer sistema operacional de comunicaciones móviles del Departamento de Policía de Detroit (todavía simplex hasta ese momento en el sentido estación fija para estación móvil), gracias al receptor super-heteródino recién inventado por Robert L. Batts.

1930 se desarrolla uno de los primeros transmisores móviles, para la implantación de un sistema Half-duplex (push to talk) para la policía de Bayonne (New Jersey). Los transmisores ocupaban casi todo el espacio de los baúles de los coches, a pesar de eso, el sistema fue rápidamente aceptado e implementado por otros departamentos de policía y bomberos.

1935 (5 de noviembre) Edwin H. Armstrong demuestra públicamente su radio de modulación en frecuencia (FM), asombrando a la comunidad de la época con la calidad de la señal recibida. En 1940 el departamento de policía estatal de Connecticut implementa en Hartford, el primer sistema de comunicación móvil (half-duplex) utilizando modulación FM.

También en esa época, con la participación de los EUA en la II Guerra Mundial, Bell Labs y Western Digital fueron contratadas por el gobierno para desarrollar sistemas de comunicación para el campo de batalla. Hasta el final de la guerra, todos los tanques, navíos y aviones de guerra americanos recibieron radios FM (así como los soldados con sus walki-talkies). Gracias a esto toda una estructura industrial para producción de radios FM fue montada en los EUA, y la radio FM se tornó comercialmente viable .

En 1946 , La FCC permite que AT&T instale el primer sistema de telefonía móvil (MTS), en la ciudad de St. Louis. Por primera vez era echa una conexión (aún manual) entre los sistemas de radio y la red telefónica pública. La radio “urbana” (como fuera llamada) estaba basada en una única torre de transmisión de alta potencia, que podía cubrir un área de cerca de

50 millas (80 kilómetros) de radio, y sólo operaba en tres canales (FM /half – duplex). Con costos relativamente bajos (US\$ 15,00 mensuales + 15 cents/minuto), la demanda por el servicio creció rápidamente y el sistema quedó saturado.

En 1947 fue presentado el concepto de telefonía móvil celular, por la Bell Labs, para ser implementado, la nueva idea precisaba aún de una cantidad grande de nuevos canales, que no fueron cedidos por la FCC. En esta época, más de 25 ciudades americanas ya habían instalado el sistema de radio “urbana”.

Con el surgimiento de la televisión, la FCC, resuelve utilizar la banda de 470-890 MHz (UHF) y crear 70 nuevos canales, para las emisoras de TV. La Bell intenta obtener alguno de los canales de 6 MHz, pero no lo consigue. Esta decisión fue tecnológicamente correcta, pues motivo la investigación del “narrowband FM”. Al mismo tiempo, en la ciudad de Detroit, una compañía de taxis instaló un sistema similar al celular, con reaprovechamiento de frecuencias en células alternadas y pequeñas áreas de cobertura de cada estación de radio. Las frecuencias eran conmutadas manualmente en los equipos instalados en los coches, al cambiar de célula (hand-off manual).

En 1950 se implementa el primer sistema móvil full duplex, gracias a un contrato entre la RCA y el departamento de policía de Filadelfia. La FCC

estrecha los canales de 120 KHz que el FM original necesitaba para 60 KHz, medida que obligó a los fabricantes a invertir en la mejora de las radios.

Con la mejora de los receptores FM, en 1960 la FCC reduce la amplitud de los canales FM para 30 KHz y UHF para 25 KHz. Surge también el concepto de distribución trunked de los canales de radio. Hasta entonces, cada radio trabajaba en una única frecuencia. Se dividían los canales disponibles, fijando cuáles abonados transmitirían en cada frecuencia. En adelante, con el nuevo concepto, cada radio puede ocupar cualquiera de las frecuencias disponibles, si ella estuviese desocupada. Para ilustrarse como eso mejora la eficiencia del sistema, un sistema convencional, non-trunked, con diez canales disponibles, solamente consigue un grado de servicio (probabilidad de bloqueo) de 1 % para 7 usuarios, en cuanto un sistema trunked consigue, en las mismas condiciones, atender 250 abonados. Con la distribución trunked de los canales y el aumento de su número (gracias al hecho de tornarse más angostos), se mejoró la eficiencia del sistema y la calidad del servicio.

En 1962 se introduce experimentalmente el IMTS (Improved Mobile Telephone System) - sistema de telefonía móvil, "narrowband FM" (canales de 25-30 KHz), full duplex, con selección automática de canales (distribución trunked de canales) y conmutación automática - en la ciudad de Harrisburg, Pennsylvania. Con el éxito de la experiencia, al año siguiente, ese sistema fue implantado en un gran número de centros metropolitanos. Para 1976 en Nueva York el sistema de la Bell, con apenas 12 canales disponibles, sólo

consigue atender a 543 abonados de telefonía móvil, con un grado de servicio de 13 %, y un directorio de espera de más de 3700 personas.

1970 – se intensificaron las disputas judiciales entre las compañías de telefonía móvil y las emisoras de TV, iniciadas en 1949. En 1971, la AT&T hace la primera propuesta de implantación del Sistema AMPS (Advanced Mobile Phone System) . También en esta época surgió otro servicio para comunicaciones móviles, el RCC (Radio Commom Carriers), que en 1968 ya tenía más de 500 usuarios y disputaba el mercado y el espectro con la AT&T.

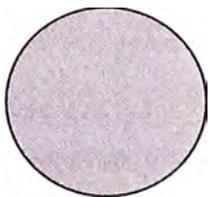
El 3 de marzo de 1982 finalmente son aprobadas las reglas finales para la implantación del sistema celular. Una banda de 40 MHz es asignada, pero en dos “fracciones de 20 MHz (en una misma localidad, se pueden instalar dos sistemas simultáneos, pero de empresas diferentes).

El 13 de octubre de 1983 entra en funcionamiento el primer sistema de telefonía celular AMPS, de la AT&T, en Chicago. Para 1984 Bell es repartida en ocho empresas menores, debido a una acción judicial anti-trust. La AT&T se retira de operación del área de operación, y el sistema de Chicago pasa al control de una subsidiaria de la Americatech. Hasta el final de ese año, más de 25 ciudades tenían su sistema de telefonía celular.

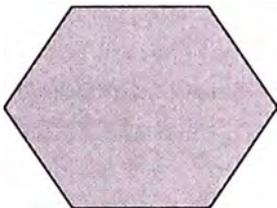
A.2 Teoría básica de Telefonía Celular AMPS

A.2.1 Celda (Célula)

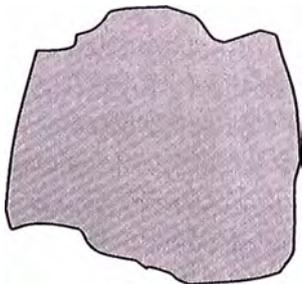
Celda es el área abarcada por la señal de una Estación Base Celular. Teóricamente el área de cobertura una EBC (Estación Base Celular) Omnidireccional en una región plana y sin obstáculos tiene la forma de un círculo, pero en la práctica, el área de cobertura asume un perímetro irregular, determinado de forma confiable, normalmente a través de medidas en campo (survey).



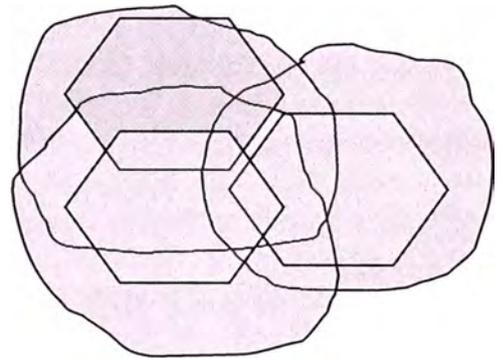
a) Cobertura Teórica



b) Modelo Geométrico de Cobertura



c) Cobertura real



d) Límites sobrepuestos

Figura A.1 Área de Cobertura de una Estación Base Celular (Celda) omnidireccional

Para el análisis matemático se adaptó como representación de la celda el hexágono, que es un polígono regular con perfil próximo al del círculo. Otro detalle que difiere entre la teoría y la práctica, es el límite entre celdas. En la práctica, las áreas de cobertura de las celdas tienen los límites sobrepuestos, lo que posibilita la continuidad de la cobertura (y el handoff).

A.2.2 Transmisión Full-duplex

Los canales utilizados en los sistemas móviles se componen de un par de frecuencias: una destinada a la comunicación en el sentido directo (EBC para unidad móvil), y otra para la comunicación en el sentido inverso (unidad móvil para EBC), lo que permite que durante una conversación se pueda hablar y escuchar al mismo tiempo.

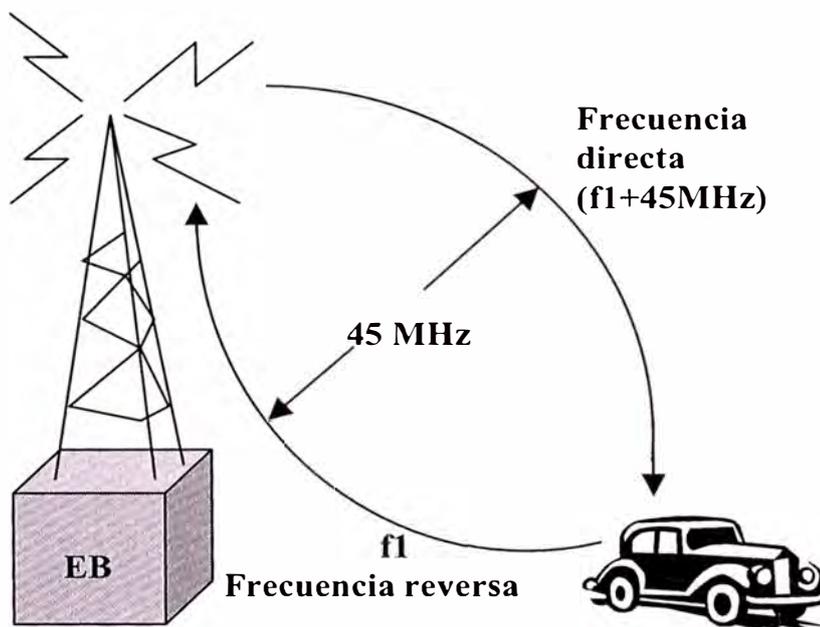


Figura A.2 Transmisión Full-duplex

A.2.3 Canales de voz (VCH) - Estos canales se destinan a la transmisión y recepción de:

- Señales de voz (espectro de 300 a 3400 Hz) modulado en FM, (con Δf desvío máximo de ± 12 KHz).
- Tonos de control :
 - **SAT** Supervisory Audio Tone – 5970 , 6000 o 6030 Hz.
 - **ST** Signaling Tone – 10 KHz (modulado en FM con desviación media de frecuencia de ± 8 KHz).
- Ráfagas de mensajes de control moduladas en FSK (Frequency Shift Keying) con desviación de frecuencia máxima de ± 8 KHz y tasa de transmisión de 10Kbps codificados en Manchester.

A.2.4 Canales de control (CCH) .- Estos canales se destinan

básicamente al cambio de mensajes de control y datos entre el sistema y las unidades móviles, y viceversa. Tienen las siguientes funciones :

- Mensaje de overhead (encabezamiento) como SID,VMAC, DCC
- Paging (búsqueda del abonado)
- Acceso del abonado al sistema
- Mensajes de control.

Todos los mensajes transmitidos son modulados en FSK, con desviación máxima de frecuencia de ± 8 KHz y tasa de 10Kbps.

A.2.5 Espectro de frecuencias y canales utilizados en el sistema AMPS

Los canales asignados para el sistema tienen un ancho de banda de 30 KHz, la diferencia entre las frecuencias de transmisión y recepción de un mismo canal es de 45 MHz lo cual evita la interferencia durante una conversación. Se asignaron un total de 832 canales (416 para cada banda). Los canales son numerados de 1 a 1023 (la numeración de 800 990 no son usados).

La Administración peruana del uso de las bandas de frecuencia (tal como en todos los países), ha dividido cada área del mercado en dos bandas, asignando un conjunto de canales para cada operadora, de la siguiente manera:

Banda "A" .- Operadora Telefónica Servicios Móviles :

| | |
|---------------------|------------------------|
| Para transmisión de | 824,040 a 834,990 MHz. |
|---------------------|------------------------|

| | |
|-----------------|-----------------------|
| la unidad móvil | 845,010 a 846,480 MHz |
|-----------------|-----------------------|

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Para transmisión de la | 869,040 a 879,990 MHz |
|------------------------|-----------------------|

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| estación base celular | 890,010 a 891,480 MHz |
|-----------------------|-----------------------|

Banda "B" .- Operadora Bellsouth (Ex Tele 2000)

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Para transmisión de la | 835,020 a 844,980 MHz |
|------------------------|-----------------------|

| | |
|--------------|-----------------------|
| unidad móvil | 846,510 a 848,970 MHz |
|--------------|-----------------------|

| | |
|------------------------|-----------------------|
| Para transmisión de la | 880,020 a 889,980 MHz |
|------------------------|-----------------------|

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| Estación base celular | 891,510 a 893,970 MHz |
|-----------------------|-----------------------|

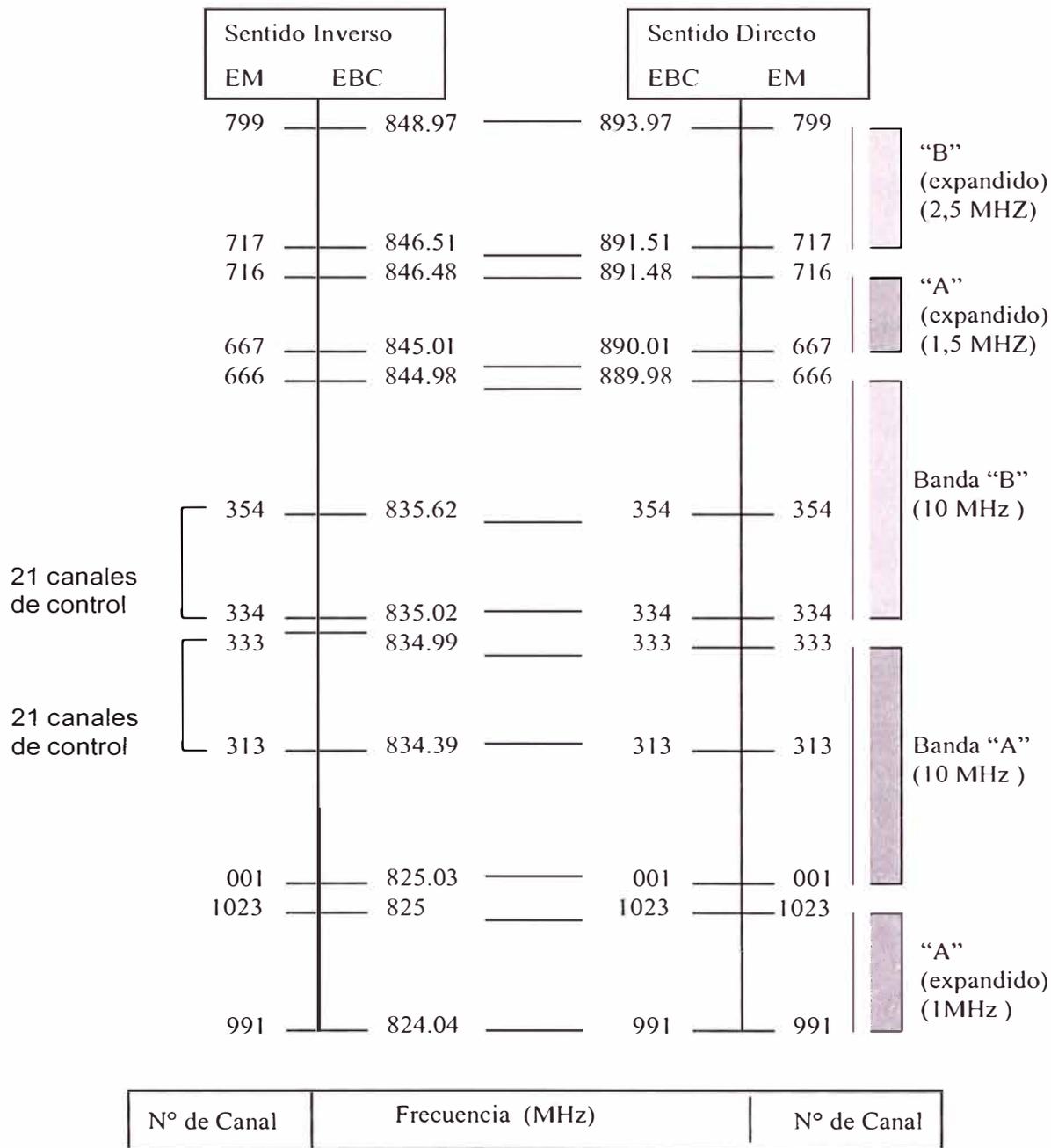


Figura A.3 Diagrama de distribución de frecuencias y canales para el Sistema AMPS

A.2.6 Relación entre frecuencia y canal

Las expresiones matemáticas presentadas a continuación, son utilizadas para encontrar las frecuencias en el sentido directo y en el sentido inverso, de cualquiera de los 832 canales del espectro.

1) Sentido directo (EBC para móvil) - Canales 001 a 799

$$F = 0,03 \times C + 870 \quad \text{MHz}$$

2) Sentido directo (EBC para móvil) - Canales 991 a 1023

$$F = 0,03 \times (C - 1023) + 870 \quad \text{MHz}$$

3) Sentido inverso (móvil para EBC) - Canales 001 a 799

$$F = 0,03 \times C + 825 \quad \text{MHz}$$

4) Sentido inverso (móvil para EBC) - Canales 001 a 799

$$F = 0,03 \times (C - 1023) + 825 \quad \text{MHz}$$

A.2.7 Reuso de Frecuencias

Debido a que el número de canales disponibles no es el suficiente para atender la demanda de tráfico de una zona, es necesario emplear la técnica de reuso de frecuencias, que consiste en configurar los transreceptores de una celda con la misma frecuencia que otra celda, con la condición de que esta operación no produzca interferencia en ninguna de las dos, por esta razón las celdas deben encontrarse a una distancia mínima prudencial.

El concepto básico utilizado para la determinación de la distancia mínima de reuso de canales es obtenido por la ecuación:

$$D = R \sqrt{3 \cdot N} \quad (1)$$

Donde : D - Distancia de reuso de frecuencia

R - Radio de la célula

N - Cluster utilizado (agrupación de células 4, 7, 9 o 12)

Otro aspecto considerado en la Distancia de Reuso de Canales es la influencia de la relación :

$$C/I \quad (2)$$

donde : C - Nivel de potencia de la Señal portadora

I - Nivel de potencia de la señal de Interferencia

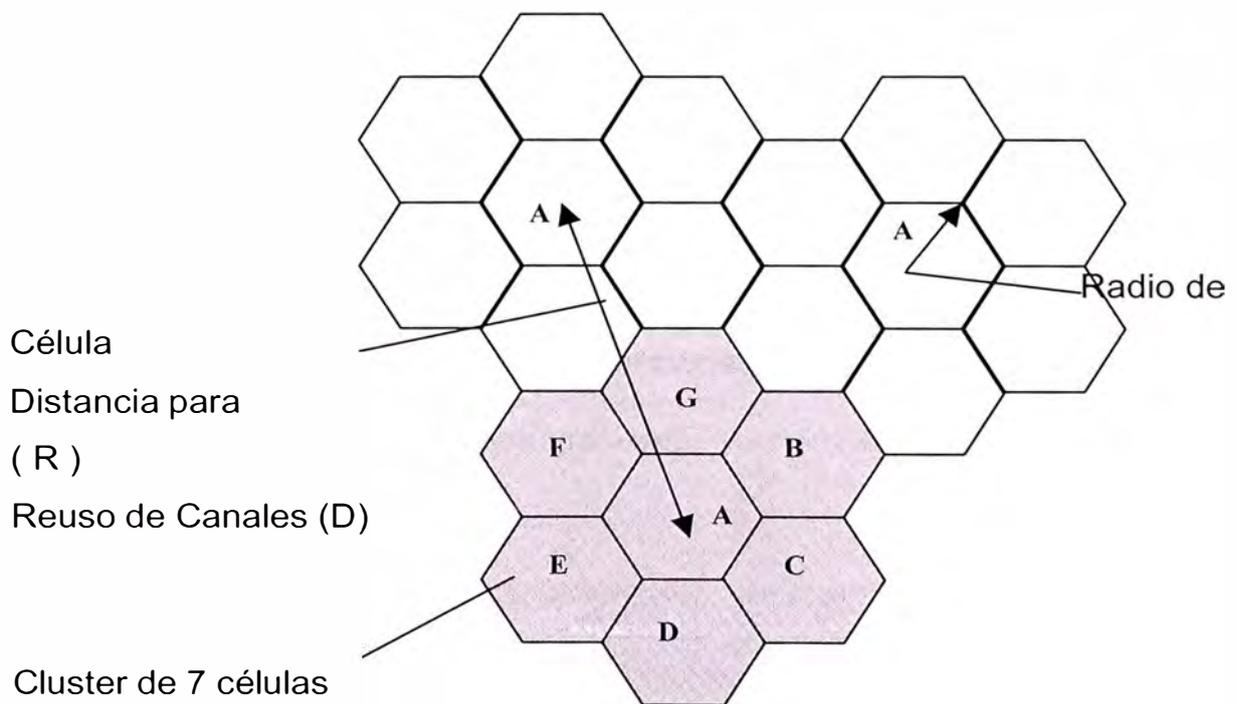


Figura A.4 Distancia de Reuso (D) en clusters de 7 Celdas

En la práctica se busca garantizar una relación Portadora / Interferencia (C/I) mayor o igual a 18dB asegurando de esta manera la calidad de la comunicación. Para garantizar un $C/I > 18\text{dB}$, se ha comprobado que se debe cumplir la relación $D/R > 4,41$ (Referencia: Northern Telecom “Descripción del Sistema Celular AMPS”).

De la ecuación (1), tenemos

$$N = 4 \rightarrow D/R = 3,46$$

$$N = 7 \rightarrow D/R = 4,6$$

$$N = 12 \rightarrow D/R = 6,00$$

Plano de frecuencias para Cluster de 7 Células

Los siguientes cuadros agrupan a frecuencias las cuales serán asignadas de tal forma que canales adyacentes o cercanos se encuentren en diferentes células minimizando el riesgo de interferencia, permitiendo también el posterior reuso de canales en otro clusters.

Banda "A"

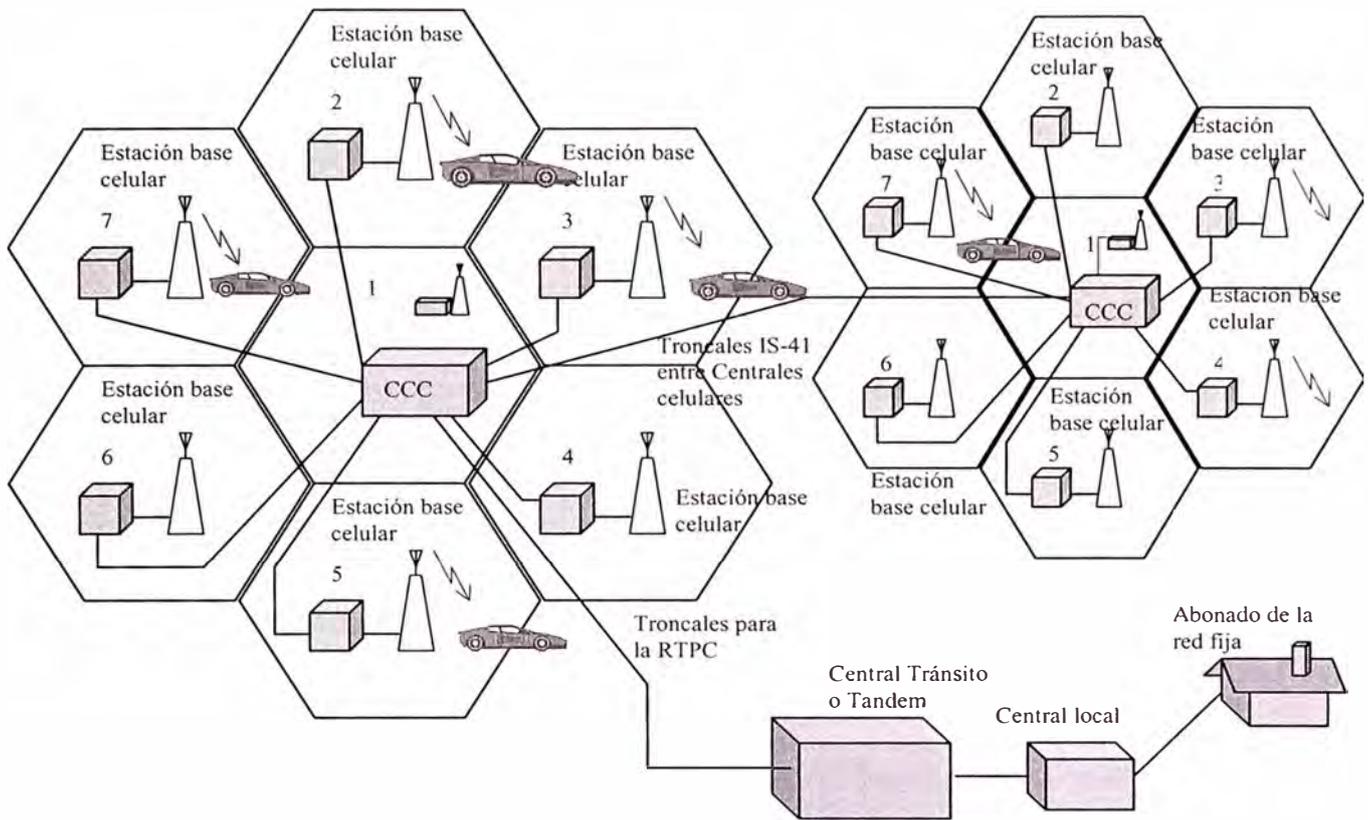
| A 1 | B 2 | C 3 | D 4 | E 5 | F 6 | G 7 | A 8 | B 9 | C 10 | D 11 | E 12 | F 13 | G 14 | A 15 | B 16 | C 17 | D 18 | E 19 | F 20 | G 21 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 991 | 992 | 993 | 994 | 995 | 996 | 997 | 998 | 999 | 1000 | 1001 | 1002 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 |
| 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 |
| 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 |
| 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 |
| 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 |
| 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 |
| 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 |
| 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 |
| 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 |
| 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 |
| 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 |
| 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 | 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 |
| 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | | | |
| 316 | 317 | 318 | 319 | 320 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 | 331 | 332 | 333 | 313 | 314 | 315 |
| 673 | 674 | 675 | 676 | 677 | 678 | 679 | 680 | 681 | 682 | 683 | 684 | 685 | 686 | 687 | 667 | 668 | 669 | 670 | 671 | 672 |
| 694 | 695 | 696 | 697 | 698 | 699 | 700 | 701 | 702 | 703 | 704 | 705 | 706 | 707 | 708 | 688 | 689 | 690 | 691 | 692 | 693 |
| 715 | 716 | | | | | | | | | | | | | | 709 | 710 | 711 | 712 | 713 | 714 |

Banda "B"

| A 1 | B 2 | C 3 | D 4 | E 5 | F 6 | G 7 | A 8 | B 9 | C 10 | D 11 | E 12 | F 13 | G 14 | A 15 | B 16 | C 17 | D 18 | E 19 | F 20 | G 21 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 | 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | 354 |
| 355 | 356 | 357 | 358 | 359 | 360 | 361 | 362 | 363 | 364 | 365 | 366 | 367 | 368 | 369 | 370 | 371 | 372 | 373 | 374 | 375 |
| 376 | 377 | 378 | 379 | 380 | 381 | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 387 | 388 | 389 | 390 | 391 | 392 | 393 | 394 | 395 | 396 |
| 397 | 398 | 399 | 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 | 412 | 413 | 414 | 415 | 416 | 417 |
| 418 | 419 | 420 | 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 | 428 | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 438 |
| 439 | 440 | 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 457 | 458 | 459 |
| 460 | 461 | 462 | 463 | 464 | 465 | 466 | 467 | 468 | 469 | 470 | 471 | 472 | 473 | 474 | 475 | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 |
| 481 | 482 | 483 | 484 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 491 | 492 | 493 | 494 | 495 | 496 | 497 | 498 | 499 | 500 | 501 |
| 502 | 503 | 504 | 505 | 506 | 507 | 508 | 509 | 510 | 511 | 512 | 513 | 514 | 515 | 516 | 517 | 518 | 519 | 520 | 521 | 522 |
| 523 | 524 | 525 | 526 | 527 | 528 | 529 | 530 | 531 | 532 | 533 | 534 | 535 | 536 | 537 | 538 | 539 | 540 | 541 | 542 | 543 |
| 544 | 545 | 546 | 547 | 548 | 549 | 550 | 551 | 552 | 553 | 554 | 555 | 556 | 557 | 558 | 559 | 560 | 561 | 562 | 563 | 564 |
| 565 | 566 | 567 | 568 | 569 | 570 | 571 | 572 | 573 | 574 | 575 | 576 | 577 | 578 | 579 | 580 | 581 | 582 | 583 | 584 | 585 |
| 586 | 587 | 588 | 589 | 590 | 591 | 592 | 593 | 594 | 595 | 596 | 597 | 598 | 599 | 600 | 601 | 602 | 603 | 604 | 605 | 606 |
| 607 | 608 | 609 | 610 | 611 | 612 | 613 | 614 | 615 | 616 | 617 | 618 | 619 | 620 | 621 | 622 | 623 | 624 | 625 | 626 | 627 |
| 628 | 629 | 630 | 631 | 632 | 633 | 634 | 635 | 636 | 637 | 638 | 639 | 640 | 641 | 642 | 643 | 644 | 645 | 646 | 647 | 648 |
| 649 | 650 | 651 | 652 | 653 | 654 | 655 | 656 | 657 | 658 | 659 | 660 | 661 | 662 | 663 | 664 | 665 | 666 | | | |
| | | | | | 717 | 718 | 719 | 720 | 721 | 722 | 723 | 724 | 725 | 726 | 727 | 728 | 729 | 730 | 731 | 732 |
| 733 | 734 | 735 | 736 | 737 | 738 | 739 | 740 | 741 | 742 | 743 | 744 | 745 | 746 | 747 | 748 | 749 | 750 | 751 | 752 | 753 |
| 754 | 755 | 756 | 757 | 758 | 759 | 760 | 761 | 762 | 763 | 764 | 765 | 766 | 767 | 768 | 769 | 770 | 771 | 772 | 773 | 774 |
| 775 | 776 | 777 | 778 | 779 | 780 | 781 | 782 | 783 | 784 | 785 | 786 | 787 | 788 | 789 | 790 | 791 | 792 | 793 | 794 | 795 |
| 796 | 797 | 798 | 799 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura A.5 Plano de frecuencias para cluster de 7 células

A.2.8 Componentes Básicos del Sistema Celular



CCC: Central de Conmutación y Control

Figura A.6 Sistema Celular

- **Unidad Móvil (EM)** - Representa la interfaz entre el usuario y el sistema. Además de la transmisión de voz, la unidad móvil provee control y señalización. Bajo el comando del sistema. La unidad móvil está habilitada para sintonizar cualquier canal y para transmitir en un nivel de potencia determinado.
- **Estación Base Celular (EBC)** – Es responsable por atender a las llamadas originadas o destinadas a su área de cobertura. Representa

la interfaz entre la unidad móvil y el sistema. Desempeña funciones locales de control, monitoreo y supervisión de las llamadas, además de la recomendación de handoff al sistema.

- **Central de Conmutación y Control (CCC)** – Es una central de conmutación especialmente dedicada al servicio celular, además de desempeñar las funciones de una central digital clase 5. Las funciones relativas al tratamiento, monitoreo y control de los radio-canales del sistema (paging, handoff, roaming, etc). También sirve de acceso entre el abonado celular y la red fija y otras áreas de servicio celular.
- **Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC)** – Para integrar el sistema de telefonía celular, la CCC es interconectada a través de troncales a una o más centrales de la red pública de telefonía fija, a fin de permitir el acceso de / hacia los abonados de telefonía celular con el resto del mundo. La señalización usada para controlar los diferentes procesos que intervienen en el tráfico de llamadas a través de estas troncales puede ser de varios tipos : R2 , C5 ,CCS 7, es de este último protocolo de señalización, el de canal común que trata el presente trabajo. Específicamente para la aplicación de telefonía ISUP (ISDN user part).
- **Red Celular IS-41** – La interconexión de los CCCs de diferentes sistemas para posibilitar el Roaming automático y Handoff intersistemas es implementada aparte de la red fija y a través de troncales dedicados al Protocolo IS-41. Dicho protocolo está

soportado por enlaces de señalización por canal común, es por esta razón que en la implementación de la red de señalización se debe tener en cuenta la aplicación mencionada.

A.2.9 Padrones de agrupamientos celulares (Clusters)

El concepto básico de padrones de agrupamiento celulares es la posibilidad de reutilización de las frecuencias en una misma área geográfica asignada al sistema. Esto es, las frecuencias utilizadas en una célula pueden ser reutilizadas en otra célula situada a una distancia mínima (co-célula). Esa distancia es determinada por el nivel máximo de interferencia de **co-canal** aceptado por el sistema.

Debido a limitaciones geométricas, los clusters pueden tener solamente determinados padrones de agrupamiento, siendo los más utilizados $N=4$, 7 o 12 células.

El conjunto de canales disponibles en el sistema es asignado a un grupo de células denominado cluster próximo, y esas mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en algún otro cluster, respetándose las distancias mínimas de reutilización para la asignación de las frecuencias en las células del cluster.

Se deduce que, cuanto menor el cluster, mayor será el número de canales por célula, y de esta manera mayor el tráfico local que puede ser atendido en la célula. Por otro lado cuanto menor la distancia de reutilización, mayor el nivel de interferencia co-canal en el sistema.

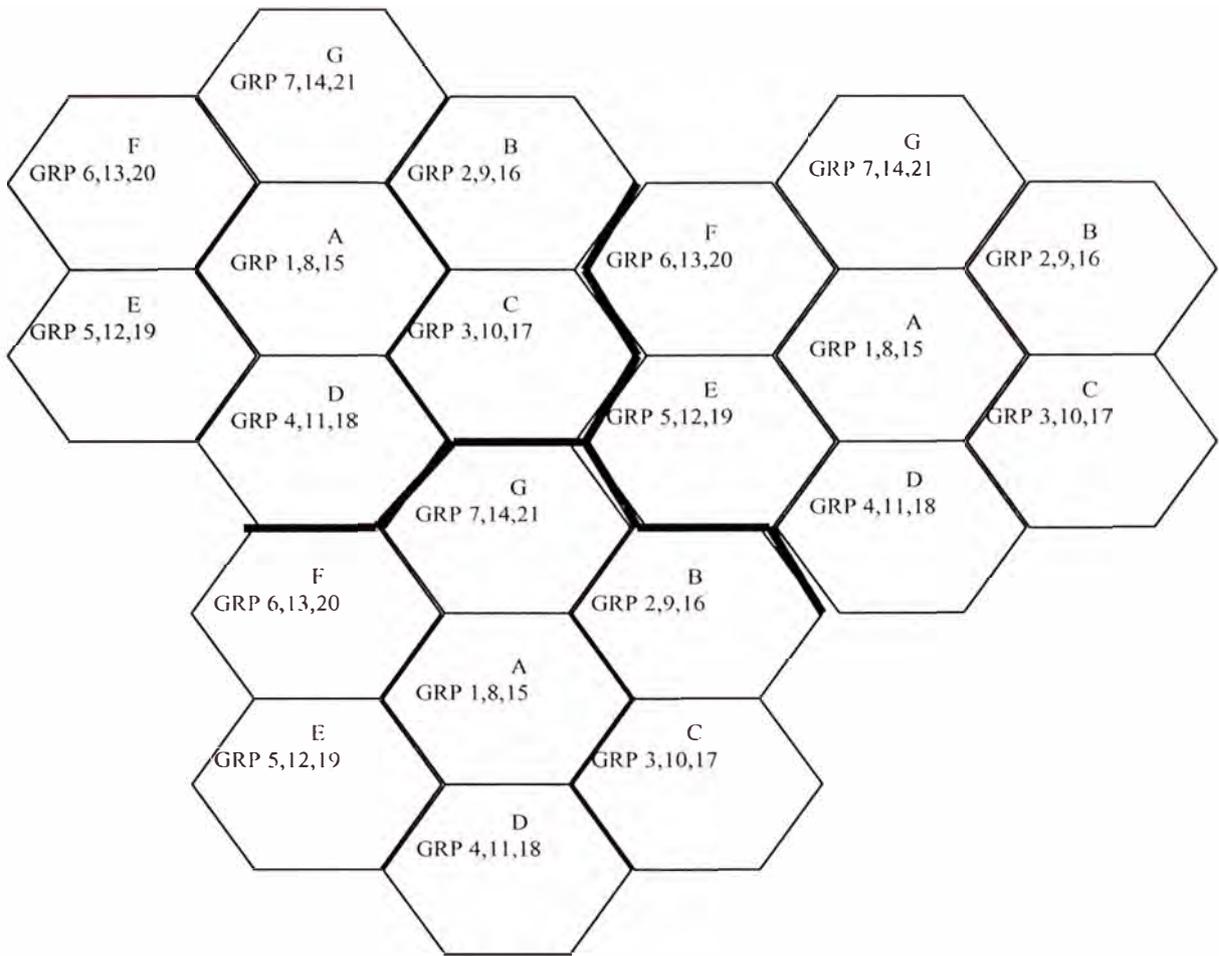


Figura A.7 CLUSTER DE 7 CELULAS

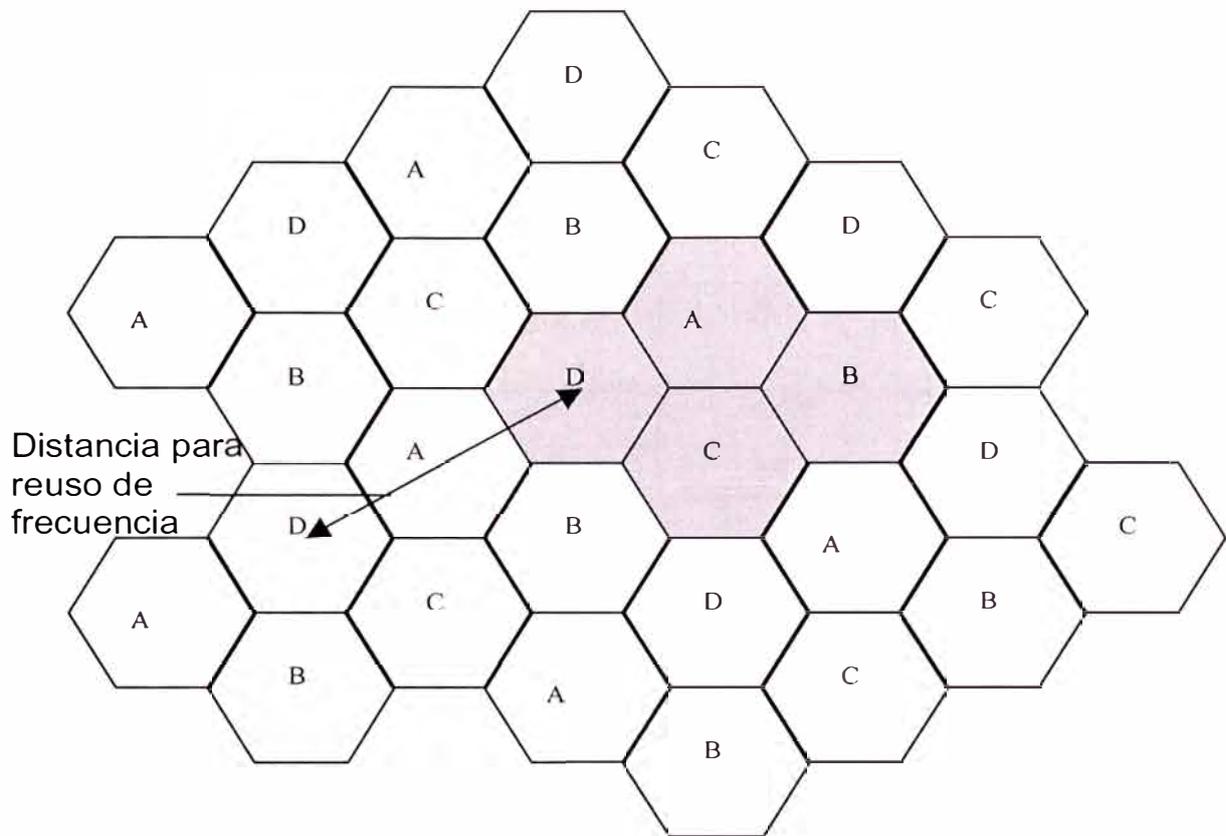


Figura A.8 CLUSTER DE 4 CELULAS

Normalmente un agrupamiento de cuatro células tiene las células subdivididas en seis sectores de 60° . Los agrupamientos de doce o más células no son muy utilizados.

| Cluster | Canales de control por cluster | Canales de voz por célula | tráfico en la célula A (Erl) | Tráfico en el Cluster (Erl) |
|---------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 4 | 24 | ~98 | ~86.0 | ~344.0 |
| 7 | 21 | ~56 | ~45.9 | ~321.3 |
| 12 | 24 | ~33 | ~24.6 | ~295 |

Figura A.9 Cuadro comparativo de los Clusters

Consideraciones:

canales por banda = 416

grado de servicio (B) = 2 %

A.2.10 SAT Supervisory Audio Tone

- La función básica del SAT es prevenir errores debido a la interferencia de co-canal. Esto es, certificarse de que el canal que está recibiendo no es un co-canal de un cluster vecino. Debido al tipo de canal de transmisión adverso en telefonía celular, pueden ocurrir condiciones de desvanecimiento, en el que la señal recibida de un co-canal supera en intensidad el canal sintonizado de la propia célula.
- Este tono de SAT está siempre presente en el VCH, en frecuencia arriba de la señal de voz. También es utilizado para el monitoreo de la calidad de la señal recibida por la estación base celular, y la integridad del canal. Por ejemplo, cualquier detección en el canal de

un tono de SAT extraño al cluster lo retira inmediatamente de servicio o intenta un handoff forzado para otro canal disponible.

El tono SAT puede tomar cualquiera de los siguientes valores:

SAT 0 = 5970 Hz

SAT 1 = 6000 Hz

SAT 2 = 6030 Hz

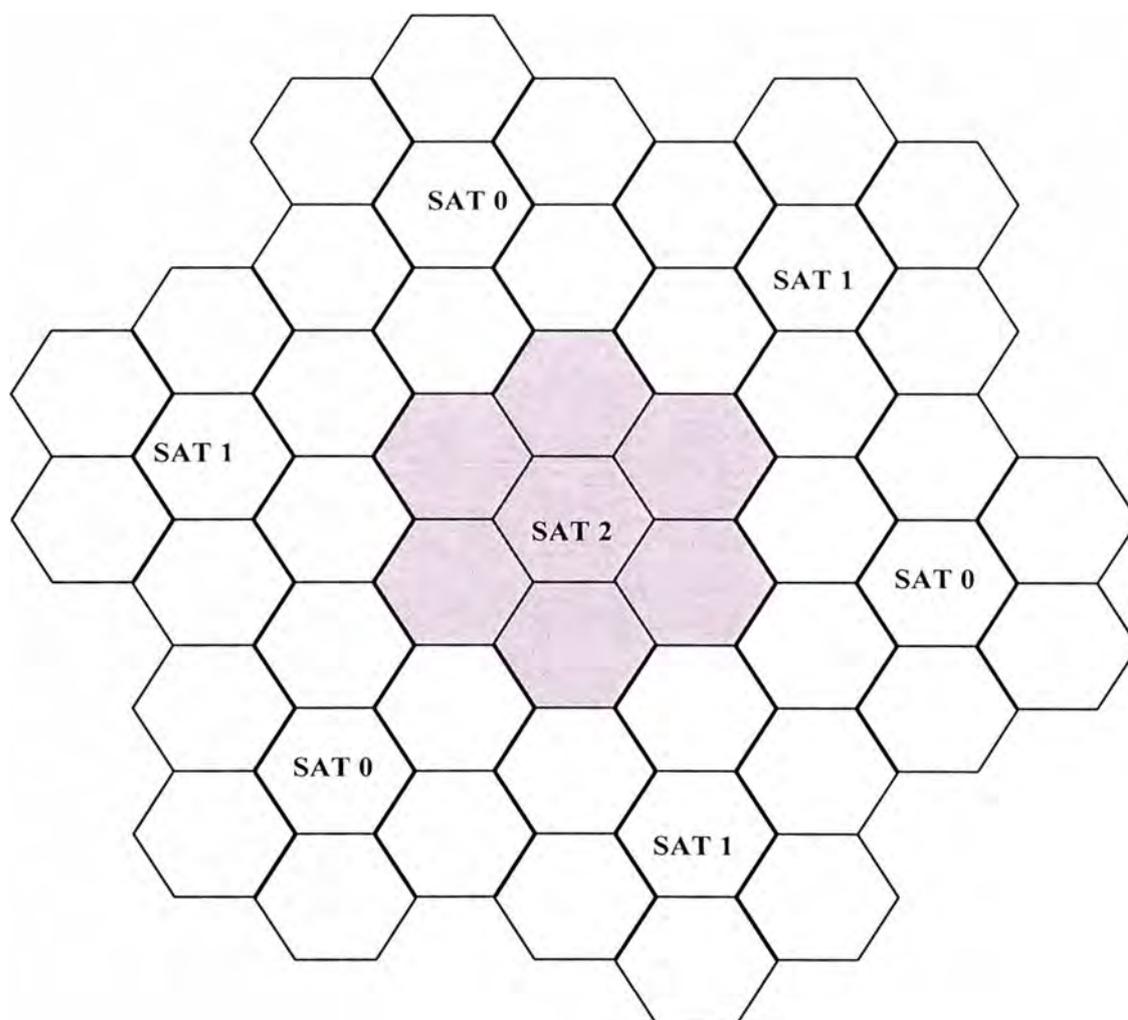


Figura A.10 Distribución del Tono SAT

A.2.11 ST Signaling Tone

- Se trata de un tono de 10 KHz unidireccional (sentido unidad móvil a la EBC) que tiene por función la señalización de “teléfono colgado o no”. A través de la duración de la señal, también es utilizado para comunicar desconexión (1,8s), handoff (50 ms) y pedido de servicios especiales:

1,8 seg. - END

400 mseg. - Flash request

50 mseg. - Hand off

continuo - Ring.

A.2.12 Tipos de mensaje de FCCH (Forward Control Channel)

a) Mensajes de Overhead.-

Los mensajes de overhead o encabezamiento, contienen los datos generales del sistema y son repasados a todas las unidades móviles activas presentes en el área de servicio. Esos mensajes son repetidos a cada segundo y contienen las siguientes informaciones:

Identificación del Sistema SID (System Identification Number, número de identificación del sistema).

Si los canales de Paging y acceso son combinados.

La extensión de canales de control que el móvil debe buscar (N).

Número de canales de acceso que el móvil debe recorrer (CMAX).

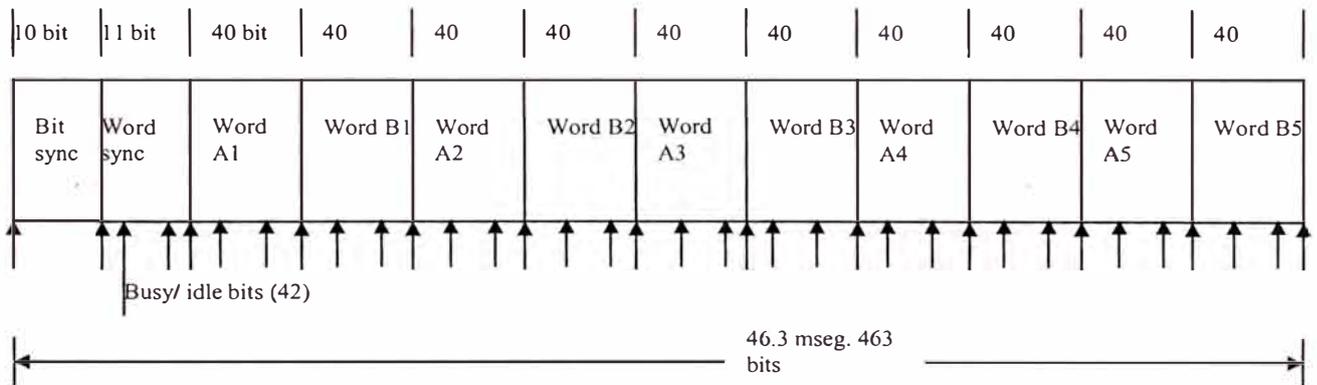
Información referente a cuando cada móvil debe registrarse.

b) Mensajes de control de la unidad móvil .-

Contienen informaciones direccionadas a una determinada unidad móvil:

- Datos de paging (búsqueda) como : MIN (Mobile Identification Number, número de identificación del móvil) , SAT, número del canal inicial de voz.
- Control de nivel de potencia de transmisión del móvil en el canal de voz. La referencia a ese parámetro es el código de atenuación de voz (VMAC).
- Ordenes para alerta.

c) Canal de Control directo (FCCH)



Bit sync (dotting) = 1010101010

Word sync (barker) = 1010101010

Tasa de transmisión de datos = 10 Kbps

Figura A.11 Canal de control directo

El canal de control en la dirección directa o forward (FCCH) es un flujo continuo de datos modulados en FSK, a la tasa de 10KBPS. Basicamente, el

canal de control contiene tres flujos de información multiplexados: flujo A, flujo B y bit de ocupado / libre (busy/idle).

Cada palabra enviada a la unidad móvil contiene 40 bits, siendo 28 bits de información codificada y 12 bits de paridad. El código utilizado es BCH (40,28,5), esto es, largura total de la palabra de 40 bits, 28 bits de información.

Una unidad móvil solamente va leer uno de los mensajes intercalados (A o B), dependiendo de que el último dígito del MIN sea par (A) o impar (B). La misma palabra es repetida 5 veces (A1, A2, A3, A4 y A5), para prevenir errores en la recepción debido al ruido, siendo utilizado el criterio llamado "decisión por mayoría". Bastan tres palabras iguales entre cinco para elegir cual es la correcta Ej: A1=A2=A3, entonces A1 es la palabra correcta.

Las secuencias de Dotting y Barker, localizadas en el inicio del cuadro de transmisión, son utilizadas para sincronismo de bit y byte, respectivamente. Normalmente, la unidad móvil posee circuitos para recuperación de reloj; por lo tanto la necesidad de secuencia de sincronismo, además de la necesidad de una marcación de byte para detectar las palabras de control enviadas.

Los principales mensajes enviados en el FCCH son:

Paging , búsqueda de un móvil para recibir una llamada.

Descripción inicial del canal de voz (IVCD).

Tentativa dirigida – encaminando el móvil para CCH de EBCs adyacentes, cuando la EBC inicial no tiene VCH libre.

Mensajes de Overhead – orientación general a los móviles localizados en el área de la EBC.

El bit de busy/idle está localizado antes de cada secuencia de dotting, antes de cada palabra de sincronismo, antes de la primera repetición de la palabra A, y a partir de eso, a cada diez bits de datos aparece un décimo primer bit intercalado que es el bit de busy/idle.

La estrategia utilizada para la monitorización y acceso al canal de control inverso, cuando el usuario intenta llamar, es la siguiente:

- a) El usuario digita el número deseado y aprieta la tecla send.
- b) La unidad móvil elige aleatoriamente una temporización entre 0 y 200 ms y después de colocar en cero el timer, intenta acceder al canal de control.
- c) Caso el bit busy/idle indica que el canal de control está ocupado (busy), la unidad móvil elige nuevamente un valor entre 0 y 90 ms y hace otra tentativa cuando el timer llega a cero.
- d) El paso c puede repetirse hasta diez veces; y acaso no consiga acceso al canal de control, el móvil va a accionar la señal de ocupado para el usuario.

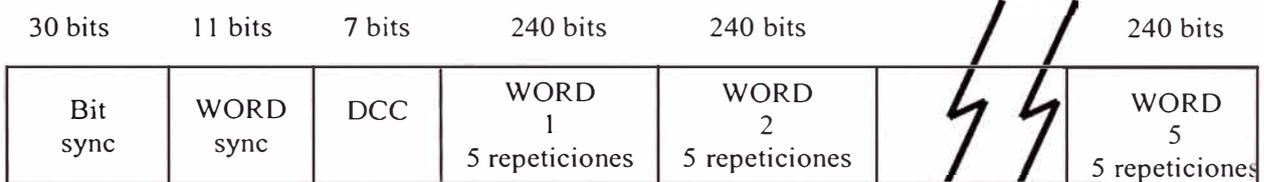
d) Canal de Control Inverso (RCCH)

El canal de control inverso RCCH es una transmisión de la unidad móvil para la EBC modulada en FSK, con tasa de 10 kbps. El mensaje comienza por una secuencia de 30 bits (101010...) para sincronismo de bit,

seguida por una palabra de sincronismo de byte y el Digital Color Code (DCC).

El DCC es obtenido del canal de control en la dirección directa y codificado en 7 bits. Cada palabra siguiente es compuesta por 48 bits, incluyendo 12 bits de paridad, y repetida cinco veces. Todas esas precauciones son tomadas debido al hecho de que la unidad móvil transmite en potencia más baja. Así, conociendo la imprevisibilidad del canal de radio móvil, se intenta proteger la información al máximo. Cada mensaje del RCCH puede consistir en de una a cinco palabras. Los tipos de mensajes transmitidos pueden ser:

- Respuesta al paging (una a tres palabras)
- Mensaje de originación de llamada
- Mensaje de confirmación de recibimiento de orden
- Mensaje de orden.



(1 WORD = 48 bits, por tanto 5 x 1 WORD = 5 * 48 = 240)

| DCC Recibido de canal de control | 7 bit codificados DCC para el canal de control |
|----------------------------------|--|
| 00 | 0000000 |
| 01 | 0011111 |
| 10 | 1100011 |
| 11 | 1111100 |

Figura A.12 RCCH Unidad móvil para EBC

e) Señalización en el Canal de Voz directo (FVCH)

Una vez que una llamada es iniciada (conversación), los datos del sistema solamente serán enviados a través del canal de voz, en ráfagas de datos modulados en FSK: informaciones como cambio en el nivel de potencia, realización de handoff y requisición de servicio y facilidades son enviadas de esa manera a la unidad móvil. Las palabras son formadas por 28 bits de información y 12 bits de paridad. La misma palabra es repetida once veces para asegurar la correcta detección del mensaje.

Para FM e inicia ráfaga de datos FSK EBC a móvil

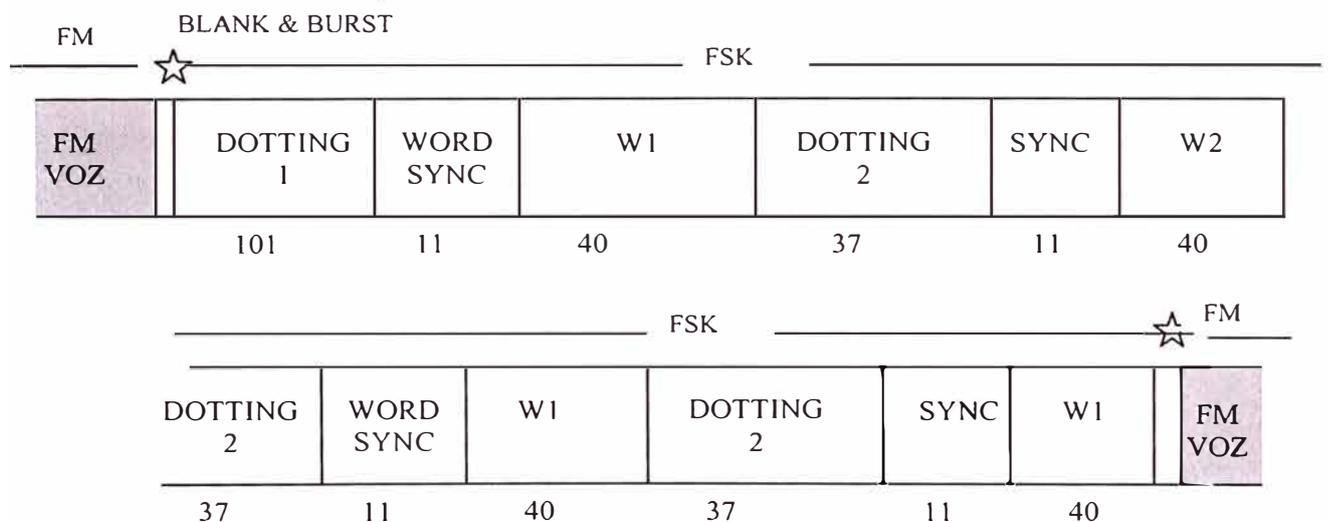


Figura A.13 Ráfaga de datos en el canal directo

f) Señalización en el canal de Voz Inverso (RVCH)

Una secuencia de 37 bits (1010...) y una palabra de sincronismo son enviadas antes de cada palabra de mensaje, permitiendo que la EBC se sincronice con los datos que están llegando, excepto antes de la primera

repetición, donde son utilizados 101 bits de sincronismo. Cada mensaje en el RVCH puede consistir de una o dos palabras, repetida cinco veces. Los tipos de mensajes transmitidos en el canal de voz inverso son:

Mensaje de recibimiento de orden

Mensaje de número de llamado, utilizado cuando el abonado está accedendo un servicio suplementario que envuelve a un abonado C.

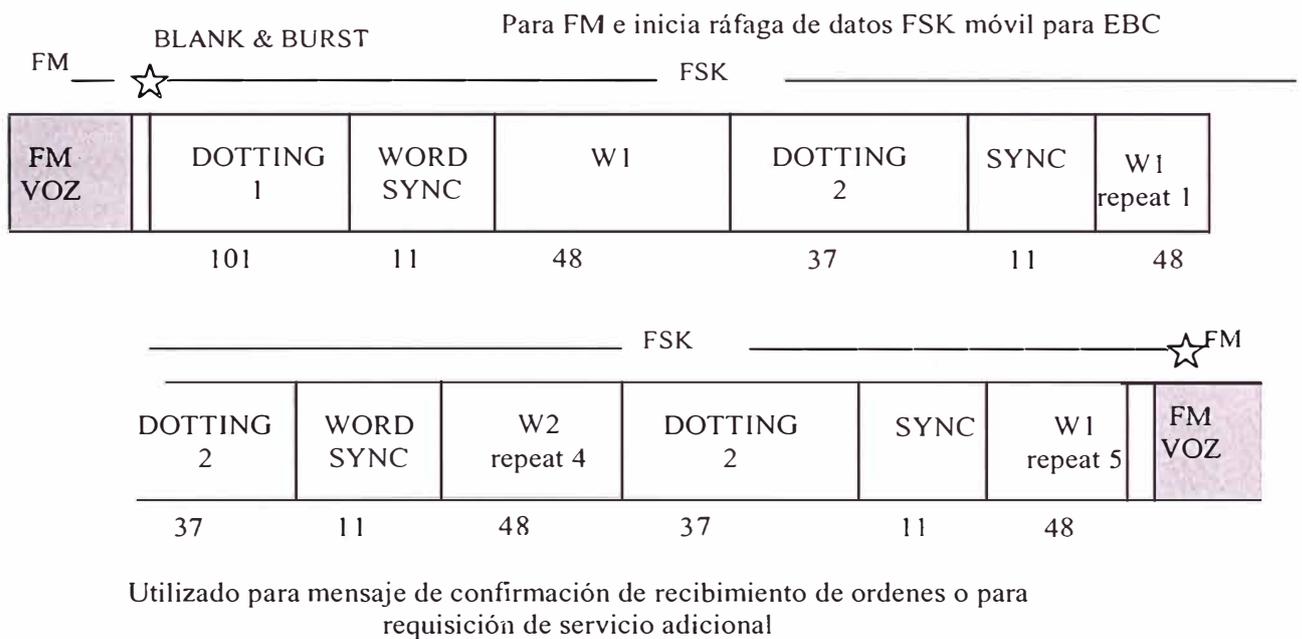


Figura A.14 Ráfaga de datos en el canal inverso

A.3 PROCESAMIENTO DE LLAMADAS

A.3.1 Llamada originada en el móvil

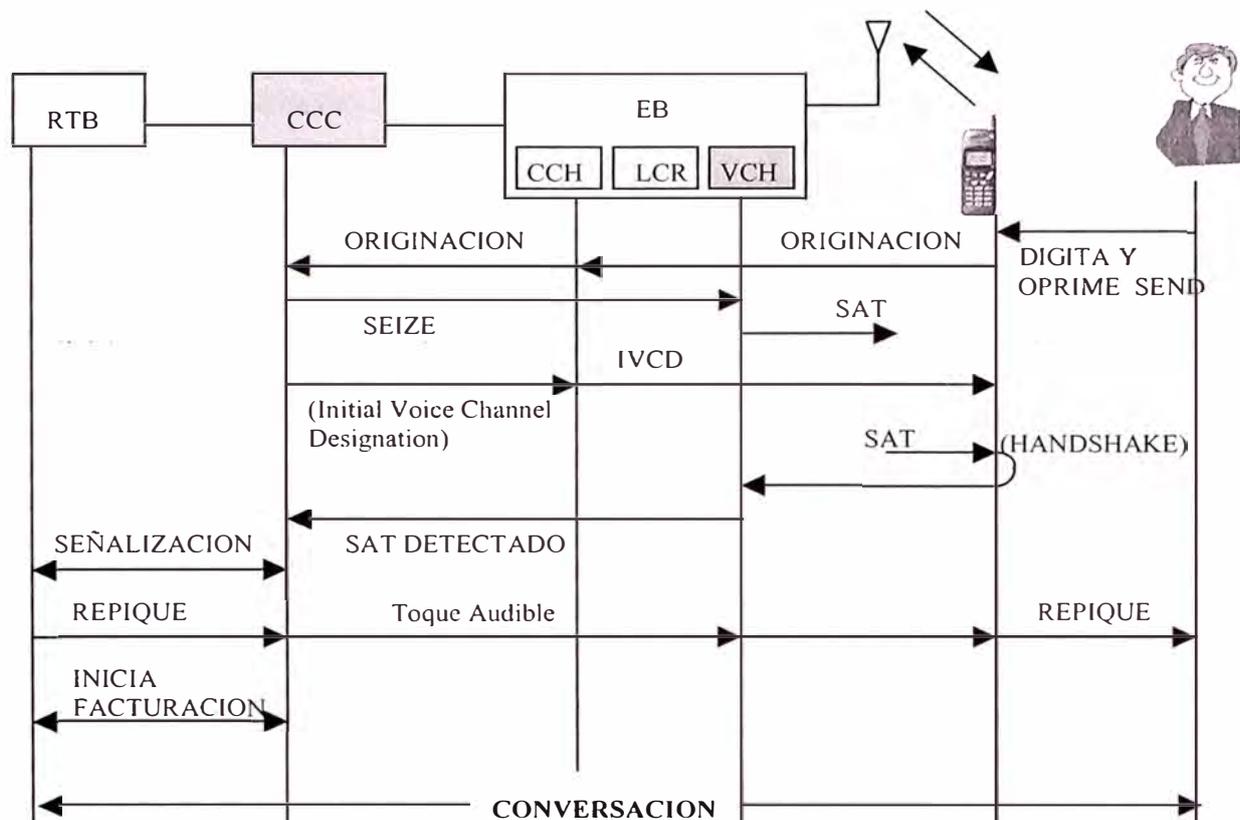


Figura A.15 Secuencia de una llamada originada en el móvil

Para una comunicación originada en el móvil ocurren los siguientes pasos:

- El usuario digita el número llamado y oprime la tecla send en el teléfono móvil
- La unidad móvil envía el mensaje de originación por el canal de control inverso (RCCH).

El canal de control de la EBC (CCH) envía el mensaje para la central celular.

- La central asigna (seize) troncal y canal de voz (VCH) disponible en la célula en que se encuentra la unidad móvil para atender a la requisición de ésta. El canal de voz envía una señal de reconocimiento a la CCC y coloca el tono de SAT en el aire.
- La CCC envía un mensaje vía canal de control para la unidad móvil, designando el primer canal de voz (IVCD – Initial Voice Channel Designation) y el tono de SAT que serán usados en esta célula, vía SAT color code (SCC).
- La unidad móvil detecta el tono de SAT, lo filtra y lo retransmite en el canal designado.
- El transceptor de la EBC detecta la transmisión del SAT por la unidad móvil y envía señal a la CCC informando. A seguir, la CCC señala la troncal y genera los tonos de línea y alerta.
- El usuario destino atiende y el sistema comienza la facturación.

A.3.2 Liberación por el móvil

Para la liberación por el móvil ocurre lo siguiente:

- El usuario aprieta la tecla *end*.
- La unidad móvil genera el tono ST de 10 KHz por 1.8 segundos en el canal de voz.
- El transceptor de la EBC detecta el tono de ST y envía el pedido de liberación a la CCC.
- La CCC cesa la facturación y libera el canal de voz y troncal.
- Señaliza la central pública.

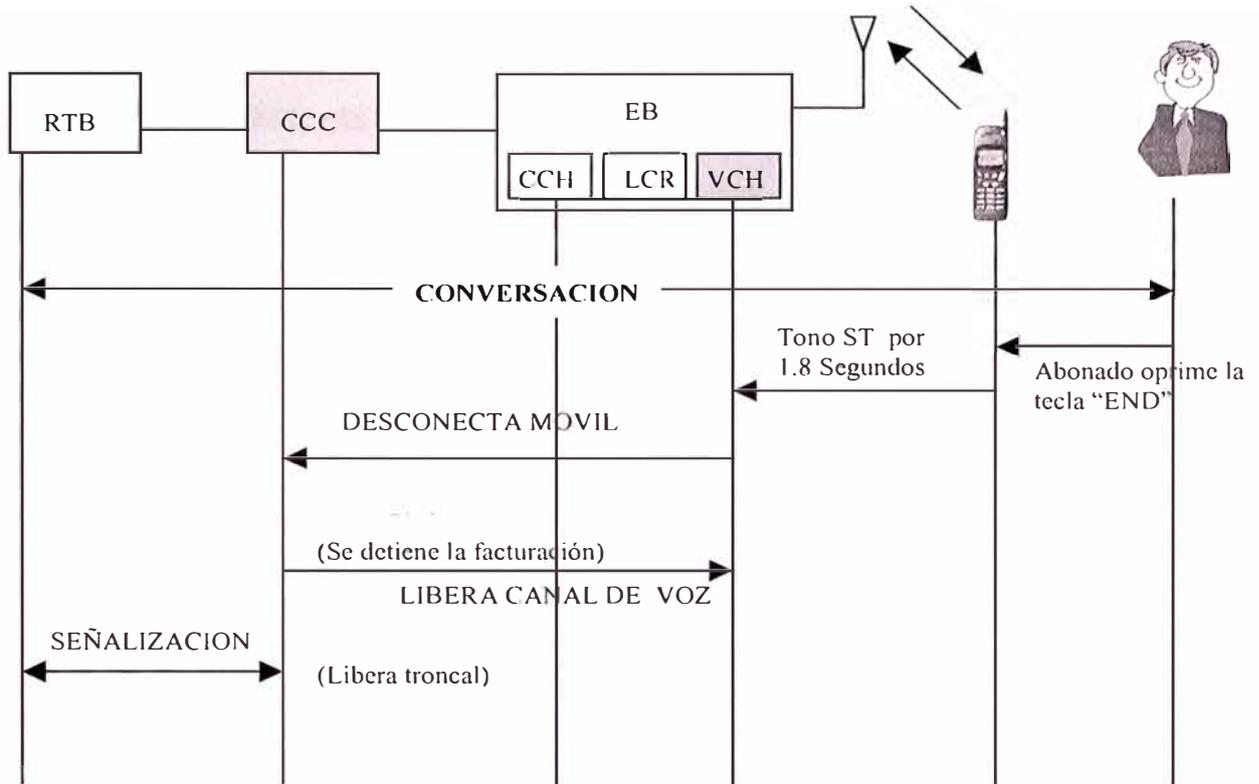


Figura A.16 Secuencia de una llamada terminada en el móvil

A.3.3 Llamada originada en la red pública

Las comunicaciones originadas en la red pública siguen los siguientes pasos:

- La central de conmutación pública envía señalización a la CCC, pidiendo comunicación con un usuario móvil.
- La CCC envía un mensaje de Paging (búsqueda) a todas las EBCs donde posiblemente esté la unidad móvil objetivo.
- Los canales de control forward (dirección directa) FCCH de todas esas EBCs transmiten el mensaje de paging

- Suponiendo que la unidad móvil esté activa y, presente en esta área de servicio, monitoreando el canal de control, reconocerá el pedido de paging y responderá vía acceso, en el canal de control reverso.
- La CCC asigna un canal de voz disponible para mantener la conversación (seize), y ordena al transceptor de la EBC, que opera en ese canal involucrado , que transmita el tono de SAT.
- La CCC envía mensaje, vía FCCH para la unidad móvil, informando el primer canal de voz involucrado (IVCD) por el cual esta unidad debe sintonizarse y el tono de SAT que debe detectar (SCC). Cabe resaltar que hasta este punto la unidad móvil se mantuvo sintonizada en el canal de control.
- Sintonizada en el canal de voz designado, la unidad móvil detecta el tono de SAT y lo compara con el informado por el canal de control. Caso sean los mismos, la unidad móvil filtra este tono y lo retransmite para la EBC (handshake).
- El transceptor de la EBC detecta el tono de SAT enviado por la unidad móvil y los notifica a la CCC.
- La CCC envía un mensaje de alerta vía canal de voz. Solamente es este momento timbra el teléfono del usuario móvil
- A continuación la unidad móvil transmite un tono de señalización (ST) de 10 KHz en el canal de voz.
- Cuando el usuario atiende, el tono de ST es retirado del aire y ese hecho es comunicado a la CCC.

- La CCC señala a la central pública, se inicia la facturación y la conversación es establecida.

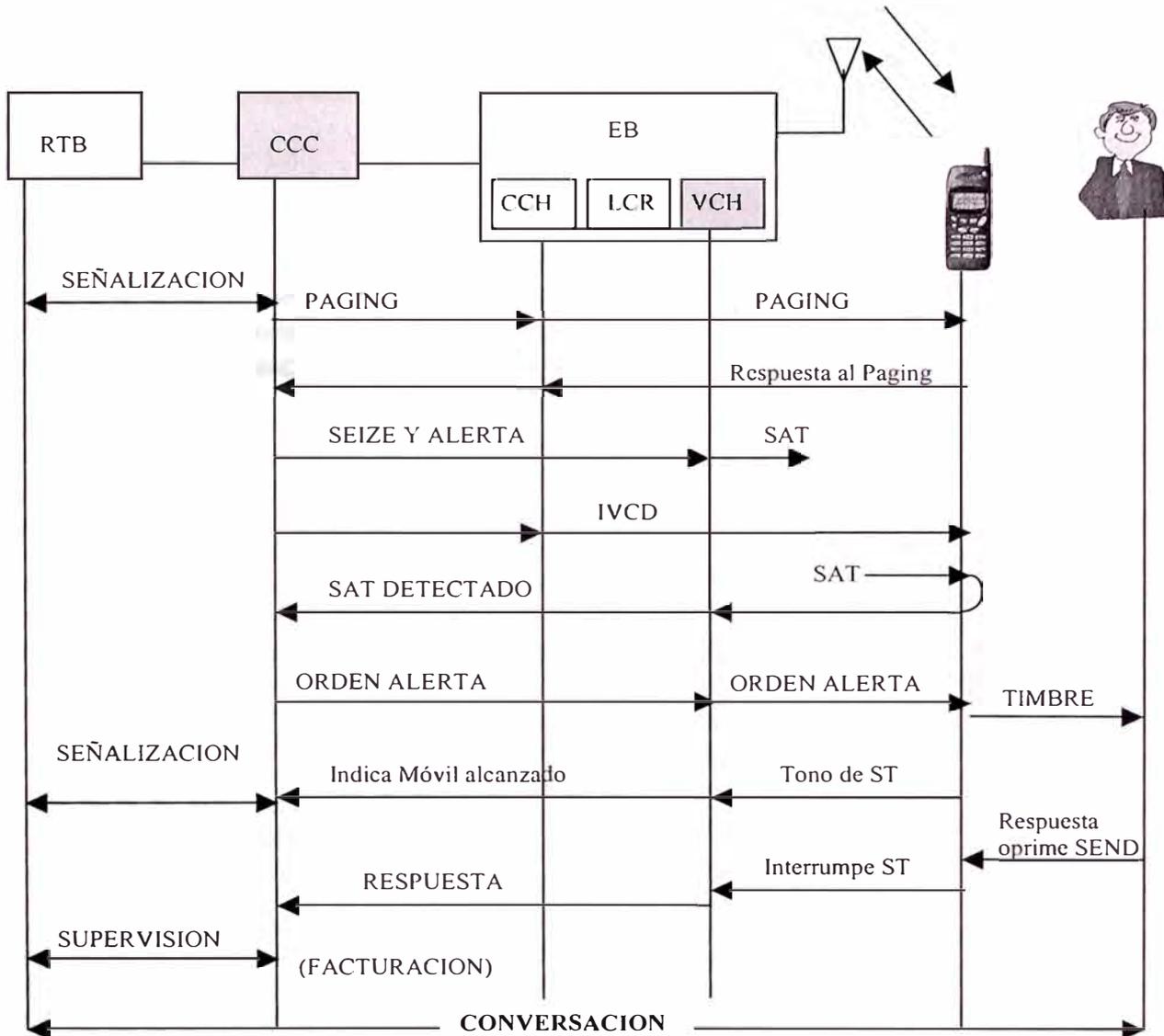


Figura A.17 Secuencia de una llamada originada en la Red pública.

A.3.4 Liberación por la Red pública

La liberación por la red pública sigue los siguientes pasos:

- El usuario fijo cuelga el teléfono, la central pública señala hacia la CCC.

- La CCC envía orden de desconexión hacia la EBC.
- El transceptor de la EBC envía mensaje de desconexión a la unidad móvil vía canal de voz, valiéndose de una ráfaga de datos modulados en FSK.
- La EBC notifica a la CCC que inició la acción de desconexión.
- La unidad móvil coloca en el canal un tono de señalización (ST) por 1,8 segundos comienza a coleccionar los canales de control nuevamente.
- El transceptor de la EBC detecta el tono de ST y envía un mensaje a la CCC.
- La CCC cesa la facturación y libera el canal de voz de la EBC para atender a otras llamadas.
- La CCC hace señalización de troncal hacia la central pública.

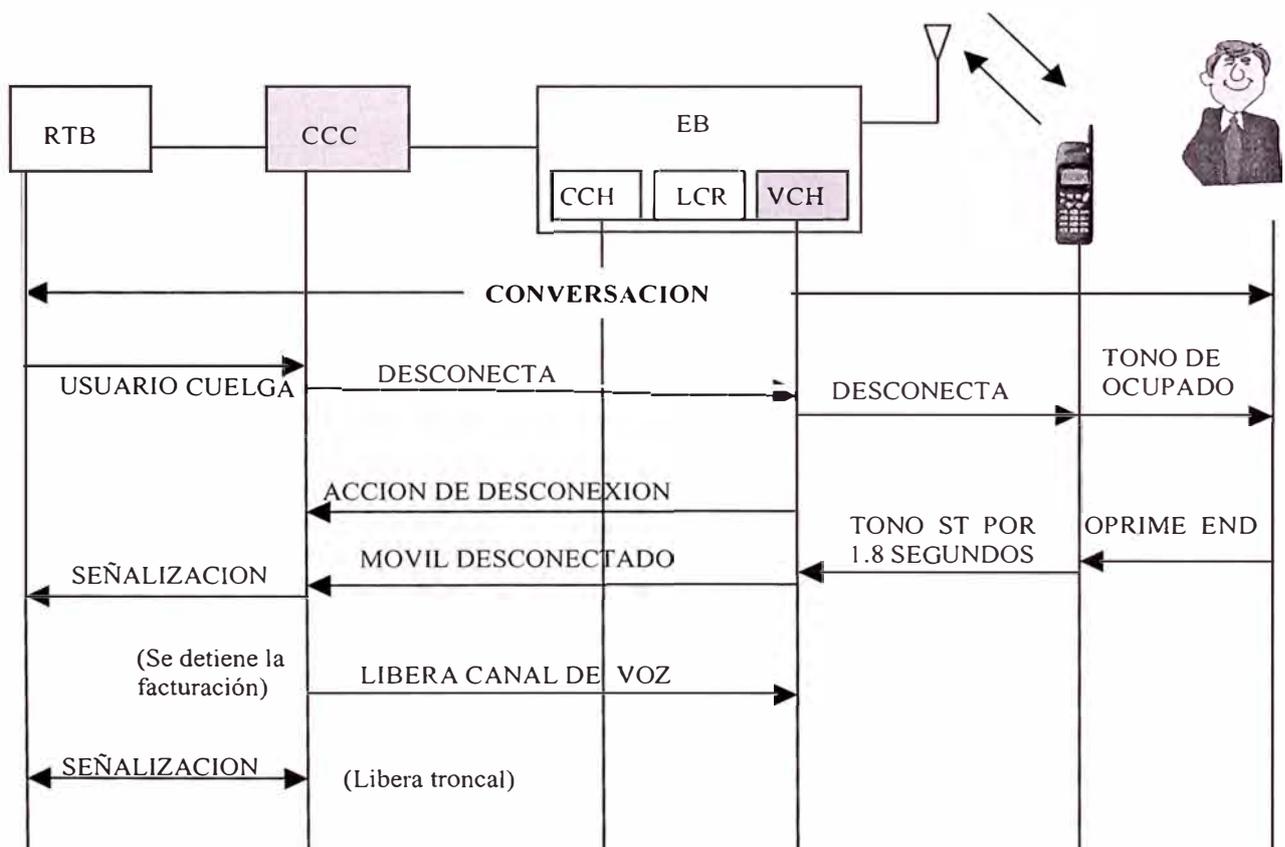


Figura A.18 Secuencia de una llamada terminada en la red pública

A.3.5 Handoff

El proceso de handoff permite que la idea de sistemas móviles celulares funcione. Se trata de uno de los puntos más interesantes de la tecnología celular. Cuando una unidad móvil, manteniendo una conversación, se distancia de su EBC, el nivel de la señal transmitida comienza a caer para niveles muy bajos, debido a la atenuación del medio, amenazando la calidad y la integridad de la transmisión.

En este punto el sistema debe iniciar el proceso de handoff, que es simplemente la transferencia de la conversación para un canal de voz en mejor relación señal/ruido.

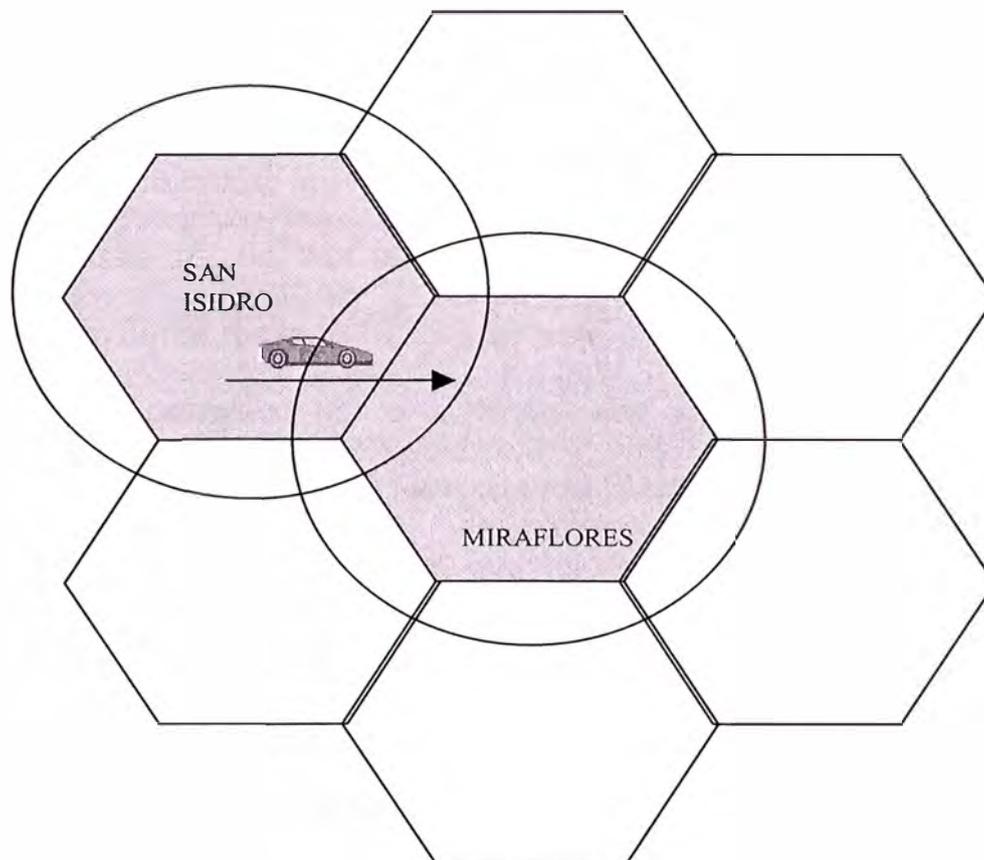


Figura A.19 Escenario de un proceso de Handoff

Ese nuevo canal generalmente se localiza en una célula o sector de célula adyacente, dependiendo de que la unidad móvil esté en un sistema de células omnidireccionales o sectorizadas. En ese proceso aparentemente simple se involucran procesos y algoritmos sofisticados. Cuanto mejor y más optimizado el algoritmo de handoff, mejor la calidad del sistema.

El proceso de handoff puede ser utilizado para efectos de balanceamiento de tráfico entre células, técnicas de enrutamiento alternativo de llamadas, o aún cuando se detecta interferencia en el canal de voz utilizado.

En líneas generales el proceso de handoff sigue los siguientes pasos:

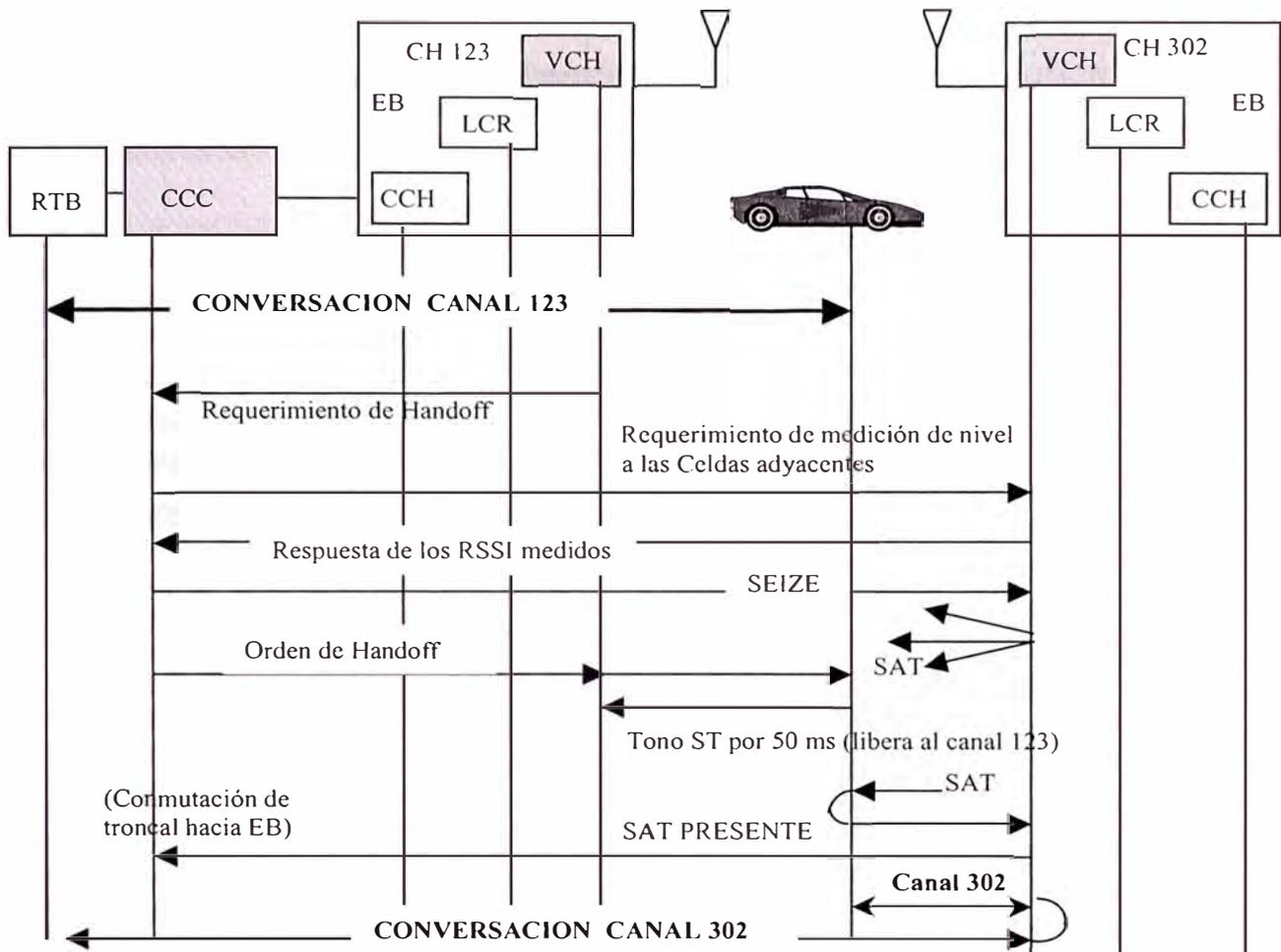
Suponiendo una conversación en curso en el canal 123 de la EBC Cercado, mientras la unidad móvil se aleja de la EBC.

El transceptor de voz en la EBC, que monitorea constantemente el nivel de señal recibido (RSSI), detecta que la señal está cayendo abajo del nivel permitido por el sistema para una buena comunicación y envía una requisición de handoff para la CCC.

La CCC tiene información de cuales células o sectores son adyacentes y, entonces, envía una requisición de medición del nivel de señal recibida.

Los transceptores de esas células que desempeñan la función de localizadores (LCR) sintonizan el canal 123 y miden el RSSI, en seguida envían las informaciones a la CCC. La CCC, con base en

esas medidas y en la disponibilidad de canales de cada célula candidata al handoff, decide cual es la mejor opción.



RSSI: Received Signal Strength Indicator

Figura A.20 Secuencia de un proceso de Handoff.

- En seguida, la CCC envía un mensaje de seize (toma), asigna el canal de la célula candidata y ordena al nuevo canal que transmita el tono de SAT.

- La CCC envía un mensaje de handoff para la unidad móvil vía canal de voz (en el ejemplo 123) , informando el nuevo canal de voz y SAT.
- La unidad móvil envía un tono de señalización (ST) de 50 mseg. Vía canal de voz antiguo, liberando ese canal para atender a las otras llamadas.
- La unidad móvil sintoniza el nuevo canal de voz, (canal 302 en el ejemplo), y detecta el SAT esperado y lo retransmite para la nueva EBC.
- El transceptor de voz de la nueva EBC detecta la presencia del SAT correcto, informando a la CCC, y la conversación prosigue en el nuevo canal.

ANEXO B

SISTEMA CELULAR CON TECNOLOGIA DIGITAL CDMA

SISTEMA CELULAR CON TECNOLOGIA DIGITAL CDMA

B.1 CDMA Code Division Multiple Access

La tecnología CDMA fue originalmente desarrollada por los gobiernos para proveer un medio de comunicaciones que fuese también resistente a los efectos de interferencia (jamming) de señales enemigas.

Basicamente el sistema CDMA expande la data digital de la señal a ser entregada en un espectro de frecuencia ancho, así reduciendo el efecto negativo de una señal de interferencia en un ancho de banda angosto a una frecuencia particular. Esta tecnología esta definida por el Interim Standard de la CTIA: IS-95.

El primer canal CDMA físico requiere un ancho de banda de 1.77 MHz (1.23 MHz de banda y 270 KHz de banda de guarda en cada extremo). Esto equivale a 59 canales AMPS. Por lo tanto al momento de implementar esta tecnología en un sistema comercial en servicio se deben eliminar del aire 59 canales AMPS.

Por lo general la primera portadora de CDMA es implementada en la frecuencia correspondiente al canal AMPS 283, y ocupa desde el canal 263

hasta el 303. Portadoras adicionales de CDMA contiguas requieren 1.25 MHz de separación entre sí.

La definición para el enlace forward (directo) y reverse (inverso) , es la misma que para el AMPS, el enlace forward lleva tráfico de la Estación base al móvil y el reverse desde el móvil hacia la estación base

Los sistemas analógicos actuales (TACS,AMPS,NAMPS,ect.) están rapidamente alcanzando su punto de saturación. Aunque en teoría los sistemas analógicos pueden expandirse sin límites introduciendo microceldas y procesadores más potentes, el costo de esta expansión es excesiva. Nuevos sistemas son requeridos, los cuales deben proveer más capacidad que estos sistemas analógicos. En teoría el CDMA provee hasta 9 veces la capacidad de los sistemas AMPS.

El sistema CDMA provee el nivel más alto de seguridad de cualquier sistema analógico o digitalmente actualmente en el mercado. Codificando la señal a ser transmitida con secuencias digitales que son extremadamente difíciles de reproducir, se consigue un sistema a prueba de fraudes. Esto es muy atractivo par los operadores de sistemas celulares, a que el fraude es muy común en la tecnología celular analógica actual.

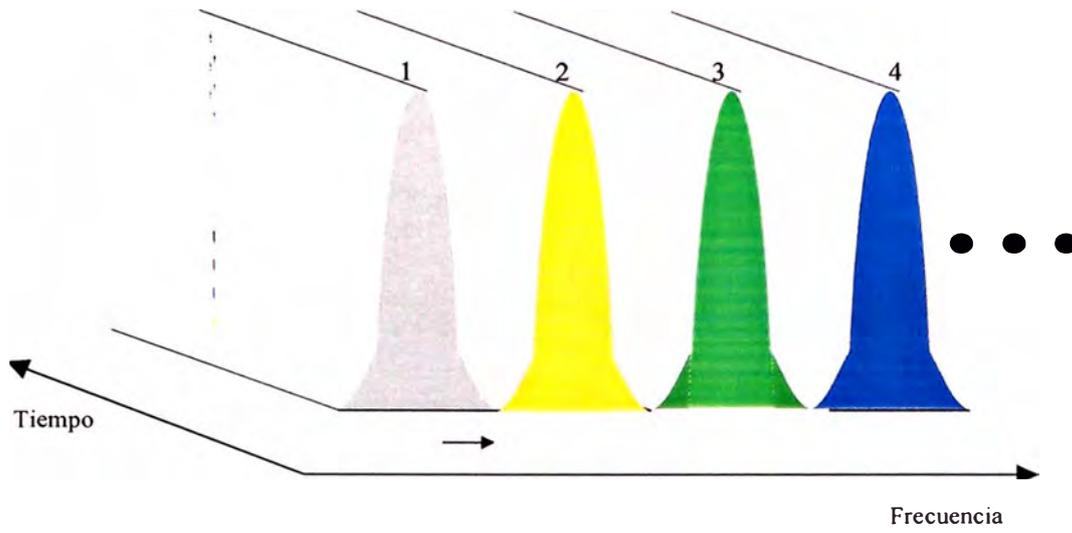
Este sistema es actualmente el único sistema que provee make before break (cerrar antes de abrir) handoffs. Esto significa que la señal no es interrumpida mientras el móvil empieza a funcionar con otra estación base. La transmisión de voz y datos continuos se puede garantizar debido a

esta característica. Una celda CDMA que se encuentra bajo sobrecarga de tráfico automáticamente varía su área de cobertura. Este cambio en el área de servicio tiene una relación inversa con la cantidad de tráfico cubierto en una celda; así una celda que está manejando mucho tráfico contraerá su área de servicio, y otras celdas vecinas recogerán el tráfico en el área restante. Este es el concepto de (Cell Breathing).

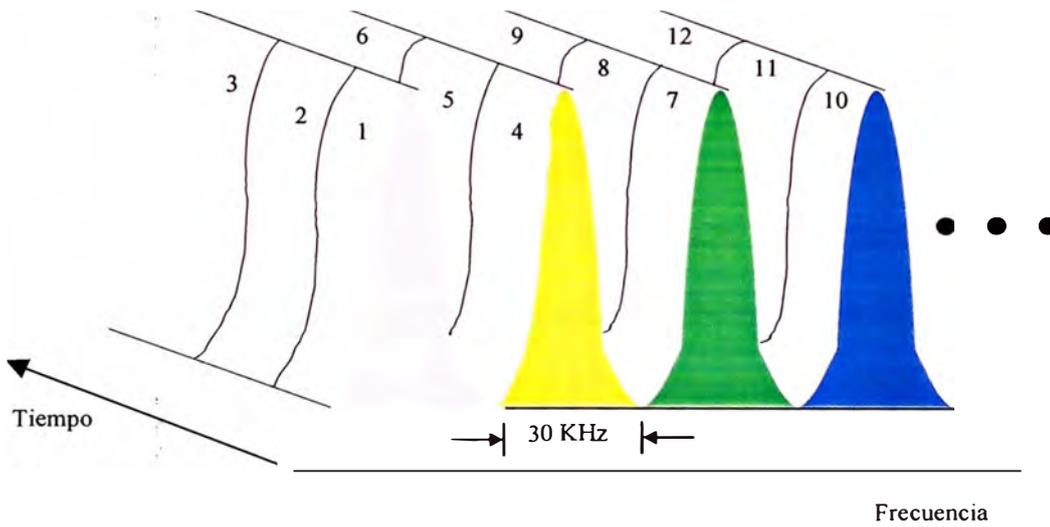
Es crítico que todos los móviles CDMA usen sólo la potencia necesaria para hacer llegar una buena señal a la celda. El sistema emplea técnicas de control de potencia, por lo tanto, los móviles utilizan muy poca potencia en promedio. Consecuentemente, se logra un ahorro considerable en el consumo de baterías. Este sistema utiliza también un concepto llamado "multipaso aditivo", en el cual las versiones retrasadas en el tiempo de la misma señal son combinadas de tal forma que la señal final es siempre más fuerte que cualquiera de los pasos separados, así el sistema provee una mejor calidad de servicio debido a esta característica.

B.2 Comparación del CDMA con respecto a otras tecnologías

A continuación vemos una comparación del uso del ancho de banda por parte de las tres tecnologías más usadas : FDMA (AMPS), TDMA, CDMA .



FDMA
1 usuario / canal de banda angosta



TDMA (IS-54)
3 usuarios / canal de banda angosta

Figura B.1 Comparación de las Tecnologías FDMA, TDMA y CDMA

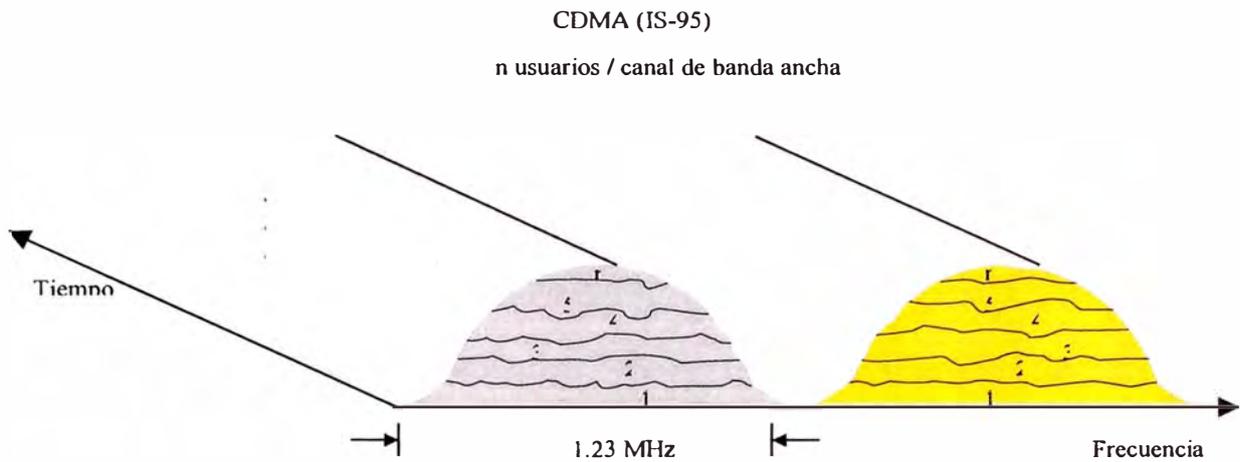


Figura B.1 Comparación de las Tecnologías FDMA, TDMA y CDMA

FDMA (AMPS,N-AMPS, TACS)

Esta tecnología se basa en la división del espectro asignado al Sistema Celular, en bandas angostas con una frecuencia central. Este es el caso del AMPS revisado en el capítulo anterior. Con esta técnica cada usuario o conversación usará un canal determinado del espectro a la vez, en el caso del AMPS de 30 KHz, para el caso del NAMPS de 30 KHz y en el TACS de 25 KHz. Por lo expuesto se deduce que hay un límite rígido en el número de conversaciones simultáneas permitidas.

TDMA (GSM, IS-54, IS 136)

En este caso se hace uso de la división en frecuencia, pero a cada conversación se le asigna una cantidad de tiempo (time slot) en un canal FDMA. En GSM, hasta 8 usuarios puede utilizar un canal FDMA simple (200

KHz por separación de canal) simultáneamente, mientras que el IS-54 coloca 3 usuarios por un canal de 30 KHz, y el IS-136 6 usuarios por canal.

CDMA

Los canales físicos consisten de un ancho de banda relativamente grande (1.23 MHz) . Múltiples conversaciones (canales lógicos) son soportados en el mismo canal físico. Para este fin se hacen uso de códigos digitales especiales llamados códigos Walsh y secuencias “pseudo-random noise” (ruido pseudoaleatorio) llamadas P_n para separar las conversaciones en el mismo canal.

Teóricamente un límite rígido no existe , ya que el sistema está limitado por el nivel de ruido en un canal CDMA.

Los conceptos de FDMA , son usados cuando se requiera adicionar otra portadora de CDMA en el sistema, para lo cual se tiene que asignar otro ancho de banda de 1.23 MHz , tomado de los canales AMPS existentes.

B.2.1 Implementación de la 1ra portadora de CDMA

La primera portadora de CDMA usa los canales del 254 al 312 del sistema AMPS, esto significa que en adelante los transceptores de las Estaciones Base analógicas ya no transmitirán en dichas frecuencias. Este requisito es indispensable para el correcto funcionamiento del sistema CDMA, ya que como veremos más adelante el piso de ruido existente en el

espectro de frecuencias usado es una variable que tiene gran influencia en la calidad y la capacidad del Sistema.

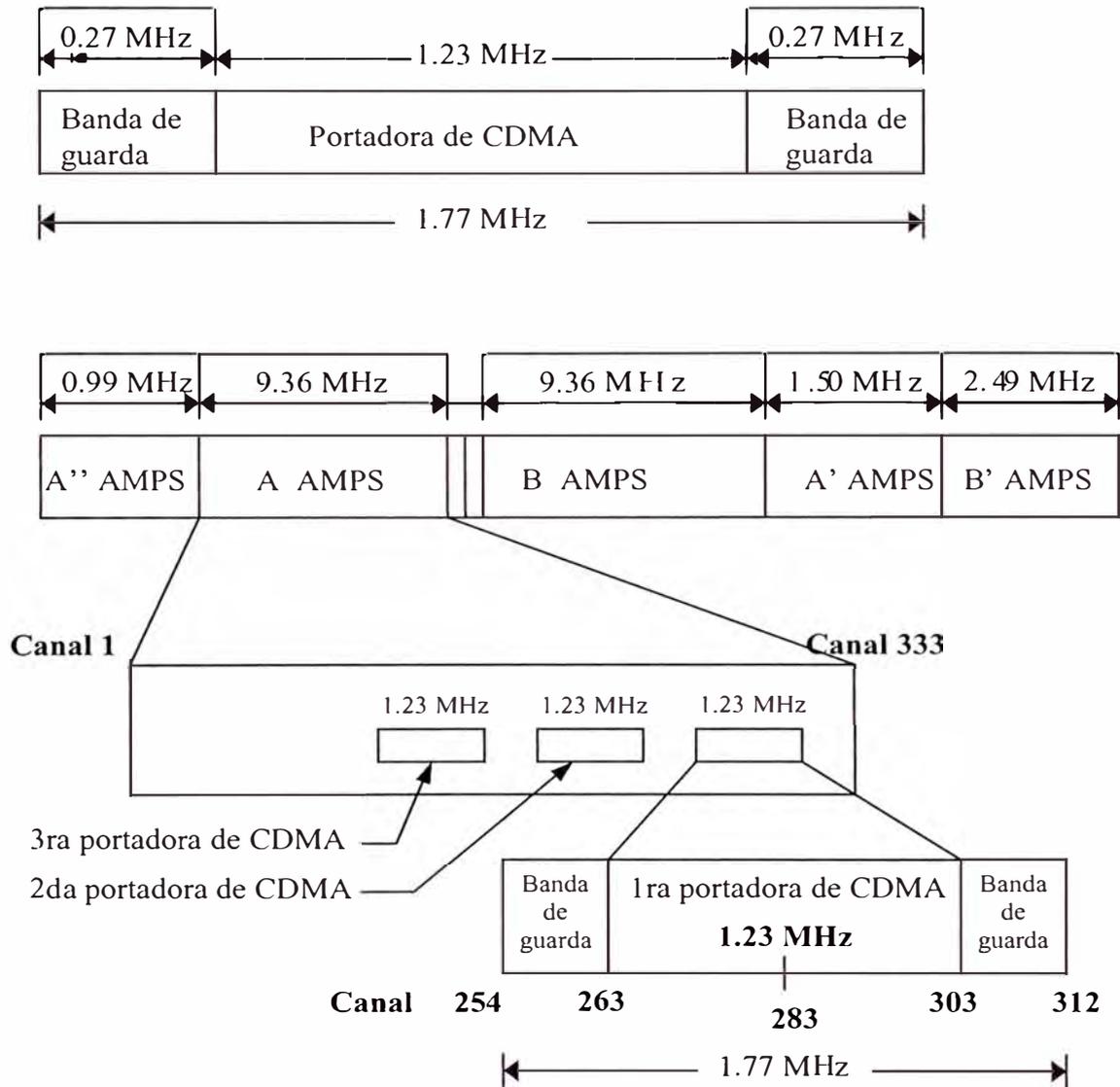


Figura B.2 Implementación de la 1ra Portadora CDMA

B.2.2 El sistema CDMA visto como una reunión internacional

Con fines pedagógicos, es costumbre hacer la analogía del Sistema celular CDMA a una reunión o fiesta internacional, en la que las parejas

hablan idiomas diferentes (francés, alemán, español, etc). Así vemos que la diversidad lingüística es usada para habilitar diferentes conversaciones a la vez en el mismo espacio aéreo.

Si el volumen total es demasiado alto en el salón, algunas parejas pueden optar por ir a otro salón y continuar su conversación allí. Así, vemos que la diversidad de espacio puede también ser utilizada para habilitar más conversaciones. Esto es análogo a cambiar de Estación base.

Una persona que eleva su nivel de voz causará que las otras parejas en el salón tengan más dificultad en entenderse. Estas otras parejas pueden verse forzadas a incrementar su volumen de voz también. Este proceso rápidamente resulta en tener un nivel inaceptable de ruido en el salón.

Una banda de música también incrementaría el ruido en el salón. Esto causará otra vez que las parejas eleven su volumen para ser escuchadas, y puede resultar en la misma situación mencionada arriba.

Las parejas que están bien próximas no necesitarán usar un nivel de volumen alto para ser escuchadas, así estas parejas no contribuyen mucho en el nivel de ruido en el salón, a diferencia de las parejas que están alejadas.

Conclusiones de la fiesta internacional

El piso de ruido (noise floor) existente tiene que ser bajo (por ejemplo una banda de música tiene que tocar con volumen bajo). Esto significa que el espectro de radio existente tiene que estar libre de interferencias

(operadores de microondas a 1.9 GHz, y el espectro AMPS regular a 800 MHz son dos ejemplos de interferencia).

El control de potencia es crucial en CDMA. Los móviles que están cerca al BTS tienen que usar potencias de transmisión más pequeñas que los móviles que están más alejados. Es crucial que todos los móviles estén transmitiendo la potencia mínima posible todo el tiempo, ya que cada móvil contribuye al “noise floor” general percibido por todos los otros móviles, que están operando a la misma frecuencia CDMA.

El concepto de usar diferentes idiomas en la fiesta es paralelo al uso de códigos digitales en CDMA. Multiplicando el flujo digital de data (la cual representa al conversación) por una secuencia mucho más larga de data digital que ha sido especialmente seleccionada, la data original puede ser combinada no destructivamente con otras conversaciones en el mismo canal físico.

B.3 Conceptos de Codificación Digital de Voz

La voz humana produce formas de onda analógicas. Estas formas de onda son recogidas por un micrófono, y transmitidas como señales eléctricas a un circuito que lleva a cabo la conversión digital a analógica. Las manipulaciones realizadas en la cadena digital resultante son llevadas a cabo por un dispositivo llamado vocoder. Algunos puntos respecto de este dispositivo son los siguientes:

- La conversión de una forma de onda muestreada digitalmente (Pulse Code Modulation PCM) a un formato digital comprimido es llamado "encoding".
- La conversión de un formato digital comprimido de regreso a PCM es llamado "decoding".
- El vocoder del sistema CDMA funciona basado en el modelamiento de la voz humana como un filtro predictivo lineal. El filtro usa un generador de tono y un generador de ruido blanco como entradas, y determina el conjunto de parámetros (llamados coeficientes de filtro) para el filtro que mejor representan los 20 ms de voz siendo codificada. El resultado es data que representa parámetros a ser alimentados al decoder para reproducir la voz.
- El número de bits transmitidos para representar los parámetros pueden ser modificados, modificando así la resolución de los parámetros del filtro. Es lógico deducir que cuanto más calidad de voz es deseada, más bits serán necesitados para reproducir los parámetros del filtro más fielmente en el decoder.
- Los vocoders usados en la tecnología CDMA son vocoders de velocidad variable, soportando velocidades de 0.8 , 2 , 4 , 8.6 Kbps. Además ya se ofrecen los vocoders de 8 Kbps mejorados (Evocoders).

El vocoder cambia la velocidad de codificación basado en la energía percibida de la señal que esta siendo codificada. Esto es, si la persona está escuchando, una velocidad de vocoder más baja será utilizada para enviar menos bits sobre el medio de transmisión. Uno de los efectos de

esto es que el ruido de fondo es disminuido durante una conversación con un factor de actividad de voz baja (muchos silencios en la conversación, o un lado de habla la mayor parte del tiempo).

- La tecnología para el vocoder CDMA fue patentada con el nombre de QCELP por la empresa de telecomunicaciones Qualcomm, y su nombre proviene de Qualcomm Code Excited Linear Prediction.

B.3.1 Isomorfismo

El isomorfismo es la propiedad de algunas funciones binarias, que tienen la siguiente característica :



Figura B.3 Función isomorfa.

Si aplicamos la secuencia A y un código Cn a través de la función Fb obtenemos una secuencia Gb . Si luego tomamos esta secuencia Gb y la aplicamos a la misma función con el mismo código (Cn) que en la primera entrada, obtenemos como resultado la función original A.

Este concepto es usado en el Sistema CDMA , ya que se utilizan códigos pseudoaleatorios aplicados a la data de voz codificada (QCELP) en

el lado de transmisión , para luego ser aplicados en el lado de recepción a la misma función isomórfica y obtener los datos codificados (QCELP)

B.3.2 Spreading

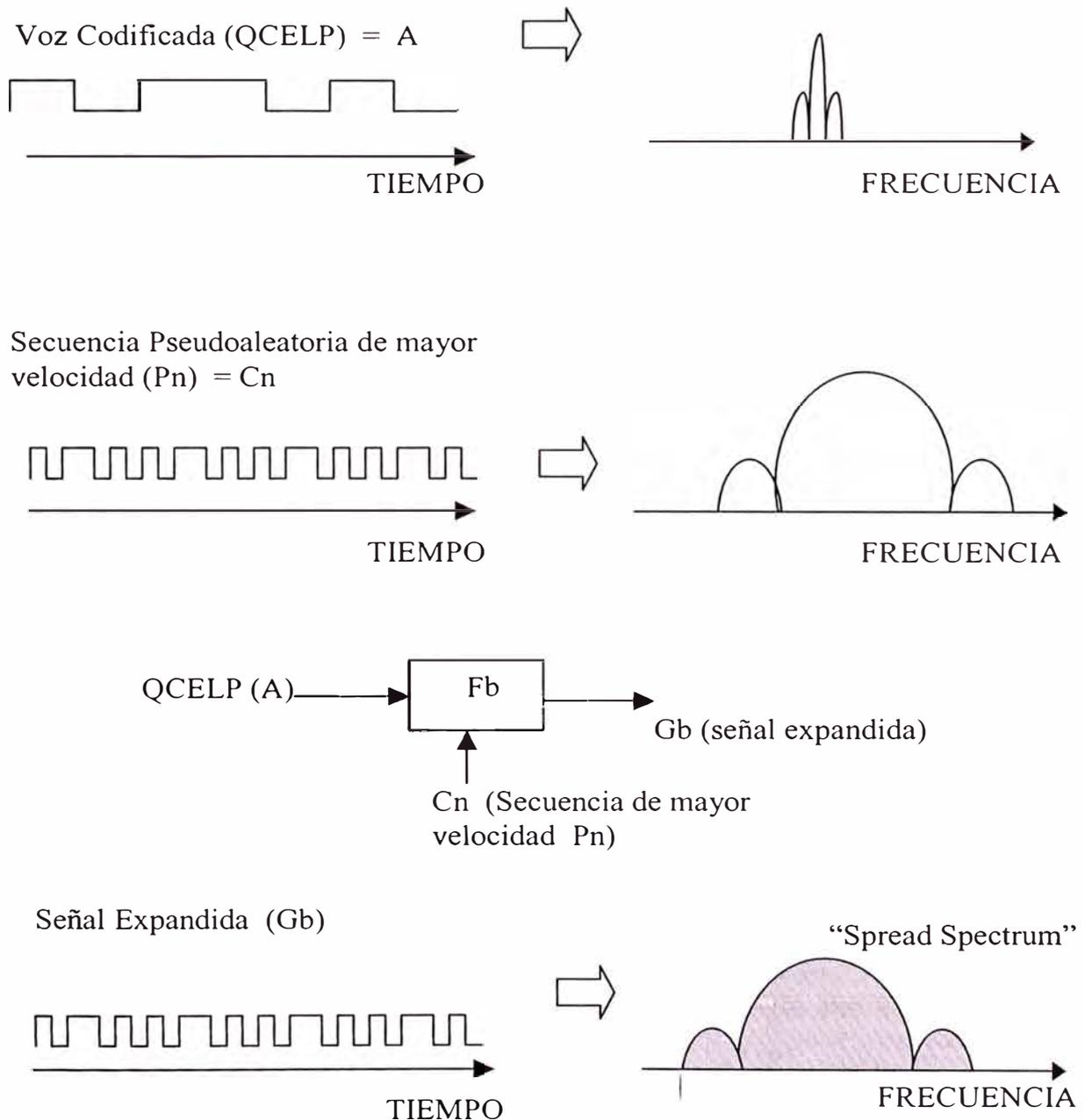


Figura B.4 Proceso de spreading de la señal digital

Spreading es la “extensión” o expansión en el dominio de la frecuencia que sufre una secuencia digital, cuando esta es multiplicada o aplicada a una función conjuntamente con otra secuencia de mayor velocidad. Este proceso se describe en la siguiente figura.

Como vimos el Sistema CDMA usa la propiedad de isomorfismo de algunas funciones (como la función XOR) para codificar, con la secuencia C_n la señal de voz (parametrizada en QCELP), al mismo tiempo la secuencia usada C_n corre a una velocidad mayor para usar también el concepto de spreading obteniendo así en el lado de transmisión una señal de voz codificada y expandida en la frecuencia (Gb).

B.3.3 Códigos P_n (Pseudo random Noise, ruido pseudo aleatorio)

En la terminología de CDMA a la secuencia C_n se le conoce como el código P_n corto, el cual “modulará” la transmisión en el enlace forward. Diferentes códigos P_n correrán de una estación base a otra, de modo que conversaciones en EBs adyacentes no interfieren unas con otras.

Para recuperar la señal de voz, en el lado de recepción, como vimos antes, se debe aplicar el mismo código mediante la función isomórfica y luego pasar la señal a un proceso de integración para recuperar la secuencia mas lenta (QCELP). Cabe observar que al transmitirse más bits por cada bit de información se logra mayor resistencia al desvanecimiento ya que se pueden recuperar los bits dañados promediando por mayoría los bits en el

lado de recepción. Estos bits de codificación se les conoce como chips para diferenciarlos de los bits de datos. La secuencia de spreading corre a 1.2288 Mchips por segundo, mientras que los datos a 9600 bps. Esto da 128 chips por bit, concluyendo se pueden desvanecer hasta 63 bits y el bit original aún puede ser recuperado.

Los códigos Pn son especialmente seleccionados de modo que una versión desplazada en el tiempo del código multiplicada por el mismo código Pn con otro desplazamiento en tiempo resultará en muchos ceros. El "offset del código Pn" es un termino que es utilizado frecuentemente en CDMA, ya que cada Estación Base transmitirá con un time offset diferente del mismo código Pn. Ya que la multiplicación de los códigos será cero, las celdas CDMA pueden usar la misma portadora CDMA aun cuando las celdas estén próximas.

El sistema CDMA cambia el código Pn que está siendo usado muy rapidamente para proveer resistencia al fraude. Debido a la ortogonalidad en tiempo del enlace forward, todas las celdas transmitiendo la misma portadora tienen que cambiar su código Pn exactamente al mismo tiempo. Para hacer esto, cada celda necesita una referencia de tiempo absoluta, la cual es tomada de los satélites del GPS (Global Positioning System) que orbitan la tierra.

B.3.4 Códigos Walsh

Luego de que los datos de voz codificados (QCELP), han sido multiplicados por el código Pn corto, que diferencia las conversaciones de una EB a otra , esta es nuevamente multiplicada por unos códigos especiales llamados Walsh, los cuales son ortogonales, es decir la multiplicación de un código Walsh con otro código Walsh no producirá otro código Walsh.

Los códigos Walsh son generados aplicando la transformada de Hadamard desde el valor 0 repetidamente, según la siguiente fórmula:

$$H_1 = [0]$$

$$H_{2n} = \begin{bmatrix} H_n & H_n \\ H_n & -H_n \end{bmatrix} \Rightarrow \text{si } n=1 \quad H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Para } n = 2 : \quad H_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Así para $n = 32$, obtendremos todos los códigos Walsh usados para el sistema CDMA , los que tienen una longitud de 64 bits, siendo a la vez ortogonales. Estos códigos se usaran para separar conversaciones dentro de una misma estación base en el forward Link.

B.3.5 Canales del Enlace Forward (directo) en CDMA

La distribución de los de los 64 posibles códigos Walsh es como sigue:

Walsh 0 es para el Pilot Channel.

Walsh 1-7 son los Paging Channels (canales de búsqueda)

Walsh 32 es el Sync Channel. (canal de sincronismo).

Todos los otros códigos Walsh (55 en total) identifican los canales de Tráfico.

Canales Piloto.- Permiten a las unidades móviles a identificar la celda o el sector desde la cual están escuchando, y provee una referencia coherente de fase para que el móvil pueda demodular los otros canales correctamente. El canal piloto no transmite ninguna data, solamente transmite la portadora modulada por el código Walsh cero (el cual como hemos visto estaría compuesto de 64 ceros)

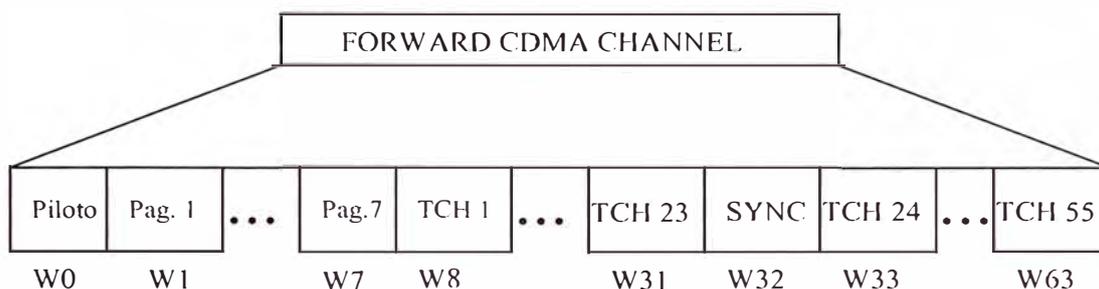


Figura B.5 Canales CDMA en el sentido directo

Canal de Búsqueda (Paging).- Estos canales están dedicados a enviar mensajes de búsqueda de los móviles, basados en la identificación MIN (mobile Identification number), así como para enviar algunas órdenes a los móviles.

Sync Channel (Canal de sincronismo).- Este canal transmite constantemente un solo mensaje conteniendo información necesitada por el móvil para sincronizar con la infraestructura CDMA, y para ser notificado de cierta data como número de identificación del sistema (SID) y de la red.

Canales de Tráfico .- Llevan los bits de data codificada del usuario, los cuales están en los paquetes de data llamados IS-95 frames, junto con información de control de potencia (un bit cada 1.25 ms, una "1" significa bajar potencia por 1 dB, un "0" significa subir la potencia por 1 dB.)

B.3.6 Canales del Enlace Inverso (reverse) en CDMA

La modulación en el reverse link es diferente a la modulación del forward link, los time offset del Pn long code (offset del código Pn largo) son

usados para mantener las conversaciones separadas, y los códigos Walsh son usados para representar la data que esta siendo enviada.

El Pn long code es un código de 42 bits, por lo tanto existen $2^{42} - 1$ posibles combinaciones. Entonces habrán $2^{42} - 1$ códigos disponibles los cuales pueden identificar conversaciones separadas.

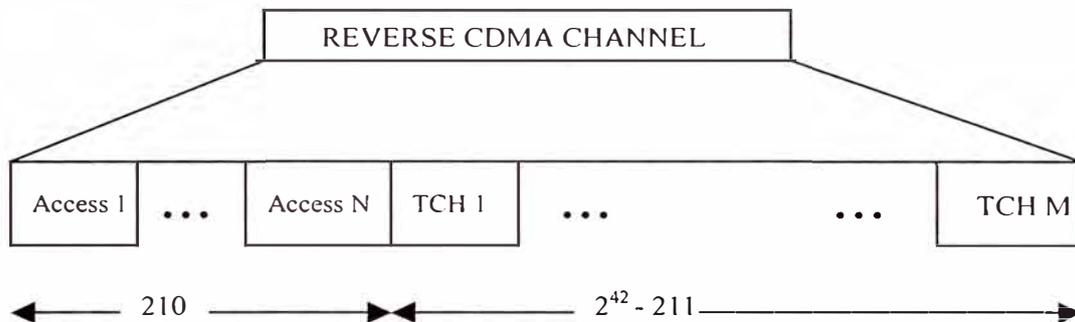


Figura B.6 Canales CDMA en el sentido Inverso.

Los canales de acceso son usados cuando el móvil aún no se encuentra en un canal de tráfico y desea comunicarse con el Sistema. Los canales de acceso son usados para lo siguiente:

- Originación de llamadas
- Respuesta a búsquedas
- Respuestas a mensajes de orden desde la Estación base.
- Registración de los Móviles (el móvil puede registrarse periódicamente, y/o al aplicar potencia al móvil).
- Existe un máximo de 30 desplazamientos en tiempo del código Pn largo por canal de búsqueda (7 canales de búsqueda en el forward

link), lo que hace un total de 210 canales de acceso.

B.4 CALL PROCESSING (Procesamiento de llamadas en un sistema CDMA)

Una unidad móvil puede estar en cualquiera de varios estados. Los estados más generales son:

- **Estado de Inicialización** , este es el primer estado principal , para el cual un móvil siempre retornará en cualquier problema crítico desde otro estado, y al cual un móvil recurrirá siempre después del encendido. En este estado, primero se determina que sistema va a ser el usado (si CDMA u otra tecnología como AMPS). Si se detecta la portadora de CDMA , el móvil adquirirá el Pilot Channel, y el Sync Channel, por medio del cual el móvil sincroniza su mecanismo de tiempo interno a la infraestructura CDMA.
- **Estado Disponible (Idle state)** , desde este estado el móvil puede iniciar o recibir una llamada, recibir mensajes de información y ordenes, e iniciar un mensaje de transmisión. Los pilot Channel provenientes desde diferentes cell sites están siendo constantemente examinados para determinar la cell site más fuerte, y un Idle state handoff puede también ser realizado para que el móvil siempre esté “escuchando” el Pilot Channel más fuerte.

- **Estado de Acceso al Sistema**, en este estado, el móvil envía mensajes a la estación base sobre cualquiera de los Reverse Access Channels (los cuales son como máximo 210) , y recibir mensajes desde la estación base vía los paging channels.
- **Estado de control en el canal de tráfico**. El móvil está en el canal de tráfico, en este estado transmitiendo data digital la cual representa voz o telemetría que esta siendo enviada desde el móvil. La data de control de potencia es enviada a y desde el móvil. En este estado son enviados también las órdenes de handoff.

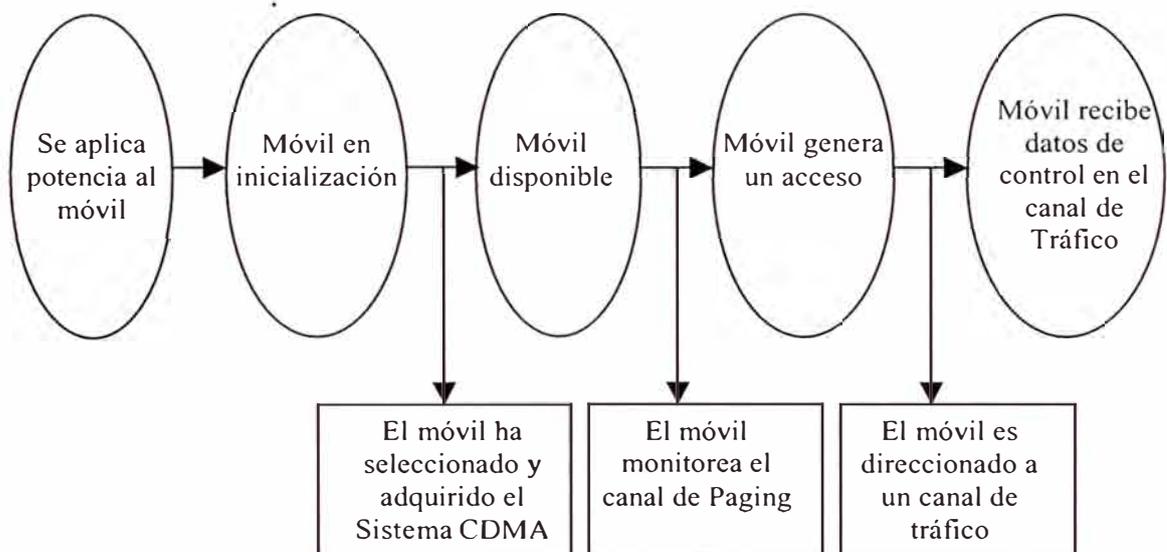


Figura B.7 Proceso de Acceso al Sistema de un móvil CDMA

Un “evento” puede causar una transición desde un estado de call processing a otro. Los eventos usualmente serán mensajes enviados sobre los enlaces de comunicación hacia los dispositivos, que detectan la

ocurrencia de algún evento físico. Por ejemplo la percepción de una caída en la calidad de la señal de un transceiver.

Un estado de transición usualmente involucrará realizar alguna acción predefinida , como activar una señal de ocupado, o el envío de un mensaje de confirmación sobre el access channel.

B.5 Diversidad en CDMA

Dentro de la comunicación vía RF, usualmente existe más de una ruta de RF desde el transmisor al receptor. Por lo tanto múltiples versiones de la misma señal están presentes en el receptor. Sin embargo estas señales que llegan a través de diferentes caminos tienen retardo entre ellas debido a las distintas distancias que han tenido que recorrer. Este efecto de “multipath” es creado cuando la señal transmitida rebota en objetos de su entorno como edificios, camiones, etc. Existe la probabilidad que estas señales con diferentes fases al combinarse, en algunos momentos creen picos o se anulen.

En el sistema CDMA, se provee a los móviles de los llamados “Rake receiver” los cuales son capaces de recibir estas señales multipath, coge los tres paths más fuertes, les aplica un retardo en el tiempo, tal que al sumarlos la señal resultante es mejor que cualquiera de los paths individuales.

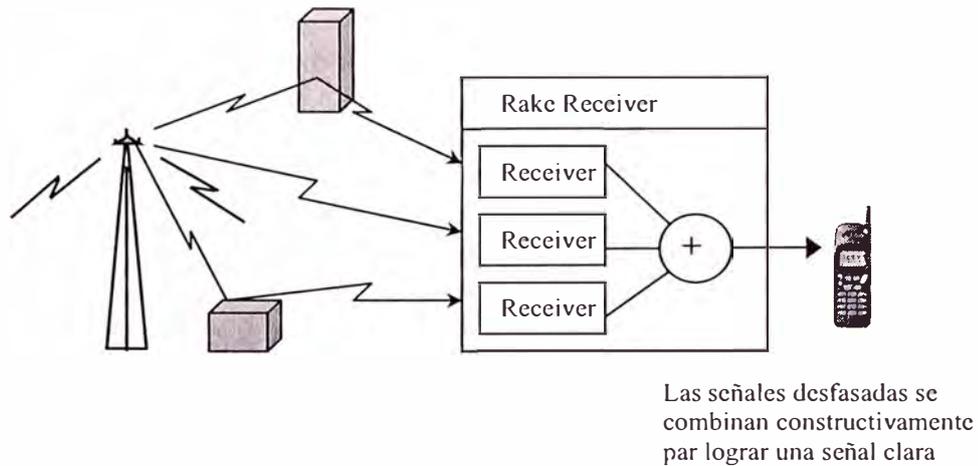


Figura B.8 Diversidad en la trayectoria de la señal en CDMA.

El estándar CDMA provee también de la diversidad en el tiempo, esto es usado después de aplicar a la señal los códigos de corrección de errores. Esta diversidad es denominada “Interleaving”.

Por lo general la pérdida de bits tiende a estar agrupada en el tiempo. La corrección de errores trabaja mejor cuando los errores de bit están dispersos uniformemente en el tiempo. Separando las pedazos de data en el tiempo, una interrupción súbita de la señal CDMA no causará una interrupción correspondiente en la señal de voz. Cuando los frames son unidos nuevamente en el decoder, cualquier data de voz interrumpida se verá en pequeñas piezas sobre un largo relativamente grande de la verdadera conversación, reduciendo o eliminando el impacto en la calidad de voz de la llamada.

El interleaving, que es común en la mayoría de sistemas de comunicación digital, asegura que piezas de data contiguas no sean transmitidas consecutivamente. Así si se pierde una pequeña parte de una palabra, hay grandes probabilidades de que el resto de la palabra llegue claramente.

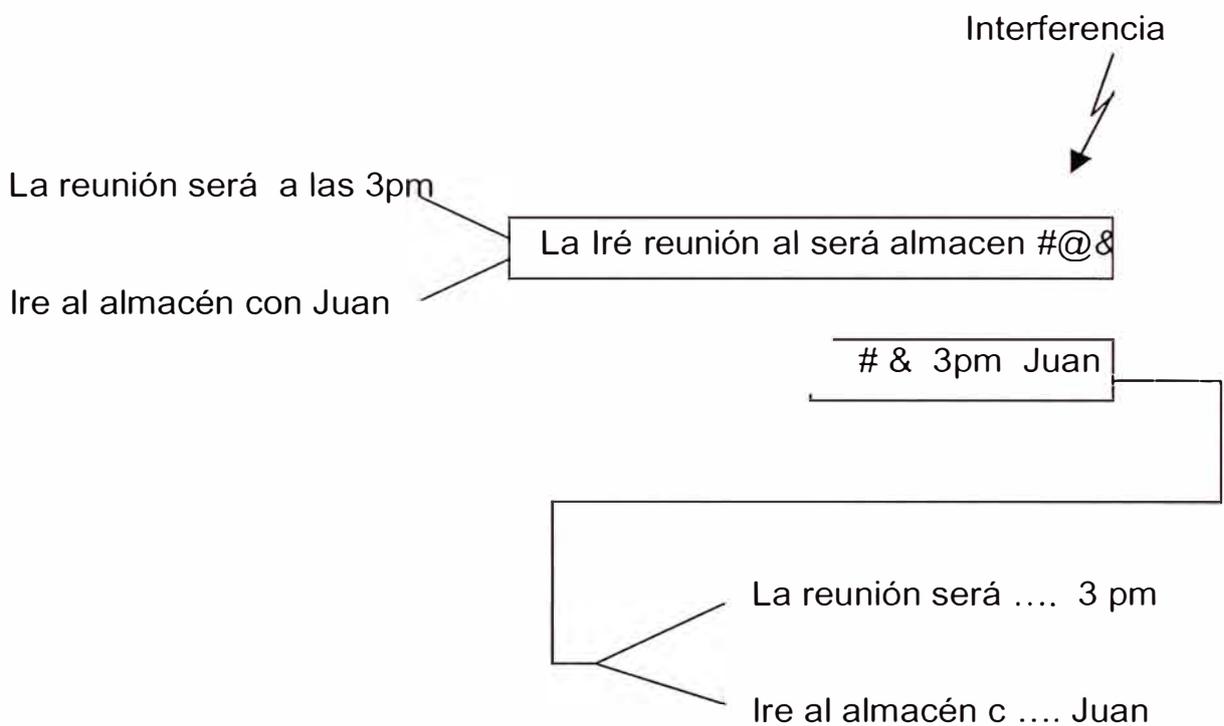


Figura B.9 Ejemplo de Interleaving

B.6 Handoffs en CDMA

La funcionalidad del handoff son los procesos que sigue un móvil para hablar a través de otra estación base o con otro sector de la misma estación base, sin que la conversación se interrumpa.

El sistema CDMA ofrece la posibilidad de hacer el llamado “Soft Handoff”, donde la conversación o flujo de data no es interrumpida debido al handoff. El soft handoff se usa cuando un móvil cruza de una EB CDMA a otra, donde ambas EB están bajo el control de del mismo controlador centralizado. También, las EB's de origen y destino deben estar utilizando la misma portadora o frecuencia central de CDMA. Sin embargo ya está disponible el Handoff entre estaciones base de diferente Controlador centralizado.

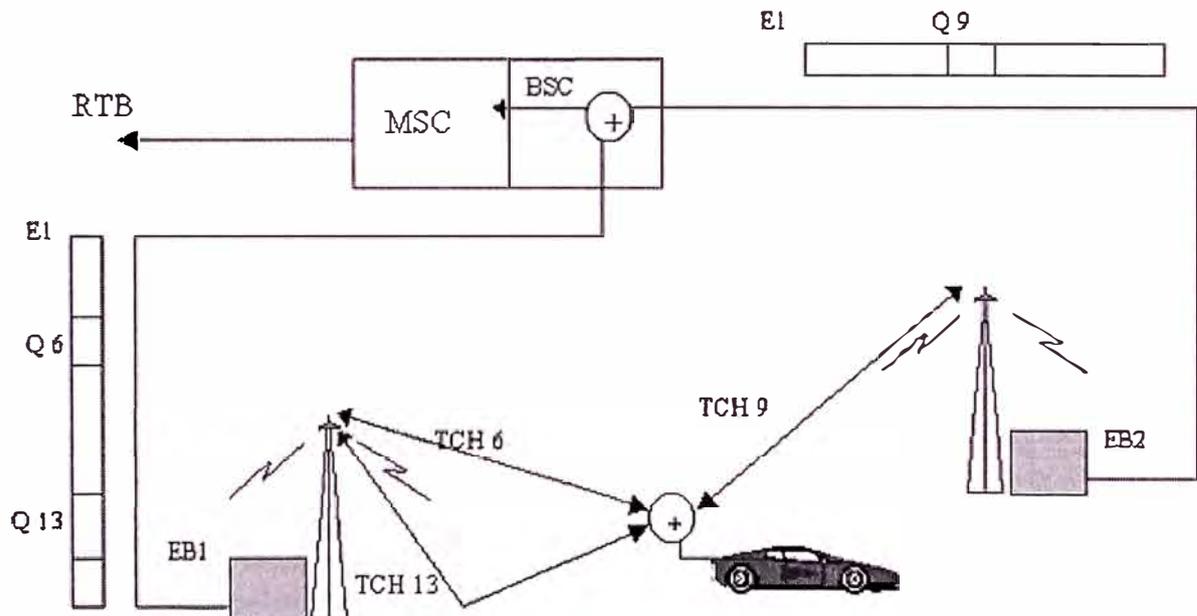


Figura B.10 Proceso de Soft Handoff en CDMA

Cuando este proceso de handoff se realiza de un sector a otro dentro de una misma estación base en la misma frecuencia de portadora CDMA se llama Softer Handoff.

Se conoce como Hard Handoff, cuando el móvil realiza un handoff del sistema CDMA hacia el AMPS o cuando hace el handoff entre estaciones base CDMA que utilizan diferentes portadoras de CDMA.

El móvil constantemente está examinando todos los posibles offet del Pn code, manteniendo tres listas de Pilot Channels:

- Active Set, esta es una lista de Pilot Channels los cuales son activamente usados por el móvil para transmitir data digital. El estándar IS-95 provee un máximo de tres miembros en este active set a la vez. Esto es, ***los Móviles CDMA pueden estar hablando sobre tres diferentes sectores o celdas a la vez.***
- Candidate set , esta es una lista de Pilots channels los cuales no son los suficientemente fuertes para estar en el active set, pero lo suficiente para ser candidatos para un handoff. Un cuarto sintonizador dentro del móvil esta obteniendo estos canales constantemente mientras se desarrolla una conversación.
- Neighbor set, es la lista de vecinos que ha sido recibida por el móvil de parte de la infraestructura. Esto le indica al móvil cuales son los sectores que debe buscar primero para encontrar candidatos para handoff.
- Remaining set, estos son todos los otros pilot channels (de los 512 canales que están disponibles en una sola portadora CDMA) que no son miembros de ninguno de los grupos arriba mencionados.

B.7 Diagrama de bloques del enlace directo (Forward link)

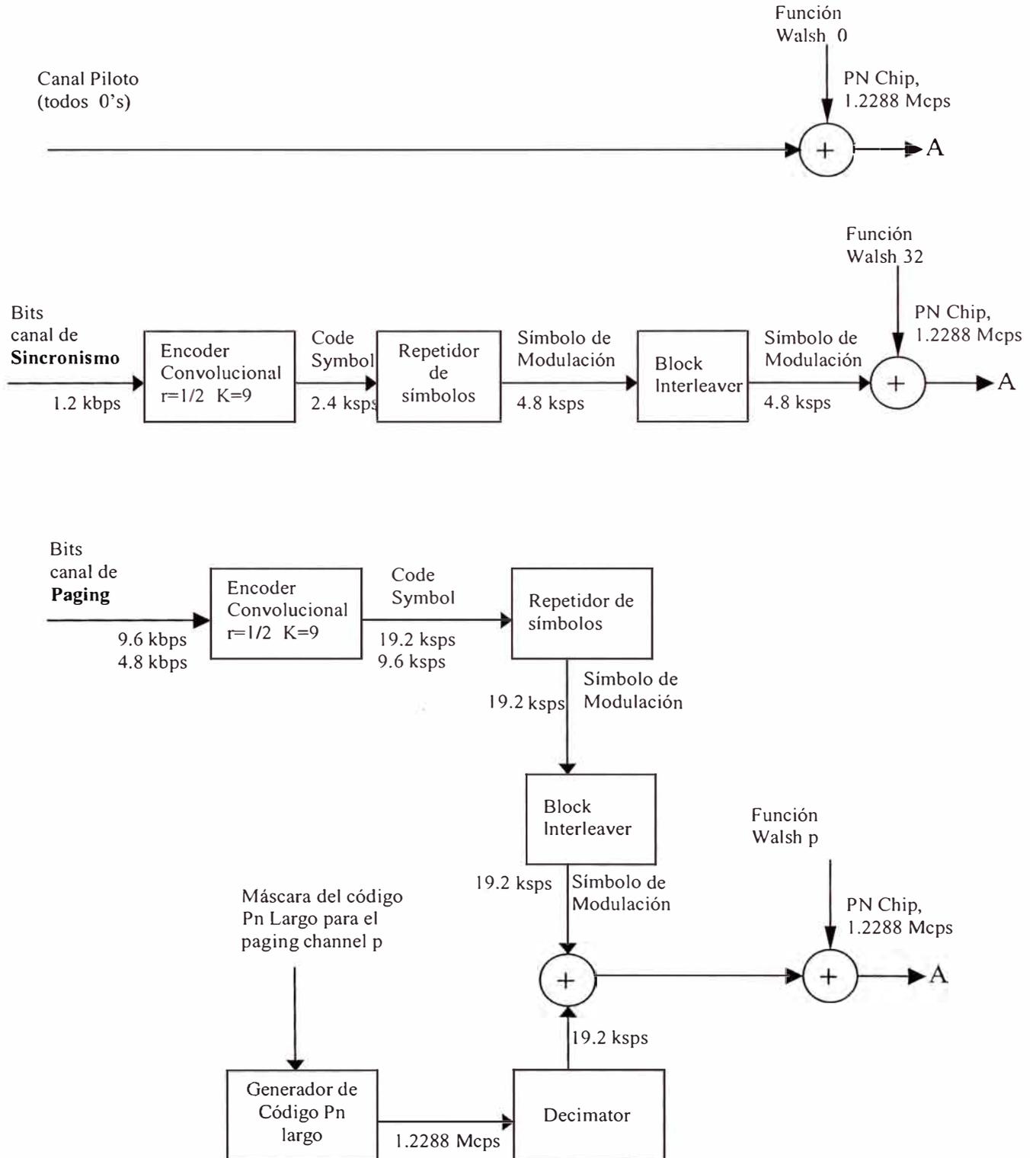


Figura B.11 Codificador IS-95 del enlace Directo (Forward)

En la primera parte del diagrama está el Pilot Channel. Notar que el código Walsh 0 (el cual está compuesto de ceros) es usado para “expandir” una secuencia digital que son todos ceros, y luego el resultado (el cual será todo cero) es enviado al “quadrature spreader” que será usado para modular la portadora.

Un convolutional encoder “mezclará” los bits a ser enviados, y al mismo tiempo producirá más bits en la salida que esos presentados en la entrada. El codificador “carga” el número de bits a los registros, y luego realiza operaciones binarias (como ORs y ANDs) en los bits. Los resultados de las operaciones son luego enviados como salida. La velocidad del convolutional encoder en IS-95 puede ser $\frac{1}{2}$ (significa que un bit de entrada producirá dos bits de salida).

Repetición de símbolo , básicamente este bloque repite cada símbolo un determinado número de veces . Esto es hecho para asegurar una adecuada entrega en el otro final. El block Interleaver mezclará los bloques largos de bits como los espureos errors que pueden ser recuperados a través del corrector de error CRC.

Los datos del canal de sincronismo corren a 1200 bps, repitiendo siempre el mismo mensaje (el cual contiene información del tiempo del sistema, estado del long code, etc). Esta información es enviada a una velocidad de $\frac{1}{2}$ del convolutional encoder, y luego a un 2x block interleaver.

Este stream de información es “expandida” por el código Walsh 32 y luego enviado al quadrature spreader.

Los datos del canal de Paging siguen casi el mismo camino, adicionalmente la información de este canal es mezclada con el Código Pn largo. En el lado del receptor, este reconoce el Código largo y la máscara usada, de manera que se puede recuperar la información.

El canal de tráfico transmitirá data desde el vocoder en una velocidad variable (la cual será determinada por el vocoder). Esta data es enviada a través del encoder convolucional, repetidor de símbolo y el block interleaver. La velocidad del repetidor de símbolo dependerá de la velocidad de la data que viene del vocoder, el resultado final es siempre un stream data de 19.2 kbps (símbolos por segundo). Este stream es mezclado con el long code, usando una máscara de long code el cual es basado en el número de identificación del móvil. El traffic channel también lleva los bits de control de potencia, estos bits son puestos en el stream de data (llamados blank and burst).

Bits de Información para el usuario m en el canal de Tráfico forward (172,80,40, ó 16 bits/frame)

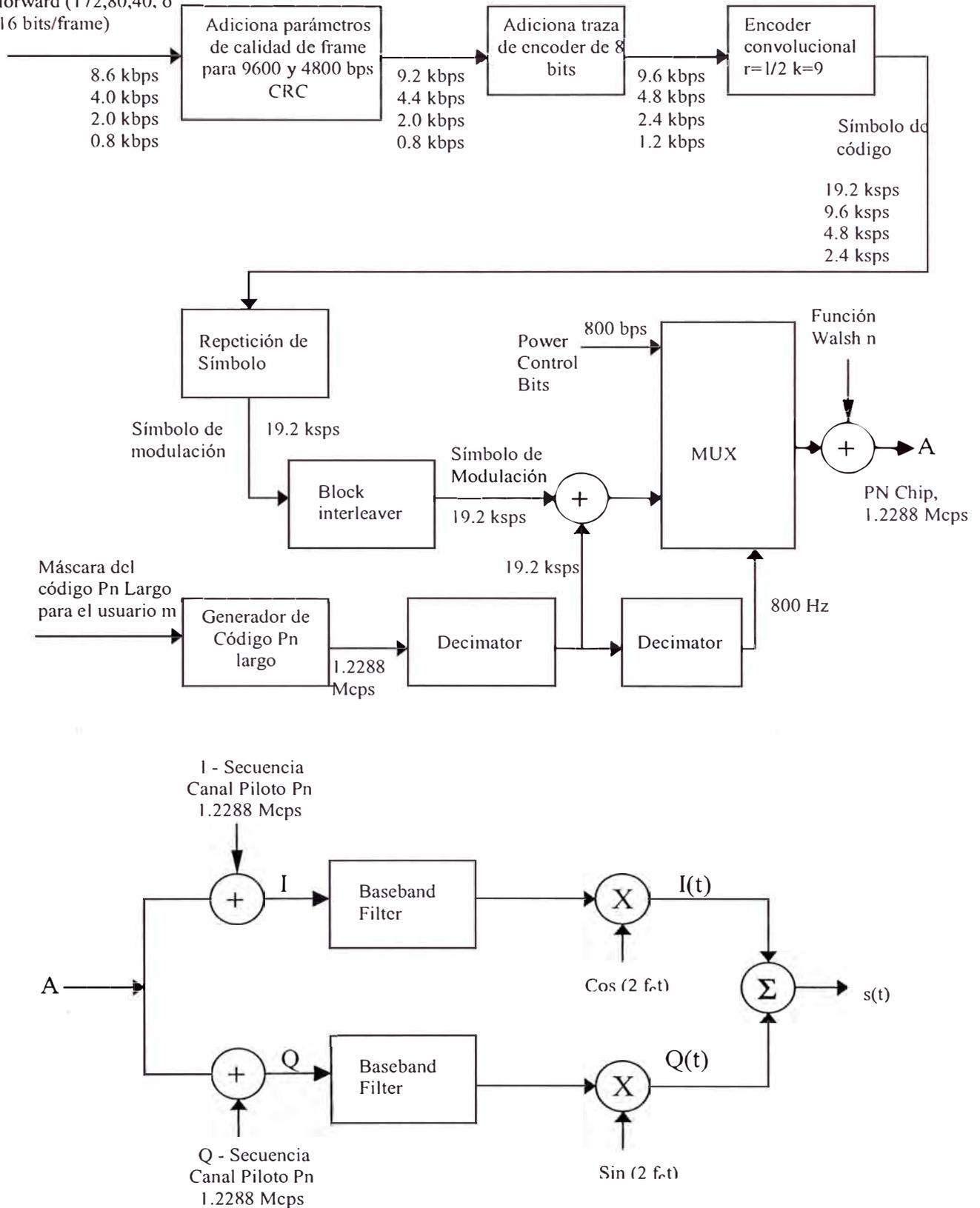


Figura B.12 Codificación de un canal de Tráfico en CDMA

B.8 Codificador IS-95 del enlace Inverso (Reverse link)

El reverse link está compuesto de dos tipos de canales: Los Access channel y los traffic channels. Los canales de acceso (Access channels) usan una velocidad de data de 4800 bps, mientras que los traffic channels tienen una velocidad variable.

La data de salida producida por el codificador de voz de velocidad variable del IS-95 tiene cualquiera de las siguientes velocidades: 0.8 , 2.0 , 4.0 , u 8.6 kbs. Este stream de data es entrada al generador de códigos de redundancia cíclico CRC, el cual agregará data para reconstruir los bits erróneos. Esto es hecho solamente para las velocidades de 4 y 8.6 kbps, porque las otras velocidades serán repetidas frecuentemente de manera que la integridad de la data es provista a través de la repetición.

Después del CRC, son agregados 8 bits más a cada frame para propósitos de codificación, esto eleva la velocidad a 1.2 , 2.4 , 4.8 o 9.6 kbps. Luego el stream de data es puesto a la entrada del convolutional encoder de longitud de 9 bits, y con una razón de 1/3 (significando que cada bit de data producirá 3 bits). El stream de data resultante es puesto a la entrada del block interleaver, y luego a un modulador ortogonal.

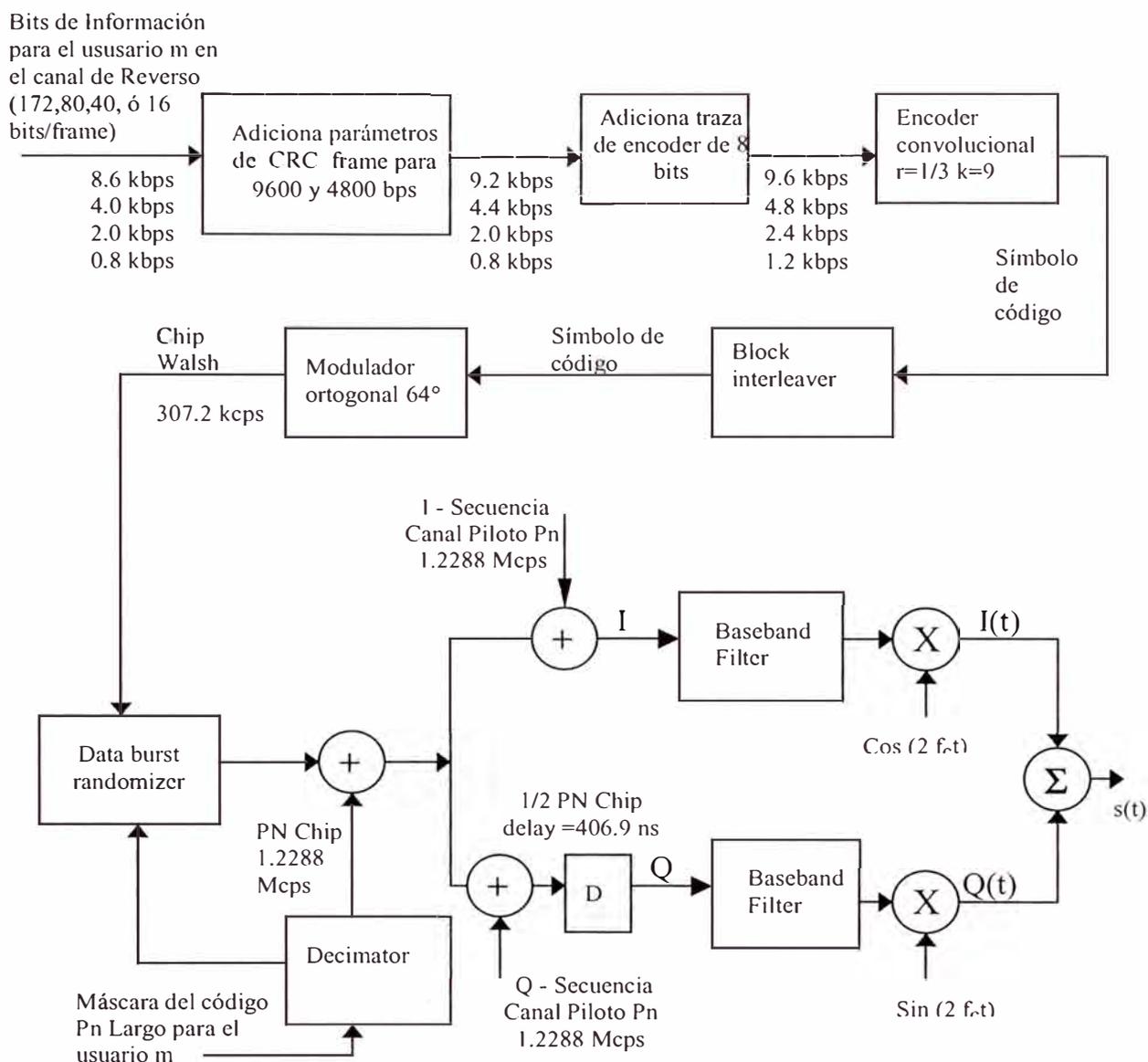


Figura B.13 Codificación de un canal CDMA en el sentido Inverso (Reverse)

El modulador ortogonal toma 6 bits de entrada (el cual en binario puede especificar 64 diferentes posibilidades), y busca el correspondiente código Walsh. Por ejemplo, si 6 bits de la entrada son “101100” (56 en decimal), luego el código Walsh 56 será enviado en lugar de los 6 bits. Como los códigos Walsh son ortogonales, es muy fácil detectar cuando un código

Walsh termina y cuando otro empieza simplemente comparando cada uno de los 64 bits con todos los códigos Walsh hasta encontrar la perfecta coincidencia.

El data burst randomizer blanqueará la data proveniente del stream a ser enviado, basado en el data rate de los bits de información. Más bits son blanqueados para la información de baja velocidad, por que en bajas velocidades la data es repetida con mayor frecuencia. Esto tiene el efecto de bajar la interferencia en el reverse link cuando es usada baja velocidad. El stream de data resultante luego es mezclado con un código largo (el cual está siendo modificado con una máscara basada en el id del móvil o Pn largo para propósitos de seguridad), y luego enviado al quadrature spreader.

ANEXO C
SISTEMA CELULAR GSM
(GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS)

SISTEMA CELULAR GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS)

C.1 Antecedentes históricos del GSM

La historia la podemos situar cuando en 1982 la Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT Conférence Européenne des Postes et Télécommunications) tomó dos decisiones. La primera fue, establecer un equipo con el nombre de "Groupé Spéciale Mobile" de aquí viene la abreviatura GSM, que desarrollaría un conjunto de estándares para una futura red celular de comunicaciones móviles de ámbito pan-europeo. La segunda fue recomendar la reserva de dos sub-bandas de frecuencias próximas a 900 Mhz para este sistema. Estas decisiones fueron tomadas para tratar de resolver los problemas que habían creado el desarrollo descoordinado de sistemas móviles celulares individualmente en los diferentes países de la CEPT y que eran incompatibles.

Dos de estos problemas eran, el no poder disponer de un mismo terminal al pasar de un país a otro y el segundo, no disponer de un mercado propio suficientemente extenso lo que dificultaba el crecimiento de una industria europea de sistemas móviles competitiva a nivel mundial. En 1984 empieza a surgir otro factor adicional, los sistemas celulares de la primera generación, y en particular en los países del norte de Europa, experimentan

una aceptación y penetración en el mercado extraordinariamente superior a lo previsto.

En 1986 las cifras indicaban la saturación de la capacidad de estos sistemas para principio de la década de los 90. Ante esto surgió la intención de utilizar parte de las sub-bandas de frecuencias destinadas al GSM como ampliación de las usadas por los sistemas móviles celulares de primera generación (sistema 900). En consecuencia la Comisión de las Comunidades Europeas emitió una Directiva en la que reservaban dos sub-bandas de frecuencias en la banda de 900 Mhz, para el sistema pan-europeo, que empezaría a funcionar en 1991, pero más pequeñas que las recomendadas por la CEPT.

Mientras tanto los miembros del GSM realizaban excelentes progresos en el desarrollo y acuerdo de estándares. Se adoptó la decisión de que el sistema sería digital, en lugar de analógico lo que redundaría en mejorar la eficiencia espectral, mejor calidad de transmisión, posibilidades de nuevos servicios y otras mejoras como la seguridad. También permitiría la utilización de tecnología VLSI, pudiendo fabricar terminales móviles más pequeños y baratos, y en definitiva el uso de un sistema digital complementaría el desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) con la que GSM debería tener una interfase.

Se siguieron haciendo progresos y el 7 de septiembre de 1987 trece operadores de red europeos formaron un MoU (Memorandum of Understanding) para continuar con el proyecto y lanzarlo el 1 de julio de

1991. Esto fue seguido con la invitación simultánea hecha el 29 de febrero de 1988 a todos los operadores de red involucrados en el sistema. Pronto se dieron cuenta de que había más problemas de los previstos. Por lo que se acordó que se efectuaría el desarrollo de la especificación en dos fases. Además la implantación en términos geográficos se vislumbró que debía realizarse en fases, empezando por ciudades importantes y aeropuertos y se seguiría con autopistas, calculando que se tardarían años en lograr un servicio completo a todo Europa.

En 1988 se inició una intensa actividad en pruebas de validación particularmente en relación con la interfase radioeléctrica. Como resultado se ajustaron ligeramente las especificaciones GSM y se pudo comprobar que el sistema funcionaría. No se alcanzó la fecha acordada del 1 de julio de 1991 para el lanzamiento comercial del sistema GSM. A ello contribuyeron el retraso del desarrollo y acuerdo de pruebas de certificación, la necesidad de modificar algunas especificaciones GSM ya que la complejidad técnica del desarrollo de terminales portátiles se tardó en resolver más de lo previsto. Fue en junio de 1992 cuando aparecieron los portátiles de mano.

El servicio comercial del sistema GSM llegó en 1992, si bien el tamaño de las áreas de cobertura y el número de usuarios era bastante dispar. Las redes que estaban funcionando se basaban en las especificaciones de la fase 1 y no todos los servicios contemplados en la fase 1 estaban disponibles.

A finales de 1993 el número de operadores que habían firmado el MoU había aumentado de trece a cuarenta y cinco, entre los que estaban la mayor parte del mundo excepto América del Norte y Japón. Treinta y dos redes GSM estaban en servicio con cerca de un millón de abonados en todo el mundo. A finales del 1994 el número de miembros del MoU había crecido a 156 operadores de red y administraciones reguladores de Telecomunicaciones de 69 países.

El mercado de redes y equipamientos GSM se ha extendido más allá de las fronteras de Europa occidental. Europa del Este, la Commonwealth, Oriente, Asia, Africa y Oceanía son áreas donde existen sistemas GSM operativos. Actualmente la mayor parte de los firmantes del MoU no pertenecen a países europeos. Esta amplitud del mercado es la razón por la que las siglas GSM han tomado otra acepción "Global System for Mobile communications" que es diferente de la original de 1982.

La siguiente lista resume estos y otros eventos importantes en el desarrollo del Sistema GSM

1982 La CEPT inicia el desarrollo de un nuevo sistema celular. La Comisión Europea (EC) edita una directiva la cual solicita a sus miembros reservar frecuencias en la banda de 900 MHz para permitir el Roaming del Sistema GSM.

1985 La CEPT toma una decisión en los plazos en el tiempo y un plan de acciones para desarrollar el nuevo sistema.

- 1986 La CEPT prueba ocho sistemas experimentales en Paris.
- 1987 Se firma el Memorandum of Understanding (MoU). Con la siguiente asignación de frecuencias:
- 890 a 915 MHz uplink (desde el móvil a la estación base)
 - 935 a 960 MHz down link (dese la estación base al móvil)
- 1988 Es creada la ETSI (Instituto Europeo de Standares en Telecomunicaciones) , incluyendo miembros de la Industria grupos de usuarios y la administración.
- 1989 Se emiten las recomendaciones finales y especificaciones para GSM Fase 1.
- 1990 Se validan los sistemas implementados y el Primer congreso mundial de GSM se lleva a cabo en Roma con 650 participantes.
- 1991 El 1ro de julio se realiza la primera llamada oficial en el mundo con el sistema GSM
- 1992 La primera red GSM es puesta en servicio en Finlandia. En diciembre existen 13 redes operando en 7 áreas. Los operadores australianos fueron los primeros operadores no europeos suscritos al MoU de GSM. Se asignan nuevas frecuencias para el sistema GSM 1800 (DCS Digital Communication System 1800)
- 1993 Por primera vez se hace una demostración del sistema GSM en Africa en el congreso Telkom '93 en Ciudad del Cabo. Se establecen acuerdos de roaming entre varios operadores. En diciembre de 1993 ya existen 32 redes GSM operando en 18 áreas.

1994 La primera red GSM es puesta en servicio en Sud Africa. Se definen las recomendaciones del GSM Fase 2 con los servicios de transmisión de datos y fax. En diciembre de ese año ya existen 69 redes GSM en servicio.

El MoU de GSM es registrado formalmente como una asociación en Siza con 156 miembros de 86 áreas. Se lleva a cabo el Congreso de GSM en Madrid con 1400 participantes.

1995 Existen 117 redes GSM operando a nivel mundial. Se implementan los servicios de fax, data y romaing de SMS (Short messages services). Se compleat la standarización del GSM Fase 2, incluyendo adaptación para GSm 1900(PCS 1900). Se implementa la primera red GSM 1900 en los Estados Unidos de America. Se lleva a cabo el congreso Telecom '95 en Genova donde Nokia presenta la transmisión de datos multimedia a 33.6 Kbits/seg. Via GSM.

1996 Para diciembre de ese año existen 120 redes operando. Es presentada la tarjeta SIM de 8k en adición a las tarjetas SIM de prepago.

1998 En Singapur se realizan las pruebas del HSCSD (High Speed Circuit Switched Data). Se logran 2 millones de usuarios de GSM 1900 en los Estados Unidos y un total de 120 millones de usuarios de GSM 900,1800 y 1900 a nivel mundial.

1999 Se realiza la primera llamada de datos usando GPRS (General Packet Radio Service) en una red en operativa. En agosto existen 344 redes

de GSM operando en 1276 países diferentes, y para el final de 1999 se registran 250 millones de usuarios de GSM a nivel mundial.

2001 En enero de ese año ingresa comercialmente en servicio la primera red GSM de nuestro país. A nivel mundial se registran 480 millones de usuarios del sistema GSM , casi dos tercios del total de usuarios de servicios móviles.

C.2 Ventajas introducidas por el sistema GSM

El sistema GSM permite la conexión con la red conmutada (de Telefonía) y con la RDSI (Red de servicios integrados) y permite ofrecer al usuario telefonía, transmisión de datos (hasta 33.6 Kbit/s), facsimil del grupo III, conexión a sistemas de correo electrónico y envío de mensajes cortos (alfanuméricos) que permite tanto su envío como su recepción desde un terminal móvil, leyéndolos en este último caso en el visor correspondiente.

Una característica fundamental definida desde el momento mismo de la concepción del sistema GSM es la de permitir el Roaming automático entre los operadores que adoptan esta tecnología, soportando la transferencia de todos los servicios que un cliente posee hacia la red visitada, sin problemas de incompatibilidad de servicios entre las redes involucradas. Soporta igualmente otras prestaciones adicionales, como son, desvío de llamadas, restricciones de llamadas entrantes o salientes, conferencias tripartitas, llamada en espera, red privada virtual y otras más. El

terminal a su vez, ofrece prestaciones adicionales como marcación abreviada, repetición del último número marcado, bloqueo del terminal, etc.

El tema de la seguridad ofrece en este sistema novedades importantes respecto a las otras tecnologías, el uso de tarjeta de usuario para la autenticación de la validez de la llamada, encriptado que facilita una confidencialidad total (voz, datos e identidad del abonado) e imposibilidad de utilización de equipos robados mediante la asignación previa de un número de serie a cada estación móvil.

En su componente radio se utiliza la banda de frecuencias de 900, 1800 y 1900 MHz con el método TDMA (Acceso por multiplexación en el tiempo), que proporciona ocho canales telefónicos en una misma portadora y una codificación de voz a 13 Kbps, destinándose un octavo de tiempo a cada canal. Esta prevista para un futuro una codificación de voz a velocidad doble, lo que permitiría la utilización de 16 canales por portadora.

C.3 Estructura del Sistema GSM

En lo que se refiere a la estructura básica del GSM el sistema se organiza como una red de células radioeléctricas continuas que proporcionan cobertura completa al área de servicio. Cada célula pertenece a una estación base (BTS) que opera en un conjunto de canales de radio diferentes a los usados en las células adyacentes y que se encuentran distribuidas según un plan celular.

Un grupo de BTS's se encuentran conectados a un controlador de estaciones base (BSC), encargado de aspectos como el handover (traspaso del móvil de una célula a otra) o el control de potencia de las BTS y de los móviles. En consecuencia el BSC se encarga del manejo de toda la red de radio y supone una auténtica novedad respecto a los anteriores sistemas celulares.

Uno o varios BSC's se conectan a una central de conmutación de móviles (MSC). Este es el corazón del GSM como responsable de la inicialización, enrutamiento, control y finalización de las llamadas, así como de la información sobre la tarificación. Es también el interfase entre diversas redes GSM o entre una de ellas y las redes públicas de telefonía o datos.

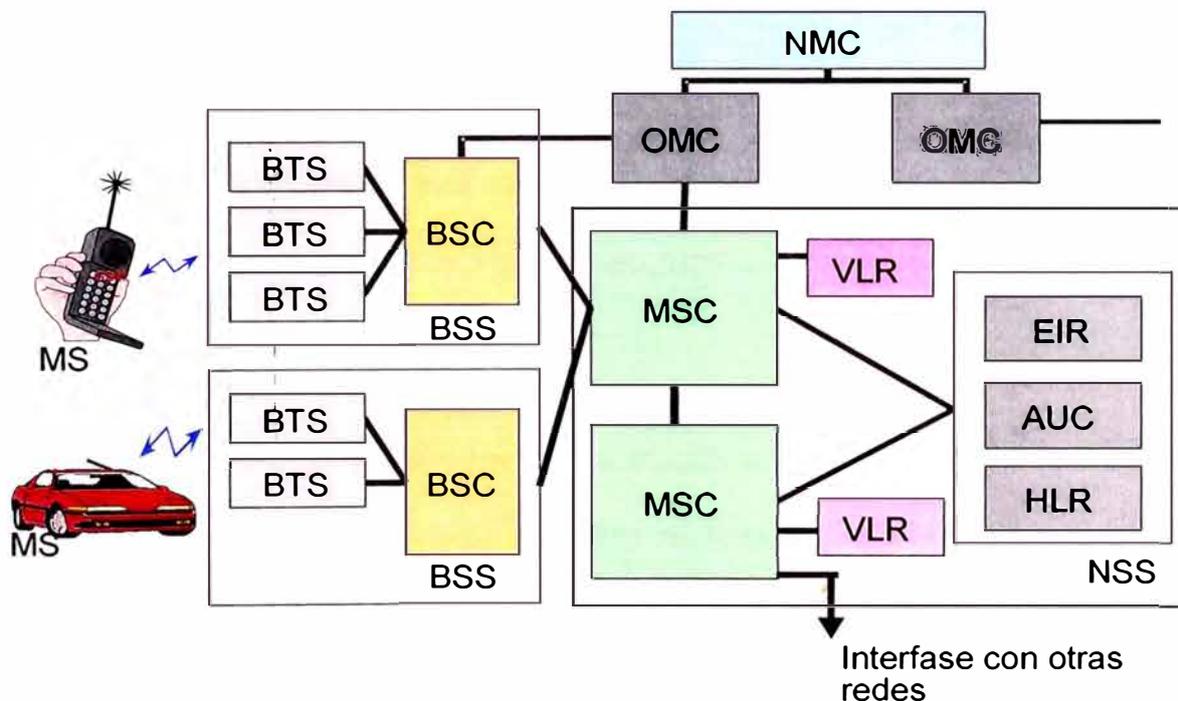


Figura C.1 Estructura del Sistema GSM

La información referente a los abonados se encuentra almacenada en dos bases de datos que se conocen como registro de posiciones locales (HLR Home Location Register) y registro de posiciones de visitantes (VLR Visitor Location Register). El primero analiza los niveles de suscripción, servicios suplementarios y localización actual, o más reciente de los móviles que pertenecen a la red local. Asociado al HLR trabaja el centro de autenticación (AUC Authentication Center), que contiene la información por la que se comprueba la autenticidad de las llamadas con el fin de evitar los posibles fraudes, la utilización de tarjetas de abonado (SIM's) robadas o el uso del servicio por parte de clientes deudores. El VLR contiene la información sobre los niveles de suscripción, servicios suplementarios y área de localización para un abonado que se encuentra o al menos se encontraba recientemente en otra zona visitada. Esta base de datos dispone también de información relativa a si el abonado se encuentra activo o no, lo que evita el uso improductivo de la red (envío de señales a una localización que se encuentra desconectada).

El registro de identidad de los equipos (EIR Equipment Identification Register) almacena información sobre el tipo de estación móvil en uso y puede eludir que se realice una llamada cuando se detecte que ha sido robada, pertenece a algún modelo no homologado o sufre de algún fallo susceptible de afectar negativamente a la red. En cuanto a las comunicaciones en la red, se ha desarrollado un nuevo esquema de señalización digital. Para la comunicación entre MSC's y registros de

posición se utiliza la parte de aplicación para móviles del Sistema de Señalización número 7 (CCS 7) de la ITU, fórmula casi imprescindible para la operación de redes GSM a nivel internacional.

C.4 Arquitectura funcional del sistema GSM

La norma GSM únicamente especifica entidades funcionales e “interfases abiertas” normalizadas. Con ello se consigue la utilización de cualquier sistema por cualquier estación móvil, aunque no pertenezcan al mismo suministrador, y la interconexión de equipos de distintos suministradores a través de las interfases normalizadas, evitando influir de forma excesiva sobre los desarrollos particulares de cada uno de los fabricantes de equipos. Vamos a describir en primer lugar los subsistemas funcionales e interfases que constituyen el sistema GSM, describiendo su funcionalidad y las relaciones entre ellos, para poder tener una idea de la estructura física del sistema.

El sistema GSM define tres subsistemas por las funciones que cumplen, estos son:

Network Switching Subsystem (NSS), el cual toma principalmente control de las funciones de llamada.

Base Station Subsystem (BSS), es responsable por el camino de radio entre el móvil y el NSS.

- Network Management Subsystem (NMS) , es la parte relacionada a la operación y mantenimiento del sistema, y es necesaria para el control de toda la red GSM.

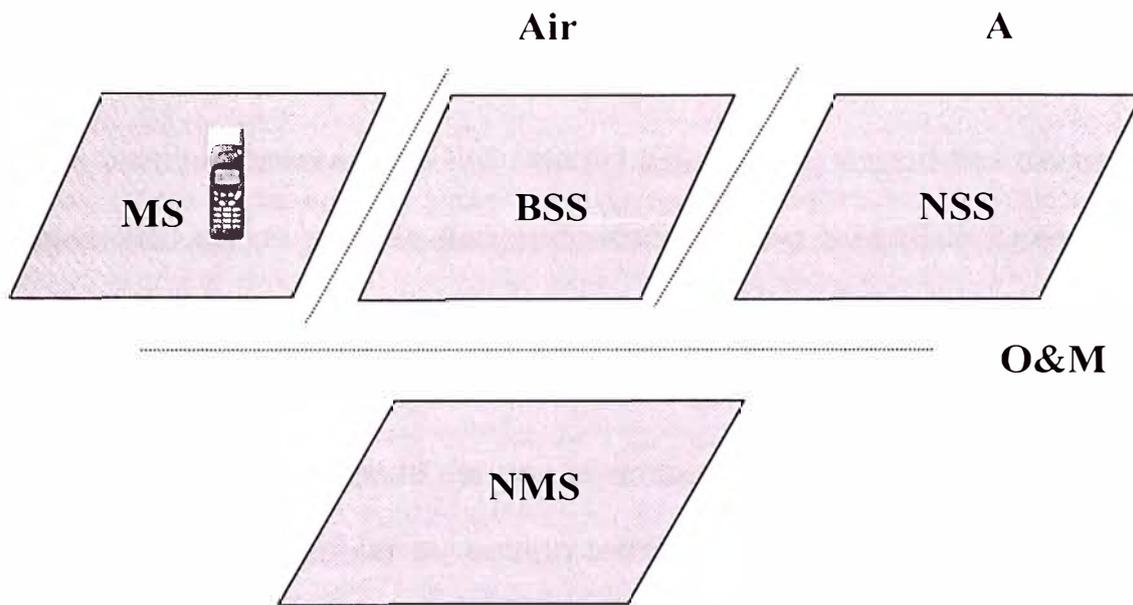


Figura C.2 Los tres subsistemas funcionales del GSM y sus interfaces

Las especificaciones GSM definen dos interfaces abiertas, la primera es la existente entre la estación móvil y las estaciones base, denominada "Air interface" (Interfase Aire). La segunda está entre el MSC (Mobile switching center), unidad que se encuentra dentro del subsistema NSS, y el BSC (Base station Controller) unidad que se encuentra dentro del subsistema BSS, esta interfase es llamada "A interface". El sistema incluye más interfaces las cuales no son totalmente abiertas, pero que guardan una filosofía similar entre los suministradores de equipos, una de estas es la

interfase de Operación y Mantenimiento y otra la interfase A_{bis} entre las BTS y el BSC.

C.4.1 Elementos de un sistema GSM

C.4.1.1 Estación Móvil (MS Mobile Station)

Una estación móvil se compone funcionalmente de dos partes, el equipo terminal denominado ME (Mobile Equipment) y los datos del abonado almacenado en un módulo separado denominado SIM (Subscriber Identity Module) , por lo tanto la combinación de ambos forma la estación móvil. La tarjeta SIM está diseñada en un formato estándar tanto en funciones como en tamaño, para que pueda ser usada en cualquier terminal, de esta manera un cliente puede cambiar su equipo terminal manteniendo su tarjeta SIM y por lo tanto sus datos de identificación.

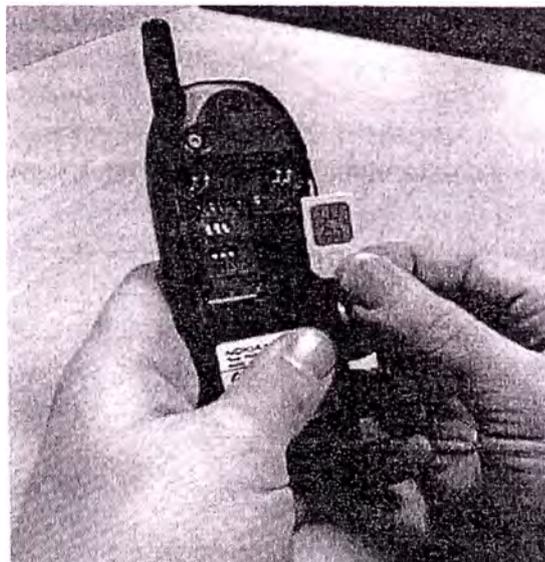


Figura C.3 La estación móvil conformada por el equipo terminal y tarjeta SIM

El equipo terminal realiza funciones semejantes a las de un terminal RDSI y realiza las siguientes funciones

- Transmisión radio
- Gestión de canales de transmisión radio
- Capacidad del terminal, incluyendo la interfaz hombre-máquina
- Codificación de voz
- Protección de errores
- Control del flujo de datos de usuario
- Adaptación de velocidad de datos de usuario y velocidad del canal
- Soporte de terminales múltiples y gestión de movilidad.

Características Básicas obligatorias de la estación móvil

- Visualización del número llamado
- Indicación de señales de progreso de la llamada
- Indicación de país/sistema
- Gestión de la identidad de suscripción (SIM)
- Indicador de PIN (clave de acceso) no válido
- Identidad internacional de equipo de estación móvil (IMEI)
- Indicador de servicio

Módulo de identificación del usuario (SIM): Para que una estación móvil GSM pueda funcionar necesita tener introducido el módulo de identificación del usuario. Este módulo es un pequeño dispositivo de memoria que contiene

toda la información necesaria para realizar la función de autenticación del usuario, además de otras informaciones necesarias para el sistema. Esta tarjeta puede ser introducida en otro equipo terminal y funcionar normalmente con los datos del cliente propietario de la SIM.



Figura C.4 Ejemplo de una tarjeta SIM

El SIM debe contener la siguiente información:

- Número de serie.
- Estado del SIM (bloqueado o desbloqueado).
- Clave del algoritmo de autenticación.
- Algoritmo de Autenticación (A3).
- Identificación internacional del usuario móvil (**IMSI**).
- Identificación temporal del usuario móvil (**TMSI**).
- Algoritmo de generación de claves de cifrado (A8).
- Clave del algoritmo de cifrado de señalización y datos (A5).
- Número de secuencia de la clave del algoritmo de cifrado.
- Clase de control de acceso del usuario.

- Dependiendo en el tipo de tarjeta , almacena la agenda de números y mensajes.

C.4.1.2 Subsistema de Estaciones Base (BSS)

Es la entidad responsable del establecimiento de las comunicaciones con las estaciones móviles que se encuentran dentro de su área de influencia. Esta área de influencia puede ser constituida por una o más células radio cada una de ellas con una estación base.

Hay ocho clases de estaciones base en función de la potencia que van desde los 320 W a 2.5 w. Un sistema de estación base está constituido por un controlador de estación base BSC del que dependen una o más estaciones base BTS. Una estación base está constituida por un conjunto de transceptores (TRX) que cubren la misma área. La estación base incluye además de los tranceptores un módulo que realiza la función de control común de estos transceptores.

El sistema de estación base está separado del BSC que es una entidad distinta, al que se conecta mediante una interfaz normalizada, denominado interfase A_{bis} .

El transcodificador es un elemento que pertenece funcionalmente al BSS pero que puede estar situado físicamente en la BTS, en el BSC o externo al BSS (junto a la central de conmutación móvil). La función de transcodificador es convertir la velocidad neta utilizada en los canales radio

(inferior a 16 kb/s) a la velocidad normalmente utilizada en la red fija (que es de 64 kbit/s).

El que esta conversión no se realice hasta el final posibilita que se puedan multiplexar 4 canales de 16 kbit/s en uno de 64 kbit/s ahorrando capacidad de transmisión, en el interfaz entre la BTS y el BSC (Abis interface) y en la interfase entre el BSC y la central de conmutación (interface A). Existen unas características funcionales que son fundamentales, como la función de salto de frecuencia (Frequency hopping), función de control de potencia (CP) y la función de transmisión discontinua (interleaving).

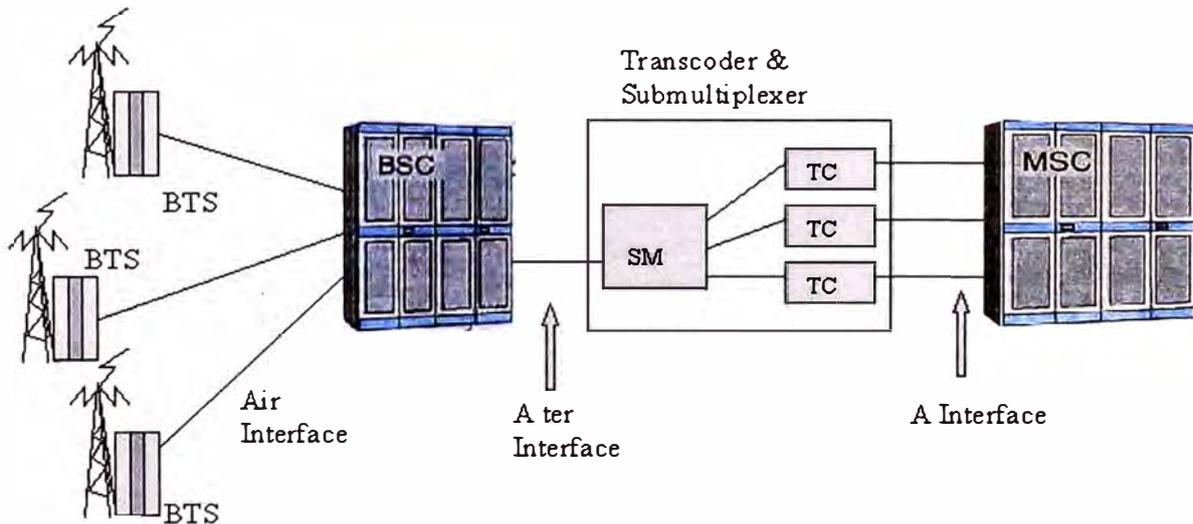


Figura C.5 Interconexión del BSS y el NSS a través de un transcodificador.

La interconexión del BSS con las demás entidades del sistema GSM se define utilizando un modelo basado en el modelo de interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) recogido en las recomendaciones CCITT X200 y X210. Dentro de cada capa están las entidades. Las entidades de distintos sistemas que pertenecen a la misma capa, pueden intercambiar información entre sí. Las entidades de un mismo sistema situadas en capas adyacentes interactúan entre ellas a través de su frontera común. De esta forma las capas inferiores prestan sus servicios a las capas superiores. Todos los sistemas del BSS: El interface radio, la interfaz A y el interface A-bis se han definido utilizando un modelo de tres capas

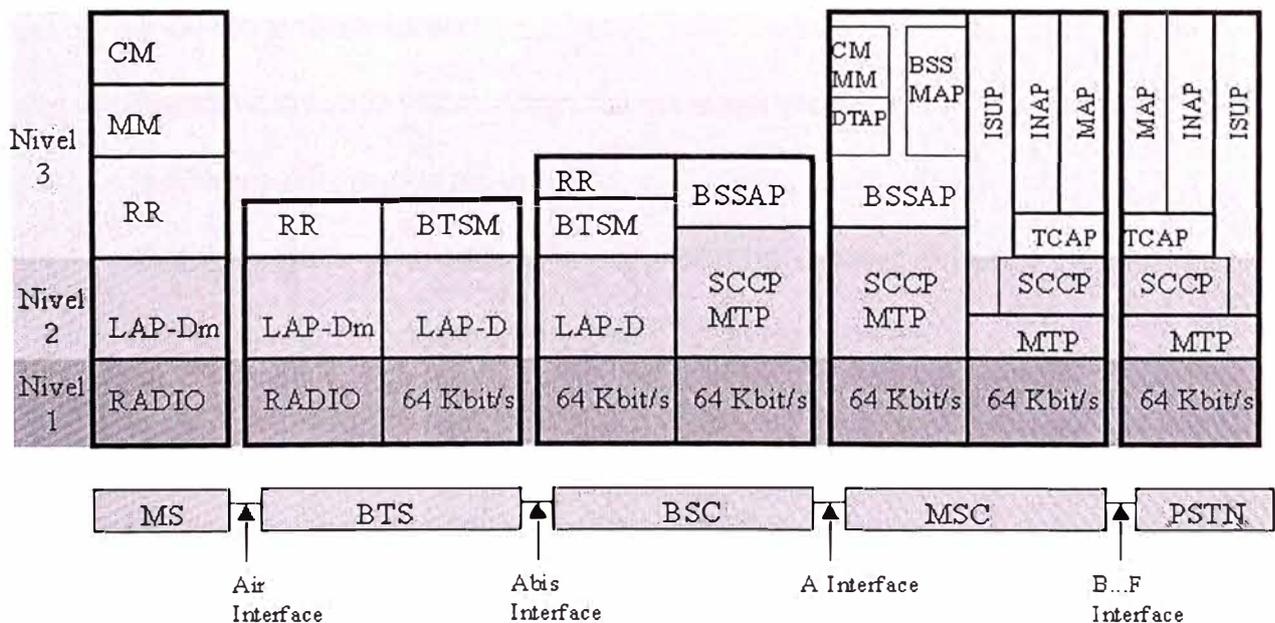


Figura C.6 Estructura de niveles OSI en GSM

Protocolos en la Interfase Aire:

Capa 1, o capa física basada en la recomendación GSM 04.04, llamada también U_m coincide con la capa inferior del modelo OSI, y soporta todas las funciones necesarias para la transmisión de una secuencia de bits sobre un canal establecido en un medio físico de transmisión, se hace un análisis mas detallado en C.4.2 (Pag.240).

Capa 2, es la capa de enlace de datos, basada en la recomendación GSM 04.05/06, en esta capa es usado el protocolo LAP-Dm (similar al ISDN LAP-D), y tiene como misión permitir el intercambio de tramas de información entre dos entidades conectadas a través de un medio físico. Sus funciones son las siguientes:

- Transferencia sin conexión de canales de señalización punto a punto y punto a multipunto.
- Establecimiento y liberación de conexiones del nivel 2 en canales de señalización punto a punto.
- Transferencia orientada a la conexión con retención de la secuencia de transmisión, detección y corrección de errores.

Capa 3, o capa de red basada en la recomendación GSM 04.07/08 , contiene los siguientes subniveles los cuales controlan las funciones de los canales de señalización:

- Radio resource management (RR, gestión de recursos de radio), cuyo rol es establecer y liberar una conexión estable entre la estación móvil y el MSC durante la duración de la llamada, y mantenerla a

pesar de los movimientos del usuario, las siguientes funciones son realizadas por el MSC: selección de celdas, handover, establecimiento y liberación de canales punto a punto, monitoreo y redireccionamiento de conexiones de radio, introducción a la encriptación, cambio en el modo de transmisión.

- Mobility Management (gestión de la movilidad), maneja las funciones de control de la movilidad, como por ejemplo: autenticación, asignación de TMSI (número de identificación temporal), gestión de la ubicación del suscriptor.
- Connection Management (CM Gestión de la Conexión) , es usada para establecer, mantener y liberar conexiones de llamada, se compone de tres subgrupos:
 - Call control, maneja las conexiones de llamada.
 - Supplementary service support (SS), maneja servicios especiales.
 - Short message service support (SMS), transfiere mensajes cortos.

Ni la estación base (BTS) ni el BSC interpretan los mensajes de CM ni de MM. Ellos son simplemente intercambiados entre el MSC y el MS usando la parte de aplicación de transferencia directa (DTAP), protocolo ubicado en la interfase A. Los mensajes RR son mapeados desde o hacia la parte de aplicación del sistema de estaciones base (BSSAP), para ser intercambiados con el MSC.

Interfase A_{bis} , es la interfase que une el BSC con la Estación base (BTS) , por lo general es una trama E1 de 2.048 Mbit/s . Basicamente existen dos tipos de canales dentro del A_{bis}

- Canales de Tráfico, que son canales de 16 Kbit/s , lo que permite enviar cuatro canales de datos de voz por un canal de 64 Kbit/s.
- Canales de señalización, los cuales pueden ser configurados en 16, 32 o 64 Kbit/s , los cuales son usados para intercambiar señalización entre la BTS y el BSC.

Cada transceiver en un BSC, por lo general necesita de un canal de señalización en la interfase A_{bis} , la configuración de esta interfase varía de operador en operador.

Para definir totalmente la interconexión del sistema, además de esa estructura de capas es necesario también utilizar funciones de gestión del sistema. Estas funciones pueden incluir funciones que son comunes a varias capas.

Funcionalidad del BSS.

Funciones del BSC

- Gestión de canales en el enlace BSC-MSC
- Gestión de canales radio, lo que comprende configuración de los canales radio (información recibida del OMC), gestión de secuencias de salto de frecuencia (BSC,OMC) estas secuencias son enviadas por el BSC hacia el BTS, selección de canal, supervisión del enlace y

liberación de canal, control de potencia en el móvil, determinación del nivel de potencia necesario en el móvil, control de potencia en la BSS, determinación de la necesidad de realizar cambio de canal.

Funciones de la BTS

Gestión de canales radio, lo que comprende: Supervisión de canales libres, y envío de información de estos hacia la BSC, temporización de bloques BCCH/CCCH. Edición de mensajes de aviso, detección de accesos al sistema por parte de móviles, codificación y entrelazado para protección de errores, determinación del avance de temporización que hay que utilizar para una comunicación con el móvil, medidas de intensidad de campo y calidad de las señales recibidas de los móviles, recepción de medidas enviadas por los móviles sobre condiciones de intensidad y calidad, opcionalmente la BTS puede realizar un pre-procesamiento, construcción de los mensajes de aviso a partir de la información recibida desde la BSC, detección de acceso por traspaso de un móvil, y comprobación de la identificación de referencia de este traspaso de acuerdo con la información recibida desde BSC, Encriptación de la información de señalización y tráfico.

C.4.1.3 Subsistema de Conmutación de red (NSS)

Esta conformado por los MSC (Mobile switching Center), los VLR (Visitor Location Register) y los HLR (Home Location Register) .

Central de Conmutación Móvil (MSC)

Es una central de conmutación encargada de todas las funciones de conmutación para las estaciones móviles situadas en su área de influencia (rea MSC). Las principales diferencias de esta central respecto a una central de la red fija, consisten en que esta central debe tener también en cuenta el impacto de las funciones de asignación de los recursos radio y la naturaleza móvil de los usuarios. Por lo tanto este tipo de central implementa ciertos procedimientos adicionales a los de una central de red fija, como pueden ser por ejemplo la actualización de la posición de las estaciones móviles, y lo que tienen que ver con las funciones de traspaso de llamadas en curso, cuando los móviles se van desplazando entre las células de la red móvil.

Central de Conmutación móvil de Cabecera "GATEWAY" (GMSC)

Es una central de conmutación móvil que además es utilizada para dirigir hacia ella las llamadas originadas en la red fija. Esta central se encarga de interrogar al HLR, adecuado para conocer la posición del móvil al que va dirigida la llamada, y posteriormente de encaminar la llamada hacia la central de conmutación móvil correspondiente. La elección de las centrales de conmutación móvil que van a ser además centrales de cabecera depende de la organización de la red móvil.

El sistema GSM introduce respecto a los sistemas analógicos de segunda generación una mayor descentralización de las funciones de la central de conmutación móvil, pasando parte de ellas a ser realizadas dentro de los propios sistemas de estación base. De esta forma se consigue

descargar de trabajo a la central de conmutación y agilizar en muchos casos algunos procedimientos característicos de una red móvil, como puede ser por ejemplo el traspaso de las llamadas en curso, al pasar el móvil de una a otra célula.

La “Interfase A” entre el MSC y los BSC

Esta ubicada entre los BSC del sistema y el MSC, si el BSC cuenta con un transcodificador, un canal de tráfico a 64 Kbit/s saldrá de él llevando datos de voz hacia el MSC, dentro de una trama de 2.048 Mbit/s (nivel 1, GSM Rec. 08.04), De un máximo de 32 time slots, por lo general se usan sólo 30, destinándose 1 time slot (TS 0) para sincronismo y uno (TS 16) para señalización CCS7 con el BSC.

Los siguientes protocolos son usados en cada nivel:

Nivel 1, enlaces PCM las recomendación GSM 08.04:

2.048 Mbit/s (ITU-T:E1) o 1.544 Mbit/s (ANSI:T1).

Nivel 2, se usa la recomendación GSM 08.06 , que se basa en el sistema CCS7 (Common Channel Signalling No7) . La parte de Transferencia de mensajes (MTP), encargada de asegurar la transmisión de mensajes entre los BSC y el MSC y la parte de SCCP que permite el direccionamiento global entre los elementos de red. La parte de MTP y SCCP, cumplen también funciones de nivel 3 , el SCCP se usa para transportar mensajes DTAP y BSSMAP en la interfase A, asegurando el tránsito de mensajes orientados y no orientados a la conexión. Las conexiones pueden estar referidas a una estación móvil (MS) específico o a un radio canal.

Una conexión SCCP puede ser iniciada por un terminal móvil o por el MSC.

Esta conexión puede involucrar los siguientes protocolos:

- Desde el MS :

MM: requerimiento de servicio CM (Gestión de la Conexión)

RR: Respuesta a los pagings.

MM: Requerimiento de location update (actualización de ubicación).

MM: Requerimiento de re-establecimiento CM.

- Desde el MSC: Inicio de un handover externo (BSSMAP:handover request).

El MSC siempre gestiona toda conexión SCCP.

Nivel 3, basada en la recomendación GSM 08.08, contiene la aplicación del sistema de estaciones base (BSSAP). Este nivel tiene múltiples partes en el MSC:

La parte de aplicación móvil de gestión de estaciones base (BSSMAP), es la contraparte del protocolo RR en la Interfase Aire hacia el móvil.

La parte de aplicación de transferencia directa (DTAP), protocolo que transmite mensajes de CC (Call control) y MM (Mobility management) transparentemente a través del BSC y la BTS.

Unidad de Interfuncionamiento (IU)

Es una entidad funcional asociada con la central de conmutación móvil. Esta unidad es la encargada de proporcionar la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento del sistema GSM con las

redes fijas (RDSI, RTC, y RTPCP). Las funciones incluidas en esta unidad dependen por lo tanto de los servicios que se implementen y de las redes fijas a las que se conecten. Su principal cometido es convertir los protocolos utilizados en el sistema GSM a los utilizados en las redes fijas.

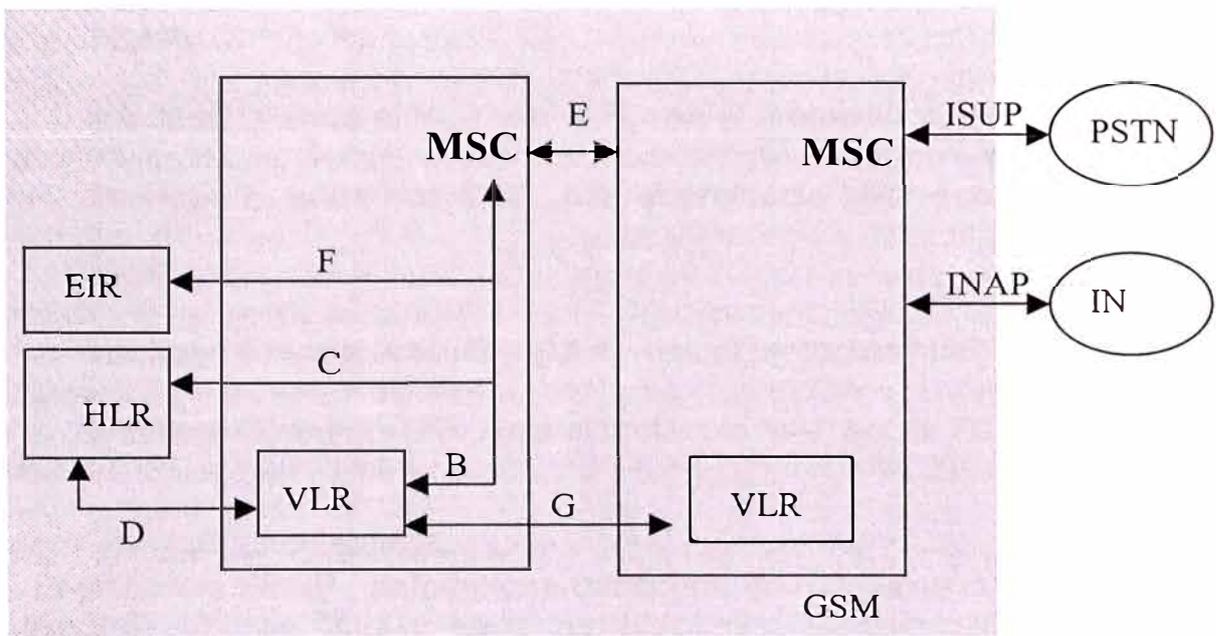


Figura C.7 Protocolos usados dentro del NSS

Todas las interfases que se conectan con el MSC están basadas en el protocolo CCS 7, las interfaces B, C, D, F y G están referidas a la parte de aplicación móvil MAP. Estas conectan el MSC con algunos registros, a los registros entre ellos mismos. La interfase E soporta también el MAP y las aplicaciones de Telefonía ISUP, esta última que conecta a los MSC entre sí y al MSC con otras redes ya sea la PSTN o redes inteligentes IN.

La siguiente lista , resume estas interfases y los protocolos usados en ellas:

- Interfase B, entre el MSC y el VLR , usa el protocolo MAP sobre TCAP.
- Interfase C, entre el MSC y el HLR, usa el protocolo MAP sobre TCAP.
- Interfase D, entre el HLR y el VLR, usa el protocolo MAP sobre TCAP.
- Interfase E, entre dos MSC, usa el protocolo MAP sobre TCAP y el ISUP.
- Interfase F, entre el MSC y el EIR, usa el protocolo MAP sobre TCAP.
- Interfase G, entre VLRs , usa el protocolo MAP sobre TCAP.

El protocolo SCCP , proporciona transporte de mensajes no orientados a la conexión desde y hacia bases de datos de la red de GSM para mensajería TCAP y MAP. Aquí distinguimos dos tipos de conexión vistos en el capítulo 2 del presente trabajo (Pag. 31 y 32):

- Control de llamada orientada a la conexión, relacionado al protocolo ISUP.
- Control de llamada no orientada a la conexión, en este punto es usado el MAP, permitiendo la implementación de funciones como la actualización de posición (location update), roaming , entrega de mensajes cortos SMS, handover, autenticación y enrutamiento de llamadas entrantes. El MAP usa a la parte de aplicación de capacidades de transacción (TCAP transaction capability application

part), para transferir en tiempo real información entre el MSC, HLR y VLRs).

Home Location Register (HLR)

Es una base de datos cuya misión es la gestión de los usuarios móviles. Una red GSM puede tener uno o varios HLR, dependiendo del número de usuarios móviles, de la capacidad del equipo y de la organización de la red. El HLR almacena dos tipos de información:

- La información de suscripción de los abonados.
- La información de localización de los abonados, permitiendo de esta forma la función de seguimiento es decir la actualización automática de la posición del móvil para que se le pueda encaminar las llamadas que reciba.

Todas las funciones de administración de los abonados se realizan sobre esta base de datos. La información de suscripción de un abonado consta de las siguientes partes:

- dos números de identificación: el identificativo internacional de la estación móvil IMSI y el número RDSI internacional de la estación MSISDN
- Servicios portadores y teleservicios que el usuario puede usar.
- Restricciones de servicios por ejemplo limitación de seguimiento.
- Servicios suplementarios que el usuario puede usar y las tablas de parámetros necesarios para dichos servicios.

- Características del equipo móvil utilizado por el usuario

Centro de autenticación (AUC)

Es una base de datos, que mantiene una copia de las llaves de seguridad almacenadas en las tarjetas SIM de los clientes, las cuales son usadas para autenticación y encriptación sobre el canal de radio. El AuC proporciona provee seguridad adicional contra el fraude. Normalmente se encuentra ubicado cerca del HLR dentro de una red GSM.

Registro de Identidad de Equipos (EIR)

El EIR es una base de datos que contiene una lista de las estaciones móviles válidas dentro de una red GSM, donde cada móvil está identificado con su IMEI (International mobile equipment identity) . El EIR contiene tres bases de datos:

- Lista blanca: para todos los equipos reconocidos como válidos.
- Lista negra: para equipos robados o que puedan causar daños a la red.
- Lista gris: para equipos que se encuentran en observación, por fallas técnicas.

Este registro es consultado cuando un móvil se registra en el sistema, o bien cuando realiza una llamada.

Visitor Location Register (VLR)

Contiene los datos de los móviles que se encuentran en su área de influencia, y toda la información necesaria para gestionar las llamadas

originadas o recibidas por los móviles registrados en su base de datos. Esta información incluye los siguientes elementos:

La identificación internacional de la estación móvil (IMSI)

El número RDSI internacional de la estación móvil (MSISDN)

El identificación temporal de la estación móvil (MSRN)

El identificación local de la estación móvil

El área de localización donde el móvil se ha registrado.

Esta información es intercambiada entre el HLR y el VLR. El VLR también puede contener los siguientes elementos: Parámetros de servicios suplementarios y características técnicas de los equipos móviles. Normalmente el VLR está integrado dentro del hardware del MSC.

Cuando una estación móvil aparece en un área de localización, lo primero que hace es iniciar un proceso de registro comunicando al MSC local su identidad. La MSC comunica este registro hacia su Registro de Posición Visitado (VLR). Si el móvil no estaba ya registrado en otra área de localización dependiente también del mismo VLR es necesario enviar también esta información hacia el HLR del móvil, para indicarle que actualice su posición, y encamine las llamadas recibidas hacia el área donde se encuentra actualmente el móvil.

Centro de Operación y mantenimiento (OMC)

Es un sistema de operación que se encarga de las funciones de explotación de una o varias entidades del sistema GSM. Por lo general los

operadores implementan un nodo de control centralizado, desde el cual manejan varios sino todos los OMCs del sistema, a esta red de gestión del mantenimiento se le denomina Network Management Subsystem (NMS).

C.4.2 Interfase Aire en GSM

En una red de comunicaciones móviles parte de la transmisión se realiza a través de enlaces PCM de 2Mbit/s y otra parte a través de enlaces de radiofrecuencia, está última usada para la comunicación de la estación móvil hacia la BTS y viceversa. La estación base es la encargada de adaptar esta información y enviarla a la red GSM a través de los enlaces PCM.

C.4.2.1 Asignación de frecuencias para GSM

Al sistema GSM se le asignaron las siguientes bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para su operación.

GSM 900 : 890 a 915 MHz para el Uplink (del móvil a la estación base)

935 a 960 MHz para el Downlink (de la estación base al móvil)

GSM 1800 (antes DCS-1800): 1710 a 1785 MHz para el Uplink

1805 a 1880 MHz para el Down link

GSM 1900 (antes PCS-1900): 1850 a 1910 MHz para el Uplink

1930 a 1990 MHz para el Downlink

Debido a que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado compartido por todos los usuarios, se han desarrollado métodos para el uso

óptimo de dicho recurso. GSM usa TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo) y FDMA (Acceso Múltiple por División de la Frecuencia).

C.4.2.2 Acceso al medio en GSM

Las frecuencias disponibles en GSM se dividen en dos bandas. El enlace de ascenso (Uplink) es para la transmisión del móvil, mientras que el enlace de descenso (Downlink) es para la transmisión de la radio base. La figura C.8 muestra parte de una de estas bandas. Cada banda se divide en ranuras de 200kHz (FDMA) denominadas ARFCN (Número de Canal de Frecuencia de Radio Absoluta). Al igual que dividimos la frecuencia, también segmentamos el tiempo. Cada ARFCN se divide entre 8 móviles, cada uno de los cuales la usa por turnos. Cada móvil usa la ARFCN para una TS (ranura de tiempo) y después espera su turno para regresar nuevamente. Los móviles obtienen el uso de la ARFCN una vez por trama TDMA.

La figura C.8 ilustra 4 TCH (Canales de Tráfico). Cada uno de los TCH usa un ARFCN y Ranura de Tiempo particular. Tres de los TCH están en la misma ARFCN, usando diferentes ranuras de tiempo. El cuarto TCH está en una ARFCN diferente. La combinación de un número de TS y una ARFCN se denomina “canal físico”.

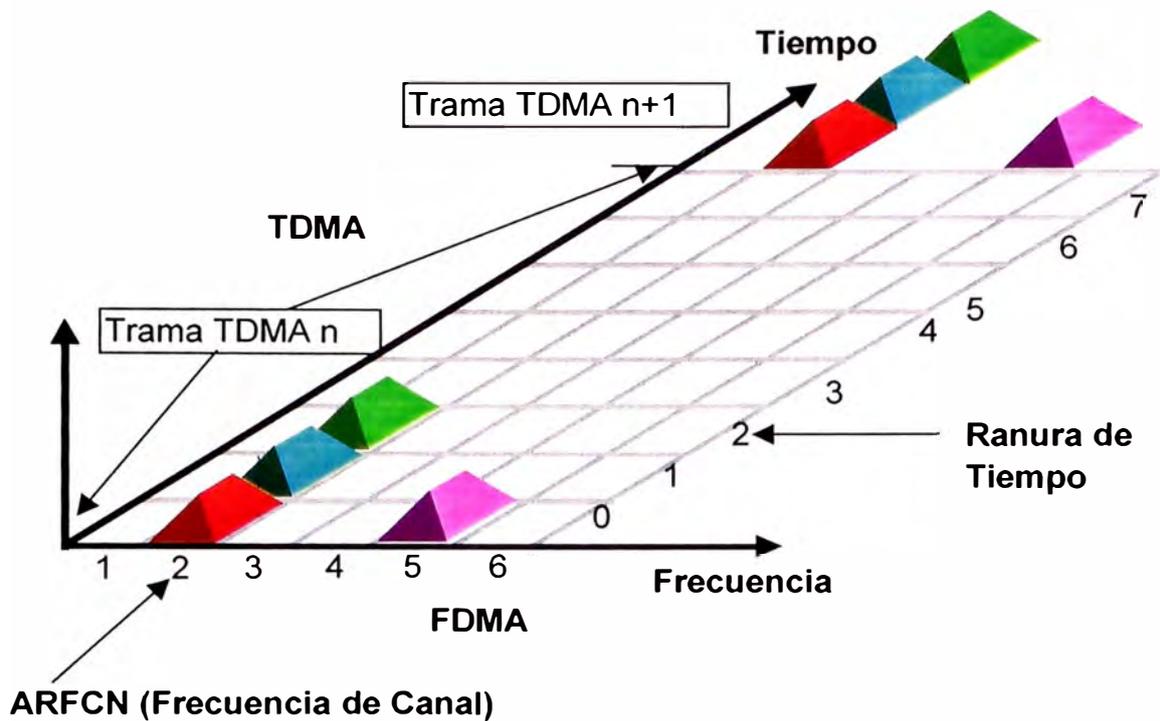


Figura C.8 Canales físicos usados en GSM.

No existe mucho espacio entre las ranuras de tiempo y las ARFCN. Es importante para el móvil o radio base transmitir sus impulsos TDMA exactamente en el momento correcto y con exactamente la frecuencia y amplitud correctas. Demasiado pronto o demasiado tarde y el impulso puede tener una colisión con un impulso adyacente. Un espectro de modulación mal controlado o espurio causará interferencia con una ARFCN adyacente.

C.4.2.3 Definición de la Trama TDMA

El unidad de tiempo fundamental en este esquema de TDMA es llamado el período de “Burst” , y demora aproximadamente 0.577 ms. Ocho períodos burst están agrupados en una “Trama TDMA” (aproximadamente 4.615 ms) , lo cual forma una unidad para la posterior definición de canales lógicos. La figura C.9 muestra la conformación de este período burst, en dos casos uno de tipo normal y otro usado para acceso:

- **Burst normal** : el cual usado por los canales de tráfico, y por los canales de lógicos que seran descritos más adelante.
- **Burst de acceso:** usado para enviar información en el canal de acceso aleatorio (RACH). Este burst contiene el menor número de bits. El propósito de este espacio libre extra, es medir la distancia entre el MS y el BTS al comienzo de una conexión. Estoe proceso determina un parámetro llamado “timing advance”, el cual asegura que los bursts de diferentes móviles lleguen en el tiempo correcto, aún cuando las distancias entre varios MSs y la BTS sean distintas. Este proceso es ejecutado en el primer requerimiento de acceso y después de un handover. La máxima distancia teórica permitida entre el BTS y el MS es de 35 Km.

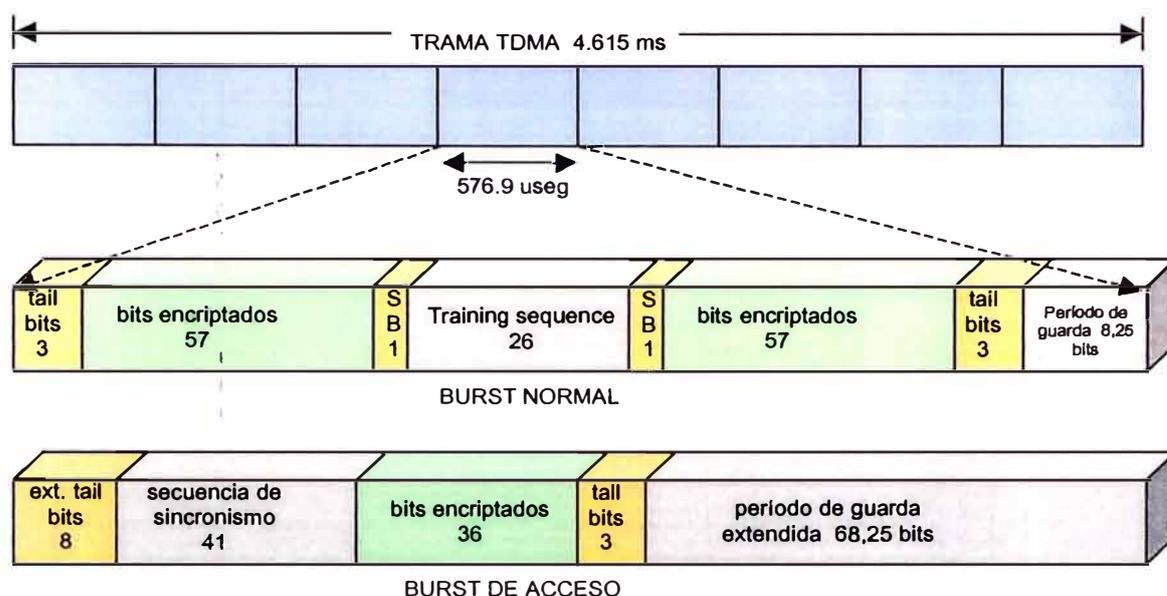


Figura C.9 Burst normal y de acceso

C.4.2.4 Canales lógicos en GSM

Los canales lógicos son el contenido funcional de los llamados canales físicos, analizados anteriormente. En GSM los canales lógicos pueden ser divididos en dos tipos: canales dedicados y canales comunes. Los canales comunes son aquellos usados para difundir (broadcasting) información hacia los móviles (MS), así como para establecer el control de los canales de señalización entre el MSC/VLR y el MS. Los canales dedicados son aquellos usados para facilitar la comunicación entre el móvil y la BTS, BSC y el MSC/VLR. Los canales de tráfico también son considerados canales dedicados. La figura C.10 muestra esta clasificación en forma esquemática.

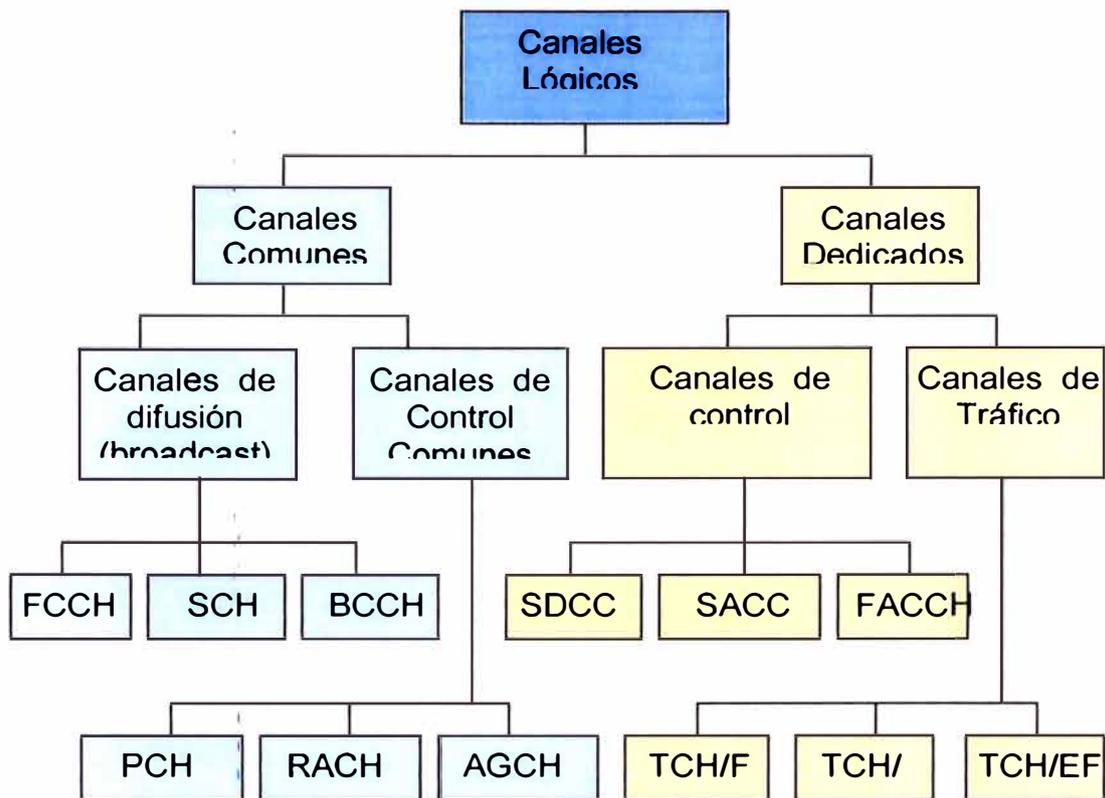


Figura C.10 Canales lógicos.

Los canales lógicos son puestos en diferentes time slots de la trama TDMA, tal como muestra la figura C.11, dependiendo si son comunes usados por varios móviles (en azul) o si son dedicados a cierto móvil en conexión con una llamada (en amarillo).

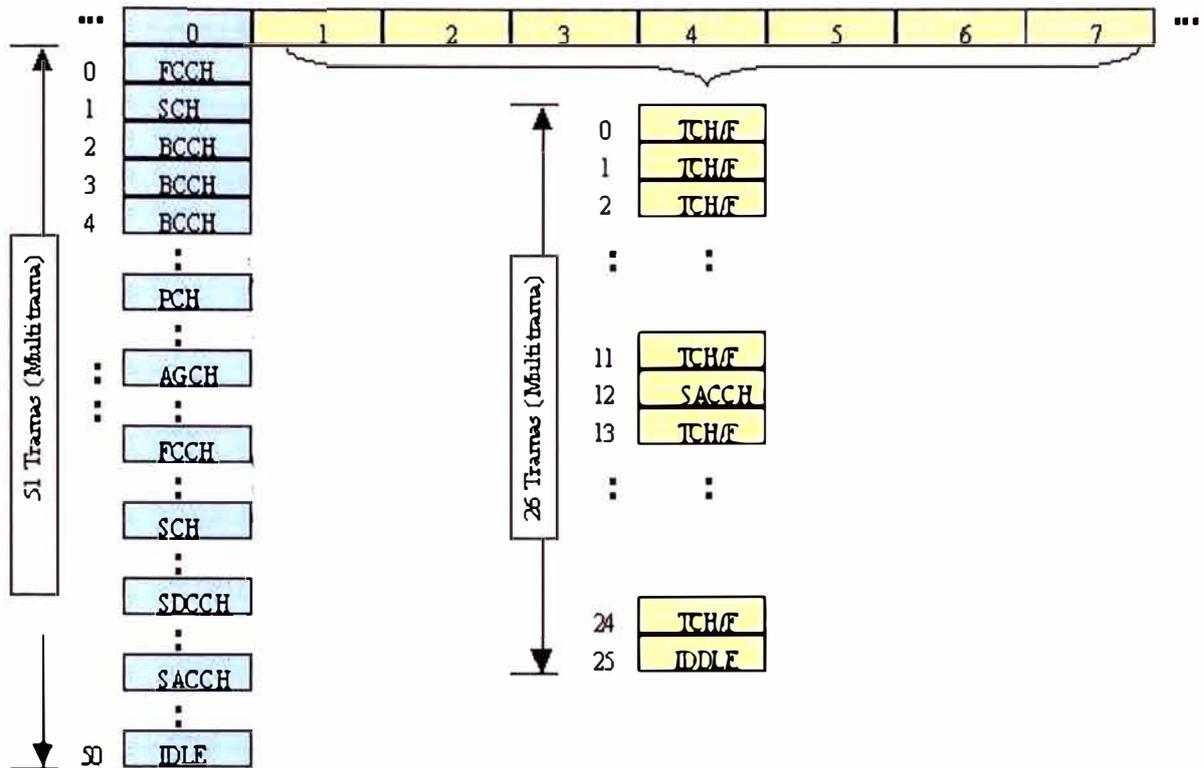


Figura C.11 Tramas TDMA con canales comunes y dedicados.

El único canal dedicado que se encuentra en la columna azul es el SDCCH. Este es usado para señalización del sistema durante los períodos libres (IDLE) y también para establecimientos de llamada antes de que un canal de tráfico sea tomado. Los canales dedicados y comunes son agrupados en multitramas (multiframe). Los canales comunes son agrupados en grupos de 51 tramas TDMA y los canales dedicados en grupos de 26 tramas TDMA. Esta organización permite recibir y decodificar canales comunes a lo largo de (pero en forma independiente de) los canales dedicados en modo ocupados. Multiplicando 51 por 26, concluimos que cualquier número de trama TDMA coincidirá en ambas multitramas cada

Frecuencias usada en la celda y en las celdas vecinas.

Secuencia de salto de Frecuencia (Frequency Hopping), este método es usado para reducir los efectos negativos de la interfase aire, los cuales algunas veces resultan en pérdida de la información transmitida, básicamente consiste en que el móvil pueda transmitir información a diferentes frecuencias dentro de una celda. El orden en el cual el móvil debe cambiar de frecuencias dentro de una celda se llama "Frequency Hopping Sequence". Implementar esta facilidad en una celda es opcional.

Combinación de canales, como mencionamos anteriormente, existe un total de 12 canales lógicos. Todos los canales lógicos, excepto los canales de tráfico, son configurados en el time slot 0 o time slot 1 del TRX broadcast. La combinación de canales informa al móvil del mapeo de estos canales en una celda en particular.

Paging Groups, normalmente hay más de un canal de paging en una celda. Para prevenir al móvil de escuchar a todos los canales de paging, estos son divididos tal que sólo un grupo de móviles escucharán a un canal de paging en particular.

Información de celdas vecinas, una estación móvil tiene que conocer que celdas son las vecinas de la que actualmente escucha y que frecuencias le pertenecen a estas. Esto es útil para los casos en que el móvil tenga que moverse hacia una de estas celdas, y tenga que medir el nivel de señal de estas y reportar esta información al BSC, proceso previo para completar un handover.

C.4.2.4.2 Canales de control comunes

Son usados para establecer conexiones punto a punto. Existen tres tipos de canales de control comunes:

Paging Channel (PCH) , el canal de paging o de búsqueda es un canal en downlink que es difundido por todas la BTSs de una área de localización (location area) cuando se quiere terminar una llamada en un móvil.

- **Random Acces Channel (RACH)**, el canal de acceso aleatorio es el único canal de uplink y el primer canal punto a punto dentro de los canales comunes. Es usado por un móvil para iniciar una transacción, o para responder a un paging channel.

Acces Grant Channel (AGCH), este canal es la respuesta al canal RACH. Es usado para asignar a un móvil un canal de control dedicado stand alone (SDCCH, stand-alone Dedicated Control Channel). Es un canal downlink de conexión punto a punto.

C.4.2.4.3 Canales de control dedicados

Existen tres canales dedicados, estos son usados para establecimiento de llamadas, envío de mediciones y handover. Estos canales son bidireccionales y punto a punto :

- **Stand alone Dedicated Control Channel (SDCCH)**, canal de control dedicado, usado para señalización del sistema: establecimiento de llamadas, autenticación, location update, asignación de canales de tráfico y transmisión de short messages (mensajes de texto cortos).

- **Slow Associated Control Channel (SACCH)**, canal lento de control asociado, se encuentra relacionado a cada SDDCH y canal de tráfico (TCH), transmite reportes de medición y también es usado para el control de potencia, alineación de tiempo y en para el envío de SMS (mensajes cortos de texto) dentro de una llamada.
- **Fast Associated Control Channel (FACCH)**, este canal de control es usado cuando se requiere de un handover , está mapeado dentro de un TCH y reemplaza 20 ms de voz.

C.4.2.4.4 Canales de tráfico (TCH Traffic Channels)

Los canales de tráfico son canales lógicos que transmiten voz o datos del usuario. Pueden ser de half rate (media razón) con una tasa de codificación de 5,6Kbit/s o full rate (razón completa) con una tasa de 13 Kbit/s. Otra forma existente de canal de tráfico es el llamado Enhanced Full rate (EFR), o tasa completa mejorada, que también se da 13 Kbit/s pero el mecanismo de codificación es diferente al full rate normal, proporcionando una mejor calidad de voz. Los canales de tráfico son bidireccionales.

C.4.2.5 Modulación 0.3 GMSK

GSM usa un formato de modulación digital llamado 0.3GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). El 0.3 describe el ancho de banda del filtro Gaussiano con relación a la velocidad de bits.

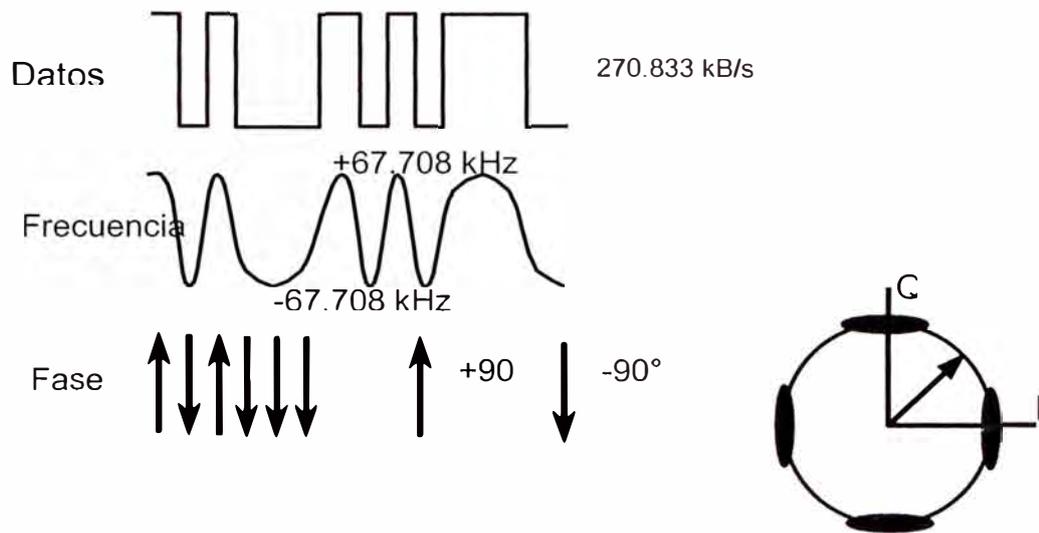


Figura C.12 Modulación 0.3 GMSK

GMSK es un tipo especial de modulación FM digital. Los unos y ceros se representan cambiando la portadora de RF en más o menos 67.708kHz. Las técnicas de modulación que emplean dos frecuencias para representar unos y ceros se denotan como FSK (Frequency Shift Keying). En el caso de GSM, la velocidad de datos de 270.833kbit/seg se selecciona para ser exactamente cuatro veces el cambio de frecuencia de RF. Esto tiene el efecto de minimizar el espectro de modulación y mejorar la eficiencia del canal. La modulación FSK, en donde la velocidad de bits es exactamente cuatro veces el cambio de frecuencia se denomina MSK (Minimum Shift Keying). El espectro de modulación se reduce aún más aplicando un filtro Gaussiano de premodulación. Esto frena las rápidas transiciones de

frecuencia que de lo contrario dispersarían la energía hacia los canales adyacentes.

0.3GMSK no es una modulación de fase. La información no es transportada por estados de fase absoluta, como en QPSK por ejemplo. Es el cambio de frecuencia, o cambio de estado de fase lo que transfiere la información. Sin embargo, en ocasiones resulta útil tratar de visualizar a GMSK en un diagrama I/Q. Sin el filtro Gaussiano, si un flujo constante de 1's está siendo transmitido, MSK permanecerá efectivamente 67.708kHz sobre la frecuencia central de la portadora. Si la frecuencia central de la portadora se toma como una referencia de fase estacionaria, la señal de +67.708kHz causará un aumento constante de fase. La fase girará +360 grados a una velocidad de 67,708 revoluciones por segundo.

En un periodo de un bit ($1/270.833\text{kHz}$) la fase avanzará una cuarta parte de la distancia alrededor del diagrama I/Q o 90 grados. Los unos se ven como un aumento de fase de 90 grados. Dos unos causan un aumento de fase de 180 grados; tres unos 270 grados y así sucesivamente. Los ceros causan el mismo cambio de fase en la dirección opuesta. La adición del filtro Gaussiano no afecta esta transición promedio de 90 grados para unos y ceros. Dado que el cambio de velocidad de bits y de frecuencia están asociados por un factor de 4, la filtración no puede afectar las relaciones de fase promedio. La filtración no disminuye la rapidez de cambio de velocidad de fase (la aceleración de la fase). Cuando se aplica la filtración Gaussiana, la fase realiza cambios de dirección más lentos, pero

puede adquirir velocidades pico más elevadas para alcanzar nuevamente su posición. Sin la filtración Gaussiana, la fase realiza cambios instantáneos de dirección, pero se mueve a una velocidad constante.

La trayectoria exacta de la fase es controlada muy estrechamente. Los radios GSM necesitan utilizar filtros digitales y moduladores de señales I/Q o FM digital para generar con precisión la trayectoria correcta. La especificación GSM no permite más de 5 grados rms y 20 grados de desviación pico a partir de la trayectoria ideal.

C.4.2.6 Niveles de Potencia de Tx

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

Todos los móviles GSM pueden controlar su potencia de salida en etapas de 2dB. La radio base dirige al móvil a un Nivel MS TX particular (nivel de potencia). El móvil GSM900 tiene una potencia máxima de 8W (las especificaciones permiten hasta 20W, pero a la fecha no existen móviles de 20W). Los móviles GSM1900 tienen una potencia máxima de 1W. En consecuencia, las celdas GSM1900 necesitan ser más pequeñas.

C.5 Características adicionales del Sistema GSM

C.5.1 Principio de autenticación

Autenticación es un procedimiento usado para verificar la validez y la integridad de los datos de un suscriptor. Con la ayuda del procedimiento de autenticación el operador previene el uso de tarjetas SIM falsas en la red. El proceso de autenticación está basado en una llave de autenticación Ki, que es asignado a cada suscriptor cuando sus datos son cargados en el HLR. El proceso de autenticación verifica que el Ki sea exactamente el mismo en el lado del suscriptor y en el lado de la red.

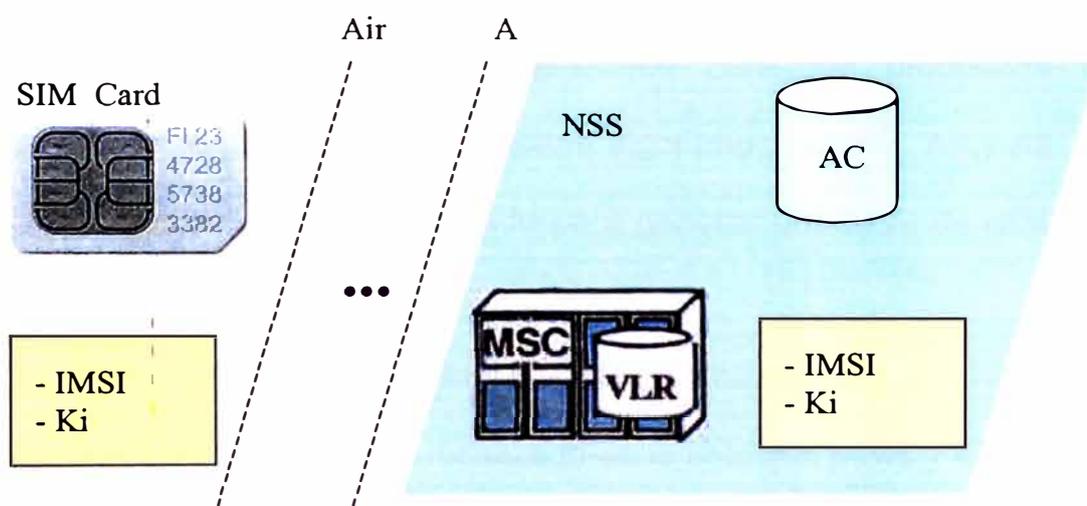


Figura C.13 Autenticación

La autenticación es aplicada por el VLR en el inicio de cada establecimiento de llamada, en cada "location update" (actualización de localización) y en las terminaciones de llamadas (en el lado del suscriptor llamado). Para realizar la autenticación, el VLR necesita de información

básica de autenticación. Si se le pide al MS que envíe su Ki a través del aire, se perdería la seguridad que se quiere proporcionar. Para evitar esto el Ki es procesado por un número aleatorio con un algoritmo "one way" (de un solo sentido), llamado "A3" , luego el "resultado" de este proceso es enviado a la red. Debido al tipo de algoritmo A3, es fácil lograr el "resultado" basándose en el Ki, y un número aleatorio, pero es prácticamente imposible obtener el Ki, basándose en el "resultado" y el número aleatorio, de aquí el nombre de algoritmo one way.

Algoritmos de seguridad

El sistema GSM usa tres algoritmos para los propósitos de autenticación y cifrado (encriptación). Estos algoritmos son A3, A5 y A8. A3 es usado en autenticación, A8 es usado para generar una llave de cifrado y A5 es usado para cifrado.

Los algoritmos A3 y A8 se encuentran en la tarjeta SIM y en el centro de autenticación (AC). El A5 esta localizado en la estación móvil y en el BTS. Antes que un operador empiece a usar las funciones de seguridad, el suscriptor móvil es creado en el centro de autenticación. Cuando se crea un suscriptor es necesaria la información siguiente: IMSI y Ki del suscriptor y la versión del algoritmo usado.

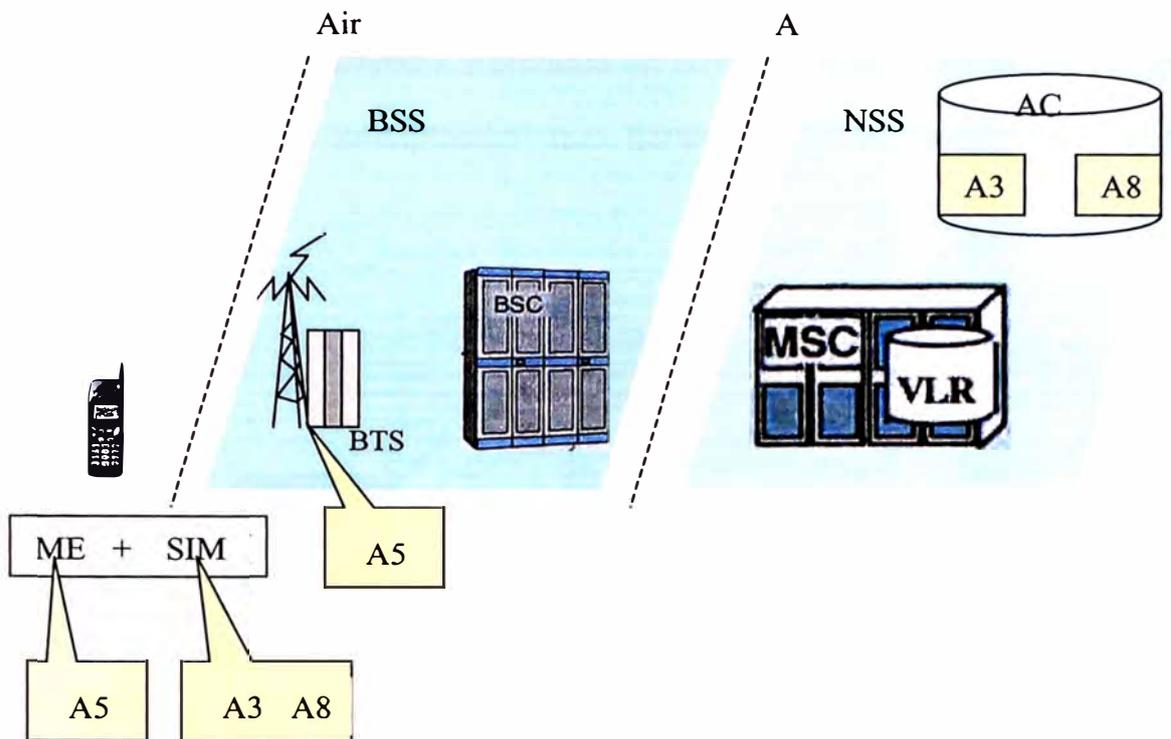


Figura C.14 Algoritmos de seguridad

La misma información es almacenada también en la tarjeta SIM del suscriptor. El principio básico de las funciones de seguridad de GSM es comparar los datos almacenados por la red con los datos almacenados en la SIM. El número IMSI es la única identificación del suscriptor móvil. El Ki es una llave de autenticación de 32 dígitos hexadecimales. Los algoritmos A3 y A8 usan estos dígitos como un valor básico en la autenticación. El centro de autenticación genera información que puede ser usada para todos los propósitos de seguridad durante una transacción. Esta información es llamada el triplete de autenticación, que consiste en los siguientes números: RAND, SRES y Kc.

RAND es un número aleatorio (Random), SRES (Signed Response) es el resultado que el algoritmo A3 produce en base a cierta información (Ki). El Kc es la "llave de encriptación" que genera el A8 basándose en cierta información (Ki).

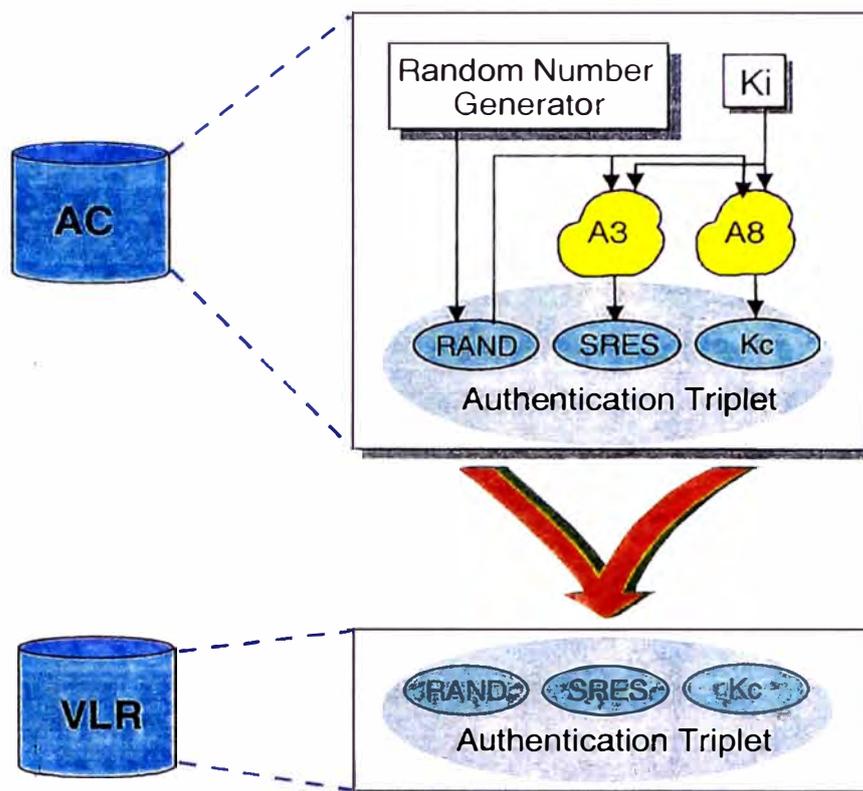


Figura C.15 Triplete de autenticación

Todos los valores incluidos en el triplete de autenticación dependen uno de otro, esto es, un número RAND insertado al algoritmo A3 y A8 con un cierto Ki siempre produce un SRES y un cierto Kc. Cuando el VLR tiene esta combinación de tres valores y se inicia el procedimiento de autenticación del suscriptor móvil, el VR envía el número RAND a través del BSS hacia el SIM

en la estación móvil (MS). Como la tarjeta SIM tiene (o debería tener) exactamente los mismos algoritmos usados en el AC, el RAND recibido debe producir exactamente el mismo SRES y Kc producido por el AC.

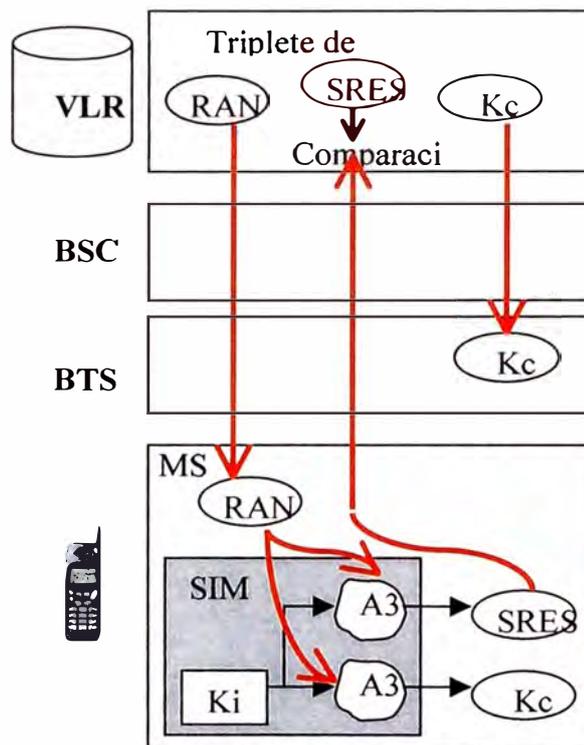


Figura C.16 Procedimiento de autenticación

Si el valor SRES en el triplete de autenticación es el mismo que el SRES calculado y enviado por el móvil, entonces el procedimiento de autenticación ha sido exitosa.

Encriptación de voz

La encriptación de voz (ciphering) es usada a través de la interfase Aire, para proveer encriptación de tráfico y de señalización. Cuando el procedimiento de autenticación ha sido completado exitosamente, la BTS y

la estación móvil (MS) están listos para empezar el procedimiento de encriptación. La voz del usuario y la llave de encriptación K_c , son procesadas por el algoritmo de encriptación A5, los cuales producen la señal de voz encriptada.

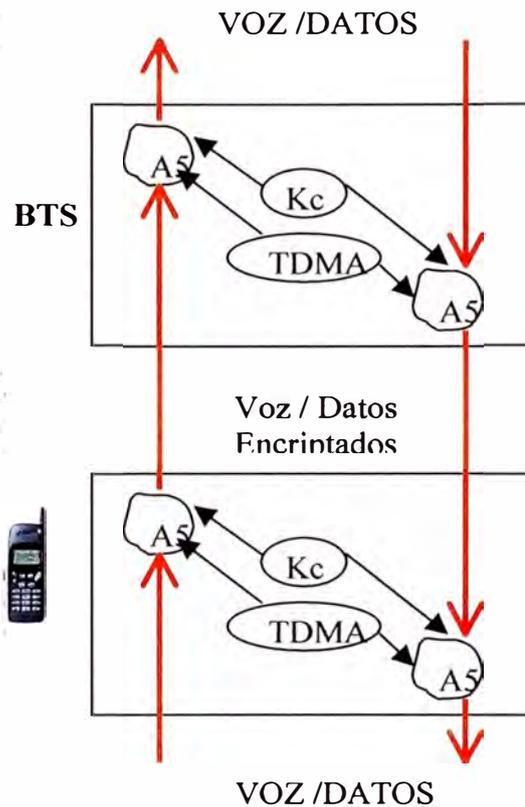


Figura C.17 Encriptación de la voz

C.5.2 Alineamiento adaptivo de trama (Adaptive Frame Alignment)

En el sistema GSM como en la mayoría de los sistemas celulares, el MS obtiene su temporización de las señales recibidas de la BTS. Cuando el MS requiere enviar información a la BTS lo hace a través de ráfagas (bursts), estos bursts deben llegar a la estación base en el momento exacto

del time slot asignado para la comunicación del móvil. No obstante dado que la temporización depende de lo que tarde en propagarse la señal, y que esto depende de la distancia entre la BTS y MS, la información podría llegar retrasada y podría superponerse a la información de otro time slot, por lo tanto deben tomarse medidas para evitar este problema.

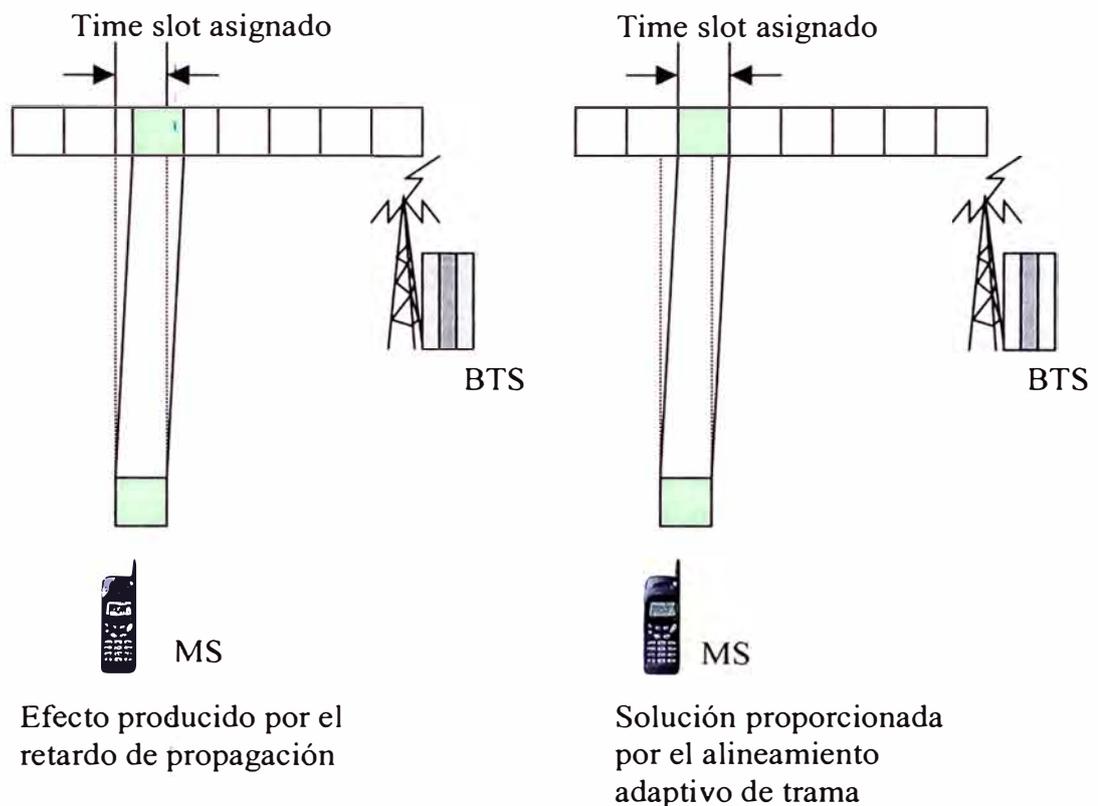


Figura C.18 Alineamiento adaptivo de trama

La BTS determina el adelanto en la temporización en transmisión que el móvil debe tener para que sus burst lleguen en el intervalo de tiempo correcto. Este adelanto de temporización es inicialmente calculado por la BTS sobre la base del burst de acceso recibido en RACH (que tiene un período de guarda de 68,25 bits o 252 usg) y puede ser de 0 a 63 períodos

de bit de avance lo que equivale a una separación máxima de 35 km. La BTS controla en modo de operación normal con TCH establecido, el retraso de la señal procedente del MS, enviando órdenes de corrección en el SACCH y logrando que el error del retardo sea menor que 2 usg (aproximadamente medio período de bit). Para células de radio mayor que 35 Km hay un procedimiento especial establecido que permite realizar esta función en células de hasta 120 Km.

C.5.3 Handover

El móvil (MS) tienen establecido el proceso de comunicación con la BTS que le proporciona mejor enlace. Como el MS se mueve, la BTS con la que existe el mejor enlace varía, por lo que el MS debe ser reasignado a una nueva BTS y su llamada re-enrutada adecuadamente. Esta necesidad es solucionada por el proceso de handover que determina la asignación de MS o de BTS y que por tanto determina el tamaño de las células mediante los valores de umbrales de decisión de asignación utilizados y determina la calidad del enlace radioeléctrico. Para controlar el proceso de handover el sistema ha de poseer información de la calidad del enlace radioeléctrico existente y el de los enlaces alternativos de las BTS circundantes.

Los móviles tan sólo están activos en 2 de los 8 intervalos de tiempo de una trama por tanto tienen la habilidad de, en los 6 restantes, explorar las transmisiones del BCCH de las BTS circundantes. Las portadoras de radiofrecuencia de BBCH son medidas secuencialmente y promediadas durante un bloque SACCH (480 msg). Una vez que tiene la información de

calidad de su enlace con la BTS utilizada y con las circundantes transmite a la red la información de las 6 BTS con mayor intensidad de señal recibida (a través de su BTS), donde es tomada la decisión de handover.

C.5.4 Transmisión discontinua

Como la mayoría de las comunicaciones en sistemas móviles son de voz y estas son realmente activas menos de la mitad del tiempo, GSM usa la transmisión discontinua (DTX) apoyándose en detectores de actividad vocal (VAD) transmitiendo aquellos tramos de voz que son consideradas como que contienen nuestra voz activa. Esto conlleva dos ventajas: la señal cocanal interferente se reduce a 3 db de media y la duración de la batería del MS se amplía considerablemente.

Los intervalos en los que no se transmite voz se rellenan mediante ruido confortable. El algoritmo para extraerlo es enviado periódicamente en los períodos de silencio, en tramas de identificación de silencio (SID) al extremo receptor de la comunicación. La opción DTX es obligatoria para los MS y optativa para las BTS. Por otro lado la recepción discontinua implica que los MS están diseñados para tener activados los receptores sólo cuando es necesario.

Esto puede ser llevado a cabo ya que el canal de búsqueda (PCH) en CCCH (BTS -> MS) está organizado de forma que el MS sólo necesita escuchar un pequeño subconjunto de todas las tramas PCH.

C.5.5 Frequency Hopping (salto de frecuencias)

La propagación en sistemas móviles en el que se da multitrayecto produce un desvanecimiento en la señal recibida muy característico. Este efecto negativo se corrige en parte, mediante el salto lento en frecuencia. La secuencia de burst que forman el TCH son asignadas cíclicamente a diferentes frecuencias definidas para una BTS. Las señales de temporización disponibles en la BTS y en el MS son usadas para mantener transmisores y receptores en sincronismos dentro de una secuencia de salto en frecuencia definida.

Una ventaja adicional del frequency hopping es que la interferencia cocanal está más dispersa entre todas las MS ya que todas las MS pasarían por la frecuencia en la que existe la interferencia cocanal, siendo todas ligeramente afectadas pero ninguna de forma continua, como ocurriría en el caso de no existir el frequency hopping. En el sistema GSM la duración de cada salto coincide con el de la trama TDM (4,616 ms). Por tanto la frecuencia de salto es de 217 saltos /sg.

C.5.6 Location Update (Actualización de localización)

La red GSM necesita tener registrado en su sistema la ubicación de todos las estaciones móviles (MS), esto con la finalidad de poder dirigir el paging o búsqueda de un determinado móvil en una zona determinada y no en toda la red, cuando ingrese una llamada hacia dicho móvil. En la práctica existen tres tipos de location update.

Registración de localización (al encender el terminal).

Location update genérico

Location update periódico.

La registraci3n de localizaci3n tiene lugar cuando un m3vil es encendido. Esto es conocido como "IMSI attach" , por que tan pronto la estaci3n m3vil es encendida, esta informa al VLR que esta en servicio y lista para recibir llamadas. Como resultado de esta registraci3n exitosa, la red le envía dos n3meros que son almacenados en la tarjeta SIM de la estaci3n m3vil. Estos dos n3meros son el LAI, Location Area Identity (Identidad de 3rea de localizaci3n) y el TMSI Temporary Mobile Subscriber Identity (Identidad temporal del suscriptor m3vil). La red envía el LAI vía el canal de control de la interfase Aire. El TMSI es usado para prop3sitos de seguridad, por lo tanto el IMSI de un suscriptor no tiene que ser transmitido sobre la interfase Aire. El TMSI es una identidad temporal, la cual regularmente es cambiada. La identidad LAI es un n3mero global 3nico, el c3digo de 3rea de localizaci3n (LAC, Location Area Code) es unico s3lo en una red en particular.

Cada vez que el m3vil recibe datos a trav3s de los canales de control, este lee el LAI y lo compara con el LAI almacenado en su tarjeta SIM. Si estos valores son diferentes, se realiza un "location update genérico" con el MSC/VLR que ha enviado los datos de localizaci3n. El m3vil envía un mensaje de requerimiento de canal, el cual contiene el IMSI/TMSI y el LAI almacenados en su SIM card. Cuando el MSC/VLR nuevo recibe este

requerimiento, lee el LAI que identifica al antiguo MSC/VLR, luego realiza una conexión con este MSC/VLR y el IMSI es transferido del MSC/VLR antiguo al nuevo. Con este IMSI, el nuevo MSC/VLR solicita los datos del suscriptor al HLR y luego actualiza el VLR y el HLR después de realizar la autenticación correspondiente.

El location update periódico es ejecutado cuando la red no recibe ningún requerimiento de location update desde el móvil, esta situación se da cuando un móvil es encendido pero no lleva a cabo ninguna actividad ni transacción. Un temporizador controla los updates periódicos, este valor de temporización es enviado a los móviles via broadcast, cada vez que se cumpla este temporizador el móvil generará un location update request hacia el VLR, de no hacerlo la red tomará su localización como desconocida asumiendo que el móvil se ha apagado o ha quedado fuera de cobertura.

C.5.7 Call Setup

A continuación se muestra el proceso resumido de una llamada originada en la red pública hacia una estación móvil, los detalles de cada uno de los pasos tienen que ver con todos los puntos anteriormente descritos.

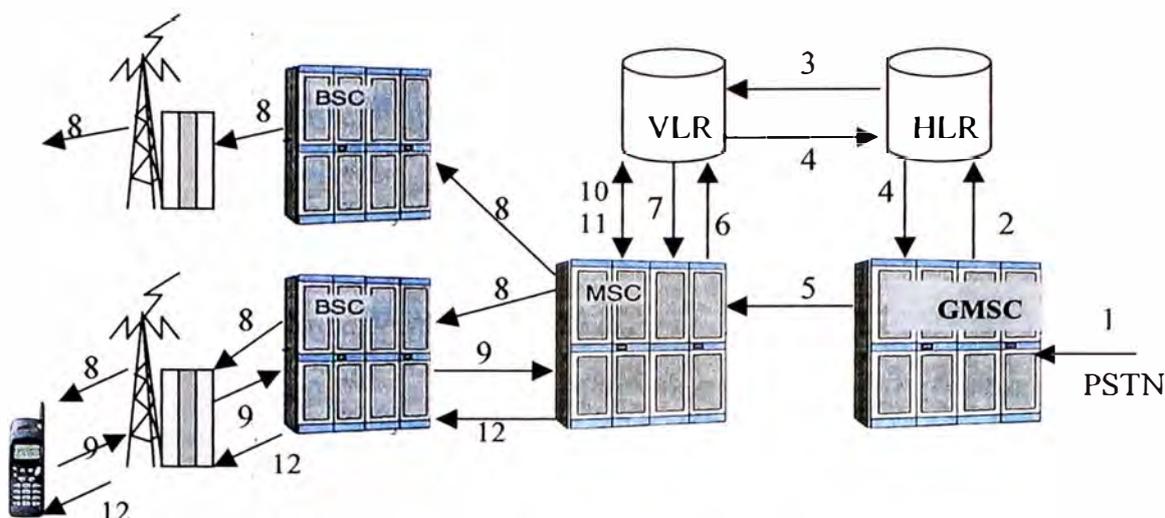


Figura C.19 Establecimiento de una llamada GSM

- 1) La llamada proveniente de la red pública (PSTN), llega a la central MSC Gateway.
- 2) El MSC gateway analiza el IMSI del número llamado y determina que HLR debe ser consultado para enrutar correctamente la llamada, una vez determinado el HLR el MSC gateway realiza una consulta al HLR sobre la condición del abonado llamado.
- 3) El HLR verifica la validez del abonado llamado en su base de datos, luego consulta al VLR que figura en su base de datos como el último en que se encuentra el móvil.
- 4) El VLR envía el número temporal MSRN (Mobile Station Roaming Number) de regreso al GMSC.
- 5) El GMSC enruta la llamada hacia el MSC correspondiente.
- 6) El VLR es consultado sobre los datos de ubicación del móvil.

- 7) Si el móvil está activo y alcanzable se gestiona una llamada hacia él.
- 8) El MSC gestiona una llamada hacia el móvil (paging) en toda la zona controlada por el VLR.
- 9) El móvil contesta al paging.
- 10) Se ejecutan los procesos de seguridad necesarios.
- 11) Si todos los procesos de seguridad se cumplen el VLR indica al MSC que puede establecer un camino de comunicación con el móvil.
- 12) El MSC establece la conexión entre el móvil y el circuito con la PSTN.

C.6 Diferencias entre GSM900, GSM 1800 y GSM 1900

GSM900 es el sistema GSM original, utilizando frecuencias en la banda de 900 MHz y diseñado para una operación celular de área amplia. Móviles con potencia de salida entre 1 y 8W son típicos. DCS1800 (ahora llamado GSM 1800) es una adaptación de GSM900. El término GSM puede emplearse en forma colectiva para describir los estándares GSM900 y DCS1800. La creación de DCS1800 involucró ampliar las bandas asignadas a GSM y moverlas hasta 1.8 GHz. El estándar DCS1800 fue creado para permitir la formación de PCNs (Redes de Comunicaciones Personales), aumentando la competencia en la industria de las comunicaciones celulares. Para evitar confusiones, los números de canal (ARFCN) usados para DCS van del 512 al 885. Los canales GSM900 van del 1 al 124. Con la asignación de frecuencias más amplias, que conduce a un mayor número de canales, DCS1800 puede manejar mayores densidades de usuarios. Los

móviles DCS1800 también están diseñados para menores potencias de salida (hasta 1W); por lo que los tamaños de celda tienen que ser menores, lo que significa densidades aún mayores. En todos los demás aspectos, GSM900 y DCS1800 (GSM 1800) son iguales.

Las especificaciones GSM fase II (un estándar revisado y reescrito) acercan todavía más a los dos sistemas. GSM900 obtiene ancho de banda y canales adicionales, denominándose E-GSM (GSM de banda extendida) y menores niveles de control de potencia para los móviles, permitiendo la operación de microceldas. Estas dos características permiten mayores densidades de usuarios en los sistemas GSM.

La Fase II también establece provisiones para la adición de nuevos servicios en GSM y DCS1800. La adición de servicios específicos como datos, fax y operación en modo dual está definido actualmente en lo que se conoce como Fase II+.

En los Estados Unidos se han liberado bandas alrededor de los 2 GHz para un PCS (Sistema de Comunicaciones Personales). A diferencia de Europa y el Lejano Oriente, los licenciarios del PCS no se verán forzados a utilizar ninguna tecnología de radio en particular. Los tres principales contendientes son GSM, CDMA y TDMA IS-136, todos los cuales tendrán probablemente cobertura nacional. La rápida disponibilidad de equipos y experiencia GSM ha convertido a GSM a 1.9GHz en una opción muy atractiva para muchos operadores. Los operadores de PCS1900 se han reunido para formar el Grupo de Interés de Norte América y contribuir al

desarrollo de GSM. Las siete compañías son: American Personal Communications (APC), American Portable Telecom, Bell South Personal Communications, Intercel, Omnipoint, Pacific Bell Mobile Services y Western Wireless Co. Muchos de los grandes fabricantes de GSM también están apoyando a PCS1900 incluyendo Nokia, Ericsson, Matra, AEG y Northern Telecom. En términos técnicos, PCS1900 es idéntico a DCS1800 con excepción de la asignación de frecuencia y los niveles de potencia. El primer sistema PCS comercial fue lanzado por APC, bajo el nombre de Sprint Spectrum el 15 de noviembre de 1995, basado en PCS1900. La mayoría de las licencias PCS de los Estados Unidos han entrado en operación durante los últimos años. La siguiente tabla muestra las similitudes y diferencias entre los estándares descritos.

| | Fase 1 GSM900 | Fase 2 GSM900 | Fase 1 DCS1800 | Fase 2 DCS1800 | PCS1900 |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| Enlace de Ascenso | 890 a 915MHz | 880 a 915MHz | 1710 a 1785MHz | 1710 a 1785MHz | 1850 a 1910MHz |
| Enlace de Descenso | 935 a 960MHz | 925 a 960MHz | 1805 a 1880MHz | 1805 a 1880MHz | 1930 a 1990MHz |
| Rango ARFCN | 1 a 124 | 0 a 124 y | 512 a 885 | 512 a 885 | 512 a 810 |
| Espacio TX/RX (Frec.) | 45MHz | 45MHz | 95MHz | 95MHz | 80MHz |
| Espacio TX/RX (Tiempo) | 3 ranuras de tiempo | 3 ranuras de tiempo | 3 ranuras de tiempo | 3 ranuras de tiempo | 3 ranuras de tiempo |
| Velocidad Modulación de Datos | 270.833 kbit/s | 270.833 kbit/s | 270.833 kbit/s | 270.833 kbit/s | 270.833 kbit/s |
| Periodo de Trama | 4.615ms | 4.615ms | 4.615ms | 4.615ms | 4.615ms |

| | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| Periodos de Ranura de Tiempo | 576.9µs | 576.9µs | 576.9µs | 576.9µs | 576.9µs |
| Periodo de Bits | 3.692µs | 3.692µs | 3.692µs | 3.692µs | 3.692µs |
| Modulación | 0.3GMSK | 0.3GMSK | 0.3GMSK | 0.3GMSK | 0.3GMSK |
| Espaciado de Canal | 200kHz | 200kHz | 200kHz | 200kHz | 200kHz |
| Múltiplex TDMA | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Potencia Máxima MS | 20W (8W máximo en uso) | 8W | 1W | 4W | 2W |
| Potencia Mínima MS | 13dBm | 5dBm | 0dBm | 0dBm | 0dBm |
| Etapas Control Potencia MS | 0 a 15 | 2 a 19 | 0 a 13 | 0 a 15 | 30,31,0 a 15 |
| Velocidad Bits Codificador de Voz | 13kbit/s | 13kbit/s, | 13kbit/s 5.6kBit/s | 13kbit/s, | 13kbit/s 5.6kBit/s |

Tabla C.1 Detalles de la interfase Aire de GSM

C.7 General Packet Radio Service (GPRS) y 3G

El servicio general por paquetes de radio GPRS, da un enlace directo entre el mundo de Internet y el mundo de las comunicaciones móviles. GPRS es diferente a los primeros servicios de transmisión de datos de GSM. Primero que permite al usuario tener la misma experiencia que tiene cuando se conecta a una red local LAN desde su oficina. Primero que el móvil no tiene que conectarse a una red cada vez que quiere transferir datos, el puede permanecer conectado todo el día. Segundo que GPRS permite facturar al cliente por la cantidad de datos que él transfiere, esto permite el desarrollo de una nueva gama de aplicaciones móviles.

Con velocidades de transmisión de datos mucho mayores provistas por GPRS, el usuario final podrá hacer downloads de manera más rápida, aplicaciones que antes no eran posibles ahora si podran ser usadas, y todas la atracciones de los servicios de datos se verán incrementadas.

GPRS traerá para los operadores el uso eficiente de los recursos existentes, permitiendo subir o bajar las velocidades de transmisión de datos según estén disponibles sus recursos de radio. Con la finalidad de ofrecer el servicio de datos por conmutación de paquetes, tienen que haber algunas modificaciones en la arquitectura de la red GSM. Los paquetes de datos son manejados con la ayuda de dos nuevos elementos de red.

SGSN (Serving GPRS Support Node)

GGSN (Gateway GPRS Support Node).

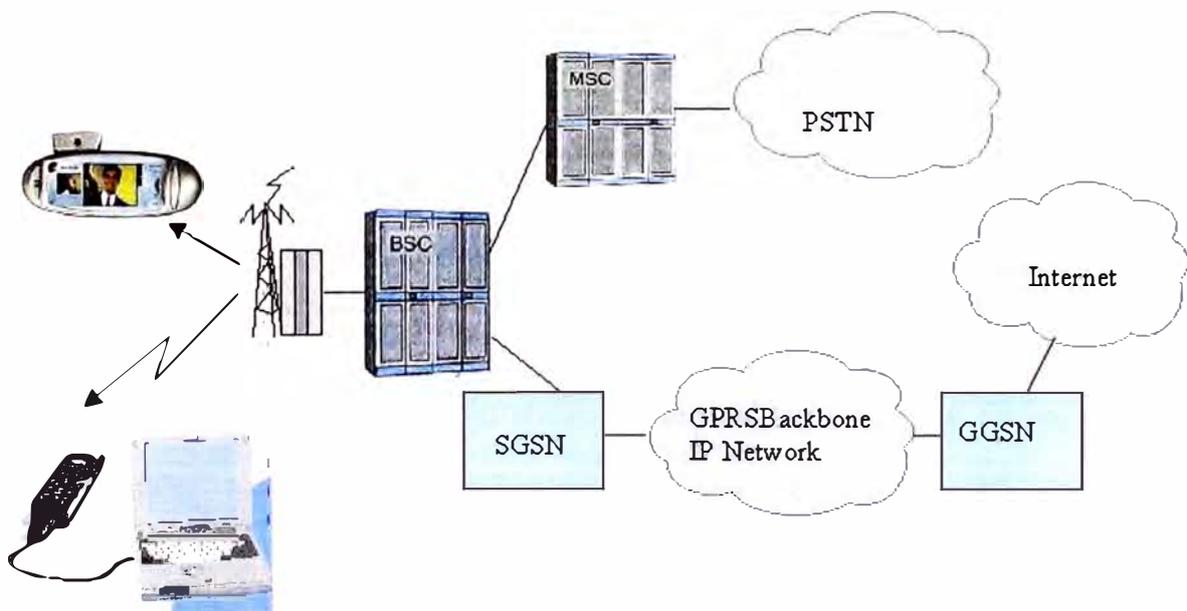


Figura C.20 Red GSM con GPRS

El SGSN toma la función de la conversión entre los protocolos del backbone de IP y los protocolos del BSS/MS. También ejecuta la encriptación y compresión de los datos. El SGSN interactúa con el HLR/MSC, enruta los datos hacia el GGSN correcto, ejecuta autenticación y maneja la gestión de la movilidad. Dentro de sus funciones también está la recolección de datos de tráfico y de billing.

El gateway GPRS support node GGSN , posibilita que los paquetes de datos pasen hacia otras redes de conmutación de paquetes (como internet). Entre sus funciones también está el enrutamiento de paquetes hacia terminación en móviles hacia el correcto SGSN, y enrutar los paquetes originados en el móvil hacia la correcta red externa. Adicionalmente el GGSN juega un papel importante en la labor de asignación dinámica de direcciones IP a los móviles GPRS. También recolecta datos de tráfico y de billing.

La introducción de GPRS en un sistema GSM requiere de un planeamiento adicional en la red tanto en el lado de GSM como en el lado del backbone de IP, esto significa incrementar la red de radio, la red de transmisión , señalización No 7, planeamiento del backbone IP , etc.

Enhanced Data rates for Global Evolution (EDGE)

EDGE proveerá un puente entre GSM hacia las redes de 3ra Generación. EDGE puede ser usado flexiblemente para permitir varios

servicios simultáneamente, por ejemplo una llamada de voz en un time slot y un browsing de Internet en dos.

EDGE usa la misma estructura de trama de TDMA y los canales de ancho de banda de 200 KHz como en las redes actuales de GSM. Los planes de celdas pueden permanecer intactos, lo cual significa que EDGE puede ser introducido en las redes gradualmente, comenzando por áreas de gran capacidad como ciudades densas, aeropuertos, etc.

La diferencia fundamental entre GSM/GPRS y EDGE es que EDGE usa la llamada modulación 8 PSK (phase shift keying), la cual codifica 3 bits por símbolo modulado, comparado con el bit por símbolo GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) que es usado en GSM y en las redes GPRS. Gracias a esto la tasa de bits puede ser incrementada hasta 3 veces. EDGE permitira tasas de hasta 473 Kbit/s por TRX para GPRS mejorado (E-GPRS), con un área de cobertura ligeramente reducida.

EDGE proveerá a las redes actuales de GSM con la habilidad de manejar servicios de multimedia móvil como internet/intranet, videoconferencia y transferencia rápida de mails. Una de las atracciones de la tecnología EDGE es que requiere cambios menores al hardware y software de la red, y puede ser introducida en las redes existentes usando las bandas de frecuencia actuales.

ANEXO D
LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1.1 | Red del Sistema Celular (Banda A) | 8 |
| Figura 1.2 | Red de Señalización del Sistema Celular (Banda A) | 10 |
| Figura 1.3 | Tendencias de las Tecnologías Celulares por clientes | 12 |
| Figura 1.4 | Desarrollo de las SIM cards y terminales GSM | 14 |
| Figura 2.1 | Interconexión de Centrales de Conmutación | 15 |
| Figura 2.2 | Esquema de la señalización por canal asociado | 17 |
| Figura 2.3 | Esquema de la señalización por canal común | 23 |
| Figura 2.4 | Componentes de una Red CCS7 | 26 |
| Figura 2.5 | Señalización orientada a la conexión | 31 |
| Figura 2.6 | Señalización no orientada a la conexión | 33 |
| Figura 2.7 | Señalización en Modo Asociado | 34 |
| Figura 2.8 | Señalización en modo Cuasi-asociado | 34 |
| Figura 2.9 | Sistema de señalización N° 7 y el Modelo OSI | 36 |
| Figura 2.10 | Fill-In Signal Unit | 40 |
| Figura 2.11 | Link Status Signal Unit | 40 |
| Figura 2.12 | Message Signal Unit | 41 |
| Figura 2.13 | SIO y SIF en el MSU | 43 |
| Figura 2.14 | Procedimientos de alineamiento inicial | 45 |
| Figura 2.15 | Ejemplo de corrección de Errores | 49 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 2.16 | MTP Nivel 3 | 50 |
| Figura 2.17 | Estructura del SIO y SIF | 52 |
| Figura 2.18 | Proceso de Transferencia restringida | 55 |
| Figura 2.19 | Proceso de Transferencia permitida | 57 |
| Figura 2.20 | Mensajes de Change Over | 61 |
| Figura 2.21 | Mensajes de Change Back | 62 |
| Figura 2.22 | Mensaje de Change Back Acknowledgement | 62 |
| Figura 2.23 | Niveles del Sistema de Señalización N° 7 | 64 |
| Figura 2.24 | Proceso de una Consulta 800 de SCCP | 67 |
| Figura 3.1 | Proceso de una llamada ISUP | 69 |
| Figura 3.2 | Formato de los mensajes ISUP | 71 |
| Figura 3.3 | Initial Address Message IAM | 73 |
| Figura 3.4 | Address Complete Message ACM | 74 |
| Figura 3.5 | Answer Message ANM | 75 |
| Figura 3.6 | Release Message REL | 76 |
| Figura 3.7 | Release Complete Message RLC | 78 |
| Figura 4.1 | Elementos de una Red Celular con IS41 | 82 |
| Figura 4.2 | Proceso de ANSI-41 para un Hand off Intersistemas | 86 |
| Figura 4.3 | Proceso de Hand off back | 87 |
| Figura 4.4 | Proceso de Hand hacia un tercer MSC | 88 |
| Figura 4.5 | Registration Notification & Cancellation | 90 |
| Figura 4.6 | Location and Routing Request | 91 |
| Figura 5.1 | Red de señalización inicial del proyecto | 98 |
| Figura 5.2 | Red de señalización nacional para aplicación ISUP | 100 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 5.3 | Red de señalización CCS7 para ANSI-41 | 101 |
| Figura 5.4 | Interconexiones ANSI-41 | 103 |
| Figura 5.5 | Diagrama de bloques arquitectura del DMS | 108 |
| Figura 5.6 | Núcleo del DMS Supernode | 109 |
| Figura 5.7 | Diagrama de la arquitectura DMS | 112 |
| Figura 5.8 | Definición de linksets en el STP de Lima centro | 119 |
| Figura 5.9 | Definición de linksets ANSI-41 con otras redes | 120 |
| Figura 5.10 | Analizador de protocolos Inet de Spectra | 126 |
| Figura 5.11 | Disposición del equipo de pruebas en el STP | 127 |
| Figura A.1 | Area de Cobertura de una Estacion Base Celular | 143 |
| Figura A.2 | Transmisión Full-duplex | 144 |
| Figura A.3 | Diagrama de distribución de frecuencias Sistema AMPS | 147 |
| Figura A.4 | Distancia de Reuso (D) en clusters de 7 Células | 149 |
| Figura A.5 | Plano de frecuencias para cluster de 7 Células | 151 |
| Figura A.6 | Sistema Celular | 152 |
| Figura A.7 | Cluster de 7 Células | 155 |
| Figura A.8 | Cluster de 4 Células | 156 |
| Figura A.9 | Cuadro comparativo de los Clusters | 157 |
| Figura A.10 | Distribución del Tono SAT | 158 |
| Figura A.11 | Canal de control directo | 160 |
| Figura A.12 | RCCH Unidad móvil para EBC | 163 |
| Figura A.13 | Ráfaga de datos en el canal directo | 164 |
| Figura A.14 | Ráfaga de datos en el canal inverso | 165 |
| Figura A.15 | Secuencia de una llamada originada en el móvil | 166 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura A.16 | Secuencia de una llamada terminada en el móvil | 168 |
| Figura A.17 | Secuencia de una llamada originada en la Red pública | 170 |
| Figura A.18 | Secuencia de una llamada terminada en la red pública | 171 |
| Figura A.19 | Escenario de un proceso de Handoff | 172 |
| Figura A.20 | Secuencia de un proceso de Handoff | 174 |
| Figura B.1 | Comparación de las Tecnologías FDMA, TDMA y CDMA | 180 |
| Figura B.2 | Implementación de la 1ra Portadora CDMA | 183 |
| Figura B.3 | Función isomorfa | 187 |
| Figura B.4 | Proceso de spreading de la señal digital | 188 |
| Figura B.5 | Canales CDMA en el sentido directo | 193 |
| Figura B.6 | Canales CDMA en el sentido Inverso | 194 |
| Figura B.7 | Proceso de Acceso al Sistema de un móvil CDMA | 196 |
| Figura B.8 | Diversidad en la trayectoria de la señal en CDMA | 198 |
| Figura B.9 | Ejemplo de Interleaving | 199 |
| Figura B.10 | Proceso de soft Handoff en CDMA | 200 |
| Figura B.11 | Codificador IS-95 del enlace Directo (Forward) | 202 |
| Figura B.12 | Codificación de un canal de Tráfico en CDMA | 205 |
| Figura B.13 | Codificación de un canal CDMA (Reverse) | 207 |
| Figura C.1 | Estructura del sistema GSM | 218 |
| Figura C.2 | Subsistemas funcionales de GSM | 221 |
| Figura C.3 | Estación móvil GSM | 222 |
| Figura C.4 | Ejemplo de una tarjeta SIM | 224 |
| Figura C.5 | Interconexión del BSS y el NSS | 226 |
| Figura C.6 | Estructura de niveles OSI en GSM | 227 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura C.7 | Protocolos usados dentro del NSS | 235 |
| Figura C.8 | Canales físicos usados en GSM | 242 |
| Figura C.9 | Burst normal y de acceso | 244 |
| Figura C.10 | Canales lógicos | 245 |
| Figura C.11 | Tramas TDMA con canales comunes y dedicados | 246 |
| Figura C.12 | Modulación 0.3 GMSK | 251 |
| Figura C.13 | Autenticación | 254 |
| Figura C.14 | Algoritmos de seguridad | 256 |
| Figura C.15 | Triplete de autenticación | 257 |
| Figura C.16 | Procedimiento de autenticación | 258 |
| Figura C.17 | Encriptación de la voz | 259 |
| Figura C.18 | Alineamiento adaptivo de trama | 260 |
| Figura C.19 | Establecimiento de una llamada GSM | 266 |
| Figura C.20 | Red GSM con GPRS | 271 |

ANEXO E
LISTA DE TABLAS

LISTA DE TABLAS

| | | |
|-----------|--------------------------------------|-----|
| Tabla 2.1 | Service Indicator | 42 |
| Tabla 2.2 | Mensajes de LSSU | 44 |
| Tabla 2.3 | Temporizadores del Nivel 2 | 44 |
| Tabla 3.1 | Valores de Causa de Liberación | 77 |
| Tabla 5.1 | Pruebas de nivel 2 MTP | 127 |
| Tabla 5.2 | Pruebas de nivel 3 MTP | 128 |
| Tabla 5.3 | Pruebas de nivel de aplicación ISUP | 129 |
| Tabla C.1 | Detalles de la Interfase Aire de GSM | 269 |

BIBLIOGRAFIA

1. Rafael Ayuso, Blanca Ceña , Mar Fernandez “Comunicaciones Móviles” 1999.
2. Northern Telecom “Descripción del Sistema Celular AMPS” 1997.
3. TIA / EIA Telecommunications Industry Association “ Cellular Radio telecommunications Intersystem Operations TIA/EIA/IS-41.4-C”.
4. Northern Telecom “ CCS7 Operations and Maintenance” 1997.
5. Motorola TED (Technical Education Documents) “Supercell 9600 CDMA System” 1998.
6. Northern Telecom “Mantenimiento Central Conmutación DMS-MTX” 1997.
7. Recomendaciones UIT-T Q780, Q781, Q784 “Especificaciones de las Pruebas del Sistema de Señalización Nro 7”.
8. Northern Telecom “CCS7 Course Wireless Networks” 1998.
9. Nokia “GSM System Training SYSTRA” Issue 4.0 2001.
10. Agilent “GSM Concepts”.