

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



OPTIMIZACIÓN DE INTERFACES ABIS SOBRE REDES IP PARA
APLICACIONES EN COMUNICACIONES MÓVILES GSM

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:
LUIS MISAEL VERGARAY HUAMÁN

PROMOCIÓN

2006-II

LIMA-PERÚ

2011

**OPTIMIZACIÓN DE INTERFACES ABIS SOBRE REDES IP
PARA APLICACIONES EN COMUNICACIONES MÓVILES GSM**

A mi familia:

Mis padres Luis y Bety, hermanos Li y Yohannes,

Mi esposa Fany y mi hijo Dylan Ilich,

En memoria a mi hermano Hower Ilich.

SUMARIO

El presente trabajo describe la optimización de la interfaz Abis aplicando la solución "Packet Abis" de Ericsson el cual incluye "Abis Optimization" y "Abis over IP", la primera orientada a optimizar el uso del canal mediante el filtrado de información redundante, la segunda convirtiendo todo el tráfico TDM a IP. Ambas soluciones se complementan y requieren de nuevo software y hardware tanto en la estación base como en la estación base controladora.

La solución es necesaria puesto que el aprovechamiento del medio para cursar las llamadas es limitada, y pensar en aumentar más capacidad de tráfico involucra una mayor inversión económica, tanto en equipos como en personal. Por ello se busca usar los recursos existentes pero permitiendo que se cursen más llamadas, atendiendo así a un mayor número de clientes.

La solución implica la utilización de equipamiento que se integra a la estación base o BTS (tarjeta SIU- Unidad de Integración del emplazamiento) y a la estación controladora o BSC (tarjeta PGW- Puerta de enlace de Paquetes). La ventaja adicional del uso de la tecnología IP es que las llamadas cursadas dentro de una misma celda no necesitan enviarse a la BSC, con la consecuente liberación de parte del tráfico del canal.

En el marco teórico se ha resumido la información relacionada a las comunicaciones GSM a fin de que se pueda comprender la solución realizada.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Objetivos del trabajo	3
1.3 Evaluación del problema	3
1.4 Alcance del trabajo	5
1.5 Síntesis del trabajo	5
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1 Estación móvil (MS)	7
2.1.1 SIM (Subscriber Identity Module)	8
2.1.2 Um, la interfaz de aire	9
2.2 Red de acceso (AN) o BSS	13
2.2.1 Interfaz Abis	14
2.2.2 BTS, la estación base celular	17
2.2.3 BSC, controlador de la estación base	19
2.3 Núcleo de red (Core Network)	20
2.3.1 Interfaz A	20
2.3.2 MSC, centro de conmutación del servicio móvil	20
2.3.3 VLR, registro de Localización del Visitante	21
2.3.4 EIR, registro de Identificación del equipo	21
2.3.5 HLR, registro de localización de llamada	22
2.3.6 AUC, centro de autenticación	23
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	24
3.1 Evaluación de alternativas	24
3.1.1 Servicios de ampliación de Área Amplia (WAAS)	24
3.1.2 "Packet Abis"	26
3.1.3 Ventaja de la solución propuesta	29
3.2 Topología y funcionalidad de la solución	30
3.2.1 Sincronización	33

3.2.2	Seguridad	36	
3.3	Instalación de la solución.....	38	
3.4	Resultados	41	
CAPÍTULO IV			
COSTOS Y CRONOGRAMA			45
4.1	Relación de equipamiento	45	
4.2	Estimación de costos.....	45	
4.3	Cronograma	46	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES			47
ANEXO A			
GLOSARIO DE TÉRMINOS			49
BIBLIOGRAFÍA			54

INTRODUCCIÓN

El trabajo de optimización de interfaces ABIS sobre redes IP para aplicaciones en comunicaciones móviles GSM, surge debido a la limitada capacidad de tráfico de voz y datos para las estaciones bases celulares basadas en tecnología TDM.

Se podría pensar que la única solución para ampliar la capacidad de una comunicación sería la incorporación de más enlaces físicos, pero esto implica invertir en más equipos, configuración y mantenimiento.

Para evitar un mayor costo, la mejor solución ha sido la optimización de los recursos, la cual se ha venido realizando mediante la implementación de diversas tecnologías, en algunos casos utilizando técnicas de compresión y por otro lado equipamiento que ha permitido aumentar la tasas de transferencia de datos manteniendo los recursos ya existentes, que es la solución que se desarrolla en este informe.

El presente trabajo pues se enfoca en describir la metodología de mejora de la comunicación en la Abis, tomando como ejemplo la EBC Ocoyo, una estación base celular GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles – Global System for Mobile communications) situada en la ciudad de Ocoyo (Huancavelica), que cuenta con un enlace satelital.

La tecnología a usar es “Abis sobre IP”, complementada con la tecnología “Optimización de Abis”, la primera convierte todo el tráfico TDM a IP y la segunda reduce los datos redundantes para así hacer un mejor uso del canal.

Las fuentes bibliográficas utilizadas en el informe, para la explicación de la comunicaciones GSM se basan principalmente en dos libros: Jörg Eberspächer, et al, “GSM – Architecture, Protocols and Services” y Asha Mehrotra, “GSM System Engineering”, Artech House, Inc, 1997.

El informe se complementa con documentación Ericsson, la mayoría de uso interno pero con amplia información, entre ellas está “GSM Transport Evolution”, “BSS Integration”, “Introduction to AXE System”, “User Description, BSC/TRC Overload Handling”, “User Description, Abis over IP”, “User Description, IP Connectivity in BSS”.

Consecuentemente, se usaron documentos relacionados con normativas públicas: “Introduction to IEEE 1588 & Transparent Clocks”, “El Protocolo de Tiempo de Precisión”, “Network Protocols Handbook”, “Recomendación ITU-T Y.1541, Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet”, “RFC 2401,

Security Architecture for the Internet Protocol”, “SSH Protocol Architecture”, así como documentación de Cisco WASS (Wide Area Application Services).

El trabajo está organizado en cuatro capítulos principales:

- Capítulo I “Planteamiento de ingeniería del problema”.- Estableciendo las necesidades y objetivos, así como precisando los alcances y una síntesis del trabajo.
- Capítulo II “Marco Teórico Conceptual”.- Organizado en tres partes: Estación móvil (Módulo de identificación del abonado, la interfaz de aire), red de acceso (Interfaz Abis, la estación base celular, controlador de la estación base), y núcleo de red (Interfaz A, centro de conmutación del servicio móvil, registro de Localización del Visitante, registro de Identificación del equipo, registro de localización de llamada, centro de autenticación).
- Capítulo III “Metodología para la Solución del Problema”.- Organizado en cuatro secciones: Evaluación de alternativas (Servicios de ampliación de Área Amplia, “Packet Abis”, Ventaja de la solución propuesta), topología y funcionalidad de la solución (Sincronización, Seguridad), instalación de la solución, resultados.
- Capítulo IV “Presupuesto y Cronograma”.- Análisis de costo y relación de tareas y tiempos.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema, para ello primeramente se describe el problema y luego se expone el objetivo del trabajo, también se evalúa el problema y se precisan los alcances del informe, para finalmente presentar una síntesis del diseño presentado.

1.1 Descripción del problema

Limitada capacidad de tráfico de voz y datos para las estaciones bases celulares basadas en tecnología TDM.

La comunicación en el tramo comprendido entre la estación base celular (BTS - Base Transceiver Station) y el controlador de la estación base (BSC-Base Station Controller), conocida como interfaz Abis, maneja una capacidad limitada de canales.

La implementación de nuevas estaciones no es una alternativa económica para mejorar el servicio (atender a más usuarios) ya que implica más equipos, despliegue, enlaces, operación y mantenimiento.

1.2 Objetivos del trabajo

Optimizar el enlace Abis y la migración de TDM a redes basadas en tecnología IP o Ethernet, ampliando el servicio de comunicaciones móviles GSM.

Esto se logra mediante dos soluciones propietarias conocidas como "Abis Optimization" y "Abis over IP" (Optimización de Abis y Abis sobre IP, respectivamente).

1.3 Evaluación del problema

Los proveedores de servicios se ven obligados a realizar mejoras continuas para brindar una infraestructura de telecomunicaciones que tenga una gran capacidad de transmisión para satisfacer la demanda de un mundo globalizado de alto desarrollo tecnológico.

Actualmente y por razones geográficas, la señalización y canales de voz entre la BTS y la BSC (Interfaz Abis) tiene, para el logro de su propósito, una topología que utiliza muchos recursos, involucrando principalmente grandes distancias de recorrido para la sincronización y asignación de canales de voz. Son muchos los medios a usar, enlaces de microondas, fibra óptica e incluso cobre.

Se podría pensar que la única solución para ampliar la capacidad de una comunicación sería la incorporación de más enlaces físicos, lo que implicaría invertir en

más equipos, configuración y mantenimiento. Sin embargo, la mejor solución ha sido la optimización de los recursos, la cual se ha venido realizando mediante la implementación de diversas tecnologías, en algunos casos utilizando técnicas de compresión y por otro lado equipamiento que ha permitido aumentar la tasas de transferencia de datos manteniendo los recursos ya existentes.

La transmisión tradicional desde las BTS a la BSC es realizada usando circuitos TDM, sin embargo esta tecnología no ha sido optimizada para la transmisión eficiente de tráfico de datos por ráfagas. Tampoco es fácil adaptarse a las tecnologías de transporte de bajo costo, tales como IP y Ethernet, que se está introduciendo a través de cobre, fibra y redes de microondas.

Sin embargo, en este informe se explica cómo, con los recientes desarrollos en las tecnologías de conmutación y transporte GSM, se superan estos inconvenientes, haciendo a GSM adecuada para brindar servicios tanto para los usuarios de bajos recursos así como para los servicios de datos de alta velocidad.

La transmisión para los emplazamientos de las BTS representa una parte importante del costo de operación de las "Redes de Acceso de Radio" o RAN (Radio Access Networks). En los lugares en donde los operadores han construido sus propias redes de transporte, la transmisión también representa una inversión sustancial (Figura 1.1).

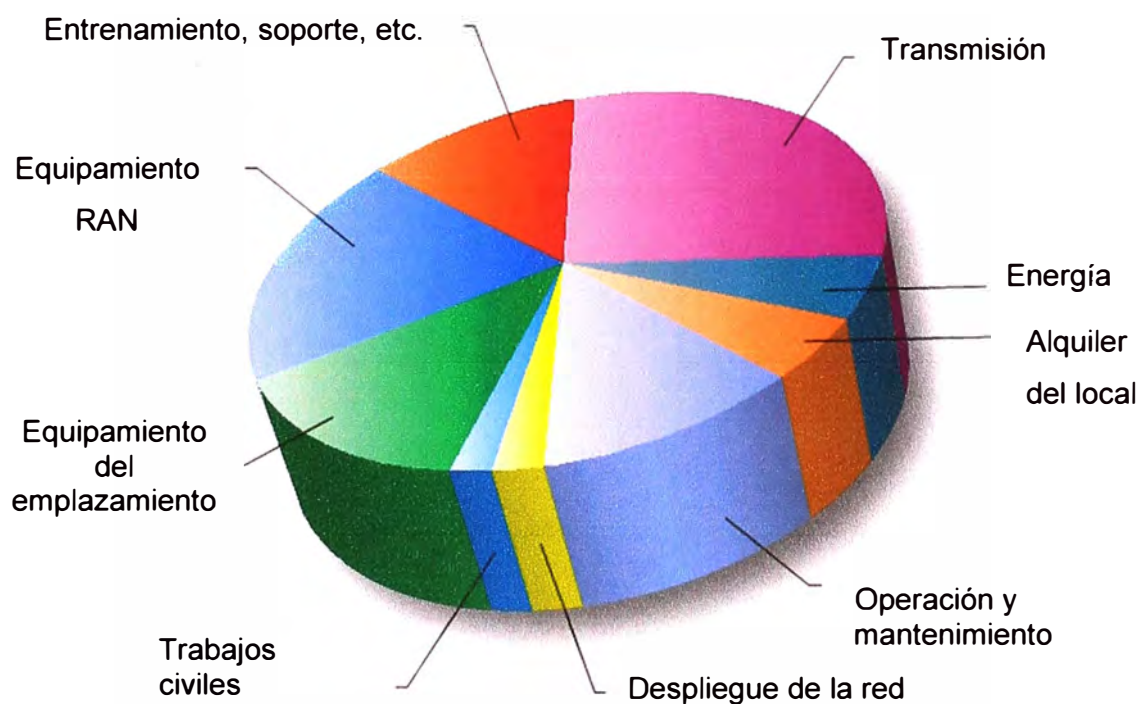


Figura 1.1 Análisis de costos de operación de las RAN (Fuente: Referencia [4])

Por lo expuesto, es que la solución descrita en el presente informe es un proyecto justificable, al permitir el aumento de la capacidad de una BTS manteniendo el equipamiento existente. La solución aplicada permite liberar recursos (enlaces de

microondas, fibra, etc.).

1.4 Alcance del trabajo

El presente trabajo se enfoca en describir la metodología de mejora de la comunicación en la Abis, tomando como ejemplo la EBC Ocoyo, una estación base celular GSM situada en la ciudad de Ocoyo (Huancavelica), que cuenta con un enlace satelital.

1.5 Síntesis del trabajo

El informe consta de dos partes principales:

- En la primera (Marco Teórico) se explica la tecnología involucrada en una red de comunicaciones móviles GSM. Se describen sus partes y la función de cada una. Además de las características básicas de un servicio GSM. Esto sirve para la comprensión de la solución que se describe en la segunda parte del informe.
- En la segunda parte (Solución del Problema) se explica: los pasos de diseño e implementación, los recursos usados (hardware, software, etc.), las consideraciones tomadas.

Complementariamente se muestra el cronograma de trabajo y los costos involucrados, así como el resultado de las pruebas realizadas.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

Los sistemas de comunicaciones móviles continúan su proceso de mejora en características de capacidad de tráfico. Cada una de ellas pertenece a una generación en particular.

La organización 3GPP (3rd Generation Partnership Project) unifica los estándares de telecomunicaciones y provee a sus miembros un entorno estable para producir los más satisfactorios reportes y especificaciones que definen las tecnologías 3GPP [1].

Estas tecnologías están continuamente evolucionando a través de lo que se conocen como "Generaciones de Sistemas Móviles Celulares Comerciales". 3GPP fue originalmente el auspiciador de los estándares que evolucionan al GSM (Sistema Global para comunicaciones Móviles) hacia la 3ra generación. Sin embargo, desde que se ha completado las primeras especificaciones de LTE, 3GPP se ha enfocado en los sistemas móviles superiores a 3G. La Figura 2.1 muestra las tecnologías de su generación.

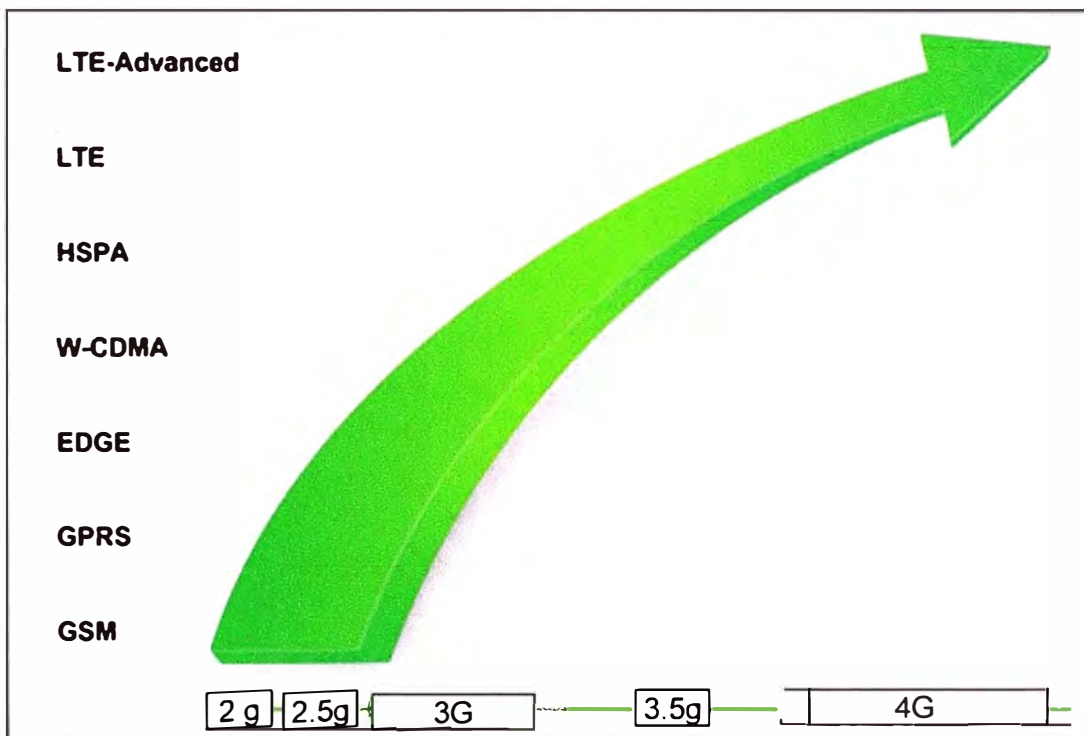


Figura 2.1 Comunicaciones móviles (Fuente: Ref. [1])

Una red GSM puede ser dividida en tres sub redes [2]:

- La red de acceso de radio (Radio Access Network-RAN)
- La red núcleo (Core Network)
- La red de gestión (management network).

Estas tres subredes son llamadas "subsistemas" en el estándar GSM. Estos son llamados respectivamente:

- BSS-Subsistema estación base (Base Station Subsystem),
- NSS- Subsistema de conmutación de la red (NSS)
- OMSS- Subsistema de operación y mantenimiento (Operation and Maintenance Subsystem).

La Figura 2.2 muestra la arquitectura de GSM. En ella se pueden apreciar diversos elementos y sus respectivos "enlaces", mejor conocidos como interfaces. En este capítulo se describirán estos elementos así como las interfaces de interés, es decir la interfaz A y la interfaz Abis.

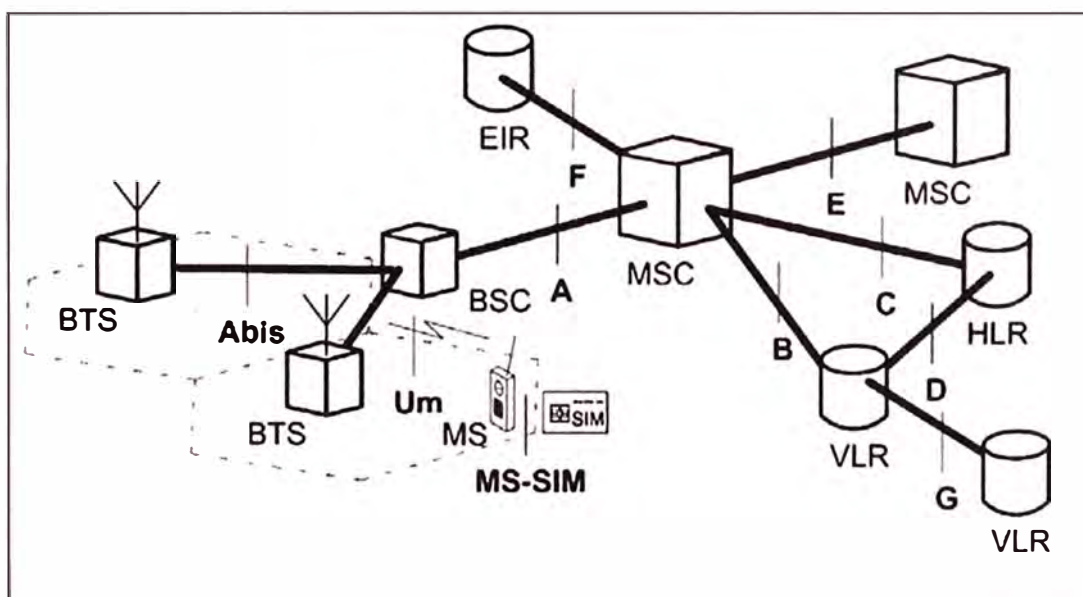


Figura 2.2 Arquitectura GSM (Fuente: Ref. [2])

Para un mejor entendimiento, esta arquitectura se explica en tres grupos:

- Estación móvil (MS-Movil Station).
- Red de acceso (AN), llamada BSS en GSM.
- Núcleo de red (Core Network), llamada NSS en GSM.

2.1 Estación móvil (MS)

Las funciones principales de la MS son transmitir y recibir voz y datos a través de la "interfaz aire" del sistema GSM. La MS realiza las funciones de procesamiento de señales, codificación, digitalización, protección de errores, encriptación y modulación de las señales transmitidas. También realiza las funciones inversas de las señales recibidas desde la BS (Estación Base) [3]. Una lista de las funciones relevantes se incluye a

continuación:

- Transmisión de voz y datos;
- Frecuencia y sincronización de la hora;
- Monitoreo de energía y calidad de señal de las celdas circundantes para un óptimo handover (Transferencia del servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente).
- Provisión de actualización de ubicación;
- Equiparación de las distorsiones múltiples;
- Visualización de mensajes de texto de hasta 160 caracteres.

Esta sección se compone de dos elementos: SIM y Um, los que son descritos a continuación.

2.1.1 SIM (Subscriber Identity Module)

Cada usuario posee una tarjeta SIM con chip personal, que puede ser conectada a un dispositivo móvil y que los identifica en la red celular [2 pag. 45]. De hecho, solo la tarjeta SIM de un abonado convierte al equipo móvil en una completa estación móvil con privilegios de uso de la red, que se puede utilizar para hacer y recibir llamadas.

Este concepto permite hacer el distingo entre la movilidad de los equipos y la movilidad del abonado. El abonado puede registrarse en la red disponible en su localidad con su tarjeta SIM en diferentes estaciones móviles, o la tarjeta SIM se podría utilizar como una tarjeta de teléfono normal en la red de telefonía fija. Esto permite el "roaming" internacional independiente de los equipos móviles y de la tecnología de red, siempre que se cumpla que la interfaz entre la SIM y el terminal esté estandarizada.

Mucho más que eso, la tarjeta SIM puede almacenar mensajes de texto y poseer una función de agenda telefónica conteniendo una breve lista de números y nombres que ayudan a una eficiente selección del destinatario. Estas funciones, en particular, contribuyen a una verdadera personalización de un terminal móvil, ya que el abonado puede usar su "entorno" normal más la lista de teléfonos y archivar mensajes de texto con cualquier equipo móvil. Además de los datos de abonado específico, la tarjeta SIM puede almacenar datos específicos de la red, por ejemplo, listas de frecuencias portadoras utilizadas por la red para difundir la información del sistema periódicamente. El uso de la tarjeta SIM y por lo tanto de toda la MS puede ser protegido por un PIN (Personal Identification Number) para evitar el acceso no autorizado.

La SIM también se hace cargo de las funciones de seguridad: todos los algoritmos criptográficos para mantener la confidencialidad se realizan en la tarjeta SIM, que implementa las funciones importantes para la autenticación de usuario y la encriptación de datos basada en la identidad del abonado y claves secretas.

2.1.2 Um, la interfaz de aire

Es conocida así a la interfaz de aire entre el equipo móvil y la BTS (estación base celular). La Um consta de lo que se conocen como: Canales lógicos y canales físicos, los cuales son descritos a continuación.

a. Canales lógicos

En la capa 1 del modelo de referencia OSI, GSM define una serie de canales lógicos, que se ponen a disposición, ya sea en la modalidad de acceso asignadas al azar o en un modo dedicado asignada a un usuario específico. Los canales lógicos se dividen en dos categorías (Tabla 2.1) Los canales de tráfico y los canales de señalización (control) [Ibid. Pag 57].

Tabla 2.1 Clasificación de canales lógicos en GSM (Fuente: Obra citada pag. 58)

Tipo de canal	Grupo	Canal	Función
De tráfico	TCH	TCH/F, Bm	Tasa completa TCH
		TCH/H, Lm	Tasa media TCH
De Señalización (Dm)	BCH	BCCH	Control de Broadcast
		FCCH	Corrección de frecuencia
		SCH	Sincronización
	CCCH	RACH	Acceso aleatorio
		AGCH	Conceder acceso
		PCH	Paginación
		NCH	Notificación
	DCCH	SDCCH	Control dedicado autónomo
		SACCH	Control asociado lento
		FACCH	Control asociado rápido

Los canales lógicos son los Canales de Tráfico (TCH –Traffic Channels) y Canales de Señalización (Dm Channels). Estos son explicados a continuación:

a.1 Canales de tráfico

Los canales de tráfico se utilizan para la transmisión de datos de carga útil de usuario (voz, datos). Ellos no tienen ningún control de información de capa 3. La comunicación a través de TCH puede ser de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes. En el caso de conmutación de circuitos, el TCH ofrece una conexión de datos transparente o una conexión que es especialmente tratada de acuerdo al servicio prestado (por ejemplo, telefonía). Para el modo de conmutación de paquetes, el TCH lleva los datos del usuario de las capas 2 y 3 OSI de acuerdo con las recomendaciones del estándar X.25 o protocolos de estándar similar.

Un TCH puede ser utilizado plenamente (Full-rate TCH, TCH/F) o ser dividido en dos canales (media tasa TCH, TCH/H), que pueden ser asignados a diferentes abonados. Siguiendo la terminología ISDN (Integrated Services Digital Network-Red Digital de Servicios Integrados), los canales de tráfico GSM también se denominan como canal Bm

(canal móvil B) o canal Lm (canal móvil de menor velocidad, con la mitad de la tasa de bits). Un canal Bm es un TCH para la transmisión de flujos de bits de 13 kbits/s de voz codificada digitalmente o de flujos de datos de 14.5, 12, 6 o 3.6 kbit/s. Los canales Lm son canales TCH con una menor capacidad de tráfico que los canales Bm y transportan señales de voz a la mitad de la tasa de bits (TCH/H) o flujos de bits para servicios de datos con 6 o 3,6 kbit/s.

a.2 Canales de señalización

El control y gestión de una red de telefonía móvil exige un esfuerzo muy alto de señalización. Incluso cuando hay conexión activa, la información de señalización (por ejemplo, información de ubicación de actualización) es permanentemente transmitida a través de la interfaz aire.

Los canales de señalización GSM ofrecen un continuo, servicio de señalización de paquetes orientados a los MS con el fin que puedan enviar y recibir mensajes en cualquier momento de la interfaz de aire a la BTS. Siguiendo la terminología ISDN, los canales de señal GSM son también llamados canales Dm (canal móvil D) [Ibid. Pag 58].

Como se mostró en la Tabla 2.1, los canales de señalización se agrupan en tres tipos: BCH (Broadcast Channel), (CCCH) Common Control Channel y DCCH (Dedicated Control Channel)

Grupo BCH (Canal de Radiodifusión)

Los BCCH's unidireccionales son utilizados por la BSS para transmitir la misma información a todos los MS's en una celda. El grupo BCH se compone de tres canales.

- **BCCH** (Broadcast Control Channel - Canal de Control de Difusión).- En este canal, una serie de elementos de información se transmite a los MS que caracterizan la organización de la red de radio, como las configuraciones de canal de radio. El BCCH se emite en la primera frecuencia asignada a la celda.

- **FCCH** (Frequency Correction Channel - Canal de corrección de Frecuencia).- En la FCCH, la información acerca de la corrección de la frecuencia de transmisión se transmite a los MS's.

- **SCH** (Synchronization Channel - Canal de Sincronización) - El SCH difunde información para identificar a la BTS. También transmite data para la sincronización de tramas de la MS.

Grupo CCCH (Canal de control Común)

El CCCH es un canal de señalización punto a multipunto para negociar con las funciones de gestión de acceso. Esto incluye la asignación de canales dedicados y paginación para localizar una MS.

El grupo CCCH consiste de cuatro canales:

- **RACH** (Random Acces Channel-Canal de Acceso Aleatorio).- El RACH es la porción de enlace ascendente (uplink) del CCCH. Se accede a él desde las estaciones móviles en una celda sin reservas en un modo de acceso múltiple competitivo usando el principio de Aloha (Bertsekas y Gallager, 1897), para pedir un canal de señalización dedicado para uso exclusivo de un MS para una transacción de señalización.
- **AGCH** (Acces Grant Channel-Canal de Acceso Concedido).- El AGCH es la parte del enlace descendente (downlink) de la CCCH. Se utiliza para asignar un SDCCH o un TCH a un MS.
- **PCH** (Paging Channel-Canal de Paginación).- Es también parte de la CCCH. Se utiliza para la paginación para encontrar específicos MS.
- **NCH** (Notification Channel-Canal de Notificación).- Es usado para informar a los MSs acerca de grupos entrantes y llamadas transmitidas.

Grupo DCCH (Canal de control Dedicado)

El último tipo de canal de señalización. El DCCH es un canal de señalización bidireccional punto a punto. Un ACCH (Canal de Control Asociado) es también un canal de control dedicado, pero se asigna solo en conexión con un TCH o un SDCCH. El grupo de canales de control Dedicado/Asociado (D/ACCH) comprende los siguientes:

- **SDCCH** (Stand-alone Dedicated Control Channel-Canal de Control Dedicado Autónomo).- El SDCCH es un canal dedicado de señalización punto a punto (DCCH), que no está ligado a la existencia de un TCH (autónomo), es decir que se utiliza para la señalización entre el MS y el BSS cuando no hay conexión activa. El SDCCH es solicitado de la MS vía la RACH y asignado a la AGCH. Tras la finalización de la transacción de señalización, el SDCCH se libera y puede ser reasignado a otro MS.
- **SACCH** (Slow Associated Control Channel-Canal de Control Asociado Lento).- Un SACCH está siempre asignado y usado con un TCH o un SDCCH. El SACCH lleva información para la operación óptima de radio, por ejemplo, los comandos de sincronización y control de potencia del transmisor y los informes de las mediciones del canal. Los datos deben ser transmitidos continuamente sobre el SACCH desde la llegada de paquetes SACCH, esto toma como prueba la existencia de la conexión física de radio. Cuando no hay señal de datos a transmitir, la MS envía un reporte de las mediciones con los resultados actuales de las medidas continuas del nivel de señal de radio conducidas.
- **FACCH** (Fast Associated Control Channel-Canal de Control Asociado Rápido).- Mediante el uso de multiplexación preventivo dinámico en un TCH, el ancho de banda adicional puede estar disponible para la señalización. El canal de señalización creado de esta manera es llamado FACCH. Esto es solo asignado en conexión con un TCH, y su corto tiempo de uso va en detrimento de los usuarios de transporte de datos.

b. Canales físicos

Transportan los canales lógicos a través de la interface aire. A continuación se describe la técnica de modulación GSM (b.1), seguida de la estructura de multiplexación (b.2); GSM es un sistema TDMA (Acceso múltiple por División de Tiempo) multiportadora (emplea una combinación de FDMA -Acceso múltiple por División de Frecuencia- y TDMA para el acceso múltiple). También se describe la técnica de salto de frecuencia (frequency hopping) la cual ha sido estandarizada para reducir la interferencia [Ibid. Pag 62]

b.1 Modulación

La técnica de modulación usada en canal de radio es la GMSK este tipo de modulación pertenece a una familia de los procedimientos de modulación de fase continua, que tienen la ventaja especial de un espectro de potencia de transmisor estrecha con baja interferencia de canal adyacente, por un lado, y una envolvente de amplitud constante por el otro, lo que permite el uso de sencillos amplificadores en los transmisores sin requisitos especiales de linealidad. Como amplificadores son especialmente baratos de fabricar, tienen alto grado de eficiencia y por lo tanto permiten una operación más larga en una carga de batería.

b.2 Acceso múltiple

En la capa física (capa 1 OSI), GSM utiliza una combinación de FDMA Y TDMA para acceso múltiple. Dos bandas de frecuencia de 45Mhz de separación han sido reservadas para la operación GSM-850, que es el caso en estudio. 824-849 Mhz para la transmisión de la MS, es decir, enlace ascendente y 869-894 Mhz para la transmisión de la estación base, es decir, enlace descendente.

Cada una de estas bandas de ancho de banda de 25 Mhz se divide en 124 canales de una única portadora de anchura de 200 khz. Esta variante de FDMA es también llamada Multi-Carrier (MC). En cada una de las bandas de enlace ascendente/descendente sigue existiendo una franja de seguridad de 200 khz. Cada canal de frecuencia de radio (RFCH) es número único, y un par de canales con el mismo número forman un canal dúplex con una distancia de dúplex de 45Mhz.

b.3 Salto de frecuencia (Frequency hopping)

Los canales de radio sufren de interferencias de frecuencia selectiva, por ejemplo, frecuencia de desvanecimiento selectivo debido a los fenómenos de propagación de multitrayecto. Esta interferencia de frecuencia selectiva puede aumentar con la distancia de la estación base, especialmente en los límites de las celdas y en condiciones desfavorables. Procedimientos de salto de frecuencia cambia las frecuencias de transmisión periódicamente y por lo tanto el promedio de las interferencias en las

frecuencias en una celda. Esto conduce a una mejora en la relación señal-ruido (SNR) a un nivel lo suficientemente alto como para buena calidad de voz, así que las conversaciones con una calidad aceptable puede llevarse a cabo.

2.2 Red de acceso (AN) o BSS

Es conocido en el estándar GSM como BSS (Base Station System - Sistema de Estación Base) [Ref. 2, pag. 43]. El BSS es un conjunto de equipos BS (tales como transceptores y controladores) que están a la vista por el MSC (Mobile Service Switching Center) a través de una simple interfaz A como la entidad responsable para la comunicación con las MS en un área determinada.

El equipo de radio de un BSS puede estar compuesto por una o más celdas. Un BSS puede consistir en uno o más BS. La interfaz entre la BSC y la BTS es designado como una interfaz Abis. La BSS incluye dos tipos de "maquinas": La BTS en contacto con las MS a través de la interfaz radio y la BSC, estando esta última en contacto con la MSC. La función de división es básicamente un equipo de transmisión, la BTS, y un equipo de gestión en el BSC.

Una BTS comprende los dispositivos de radio transmisores y receptores, incluyendo las antenas, y también todo el procesamiento de señal específico de la interfaz radio. Un solo transceptor dentro de la BTS soporta 8 canales de radio básicos de la misma trama TDMA. Un BSC es un componente de red en la red móvil terrestre pública PLMN (Public Land Mobile Network) que funciona para el control de una o más BTS. Es una entidad funcional que se encarga de las funciones comunes de control dentro de una BTS.

Una BTS es un componente de red que sirve a una celda y es controlada por la BSC. La BTS es típicamente capaz de manejar tres a cinco portadoras de radio, cursando entre 24 y 40 comunicaciones simultáneas. Reducir el volumen de BTS es importante para mantener bajo el costo de las torres celulares.

La Figura 2.3 muestra el esquema de este subsistema.

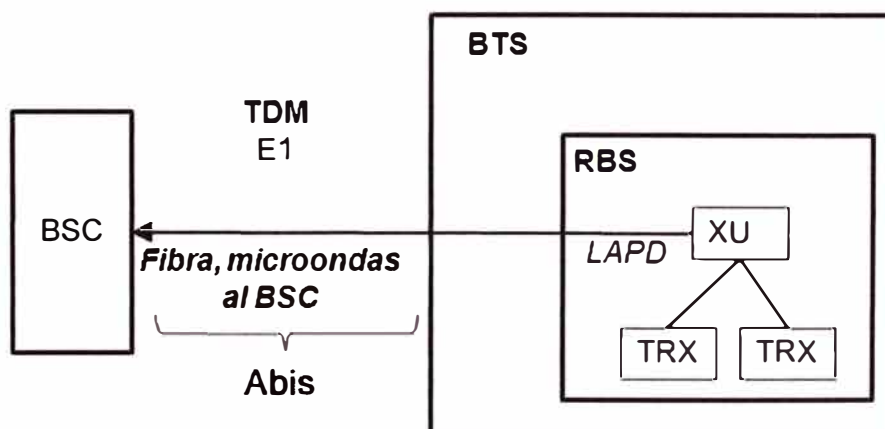


Figura 2.3 Esquema de Estación Base GSM (Fuente: Elab. Propia)

Esta consta de la interface Abis, de la BTS y de la BSC, las cuales serán descritas a

continuación.

2.2.1 Interfaz Abis

Es el enlace entre la BTS y el BSC. Hay tres configuraciones internas (Figura 2.4) [Ibid. Pag. 301]:

- BCF (Base Control Function) y un Transceptor simple (TRX)
- Varios TRXs con una conexión física a la BSC, y
- Varios TRXs cada una servida por su propia conexión física.

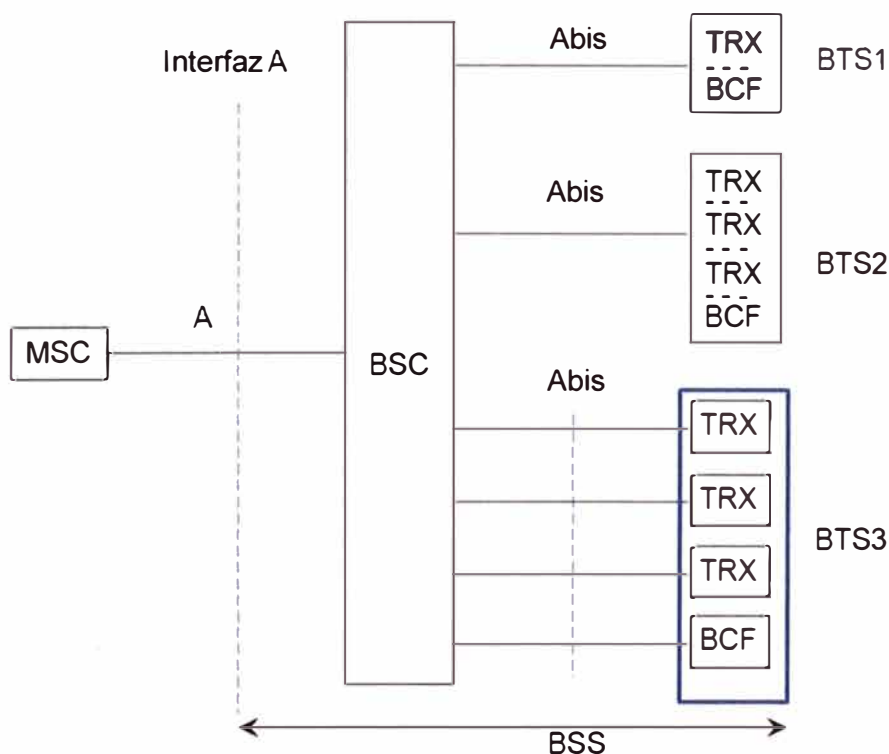


Figura 2.4 Subdivisión de la BSS, interfaces y configuraciones (Fuente: Ibídem)

Aquí, el TRX es una entidad funcional (no física) que soporta 8 canales de la misma trama TDMA. El BFC es la entidad funcional que se encarga de las funciones comunes de control dentro de la BTS, tales como; salto de frecuencia, alarmas externas, fuente de alimentación y la base de tiempo.

Hay tres capas de interfaz entre la BTS y BSC:

- La capa física (capa 1),
- Enlace y señalización (capa 2), y
- Capa superior de señalización (capa 3).

La capa física transmite ya sea a 2048 Kbps o a 64 Kbps. El circuito adaptador transcodificador/tasa se utiliza en este caso en la interfaz BSC-MSC para convertir de 16 Kbps datos de voz a una tasa de 64 Kbps. De este modo, la interfaz, en este caso lleva a la voz y al canal de señalización de datos a 16 Kbps o a 64 Kbps.

La capa 2 utiliza el protocolo LAPD (Protocolo de acceso de enlaces para el Canal D)

definido por el CCITT. El direccionamiento de los TRXs y BCF se realiza usando TEIs (Terminal Endpoint Identifiers-Identificadores de punto final de terminal) por cada TRX y BCF. Hay tres enlaces lógicos (Figura 2.5) entre la BSC y la BTS teniendo diferentes SAPI (Puntos de Acceso de Servicio).

- Radio enlace de señalización (RSL), SAPI=0. Se utiliza para el procedimiento de gestión de tráfico. Una línea por TRX.

- Operación y Gestión de Enlaces (OML- Operations and Management Link), SAPI=62. Se utiliza para apoyar los procedimientos de gestión de red. Un enlace por TRX y BCF.

- Gestión de la capa 2 de enlace (L2ML), SAPI=63. Se utiliza para la gestión de mensajes de la capa 2 para la TRX y BCF. Un enlace por TRX y BCF.

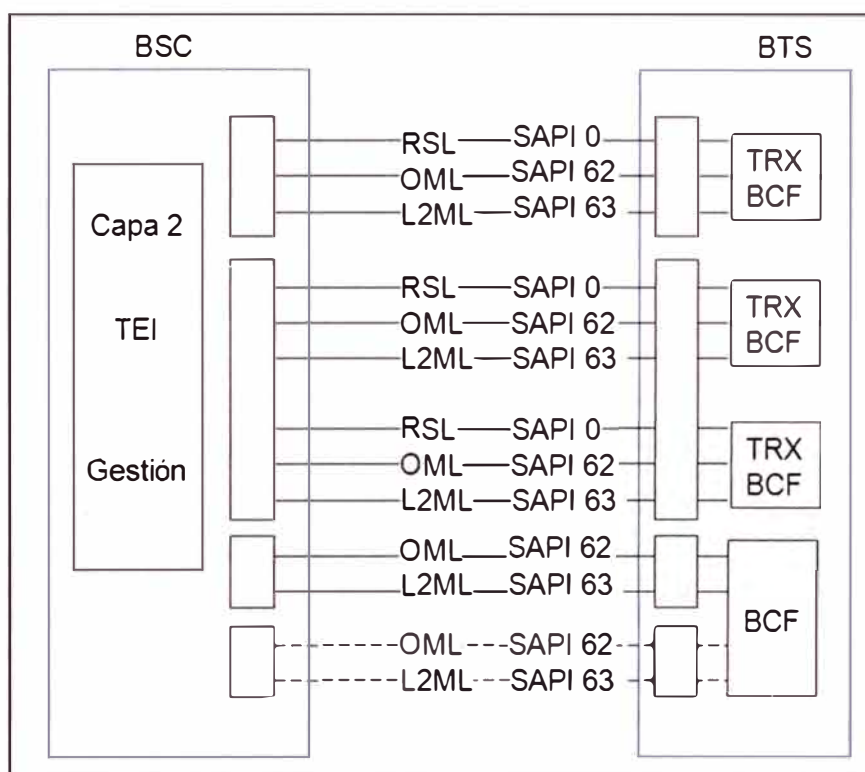


Figura 2.5 Enlaces lógicos de la capa 2 de la interfaz Abis (Fuente: Ibid)

Los mensajes sobre el RSL para la gestión del tráfico pueden ser divididos en cuatro categorías (Figura 2.6):

- Gestión del Enlace de Radio (Radio Link Management).
- Gestión de canal dedicado (Dedicated Channel Management).
- Gestión del canal común (Common Channel Management); y
- Gestión TRX (TRX Management).

El grupo de mensajes para la gestión de enlace de radio apoyan el establecimiento, uso, y liberación de los enlaces de señalización de la interfaz de radio. Los mensajes que son transparentes al BTS también pertenecen a este grupo.

Los mensajes que pertenecen al grupo de gestión de canal dedicado negocian con

los mensajes usados para gestionar los canales de radio asignados a un usuario en particular, por ejemplo, activación de canal, autenticación y encriptación.

Los mensajes del canal común son aquellos usados por los canales de control común (common control channels), tal como, acceso aleatorio y paginación desde y hacia el abonado móvil.

Los mensajes de gestión TRX son aquellos usados para transportar la información común hacia un simple TRX, por ejemplo, información de canal sin uso u control de flujo.

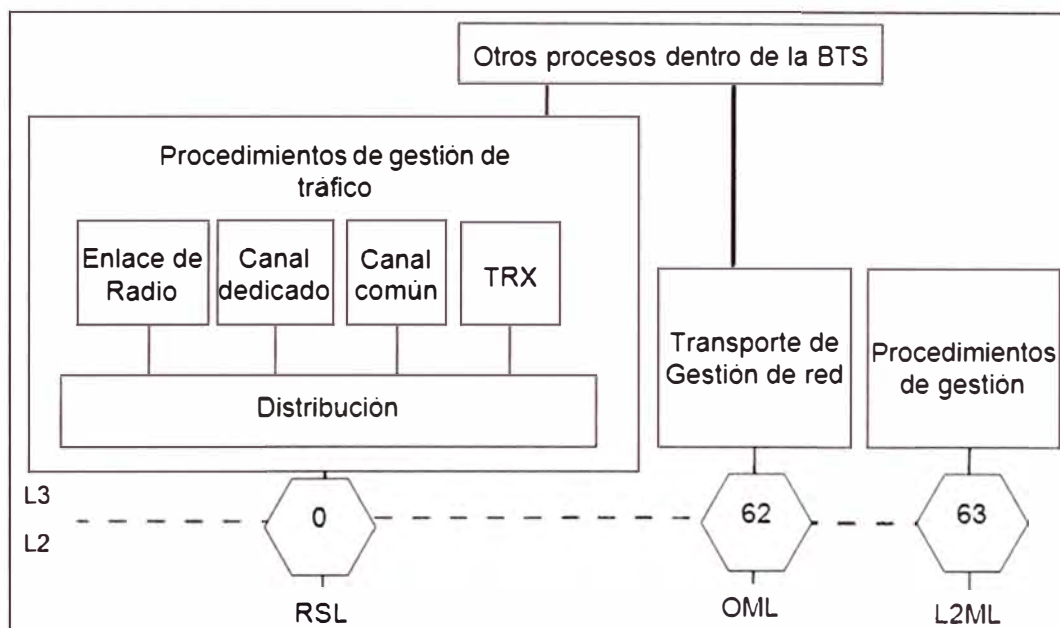


Figura 2.6 Modelo de capa 3 de la interfaz Abis (Fuente: Ibíd.)

No hay enlace directo entre la BTS y la OMC (Operational and Maintenance Center – Central de Mantenimiento y Operación). Todos los mensajes desde la OMC van primero a las BSC y entonces son encaminados a la BTS. Los mensajes O&M de la capa 3 en la interfaz Abis puede ser dividida en tres grupos, O&M formateado, mensajes de interfaz MMI (Man Machine Interface-Interfaz hombre máquina), y Mensajes de O&M del TRAU (Transcoder/Rate Adapter Unit – Unidad adaptadora de la transcondificación/tasa), como se muestra en la Figura 2.7.

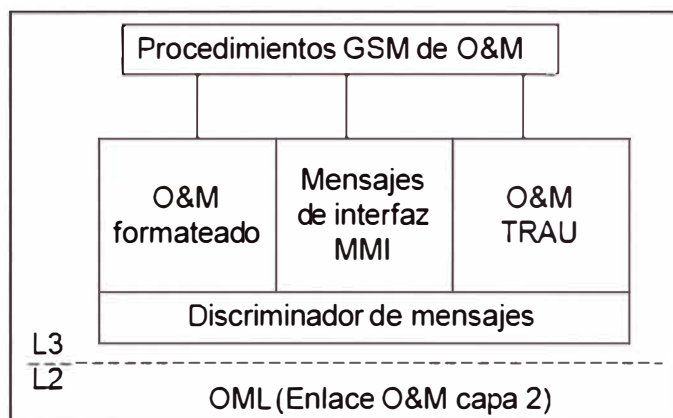


Figura 2.7 Estructura de capa 3 para mensajes O&M transportados sobre la Abis [Ibíd]

Los mensajes O&M formateados por ejemplo transportan comandos, respuestas, reportes, y archivos. Estos mensajes arriban en muchos cuadros en la capa 2 y entonces son enviados a la capa 3. Los mensajes de interfaz MMI configuran el mecanismo de transporte transparente a través de la interfaz Abis. Los mensajes O&M TRAU son aquellos que permiten a la BSC controlar remotamente el TRAU vía la interfaz Abis.

2.2.2 BTS, la estación base celular

Contiene al transmisor y al equipo receptor, tales como antenas y amplificadores, así como algunos componentes de la señal y el protocolo de procesamiento. La principal función de la BTS es transmitir y recibir señales de radio desde una unidad móvil a través de la interfaz aire [Ibid. Pag 45]. Para llevar a cabo esta función por completo, las señales son codificadas, multiplexadas, moduladas y luego alimentadas al sistema de antena.

Transcodificar para llevar la voz de 13 Kbps a una tasa de datos estándar de 16 Kbps y luego combinar cuatro de estas señales a 64Kbps es una parte esencial de la BTS, sin embargo esto puede hacerse en el BSC o en el MSC. La comunicación de voz puede ser a "full rate" o "half rate" sobre el canal lógico de voz.

Con el fin de mantener el equipo móvil sincronizado, la BTS transmite señales de frecuencia y sincronización de tiempo a través del canal de corrección de frecuencia (FCCH) y los canales lógicos (BCCH). La señal recibida del móvil es decodificada, descifrada y ecualizada para el mejoramiento del canal.

Es responsabilidad de la BTS asegurarse que las señales de "hopping" se mantengan ortogonales en el área de servicio de la BSC. Las funciones desempeñadas por la BTS son las siguientes:

- Codifica, encripta, multiplexa, modula y alimenta de señales RF a la antena;
- Transcodificación y adaptación de la tasa;
- Sincronización de tiempo y frecuencia;
- Cada BTS sirve a una sola celda;
- Comunicación de voz "full rate" o "half rate" a través del canal de voz.
- La señal recibida del móvil es decodificada, descifrada y ecualizada antes de la demodulación.
- Salto de frecuencia controlada de tal manera que dos MS en la misma área de la BSC no "salten" juntas;
- Detección de acceso aleatorio;
- Mediciones de canal de radio ascendente (uplink).

A continuación se describe sus componentes

a. TRX

Modulo transceptor que da cuenta de los ocho canales físicos TDMA, en cada

frecuencia portadora. Los módulos TRX también son responsables de la codificación de canal y decodificación, así como encriptación de voz y señales de datos.

b. DXU

Unidad de combinación y distribución. Unidad central de la Estación Base de Radio o RBS (Radio Base Station), que soporta puertos a 2 Mbps (E1) con capacidad total de hasta 8 Mbps Abis de transmisión. Hardware preparado para soportar modulación EDGE en hasta 12 TRXs.

Nota: EDGE Datos mejorados para evolución GSM (Enhanced data for GSM evolution)

c. LAPD (Link Access Protocol for D-channel)

El LAPD (protocolo de control de enlace de datos para los canales tipo D) es un protocolo de capa 2 utilizado para la señalización en la Interfaz Abis [Ibid. Pag 269].

El propósito principal de un protocolo de capa 2 es proporcionar conexiones de enlace para el intercambio de señalización entre las diferentes entidades, a saber, MS, BTS, BSC, MSC, VLR (Visitors Location Register- Registro de Localización del Visitante), HLR (Home Location Register- Registro de Localización de Llamada), etc. En GSM, son usados tres tipos de protocolo de capa 2:

- LAPDm (protocolo de enlace de acceso para señalización de canales) en la interfaz aire. Es una versión modificada y optimizada de la señalización de LAPD para la interface de aire GSM.
- LAPD en interfaz Abis, y
- MTP-2 (transferencia parcial de mensajes-recomendado por CCITT).

Los protocolos LAPD, entre usuarios móviles y la BTS, y LAPD, usados en la BSS, son similares a los del protocolo ISDN. Sin embargo, el LAPDm toma ventaja de la operación sincronizada para evitar el uso de banderas y por lo tanto incrementa la velocidad de operación y la protección contra errores.

El protocolo MTP (Message Transfer Protocol) usa las funciones estándar ISDN. En el enlace terrestre, que conecta el BSS a la BSC en la interfaz A, el nivel 2 de la SS7 (sistema de señalización #7) se utiliza para proporcionar funciones OSI de capa 2. La capa 2 alcanza el transporte fiable de datos de señalización debido a la detección y recuperación de errores.

Las funciones detalladas del protocolo de capa 2 LAPDm son las siguientes:

- Establecimiento y liberación de las conexiones de señalización de la capa 2;
- Multiplexación y demultiplexación de varias conexiones de señalización de la capa 2 en un canal de control dedicado y discriminación entre ellos mediante la inclusión de diferentes Identificadores de Puntos de Acceso de Servicio (SAPI).
- Mapeo de señalización de unidades de datos de señalización de capa 2 en protocolos

de unidad de datos (en caso de reconocer el funcionamiento de servicio de unidades de datos podrán ser segmentados y volver a re-ensamblarse en destino).

- Detección y recuperación de errores debido a la pérdida, duplicación y mal orden.
- Control de flujo.

2.2.3 BSC, controlador de la estación base

Es un nodo que realiza los handovers de las MS (estaciones móviles), atribución de frecuencias y asignación de canales de radio. Básicamente controla y realiza un seguimiento de las MS [Ibid. Pag 45]. El BSC realiza la gestión de recurso de radio (RR) para las celdas bajo su control. Esta asigna y libera frecuencias y ranuras de tiempo para todas las MS en su propia área. El BSC realiza el "handover" para las MS en movimiento entre la BTS y su control. También reasigna frecuencias a las BTS en su zona para satisfacer las fuertes demandas locales en las horas punta o eventos especiales.

El BSC controla la potencia de transmisión de las BSS y las MS en su área. El mínimo nivel de potencia para una unidad móvil se transmite por el BCCH. El BSC proporciona las señales de referencia de sincronización de tiempo y frecuencia para sus BTS. El BSC también mide el retardo de tiempo de las señales recibidas del MS relativas al reloj de la BTS. Si la señal MS recibida no está centrada en su ranura de tiempo asignado en el BTS, el BSC puede indicarle a la BTS que notifique a los MS avanzar en el tiempo de tal manera que una correcta sincronización se lleve a cabo. Las funciones del BSC son las siguientes:

- La gestión de Recursos de Radio (RR) para las BTS bajo su control.
- "Handover" entre celdas.
- Reasignación de frecuencias entre BTS.
- Gestionar las potencias de las BTS.
- Señales de sincronización de tiempo y frecuencia para las BTS.
- Medida del retardo de tiempo de las señales recibidas desde las MS con respecto al reloj de la BTS.
- Controla los saltos de frecuencia;
- Lleva a cabo la concentración de tráfico para reducir el número de líneas desde el BSC a las MSC y BTS.
- Proporciona una interfaz para la operación y gestión (O&M) de la BSS.

El BSC controla los saltos de frecuencia de todas las BTS y MS en su área. Establece la secuencia de saltos para cada BTS y dirige la BTS para informar a los MS bajo su control de la secuencia asignada. El BSC también puede llevar a cabo la concentración de tráfico para reducir el número de líneas de transmisión de la BSC a sus BTS, como se discutió líneas arriba.

2.3 Núcleo de red (Core Network)

Conocido en el estándar GSM como NSS (Network Switching Subsystem - Subsistema de conmutación de Red). El NSS actúa como una interfaz entre la red GSM y la red pública, PSTN/ISDN. En esta sección se desarrollan los siguientes ítems.

- Interfaz A.
- MSC (Mobile Service Switching Center).- Centro de conmutación del servicio móvil.
- VLR (Visitors Location Register).- Registro de Localización del Visitante.
- EIR (Equipment Identity Registers).- Registro de Identificación del Equipo.
- HLR (Home Location Register).- Registro de Localización de Llamada.
- AUC (Authentication Centre).- Centro de autenticación

2.3.1 Interfaz A

Es el enlace entre el MSC y el BSC se conecta a través de la capa física (capa 1) y transmiten datos usando uno o más sistemas de transmisión de 2048 Kbps [Ibid. Pag 303]. 31 canales de voz y datos de señalización son usados con un canal de sincronización. Un simple canal de datos de señalización son usados para el establecimiento de la llamada, el "handover" y el término de la llamada.

Los protocolos de la capa de aplicación de la BSS pasan solo por los mensajes RR y O&M. Los mensajes de gestión de la movilidad y control de la llamada pasan directamente desde la MS a la MSC. Así los mensajes de la capa son clasificados bajo las siguientes tres categorías:

- Mensajes DTAP (Direct Transfer Application Part).
- Mensajes MSSMAP (BS System Management Application Part).
- Mensajes BSS O&M (BS System Operation and Maintenance).

2.3.2 MSC, centro de conmutación del servicio móvil

La función principal de la MSC es la puesta en marcha de las llamadas entre Telefonía Móvil GSM y usuarios PSTN [Ibid. Pag 41]. En concreto lleva a cabo funciones como la paginación, asignación de recursos, registros de ubicación y encriptación. Una lista de funciones principales de la MSC se incluye a continuación:

- Paginación;
- Coordinación de establecimiento de llamadas de todos los MS en su jurisdicción;
- Asignación dinámica de recursos;
- Registro de locación;
- Función de interacción con diferentes redes;
- Gestión de "handover";
- Facturación para toda la base de abonados en su área;
- Reasignación de frecuencias a las BTS en sus áreas para satisfacer grandes

demandas;

- Encriptación;
- Control de la operación EC (echo canceler);
- Intercambio de señalización entre diferentes interfaces;
- Sincronización con las BSS;
- Un MSC puede tener varias interfaz a BSSs;
- Puerta de enlace para SMS (Short Message Service).

2.3.3 VLR - Registro de Localización del Visitante

Constituye la base de datos que soporta el MSC en el almacenamiento y recuperación de los datos de los suscriptores en el área. Cuando un MS entra en el área MSC, las señales que arriban a la MSC se almacenan e identifican en el VLR [Ibid. Pag 51].

Un MS desplazándose en un área MSC es controlada por el VLR responsable de esta área. Cuando un MS aparece en un LA (Location Area- Área de la Locación), se inicia el procedimiento de registro. El MSC para esa área notifica el registro y transfiere al VLR la identidad del LA en donde la MS está situada.

Un VLR podría estar a cargo de una o varias LA de las MSC. El VLR constituye la base de datos que soporta el MSC en el almacenamiento y recuperación de los datos de los suscriptores presentes en el área. Cuando un MS entra en las fronteras del área de un MSC estas señales llegan al MSC y son almacenadas en el VLR para su identificación. La información necesaria para gestionar el MS se encuentra en el HLR y es transferida al VLR de tal manera que se pueda recuperar fácilmente en caso de ser necesario. Las funciones del VLR son las siguientes:

- Trabaja en autenticación con el HLR y el AUC.
- Transmite la clave desde el HLR al BSS para el cifrado/descifrado.
- Controla la asignación de nuevos números TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity Identidad temporal del suscriptor móvil); un número TMSI del suscriptor puede ser cambiado periódicamente para asegurar su identidad.
- Soporta paginación.
- Realiza el seguimiento al estado de todos los MS en el área.

2.3.4 EIR, registro de Identificación del equipo

Es una base de datos que almacena los números de IMEI (International Mobile Equipment Identity- identificación internacional de equipo móvil) para todos los ME (mobile equipment) registrados. El IMEI identifica de manera única todos los ME registrados [Ibid. Pag 56].

En general, hay un EIR por PLMN. Sirve de interfaz para los varios HLR en el PLMN.

El EIR mantiene el seguimiento de todas las unidades ME en el PLMN. El EIR mantiene varias listas de mensajes. La base de datos almacena la identificación del ME y no tiene nada que hacer con el abonado quien está recibiendo u originando una llamada.

Hay tres clases de ME que son almacenados en la base de datos y cada grupo tiene diferentes características:

- Lista Blanca: contiene los IMEI que se sabe que van a ser asignados a MS validos. Esta es la categoría de los equipos genuinos.
- Lista negra: contiene los IMEI de móviles que han sido reportados robados.
- Lista gris: contiene los IMEI de móviles que tienen problemas (por ejemplo, falla de software, equipos defectuosos). Esta lista contiene todos los ME con fallas no lo suficiente importantes como para ser exceptuadas.

2.3.5 HLR, registro de localización de llamada

Es una base de datos que almacena de forma permanente los datos relacionados con un determinado conjunto de suscriptores. El HLR es la base de datos de referencia para los parámetros de abonado [Ibid. Pag 54].

Varios números de identificación y dirección, así como los parámetros de autenticación, servicios de suscripción, y la información de enrutamiento especiales son almacenados. El estado actual del abonado, incluyendo el numero temporal de "roaming" del abonado y el VLR asociado si el móvil está en "roaming" son mantenidos.

El HLR proporciona los datos necesarios para encaminar las llamadas a todos los MS-SIM en la área del MSC, incluso cuando están en "roaming" fuera del área o en otras redes GSM.

El HLR proporciona los datos de localización actual necesarios para apoyar la búsqueda y localización de la MS-SIM para llamadas entrantes, y donde el MS-SIM puede estar. El HLR es responsable del almacenamiento y suministro de autenticación SIM y los parámetros de encriptación que necesita el MSC en donde está operando el MS-SIM. Estos parámetros se obtienen del AUC.

El HLR mantiene los registros de aquellos servicios complementarios en los que cada usuario se ha suscrito para proporcionar el control de permisos en el acceso a estos servicios.

El HLR almacena información de las puertas de enlace de los SMS que tienen mensajes para los suscriptores hasta que puedan ser transmitidas y recibidas. El HLR proporciona la recepción y reenvío de la información de consumos hacia el centro de facturación para hacerlos así llegar a las casa de los abonados, incluso cuando la información proviene de otros PLMN, mientras que los suscriptores están en "roaming".

En base en las funciones anteriores, los diferentes tipos de data son almacenados en

el HLR. Algunos datos son permanentes, es decir, que solo se modifican por razones administrativas, mientras que otros son temporales y se modifican automáticamente por las entidades de red en función de los movimientos y acciones llevadas a cabo por el suscriptor.

2.3.6 AUC, centro de autenticación

Almacena la información que sea necesaria para proteger las comunicaciones a través de la interfaz de aire frente a intrusiones a la que el móvil es vulnerable [Ibid. Pag 56].

La legitimidad de los abonados se establece a través de autenticación y cifrado, que protege la información de los usuarios contra la divulgación no deseada. La información de autenticación y las claves de cifrado se almacenan en una base de datos de la AUC, la cual protege la información de los usuarios contra la divulgación y accesos no deseados.

En el procedimiento de autenticación, la clave nunca se transmite a los móviles a través del aire, solo se envía un número al azar. Con el fin de obtener acceso al sistema, el móvil tiene que dar la correcta "Respuesta de señal" (SRES - Signed Response) en respuesta a un número aleatorio (RAND) generado por la AUC.

Las claves nunca son transmitidas por el aire entre la BTS y la MS. Solo son transmitidos el "desafío" aleatorio y la respuesta calculada. Así, el valor de las claves se mantienen seguras. La clave cifrada, es transmitida sobre el enlace SS7 entre el HLR/AUC y la MSC visitada, la cual es un punto de vulnerabilidad potencial. Así que encontrarlas en una llamada no sirve para la siguiente llamada.

El HLR es también responsable de la "autenticación" de los suscriptores cada vez que hacen o reciben una llamada. Las AUC, que en realidad lleva a cabo esta función, es una entidad GSM separada, que a menudo será incluida físicamente con el HLR. Al estar separada, se utilizará el equipo de procesamiento separado para las funciones de base de datos de la AUC.

Nota:

RDSI (o ISDN) es un protocolo estándar de red de comunicaciones, que contempla tanto las comunicaciones de voz, como las de datos, transmitiendo ambas en formato digital, y a distintas velocidades, según el tipo de línea RDSI, todas ellas más rápidas y seguras que la línea analógica convencional de teléfono RTB (Red Telefónica Básica).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Según se mencionó en el capítulo I, el servicio de comunicaciones móviles tenía una limitada capacidad de tráfico de voz y datos para las estaciones bases celulares.

La solución de mejorar el servicio no se podía enfocar en construir nuevas estaciones al no ser ésta una alternativa económica por cuanto se debía considerar dentro de la inversión los equipos, el despliegue, los enlaces, además de la operación y mantenimiento.

Como alternativa viable se optaría por la optimización del servicio de comunicaciones móviles ampliando su capacidad de servicio aplicando técnicas modernas de optimización del canal.

Este capítulo se enfoca en describir la metodología de mejora de la comunicación en la interfaz Abis. Aunque la solución es aplicable a cualquier medio de transmisión, en el caso de estudio se presenta una aplicación para una estación remota con enlace satelital.

3.1 Evaluación de alternativas

En esta sección se plantean dos opciones tecnológicas para el mejoramiento de la transferencia de datos:

3.1.1 Servicios de Ampliación de Área Amplia (WAAS)

Es una alternativa de solución que se ejecuta completamente sobre redes IP o Ethernet es la compresión de datos. Como ejemplo se puede mencionar a Cisco WAAS (Wide Area Application Services).

Cisco fue el primero en proveer este sistema de optimización de la WAN que fuera transparente a la red. Esto quiere decir que se preserva los detalles de la cabecera de los paquetes IP, lo que incluye las direcciones IP, y los números de puerto TCP, lo cual es considerado importante para que los dispositivos y servicios intermedios funcionen de manera apropiada.

Cisco WAAS optimiza el rendimiento de cualquier aplicación que opere sobre una WAN o red de área amplia (metropolitanas, regionales o nacionales) haciendo que su accesibilidad sea lo más rápida y fiable posible, y facilitando a su vez, las operaciones en el centro de datos.

Esta solución de optimización de la WAN permite al departamento de TI (Tecnologías de Información) centralizar los servidores y el almacenamiento de información de las

diversas oficinas remotas en un único centro de datos manteniendo el rendimiento propio de una red local.

Cisco WAAS permite a las administraciones públicas cumplir ciertos objetivos primarios de toda organización de TI [20]:

- Aceleración de aplicaciones.- Mejorar el acceso y la productividad de los usuarios que acceden a aplicaciones centralizadas desde redes LAN remotas.
- Centralización, consolidación y optimización WAN.- Minimizando los costes de TI fuera del centro de datos y eliminando redundancias y duplicación de información.
- Flexibilidad de TI en oficinas remotas.- Responder rápidamente a las necesidades y requerimientos de TI.
- Simplificación de la protección de datos.- Facilitando la continuidad y el cumplimiento de las legislaciones existentes.

Como se puede observar en la Figura 3.1. La solución WAAS se aplica a redes IP y se sitúa entre el router del proveedor y el switch de cada LAN del cliente, a este dispositivo se le denominado Core WAAS. A efectos de que el sistema funcione correctamente, en la sede central se sitúa un segundo WAAS que se denomina Central manager WAAS

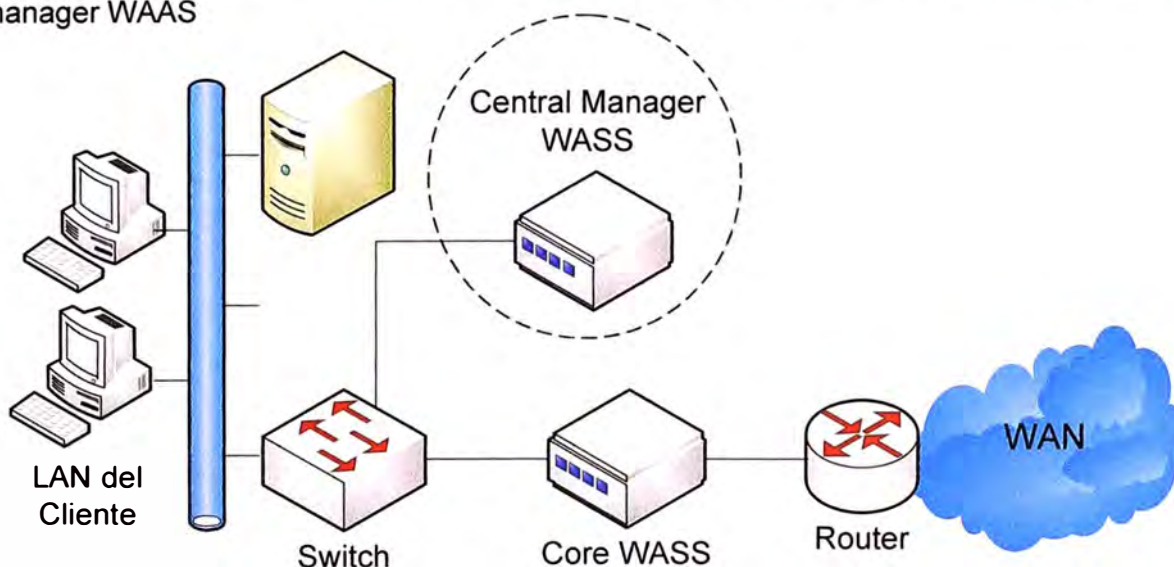


Figura 3.1 Solución WAAS (Fuente: Elab. Propia)

La solución WAAS no solo considera el uso de técnicas de compresión de datos, tal como la DRE o eliminación de datos redundantes (Data Redundancy Elimination) o la compresión persistente LZ (Lempel Ziv), sino también otra metodología como la aceleración de aplicaciones que involucra una extensa gama de técnicas como el sistema común de archivos de internet caché (CIFS-Common Internet File System), procesamiento por lotes y predicción en la operación, supresión inteligente de mensaje, etc. No se profundiza estas técnicas como marco teórico debido a que no son parte de la solución elegida para el caso de estudio.

3.1.2 “Packet Abis”

Es una solución de Ericsson. El “Packet Abis”, (Figura 3.2), incluye un nuevo protocolo para la transferencia de datos sobre el enlace Abis. En resumen, desde la interfaz de aire la solución envía todo el tráfico (voz, datos y señalización) en paquetes sobre la Abis con un mínimo de reempaquetamiento y reformato.

La solución implica no solo mejoras en la BTS sino también en la BSC, por lo cual con la ayuda de la Figura 3.2 se explica seguidamente los componentes de la BSC [5], así como los de la solución “Packet Abis”.

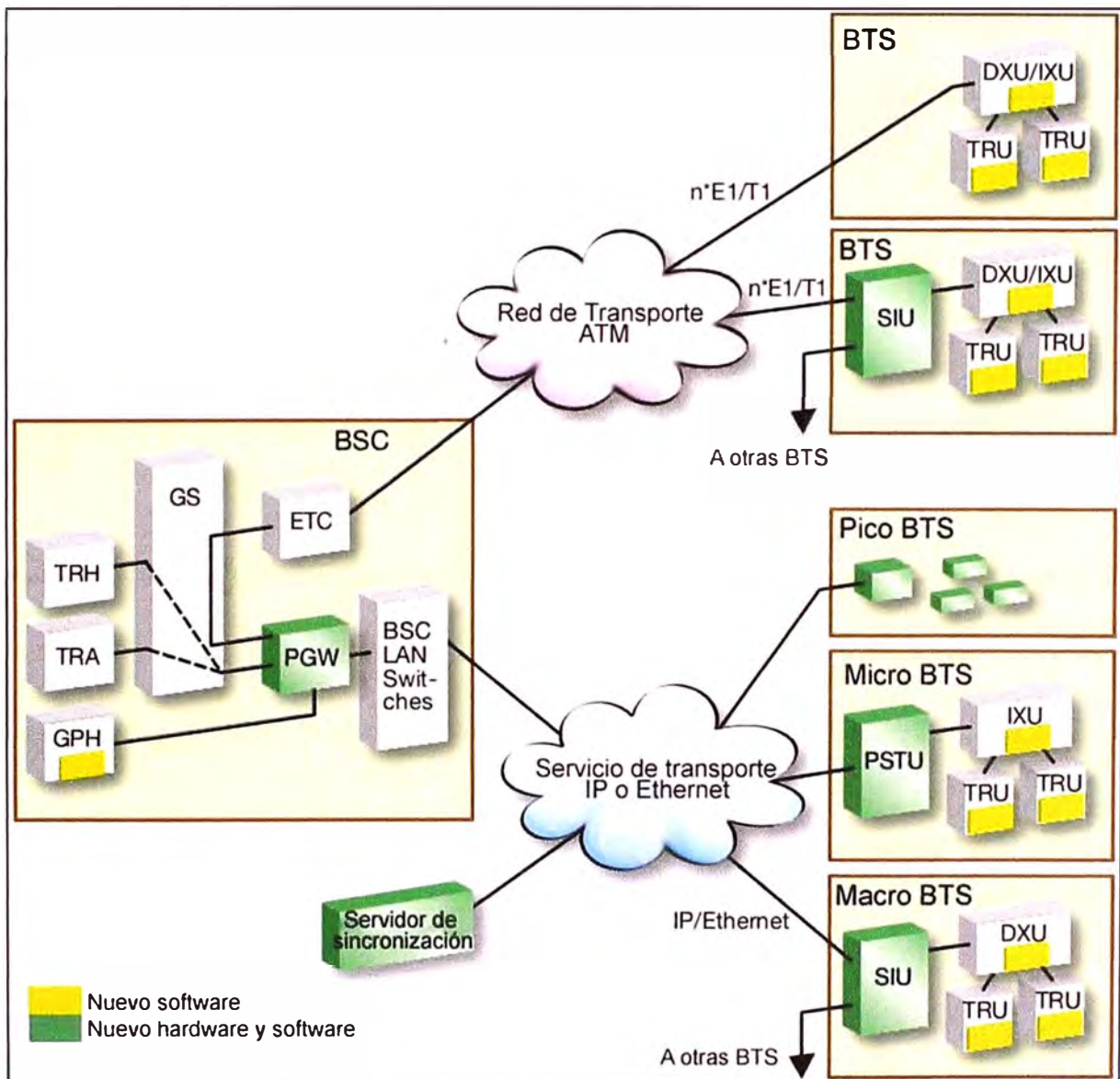


Figura 3.2 Solución de “Packet Abis” (Fuente: Ref. [4])

- ETC (Exchange Terminal Circuit).- Es el hardware común en el sistema AXE (Automatic Cross-Connection Equipment de Ericsson) [6] para manejar los enlaces de transmisión PCM, en este caso en el enlace MSC-BSC y el BSC-BTS. El enlace puede ser T1 o E1.
- GS (Group Switch).- Es la parte central del BSC. El GS conecta un canal entrante con un canal de salida, por ejemplo puede conectar cualquier ranura de tiempo PCM y

enviarla sobre cualquier enlace PCM saliente sobre cualquier ranura de tiempo.

- TRH (Transceiver Handler).- Realiza las actividades requeridas para controlar la BTS.
- TRA (Transcoder and Rate Adaptor).- Es la responsable de la codificación de la voz y la adaptación de la tasa del tráfico de voz y de datos entrantes provenientes del MSC y de la BTS. El hardware en donde esta función es implementada es llamada TRAB (Transcoder and Rate Adaption Board).
- TRU (Transceiver Unit).- Unidad Transreceptora.
- GPH (GPRS Packet Handler).- Incrementa la capacidad de la "Unidad Controladora de Paquetes" o PCU (Packet Control Unit) para el uso más efectivo de los recursos. [7]
- PGW (Packet Gateway).- Puerta de enlace de Paquetes (parte de la solución Packet Abis).
- PSTU (Packet-Switched Termination Unit).- Unidad de Terminación de Conmutación de Paquetes (parte de la solución Packet Abis).
- SIU (Site Integration Unit).- Unidad de Integración del Emplazamiento (parte de la solución Packet Abis).

La solución puede ser usada sobre las redes de transporte TDM así como sobre los servicios de transporte Ethernet o IP, lográndose con esto una gran ventaja respecto a la solución WAAS (solo redes IP). La solución de Ericsson "Packet Abis" es construida alrededor de dos principales características

- a) Optimización de la Abis; y
- b) Abis sobre IP.

Las cuales se pasan a describir a continuación

a. Optimización de la Abis

Esto implica Bajos TCO (costo total de propiedad - total cost of ownership) usando redes de transporte TDM. La "Optimización de la Abis", es la solución de Ericsson para las redes de transporte TDM, ahorra la capacidad del canal (en Mbps) al solo transferir los bits que contienen datos. Todos los otros bits (por ejemplo, aquellos que fueron previamente usados para mantener una tasa de bits constante con el propósito de caber en el formato del canal PDH) ya no son insertados.

Ericsson integra la "Optimización de la Abis" en la BSS (es como se llama en GSM a la RAN). La característica de "Optimización de la Abis" está basada en la mejora del software de la BTS (en color amarillo en la Figura 3.2), y en la introducción de una "Puerta de Enlace de Paquetes" o PGW (Packet Gateway) en la BSC, para hacer posible el protocolo de "Packet Abis". Para ahorrar mucho más la capacidad del canal (bandwidth), se añade una SIU (Site Integration Unit) en la BTS para explotar las ganancias de Multiplexación estadística entre las BTS.

Para ilustrar las ventajas del uso de “Optimización de Abis”, se tiene como ejemplo lo siguiente:

El número de enlaces E1/T1 requeridos por emplazamiento con la “Optimización de Abis” depende de las configuraciones del emplazamiento y el tráfico mixto. En escenarios T1, un equipo RBS 2106/2206 (que integra la solución Ericsson) con hasta 12 TRXs puede cubrir tres sectores con un único T1. Con el Abis “clásico”, dos T1 serían requeridos para esta configuración. En escenarios E1, un E1 puede soportar dos BTS con hasta 18 TRXs, significando para las configuraciones estándares de estaciones base, ahorros de hasta 50%.

b. Abis sobre IP

Esto implica bajo TCO con “Packet Abis” usando servicios de transporte IP o Ethernet.

La solución “Abis sobre IP” habilita al operador a usar las redes de transporte IP y Ethernet para conectar a las BTS a la BSC y por lo tanto beneficiarse de los bajos costos de los servicios de transporte basados en IP y Ethernet. La solución también abre la posibilidad para el transporte compartido con WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) y para las soluciones de transporte integradas para los emplazamientos BTS.

La solución es totalmente operable con otros productos Ericsson. En el emplazamiento de la BTS, todas las características IP son implementadas con la nueva función STN (Site Transport Node), conectando la BTS a las redes de transporte IP o Ethernet.

La STN es una función de software que puede ser implementada en las estaciones base Ericsson. La Figura 3.3 muestra la topología de la red de Operación y Mantenimiento (O&M) indicando la posición del nodo lógico STN (y de otros elementos que son explicados más adelante) además el tráfico cursado.

El STN es implementado sobre una familia de plataformas que han sido optimizadas para funcionar sobre las pico, micro, y macro BTS. La plataforma denominada “Unidad de Terminación de Conmutación de Paquetes” o PSTU (Packet-Switched Termination Unit) para las micro BTS, por ejemplo, está completamente integrada en las micro BTS (RBS) de Ericsson.

En las macro BTS, Ericsson integra la STN en la “Unidad de Integración del Emplazamiento” o SIU (Site Integration Unit), la cual está diseñada para servir como único punto de conexión que soporte un transporte integrado común para el emplazamiento BTS. Con la SIU (Figura 3.4), se puede administrar eficientemente y compartir transporte backhaul para las BTS GSM, BTS WCDMA, y otros equipos que se conectan vía IP o Ethernet.

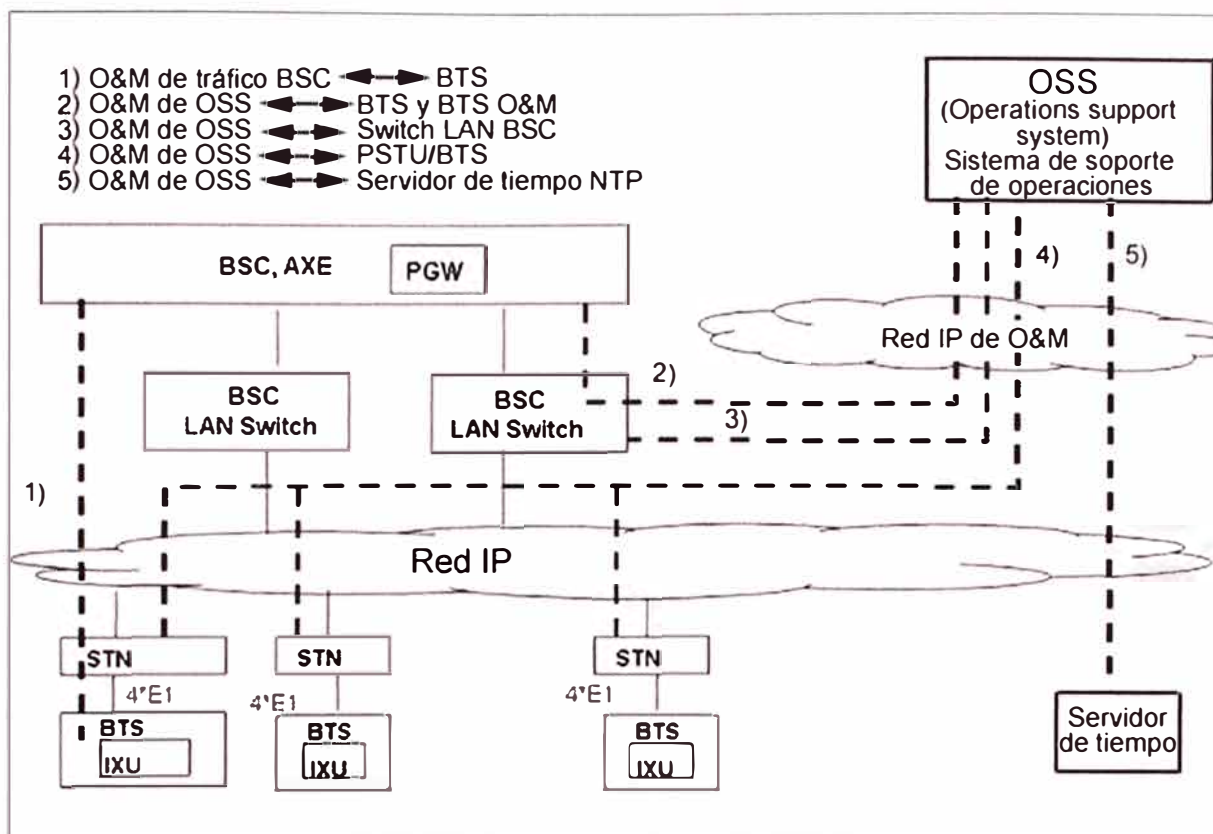


Figura 3.3 Topología de la red de Operación y Mantenimiento (Fuente: Ref. [8] Fig. 3)

Nota:

La OSS realiza la administración, inventario, ingeniería, planeamiento y funciones de reparación para los proveedores de servicios de telecomunicaciones y sus redes [11].

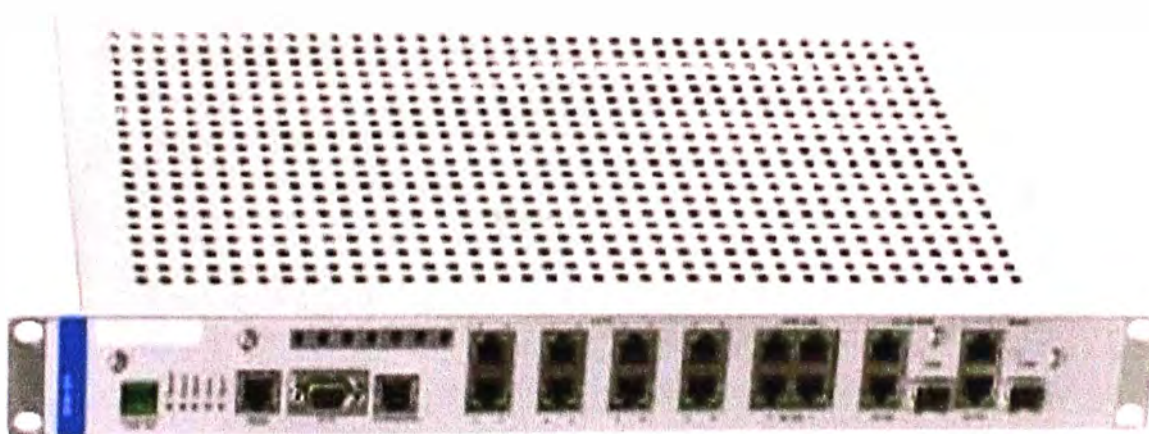


Figura 3.4 La SIU - Site Integration Unit (Fuente: [4])

La puerta de enlace de paquetes PGW, usada para la "Optimización de Abis" puede simultáneamente manejar tráfico IP y tráfico desde la red de transporte TDM, y permitir el término de "Abis sobre IP" en el emplazamiento BSC [12].

3.1.3 Ventaja de la solución propuesta

La solución "Packet Abis" es la alternativa tecnología adecuada para mejorar el servicio en las celdas de telefonía móvil. Por ejemplo, también se puede cuadruplicar el

rendimiento de EDGE sin transmisión adicional.

Muchos operadores que despliegan EDGE han considerado necesario restringir el throughput (volumen de trabajo o de información que fluye a través de un sistema) para coincidir con las limitaciones de la capacidad de transmisión TDM. La interfaz clásica Abis basada en TDM tiene una asignación fija de ranuras de tiempo de transmisión para los canales de radio básicos.

Por lo tanto, La ranura de tiempo subordinada de 16 kbps en la interfaz Abis, permanentemente asignada a un canal de tráfico (TCH) para el servicio de voz, nunca estará disponible para llevar datos EDGE data (Con la solución "Packet Abis" los recursos de transporte constituyen un fondo de recursos común que es utilizado por el tráfico ofrecido en cada momento).

Con el "Packet Abis", sin embargo, no se tiene tal asignación permanente. Por lo tanto, la transmisión de E1 o T1 puede ahora ofrecer un tubo de bits de MLPPP (Multilink Point-To-Point Protocol-Protocolo de multienlace punto a punto) que podría ser libremente usado por todo servicio ofrecido por la BTS hasta que alcance la saturación (congestión). En ese punto, la BSC reduce dinámicamente la carga generada a través del control de los terminales móviles.

En muchos lugares, los operadores también han limitado EGPRS a una ranura de tiempo, dando a los suscriptores un rendimiento máximo de a lo más de 59,2 kbps. Sin embargo, mediante el despliegue de "Packet Abis", los operadores pueden cuadruplicar la velocidad más horas del día sin agregar capacidad de transmisión, dando así a los usuarios la capacidad para navegar por internet a más de 230 kbps [4].

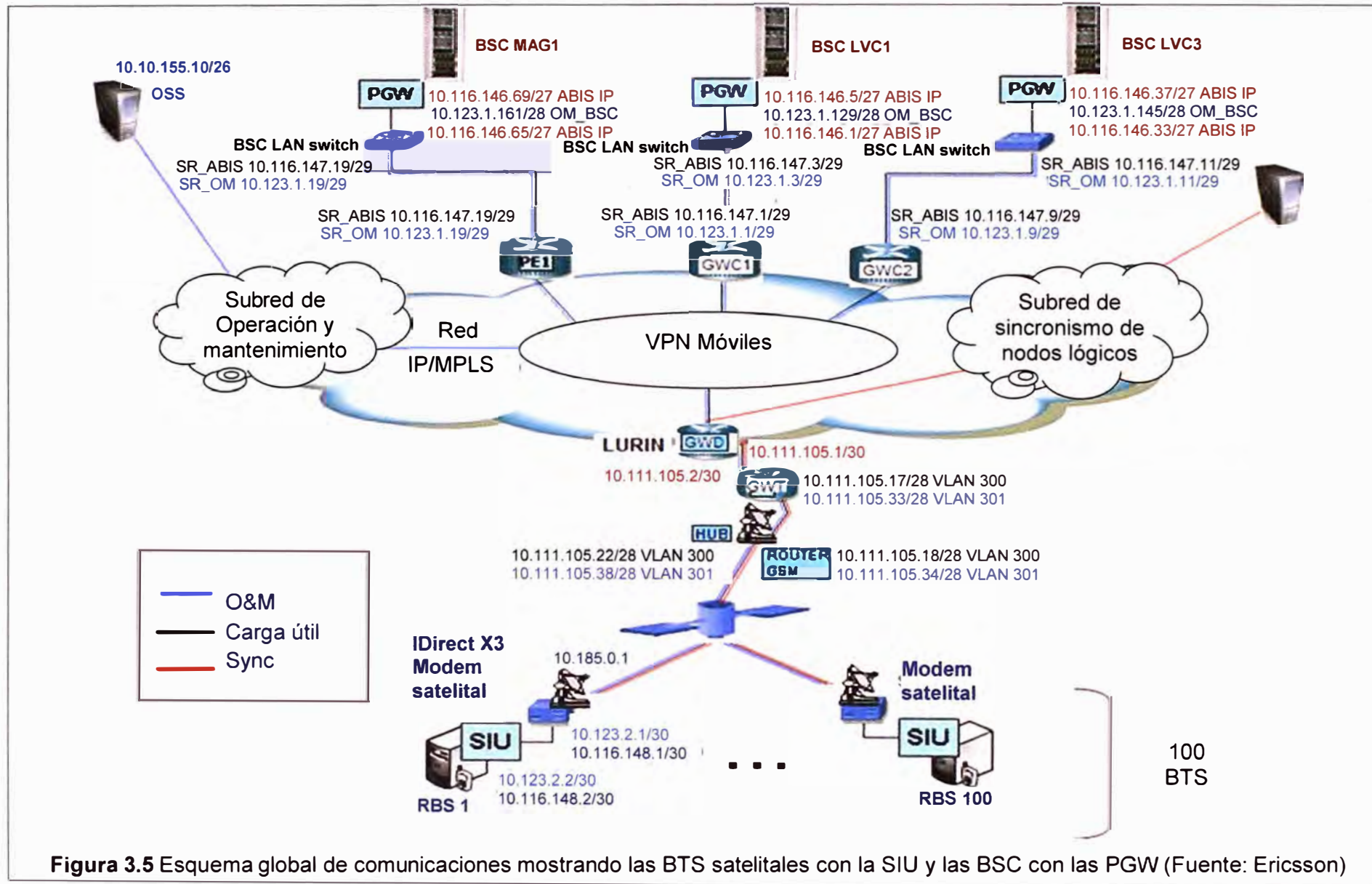
3.2 Topología y funcionalidad de la solución

La Figura 3.5 muestra un esquema global del sistema de comunicaciones móviles en las que se puede apreciar a las BTS satelitales con la correspondiente tarjeta SIU y a las BSC con las PGW.

En el esquema se pueden apreciar tres tipos de tráfico:

- El correspondiente a las tareas de operación y mantenimiento (O&M), mostrado en línea azul. Este tráfico está presente en todos los elementos del conjunto mostrado a excepción de la subred de sincronismo.
- El correspondiente a las comunicaciones de los abonados (carga útil o payload), en línea negra el cual no está presente en las subredes de sincronismo y de O&M, la carga útil se engloba dentro de la red VPN móviles.
- El correspondiente al sincronismo de los nodos lógicos STN de la solución, en línea roja, cuya funcionalidad es explicada en los siguientes párrafos.

Estas comunicaciones están soportadas en una red IP/MPLS



En la Figura 3.5 se sigue la ruta SIU-i DIRECT X3 (que corresponde a la BTS)-LURIN-VPN MOVILES (ruta que no es nuestro caso de estudio) para terminar en el BSC de LV3.

EL modulo SIU ha sido configurado con el IP 10.116.148.2 y el modem i-Direct X3 con IP 10.116.148.1. Estos módulos se instalaron en la BTS sin necesidad de ser configurados en el site debido a que le proveedor los entregó a telefónica con todos los requerimientos pedidos por tal motivo personal O&M solamente comprobó su operatividad conectándonos a la SIU (se muestra operatividad en la Figura 3.6 líneas abajo). En el BSC se configuro el PGW con la IP 10.116.146.37.

```

#1 E:VERICSSON TELEFONICA\SIU\SIU_OCOYO_19.08.10.txt *
resettofactorysetting

!-----!
!  esperar fin de reinicio  !
!-----!

settime 2010 08 21 06 10 00 00

!inicio de transaccion!
startTransaction transiu

createMO transiu STN=0, IPInterface=0
setMOAttribute transiu STN=0,IPInterface=0 primaryIP_address 10.116.148.2
setMOAttribute transiu STN=0,IPInterface=0 primarysubnetmask 255.255.255.252
setMOAttribute transiu STN=0,IPInterface=0 defaultgateway 10.116.148.1
setMOAttribute transiu STN=0,IPInterface=0 trustDSCP true
setMOAttribute transiu STN=0 depIP_Interface STN=0,IPInterface=0

createMO transiu STN=0, EthernetInterface=0

createMO transiu STN=0,E1T1Interface=0
setMOAttribute transiu STN=0,E1T1Interface=0 type e1_30

createMO transiu STN=0,TGTransport=ETS_OCOYO-1
setMOAttribute transiu STN=0,TGTransport=ETS_OCOYO-1 depIP_interface STN=0,IPInterface=0
setMOAttribute transiu STN=0,TGTransport=ETS_OCOYO-1 PGW_IP_Address 10.116.146.37
setMOAttribute transiu STN=0,TGTransport=ETS_OCOYO-1 DSCP_L2TP_CP 46

createMO transiu STN=0,TGTransport=ETS_OCOYO-1,SuperChannel=0
setMOAttribute transiu STN=0,TGTransport=ETS_OCOYO-1,SuperChannel=0 depE1T1Interface 0
setMOAttribute transiu STN=0,Synchronization=0 DSCP_Synchronization 46

setMOAttribute transiu STN=0 STN_Name SIU_OCOYO
setMOAttribute transiu STN=0 wakeUpRegistration 10.10.155.10
setMOAttribute transiu STN=0 DSCP_OperationAndMaintenance 46

createMO transiu STN=0,Pingmeasurement=0
setMOAttribute transiu STN=0,PingMeasurement=0 depIP_interface STN=0,IPInterface=0
setMOAttribute transiu STN=0,PingMeasurement=0 pingDestination 10.116.146.37
setMOAttribute transiu STN=0,PingMeasurement=0 pingDSCP 46

!verificacion!

```

IP SIU

IP i-Direct

IP PGW

IP OSS

Figura 3.6 Grafica conexión del O&M a la SIU y verificación de puesta en servicio (Ibid).

Para O&M se configura en el OSS el IP 10.10.155.10 y finalmente para la sincronización de la SIU se configura el IP 10.xxx.xx.x (cualquier IP, no fue proporcionada por telefónica).

3.2.1 Sincronización

Para cumplir con las especificaciones GSM y garantizar el apropiado funcionamiento de la red GSM, las BTS deben mantener una frecuencia de radio, estable y controlada, sobre la interfaz de aire. Dependiendo del tipo de BTS, el nivel estipulado de precisión es de 50 o 100 ppb (partes por 10^{11}).

Las BTS con Abis basados en TDM tradicional son sincronizadas con la temporización provista por la tasa de reloj de capa 1 de la red de transporte. Las redes TDM están típicamente sincronizadas para una precisión de 16 ppb, la cual está bien dentro de los requisitos de la interfaz de aire

Con la solución "Abis sobre IP", sin embargo, no se puede asumir que la red de transporte lleve la temporización para sincronización sobre la capa 1. Ethernet, por ejemplo, actualmente no soporta la temporización de capa 1 para la sincronización de la BTS. Otros medios deben así ser usados para sincronizar las BTS. Los operadores que emplean "Abis sobre IP" pueden sincronizar sus estaciones base usando la información de:

- Un receptor GPS ubicado en la BTS; o
- La red IP.

a. Receptor GPS en la BTS

Las BTS equipadas con un receptor GPS, pueden ser sincronizadas usando los datos de temporización del propio equipo GPS. Esta solución, la cual es bien precisa, es también usada para sincronizar las redes de radio. A pesar de ello, se requiere una línea de vista clara para la antena del receptor. En muchas instalaciones esto no es posible de lograrse, lo cual elimina al GPS como la solución de sincronización para esos emplazamientos.

b. Sincronización de la BTS con "Abis sobre IP"

En la solución Ericsson, el STN provee a la BTS con la temporización necesaria para cumplir con los requerimientos de frecuencia de la interfaz de aire. Las BTS pueden usar la funcionalidad de sincronización existente [4]. La base de esta solución es un oscilador altamente estable (OCXO) incorporado en el hardware de la Pico, de la PSTU, y de la SIU. Para compensar el envejecimiento del oscilador y evitar las visitas técnicas para recalibrar el oscilador, el OCXO es además calibrado sobre la red de paquetes.

Con esta solución, el tiempo de inicio permanece independiente del rendimiento de la red IP. Cinco minutos después del encendido, el OCXO puede proveer una frecuencia

precisa que puede ser usada como fuente de temporización para la funcionalidad de sincronismo para la BTS. Un STN puede proveer temporización precisa por varios meses desde la puesta en marcha inicial sin soporte de calibración o temporización desde la red.

Cuando se pone en operación, una aplicación de calibración en el STN compensa el envejecimiento del OCXO. El STN sirve como un cliente para un servidor de tiempo, enviando regularmente paquetes de temporización (con las marcas de tiempo-time stamp) a una tasa de paquetes muy baja. El servidor de tiempo regresa los paquetes con los datos de tiempo. Al recibir estos paquetes, el STN añade una marca de tiempo de recepción (Figura 3.7).

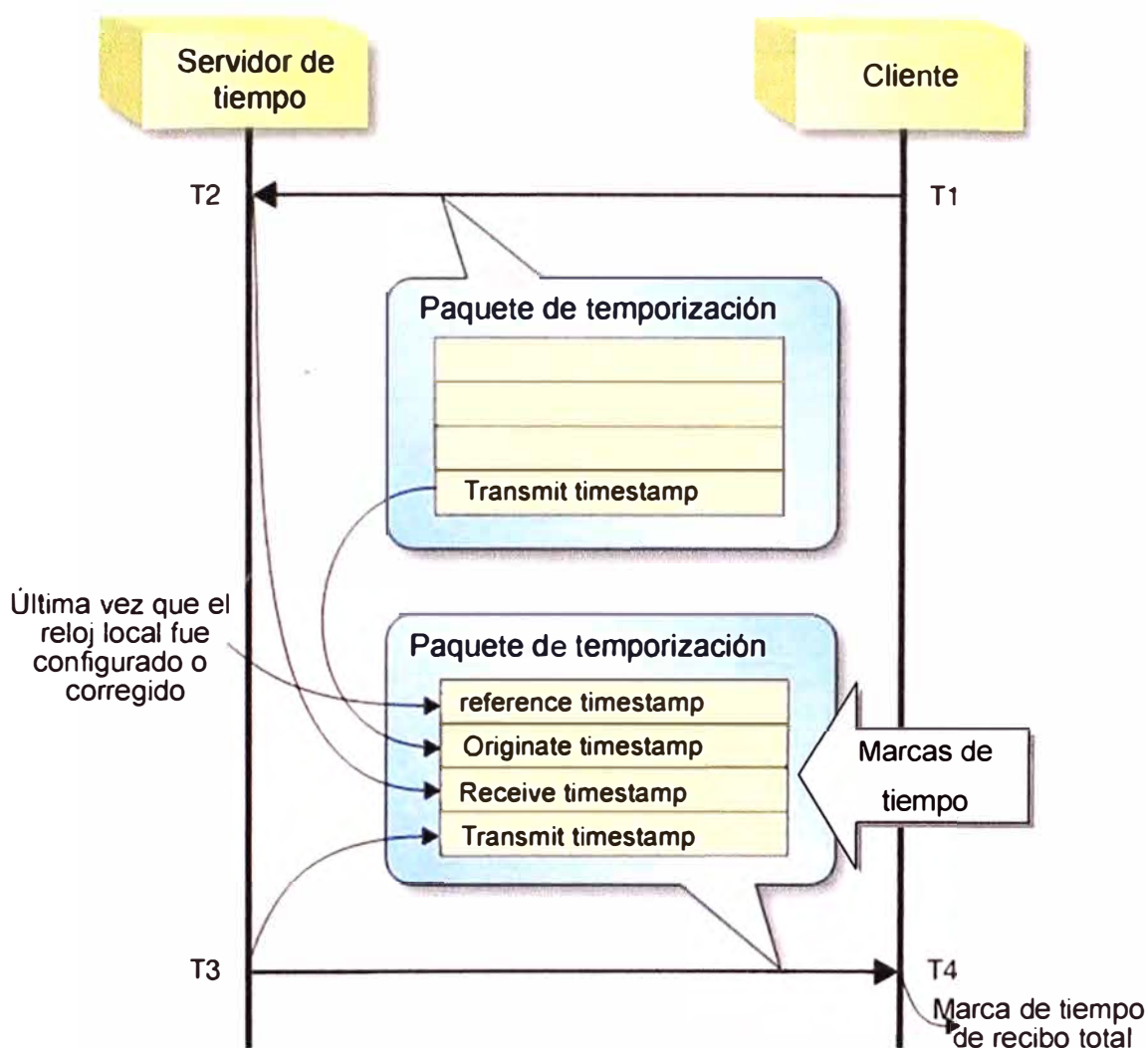


Figure 3.7 Sincronización de BTS con "Abis sobre IP: ejemplo de marca de tiempo
(Fuente: Ibidem)

El formato de datos del mensaje definido en el "Protocolo de Tiempo de la Red" o NTP (Network Time Protocol) es usado para transferir los paquetes de temporización con la información de la marca de tiempo [13].

Los servidores de tiempo NTP disponibles con precisión Stratum1 (Estrato 1 son, por ejemplo, los servidores de tiempo NTP que son sincronizados al GPS y que proveen una

precisión de marcas de tiempo mejores a 100 μ s) pueden ser usadas y compartidas con otras aplicaciones. Gracias a la muy baja tasa de paquetes, un servidor de tiempo puede servir a un gran número de clientes. La robustez de la funcionalidad de sincronización total ha hecho más flexible los requerimientos para la disponibilidad de los servidores de tiempo.

La aplicación de calibración de la STN analiza y filtra los paquetes de temporización recibidos usando un algoritmo desarrollado por Ericsson. La aplicación de calibración puede trabajar sobre toda ruta de la red IP que pueda ser usada para tráfico de la solución "Abis sobre IP". Así la aplicación de calibración soporta las rutas de la red IP con un retardo de paquetes de variación de hasta 50 ms. Esto es comparable con la Calidad de Servicio (QoS) de clase 1 definido en la recomendación ITU-T Y.1541 ("Network performance objectives for IP-based services" – "Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet") [14][30], el cual está destinado a VoIP (voz sobre IP) usando técnicas de red con requisitos menos rigurosos sobre enrutamiento y distancias. El robusto algoritmo no es sensible a pérdidas de paquetes o a largos periodos (meses) de interrupción hacia el servidor de tiempo.

La red soportada podría ser una red conmutada o enrutada que incluya acceso a los diversos tipos de DSL (xDSL) a través de acceso DSLAM (Multiplexor de acceso de DSL) o salto de satélite. La interfaz WAN de la STN puede ser Ethernet 10/100/1000BASE o E1/T1.

La solución Ericsson "Abis sobre IP" para la sincronización de BTS puede ser empleada sobre redes IP con equipos de enrutamiento y conmutación en los nodos intermedios. La solución puede manejar la variación del retraso del paquete añadido por esos nodos intermedios. Todos los nodos intermedios soportan el formato de datos del mensaje usados por los paquetes de temporización. El oscilador altamente estable OCXO mantiene el tiempo de inicio independientemente de la variación del retardo de paquetes en la red IP.

El Protocolo de Tiempo de Precisión o PTP (Precision Time Protocol), dado por la norma IEEE 1588 [9] puede ser implementado en algunas redes de telecomunicaciones. Sin embargo, esto no mejora el rendimiento de sincronización o calibración a través de las redes existentes a menos todos los nodos sean reemplazados con un nodo que soporte un reloj transparente y de borde IEEE 1588 (ver nota).

Con las técnicas IEEE 1588 implementadas en cada nodo, los clientes experimentarán menos variación en los retardos de paquetes, lo que a su vez, significa que osciladores menos estables podrían ser usados en los nodos del cliente. Una consecuencia de usar un oscilador menos estable es que el tiempo de inicio se hace

dependiente de la variación de retardo de paquetes.

Nota:

- El PTP, permite sincronizar sistemas heterogéneos que cuenten con relojes de distinta precisión, resolución y estabilidad. El protocolo soporta precisión de sincronización a nivel de sub-microsegundos, con recursos de red y cálculo de hora local mínimos [10].
- El reloj transparente mide y cuenta los retardos en el campo de intervalo de tiempo dentro de los paquetes de temporización, haciendo así que los switches sean transparentes (respecto al tiempo) a los nodos maestros y esclavos. El reloj realiza esta operación de manera muy precisa y a la velocidad de comunicación sin introducir más retardos [9].
- El reloj de borde (Boundary clock) es definido dentro de un sistema PTP para tomar el lugar de los routers o switches estándares. Son definidos como relojes PTP con más de un único puerto PTP, cada uno proveyendo acceso a una separada ruta de comunicación [9]. El reloj de borde actúa como interfaz entre dominios PTP separados interceptando y procesando todos los mensajes PTP y pasando el restante tráfico de la red.

3.2.2 Seguridad

Conectar las BTS sobre redes IP en vez de redes basadas en TDM algunas veces plantea preocupaciones por la seguridad. Aunque estas preocupaciones no están generalmente motivadas por cualquier característica técnica de IP, es requerida. Existen dos razones principales para esto:

- Las redes IP proveen conectividad desde las BTS a la BSC, al “Sistema de Soporte de Operaciones” u OSS (Operations support system), y al servidor de tiempo. Dependiendo de cómo ha sido configurado, una red que es compartida con otros sistemas podría ofrecer una conectividad extendida; y
- Los operadores que a menudo usan redes IP públicas o semipúblicas como medio para reducir sus costos.

Algunos operadores podrían incluso tener una estrategia empresarial que imponga soluciones de seguridad específica cuando una red IP genérica es usada.

a. Limitando el acceso y la potencial intrusión

La solución “Abis sobre IP” de Ericsson incorpora un número de medidas para mejorar la seguridad (Figura 3.8). Esta solución, por ejemplo emplea:

- “Listas de control de acceso” o ACL (Access Control List) en las interfaces de la BSC y de la BTS;
- Firewalls opcionales al frente de los nodos sensibles, tal como en la BSC y la OSS, o en los puntos de interconexión entre la Abis y las redes troncales IP; y
- Túneles IPsec (Secure IP) desde la BTS a la BSC y a la OSS o a una troncal IP segura.

El IP es implementado nativamente en todos los nodos de transporte de las BTS. La terminación IPsec en la BSC y la OSS es implementada usando firewalls específicos, y túneles IPsec que son administrados desde la OSS.

Nota: [16][17]

IPsec está diseñada para proveer seguridad para IPV4 e IPV6, de tipo interoperable, de alta calidad y basada en encriptación. El conjunto de servicio de seguridad ofrecidos incluyen control de acceso, integridad sin conexión, autenticación del origen de datos, protección contra repeticiones (una forma de integridad de secuencia parcial), confidencialidad (encriptación), y un confidencial flujo de tráfico limitado. Esos servicios son provistos en la capa IP, brindando protección para los protocolos IP y/o de capas superiores.

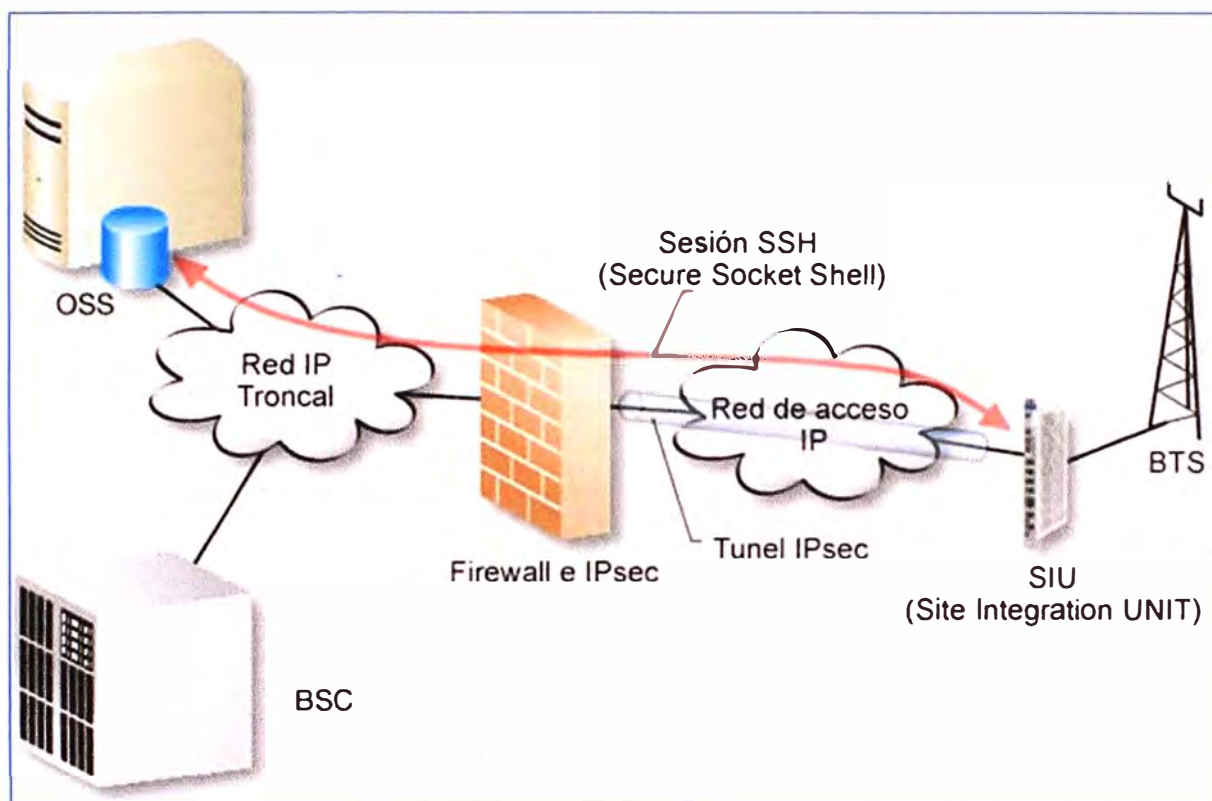


Figura 3.8 Seguridad en la solución "Abis over IP" (Fuente: Ref. [4])

b. Seguridad O&M

Debido a que el tráfico O&M es particularmente sensible desde el punto de vista de la seguridad, todo el tráfico O&M que corre sobre IP es realizado usando SSH (Secure Socket Shell) y FTP asegurado (SFTP). Igualmente, la autenticación del usuario es obligatoria para todas las conexiones O&M. El sistema registra la auditoria de la actividad del operador y periódicamente la sube a la OSS.

Nota: SSH es un protocolo para un acceso ("logueo") remoto seguro y otros servicios de red segura sobre una red insegura [18][19].

Si el acceso a la red IP no es de confianza, esto es, si la red es pública o compartida,

entonces IPsec debería siempre ser usado para prevenir las escuchas y la manipulación del tráfico. Un ejemplo típico serían las Pico BTS, que por ejemplo tienen el equipo RBS 2409 (Figura 3.9), que tienen como objetivo las licencias de frecuencias de baja potencia para el mercado empresarial.



Figure 3.9 Pico base station, RBS 2409. (Ref. [4])

3.3 Instalación de la solución

Como caso de estudio se utiliza la EBC situada en el distrito de Ocoyo, provincia de Huaytará, en Huancavelica, a 1900 msnm.

Las figuras que se muestran a continuación forman parte del equipo del equipo agregado. La Figura 3.10 muestra a la DXU operativa, pudiendo verse los cables que conectan la E1 en el puerto A y que luego baja a la OVP (Figura 3.11) para la protección del E1 contra sobre voltajes.

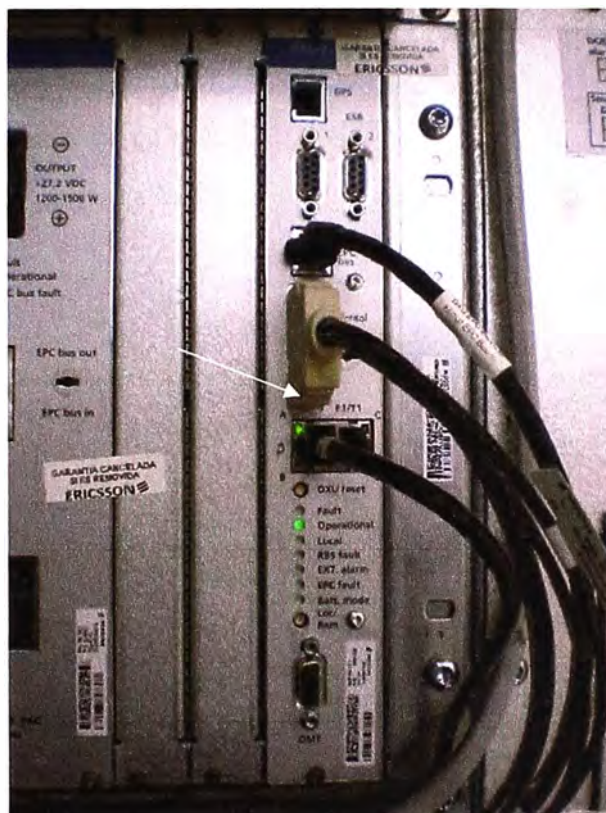


Figura 3.10 DXU Operativa. Conexión de E1 en Port A. (Fuente: Elab. Propia)



Figura 3.11 OVP (Over Voltage Protection). Protección del E1 contra sobre voltajes
(Fuente: Propia).

La Figura 3.12 muestra en a) al modem satelital y en b) a la SIU, pudiéndose apreciar su instalación e interconexión.



Figura 3.12 a) modem de enlace satelital y b) tarjeta SIU. Instalación y conexionado de modem satelital i-Direct y SIU marca Ericsson. (Fuente: Propia)

La Figura 3.13 muestra a las DRTU operativas, cada una soportando a 2 TRX

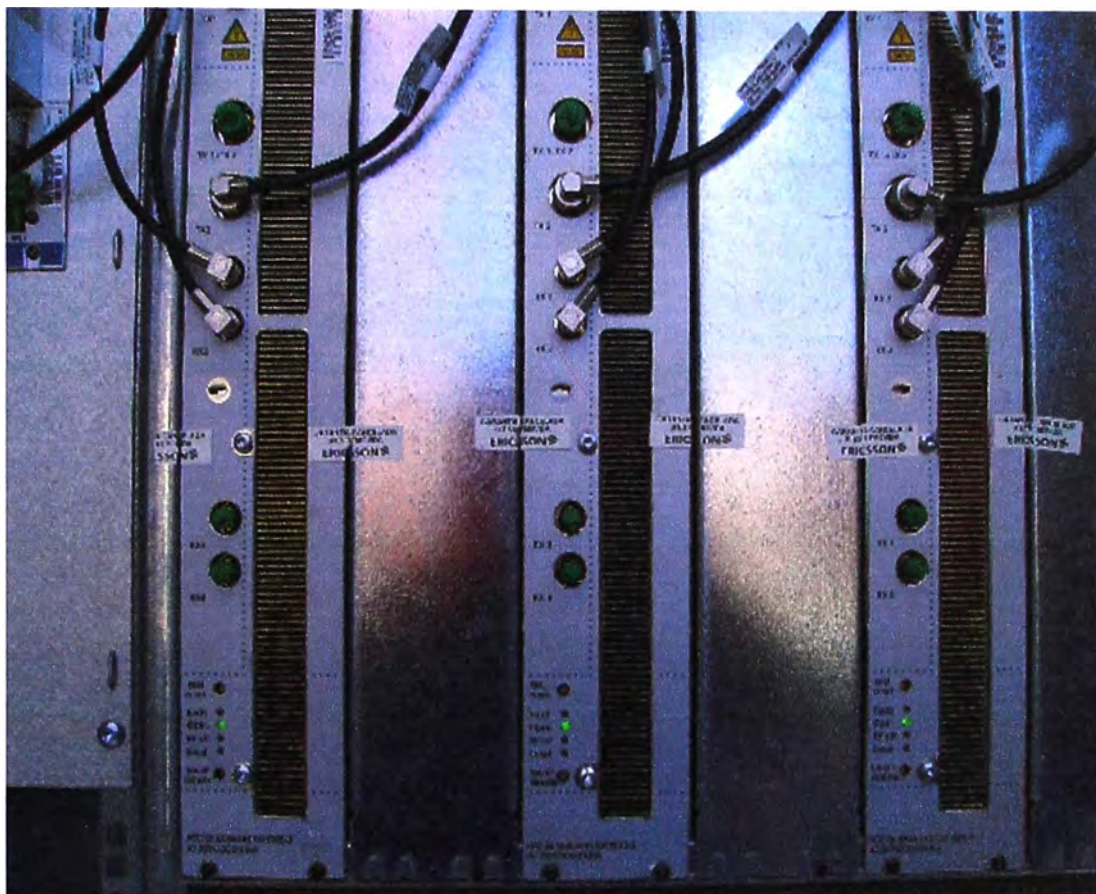


Figura 3.13 DTRU Operativas (Fuente: Propia).

A continuación se muestra (Figura 3.14) al equipo RBS 2106, el cual contiene a la DXU, DTRU, al Modem Satelital y a la tarjeta SIU

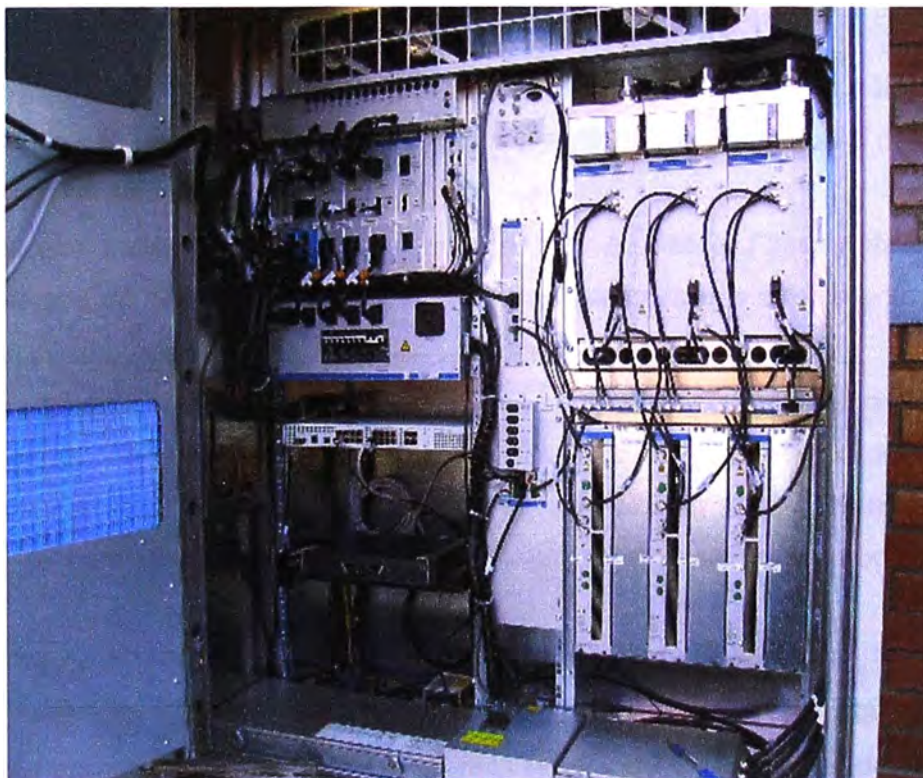


Figura 3.14 Equipo RBS 2106 operativa (Fuente: Propia).

La Figura 3.15 muestra el plato satelital (derecha) situado al lado de la torre (izquierda).



Figura 3.15 Plato Satelital (Fuente: Propia)

3.4 Resultados

A continuación se muestran dos gráficos:

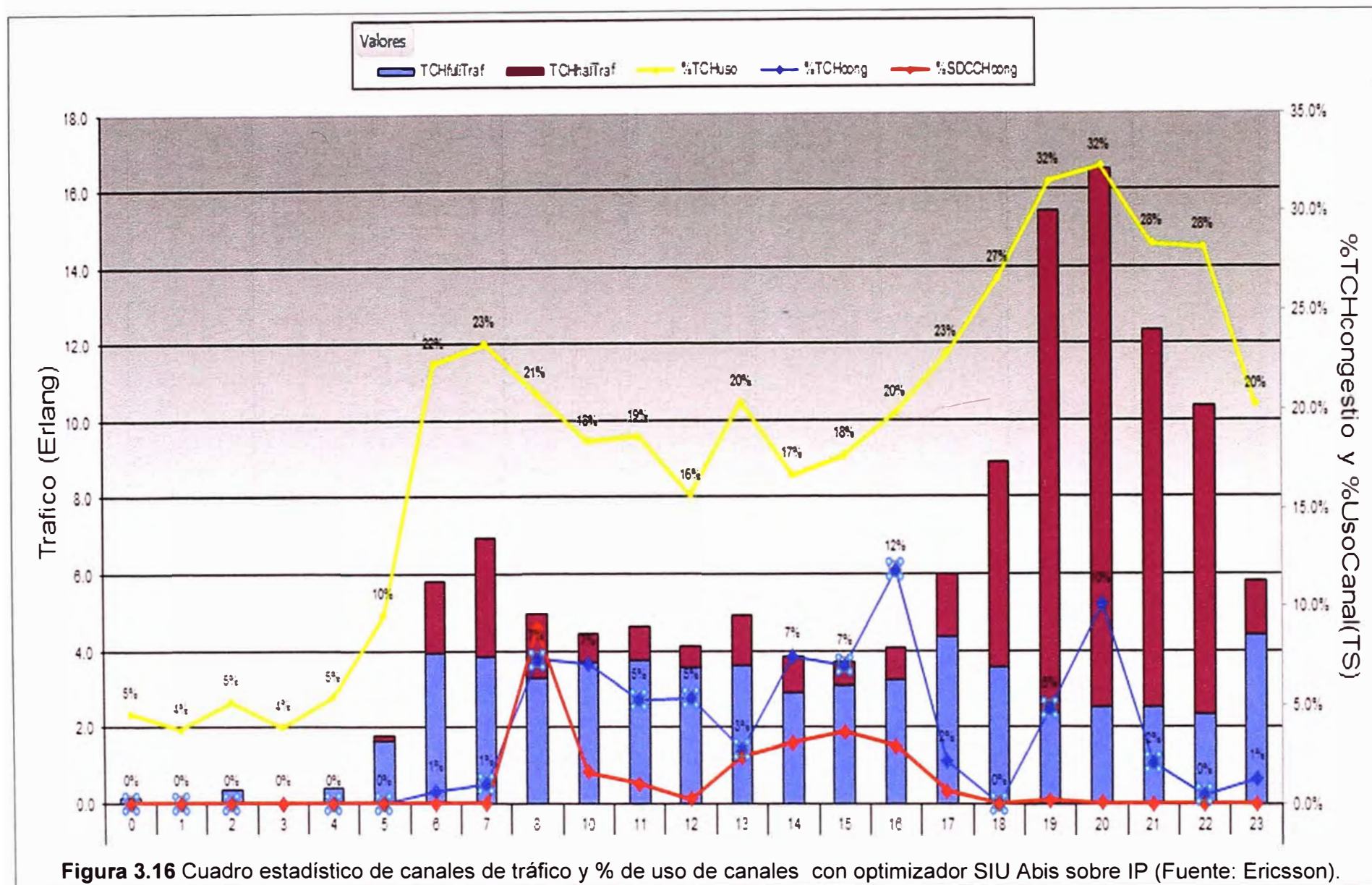
- Cuadro estadístico de canales de tráfico y % de uso de canales con optimizador SIU Abis sobre IP (Figura 3.16).
- Cuadro estadístico de canales de tráfico. GSM clásico (Figura 3.17).

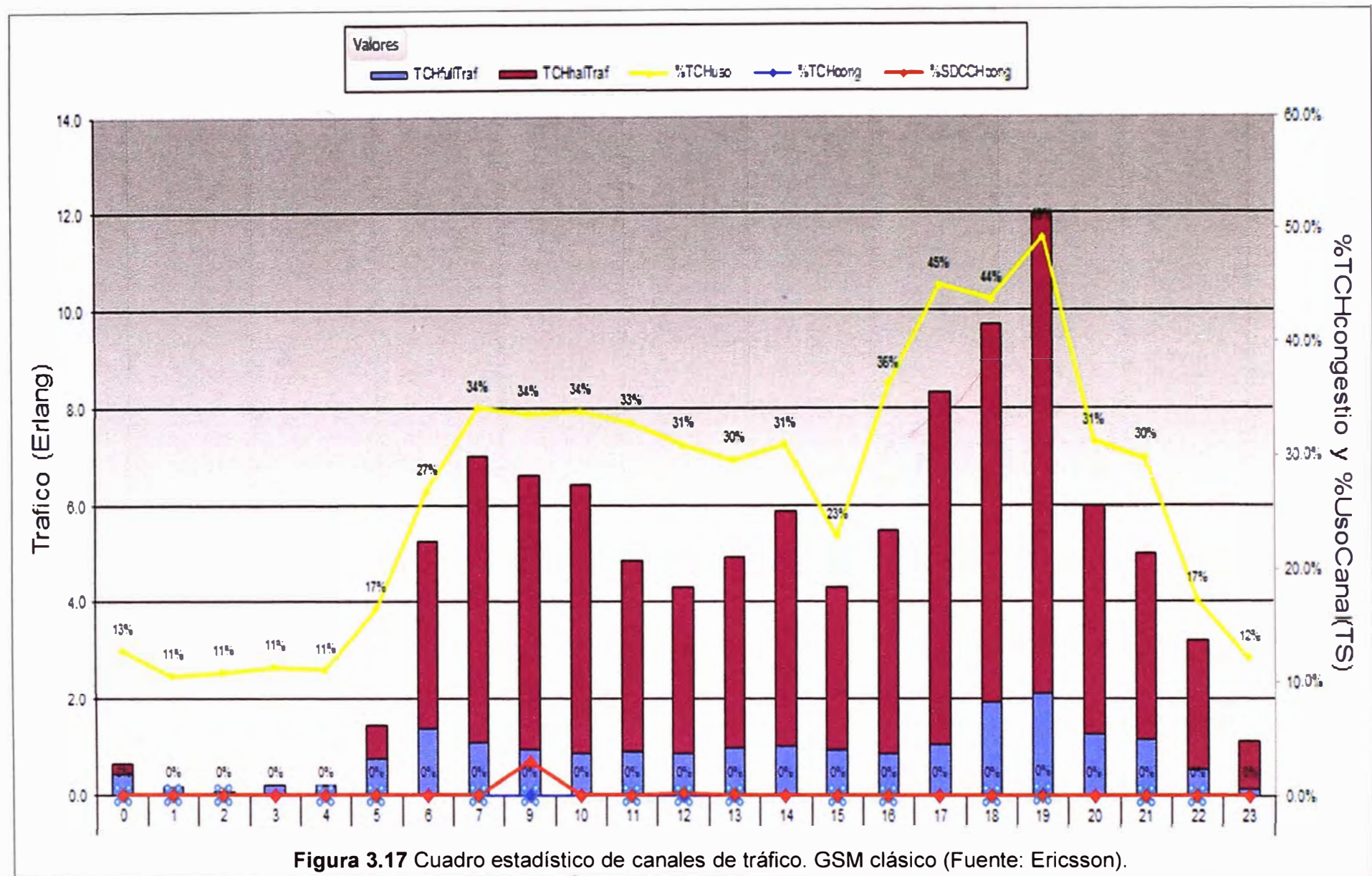
En la Figura 3.16, la línea amarilla corresponde a los canales TS de tráfico en uso de la BTS. Como se muestra en la figura, los canales de tráfico aumentan o disminuyen de acuerdo al tráfico de llamadas.

La línea azul indica la congestión de los canales de tráfico. Finalmente la línea roja indica la congestión de los canales de señalización que aumenta al momento de intentar hacer una llamada y esta no progresa con facilidad.

Además se observan barras de color celeste que corresponden al momento en que las llamadas se realizan en full rate (tasa máxima) y color granate que corresponde al momento en que las llamadas se realizan en half rate (media tasa). Se entiende que en momentos de hora punta o tráfico de llamadas estas progresaran en media tasa en su mayoría.

En la Figura 3.17 (GSM Clásico), la BTS OCOYO tenía una velocidad de 256Kbps, con la incorporación de la SIU en la BTS, solamente se usa una velocidad de 128Kbps esto significa grandes ahorros de costo en alquiler de satélite, esto agregado ya a costos operativos. Lo que hace de la optimización Abis sobre IP una gran alternativa.





Con las gráficas anteriores se puede observar entonces que pese a que la BTS trabaja ahora con una menor velocidad opera tan eficiente como una red GSM clásica de 256Kbs.

CAPÍTULO IV COSTOS Y CRONOGRAMA

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

Debido a que el proyecto “Abis sobre IP” es una adición de hardware a la arquitectura GSM existente ya instalada no se tomaran en cuenta de los costos de hardware ya existente tanto en la BTS como en el BSC.

4.1 Relación de equipamiento

En la Tabla 4.1, se muestra el listado de equipos, utilizados en el proyecto “Abis sobre IP”.

Tabla 4.1 Listado de equipos por enlace Abis sobre IP (Elab. Propia)

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1	SIU-02 en BTS	unidad	1
2	Modem i-Direct X3 en BTS	unidad	1
3	PGW en BSC	unidad	1

4.2 Estimación de costos

Los costos de implementación y soporte técnico son descritos en las Tablas 4.2 y 4.3, nombradas de la manera siguiente:

Tabla 4.2 BTS (Elab. Propia)

N°	Descripción	Cant.	Descripción	Marca Modelo	Precio Unitario Soles	Precio Total Soles
1	SIU incluye cables y accesorios	1 Unidades	Equipo de optimización Abis	Ericsson/SIU-02 KDU 137 596/2	10,500.00	10,500.00
2	Modem Satelital	1 Unidades	Equipo de optimización de canales de señalización	i-Direct X3	2,100.00	2,100.00
	Soporte Técnico					-
4	Traslado e instalación de equipos					1,400.00
5	Integración de equipos y pruebas de llamadas					2,500.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Mediante la aplicación de dos soluciones propietarias conocidas como "Abis Optimization" y "Abis over IP" se ha optimizado los enlaces Abis y se migró de TDM a redes basadas en tecnología IP o Ethernet, ampliando así el servicio de comunicaciones móviles GSM.
2. La solución "Packet Abis", de Ericsson para estos desarrollos, incluye un nuevo protocolo para la transferencia de datos sobre el enlace Abis. Desde la interfaz de aire, la solución envía todo el tráfico en paquetes con un mínimo de reempaquete y reformateo. La solución, la cual es construida sobre las características "Optimización de Abis" y "Abis sobre IP", puede ser usada sobre redes de transporte TDM así como con servicios de transporte IP o Ethernet.
3. "Optimización Abis" en las redes de transporte TDM, optimiza el tráfico al simplemente transferir los bits que contienen datos con información hacia la BSS.
4. "Abis sobre IP" permite a los operadores a usar las redes de transporte IP y Ethernet para conectar las BTS a la BSC y así beneficiarse de los bajos costos de los servicios de transporte basados en IP y Ethernet. La solución también abre la puerta al transporte compartido con WCDMA y a las soluciones de transporte integradas para los emplazamientos BTS.
5. Para mejorar la seguridad, la solución "Abis sobre IP" incorpora listas de acceso en las interfaces BSC y BTS, firewalls opcionales al frente de los nodos sensibles en los puntos de interconexión entre Abis y las redes IP troncales, y túneles IPsec desde el emplazamiento BTS a la BSC y el OSS o a una troncal IP segura. Todo el tráfico O&M que corre sobre IP es llevado a cabo usando SSH y SFTP.
6. La nueva arquitectura abre completamente nuevos segmentos de negocio. "Abis sobre IP" brinda transporte rentable para las estaciones base de poco tráfico, permitiendo a los operadores a desplegar soluciones de tipo Pico y Femto celdas.
7. Lo que es más, la introducción de "Abis sobre IP" y los avances en la tecnología del modem satelital hace posible reducir los gastos de transmisión para los lugares remotos.
8. Finalmente, los operadores que aplican la solución "Packet Abis" sobre los enlaces

microondas tradicionales que soportan Ethernet sobre TDM se benefician de ganancias sustanciales en el manejo de la capacidad de tráfico.

Recomendaciones

1. A fin de brindar un adecuado soporte a las estaciones base, es recomendable documentar adecuadamente los trabajos realizados llevando una bitácora que permita al personal técnico realizar el mantenimiento o cambios en el sistema.
2. Dado que la tecnología evoluciona, es recomendable aplicar las últimas tecnologías a fin de obtener más beneficios en los servicios brindados al cliente.

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
ACCH	Canal de Control Asociado (Associated Control Channel)
ACL	Listas de control de acceso (Access Control List)
ADSL	DSL asimétrico
AGCH	Canal de Acceso Concedido (Access Grant Channel)
AN	Red de acceso (Access Network)
ARPU	ingreso promedio por usuario (Average revenue per user)
AUC	Centro de autenticación (Authentication Centre)
BCH	Canal de radiodifusión (Broadcast Channel)
BCCH	Canal de Control de Difusión (Broadcast Control Channel)
BCF	Función de control de base (Base Control Function)
BS	Estación base (Base Station)
BSC	Controladora de estaciones base (Base station controller)
BSS	Subsistema estación base (Base station subsystem)
BTS	Estación base transreceptora (Base station transceiver)
CCCH	Canal de control común (Common Control Channel)
CIFS	Sistema común de archivos de internet caché (Common Internet File System)
DTAP	Parte de aplicación de transferencia directa (Direct Transfer Application Part).
DCCH	Canal de control dedicado (Dedicated Control Channel)
Dm	canal móvil D
DRE	Eliminación de datos redundantes (Data Redundancy Elimination)
DSL	Línea digital de abonado
DSLAM	Multiplexor de acceso de DSL (DSL access multiplexer)
DTX	Transmisión discontinua (Discontinuous transmission)
E1	Circuito de datos de 2.048 Mbps (Europa), 32 canales de 64 kbps
EC	Cancelador de eco (echo canceler).
EDGE	Datos mejorados para evolución GSM (Enhanced data for GSM evolution)
EGPRS	GPRS mejorado (Enhanced GPRS)
EIR	Registro de Identificación del Equipo (Equipment Identity Registers)
ETC	Circuito terminal de intercambio (Exchange Terminal Circuit)
FACCH	Canal de Control Asociado Rápido (Fast Associated Control Channel)
FCCH	Canal de corrección de Frecuencia (Frequency Correction Channel)
FTP	Protocolo de transferencia de archivo (File Transfer Protocol)
GCP	Protocolo de control de puerta de enlace (Gateway Control Protocol)

GPH	Manejador de paquetes GPRS (GPRS Packet Handler)
GPRS	Servicio de radio de paquetes general (General Packet Radio Service)
GPS	Sistema de posicionamiento global (Global Positioning System)
GS	Switch de grupo (Group Switch).-
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile communications)
HLR	Registro de Localización de Llamada (Home Location Register)
IMEI	Identificación internacional de equipo móvil (International Mobile Equipment Identity)
IP	Protocolo de Internet (Internet protocol)
IPsec	Secure IP
IPTD	Retardo de transferencia de paquetes IP (packet transfer delay)
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados–RDSI (Integrated Services Digital Network)
L2ML	Gestión de la capa 2 de enlace
LAN	Red de área local (Local Area Network)
LAPD	Protocolo de acceso de enlaces para el Canal D
LAPDm	Protocolo de enlace de acceso para señalización de canales
MAP	Parte de aplicación móvil (Mobile Application Part)
MC	Multi portadora (Multi-Carrier)
NCH	Canal de Notificación (Notification Channel)
NGN	Red de siguiente generación (Next Generation Network)
MGW	Puerta de enlace de media (Media Gateway)
MLPPP	Protocolo de multienlace punto a punto (Multilink point-to-point protocol)
MMI	Interfaz hombre máquina (Man Machine Interface)
M-MGW	MGW móvil (Mobile MGW)
MPLS	Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas (Multiprotocol label switching)
MS	Estación móvil (Mobile Station).
MSC	Centro de servicio/conmutación móvil (Mobile switching/service center)
MSC-S	Sistema MSC (MSC system)
MSSMAP	Parte de aplicación de administración del sistema de la Estación Base (Base station System Management Application Part)
MTP-2	Transferencia parcial de mensajes
MTP	Protocolo de transferencia de mensajes (Message Transfer Protocol)
NSS	Subsistema de conmutación de la red (Network Switching Susystem)

NTP	Protocolo de tiempo de red (Network time protocol)
O&M	Red de Operación y Mantenimiento (Operation and maintenance)
OCXO	Oscilador altamente estable (Oven compensated crystal oscillator)
OMC	Central de Mantenimiento y Operación (Operational and Maintenance Center)
OML	Operación y Gestión de Enlaces (Operations and Management Link)
OMSS	Subsistema de operación y mantenimiento (Operation and Maintenance Subsystem)
OPEX	Gastos operativos
OSS	Sistema de Soporte de Operaciones (Operations support system)
PCH	Canal de Paginación (Paging Channel)
PDH	Jerarquía Digital Plesiócrona (Plesiochronous Digital Hierarchy)
PGW	Puerta de enlace de Paquetes (Packet gateway)
PLMN	Red móvil terrestre pública (Public Land Mobile Network)
PSTU	Unidad de Terminación de Conmutación de Paquetes (Packet-switched termination unit)
PTP	Protocolo de Tiempo de Precisión o (Precision Time Protocol),
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura (Quadrature amplitude multiplexing)
QoS	Calidad de servicio
RACH	Canal de Acceso Aleatorio (Random Acces Channel)
RAN	Red de acceso de radio (Radio access network)
RBS	Estación de base de radio (Radio base station)
RFCH	Canal de frecuencia de radio
RR	Recurso de radio
RSL	Radio enlace de señalización
SACCH	Canal de Control Asociado Lento (Slow Associated Control Channel)
SAPI	Identificadores de Puntos de Acceso de Servicio
SCH	Canal de Sincronización (Synchronization Channel)
SCPC	Un canal por portadora (Single-channel-per-carrier,)
SDH	Jerarquía Digital Síncrona (Synchronous Digital Hierarchy)
SDCCH	Canal de Control Dedicado Autónomo (Stand-alone Dedicated Control Channel)
SFTP	Protocolo de transferencia de archivos asegurado (Secured FTP)
SIU	Unidad de Integración del emplazamiento (Site integration unit)
SIM	Módulo de identificación del abonado (Subscriber Identity Module)
SMS	Servicio de mensaje corto (Short Message Service)

SNR	Relación señal-ruido
SONET	Red óptica síncrona (Synchronous optical network)
SRES	Respuesta de señal (Signed Response)
SSH	Secure socket shell
STM	Modo de transferencia síncrono (Synchronous transfer mode)
STN	Nodo de transporte de emplazamiento (Site transport node)
T1	Circuito de datos de 1.544Mbps
TCH	Canal de Tráfico en la interfaz de aire (Traffic channel)
TCO	Costo total de la propiedad (Total cost of ownership)
TDM	Multiplexación por división de tiempo (Time-division multiplexing)
TDMA	Acceso múltiple por División de Tiempo
TMSI	Identidad temporal del suscriptor móvil (Temporary Mobile Subscriber Identity)
TEIs	Identificadores de punto final de terminal (Terminal Endpoint Identifiers)
TRA	Transcodificador y adaptador de tasa (Transcoder and Rate Adaptor)
TRAU	Unidad adaptadora de la transcondificación/tasa (Transcoder/Rate Adapter Unit)
TRH	Manejador de transreceptor (Transceiver Handler)
TRU	Unidad transreceptora (Transceiver Unit)
TRX	Transreceptor (Transceiver)
VLR	Registro de Localización del Visitante (Visitors Location Register)
VoIP	Voz sobre IP (Voice over IP)
WAN	Red de área amplia (Wide area network)
WAAS	Servicios de ampliación de Área Amplia (Wide Area Application Services).
WCDMA	Acceso múltiple por división de código de banda ancha (Wideband code-Division Access)
xDSL	Variantes de DSL

BIBLIOGRAFÍA

- [1] 3rd Generation Partnership Project (3GPP). <http://www.3gpp.org/About-3GPP>
- [2] Jörg Eberspächer, et al, "GSM – Architecture, Protocols and Services", 2009, Editorial Wiley, ISBN: 978-0-470-03070-7.
- [3] Asha Mehrotra, "GSM System Engineering", Artech House, Inc, 1997.
- [4] Per Ola Andersson, Et al, "GSM Transport Evolution", Ericson Review 2007, http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2007_01/files/5_gsm_transport_web.pdf
- [5] Ericsson, "BSS Integration", 1999
<http://cosconor.fr/GSM/Divers/Equipment/Ericsson/Bss%20integration.pdf>
- [6] Ericsson, "Introduction to AXE System", 2000,
http://net.infocom.uniroma1.it/corsi/apparati/bibliograf_2004/01_03802-LZU_108%20775.pdf
- [7] Ericsson, "User Description, BSC/TRC Overload Handling", 2005.
<http://es.scribd.com/doc/86289005/7/GPRS-Packet-Handler-GPH>
- [8] Ericsson, "User Description, Abis over IP", 2006.
- [9] Caleb Gordon, White Paper "Introduction to IEEE 1588 & Transparent Clocks", Tekron International, 2009
http://www.tekroninternational.com/userfiles/file/transparent_clock_whitepaper.pdf
- [10] Meinberg-Servidores de Tiempo, "El Protocolo de Tiempo de Precisión"
<http://www.meinberg.es/soporte/informacion/protocolo-de-tiempo-de-precision.htm>
- [11] The Network Dictionary, "OSS: Operations Support System"
<http://www.networkdictionary.com/telecom/oss.php>
- [12] Ericsson, "User Description, IP Connectivity in BSS", 2008.
- [13] Javvin Technologies Inc., "Network Protocols Handbook", 2004, Segunda Edición. Pag. 29.
- [14] RFC 1305, "Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis", <http://www.javvin.com/protocol/rfc1305.pdf>
- [15] 30 Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), Recomendación ITU-T Y.1541 "Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet". <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541/es>,
- [16] Javvin Technologies Inc. "Network Protocols Handbook", pag. 112.
- [17] RFC 2401, Security Architecture for the Internet Protocol, 1998.
<http://www.javvin.com/protocol/rfc2401.pdf>
- [18] Javvin Technologies Inc , pag. 105.
- [19] T. Ylonen, "SSH Protocol Architecture", Network Working Group , 2004.
<http://www.javvin.com/protocol/sshdraft15.pdf>

- [20] Cisco, WASS (Wide Area Application Services)
<http://www.cisco.com/web/ES/administracion-publica/centro-de-datos/cisco-waas.html>
- [21] Horak, Ray., "Telecommunications and data communications handbook", 2007,
ISBN 9780470041413