

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAMEL GATEWAY DE ROAMING PARA USUARIOS PREPAGO

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR:
LUIS RAFAEL GALLO ANCALLE**

**PROMOCIÓN
2010-I**

**LIMA-PERÚ
2014**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAMEL GATEWAY DE
ROAMING PARA USUARIOS PREPAGO**

A Dios por guiar mi vida.
A mi madre por su apoyo incondicional.
A mi familia por su confianza en mí.
A mi querida universidad por brindarme conocimientos.

SUMARIO

En el presente informe se explica la implementación de un sistema de CAMEL Gateway para el servicio de *Roaming* internacional, con el propósito de brindar a los abonados prepago la posibilidad de utilizar dicho servicio cuando tengan que emigrar del país, entendiéndose por servicio cuando nos referimos a usar Roaming de voz y/o navegación (datos).

Actualmente, contar con acuerdos CAMEL resulta vital para todas las empresas de telefonía móvil. No sólo para poder brindar roaming al segmento prepago sino también para mejorar los servicios brindados a los clientes. Los acuerdos CAMEL deberían estar enfocados en primer lugar hacia los países vecinos para facilitar la entrada y salida de los abonados.

La solución presentada en este informe surge como una alternativa para resolver esta problemática con la implementación de un sistema CAMEL. Para dicho fin se aplica conceptos de señalización SS7, programación así como interfaces web, conocimiento de networking y aplicaciones; y pleno conocimiento de las redes GSM y UMTS.

De manera preliminar se ha identificado los procedimientos de pruebas y los equipos de la empresa que se irán involucrando con esta nueva implementación; luego formularemos también la arquitectura de solución final de la red.

Los operadores se podrán beneficiar de la capacidad de ofrecer roaming de prepago, sin necesidad de pruebas de integración CAMEL largos y costosos, la cobertura global desde el primer día y en tiempo real de facturación de todas las llamadas de sus roamers prepago.

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.....	4
1.5 Síntesis del trabajo.....	5
CAPÍTULO II	
MARCO CONCEPTUAL – TECNOLOGÍAS MÓVILES	6
2.1 Principales sistemas y tipos de Tecnología móvil	6
2.1.1 Sistema Análogo	6
2.1.2 Sistema Digital.....	6
2.1.3 Aspectos básicos de la comunicación por medio de Telefonía Móvil	8
2.1.4 Tecnología de acceso al medio de UMTS – WCDMA.....	9
2.1.5 Spreading	9
2.2 Técnicas de modulación de espectro extendido.....	10
2.2.1 Códigos de extendido.....	10
2.2.2 Códigos de canalización	13
2.2.3 Códigos de revoltura	14
2.2.4 Códigos de sincronización	14
2.3 Modulación de los datos.....	15
2.3.1 La modulación y el problema en el consumo de potencia	17
2.4 Codificación de canal en UTRAN.....	18
2.5 Definición del servicio de Roaming	18
2.5.1 Funcionamiento del roaming móvil	19
2.5.2 Roaming de datos	21
2.6 Roaming móvil en América Latina	22
2.6.1 El factor precio: efectos de la estructura de mercado y la tributación	23
2.7 Tarifas Mayoristas y alianzas regionales.....	23

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	25
3.1 Planteamiento de la solución	25
3.2 Requerimientos del sistema	25
3.3 Estrategias de diseño	25
3.3.1 Licenciamiento.....	26
3.4 Principio de funcionamiento	26
3.4.1 Función de intervención selectiva CAP	27
3.5 Posibles casos de uso orientado al usuario	28
3.6 Hardware a usar en la implementación	29
3.7 Software	29
3.7.1 Software: Sistema operativo	29
3.7.2 Software: Señalización	29
3.7.3 Software: Otros.....	30
3.8 Generalidades de la operación	30
3.8.1 Requisitos de la operación	30
3.9 Sistema basado en servicios.....	31
3.9.1 Trazas de señalización.....	33
3.9.2 Archivos KPI	33
3.9.3 Alarmas de operación.....	33
3.9.4 Interfaz web de gestión	34
3.9.5 Gestión de servicios	36
3.10 Resumen de la solución expuesta para CAMEL Gateway	37

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	40
4.1 Estimación de costos.....	40
4.2 Estimación de tiempo de recuperación de la inversión	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
ANEXO A	
LA REGULACIÓN DEL ROAMING EN LA UNIÓN EUROPEA	45
BIBLIOGRAFÍA	48

GLOSARIO DE TÉRMINOS

3GPP	Third Generation Partner Ship Project
ARPU	Average Revenue Per User (ingreso medio por usuario)
CAMEL	Customized Application of Mobile network Enhanced Logic
CDMA	Code Division Multiple Access
DCH	Data Clearing House
ERG	European Regulators Group (grupo de reguladores europeos)
FSK	Frequency Shift Keying
GSM	Global System for Mobile Communication
GSMA	Asociación GSM
HLR	Home Location Register
IOT	Inter-operator tariff (tarifas mayoristas entre operadores)
NoA	Nature of Address
NRTRDE	Near Real Time Roaming Data Exchange (intercambio de datos de roaming en tiempo real)
QoS	Quality of Service (calidad de servicio)
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RNC	Radio Network Controller
SNMP	Simple Network Management Protocol (Protocolo de administración de red)
SMS	Short Message Service (servicio de mensajería corta)
SCCP	Signalling Connection Control Part
UIT	Union Internacional de Telecomunicaciones
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USD	Dólares americanos
USSD	Unstructured Supplementary Service Data (Servicio suplementario de datos no estructurado)
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network
WCDMA	Wideband CDMA

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surge por la necesidad de una empresa de ampliar un determinado servicio a la mayoría de sus usuarios y brindarles alternativas de solución.

Los operadores móviles han empezado a cuestionar la forma en que puede estar en un campo abarrotado y competitivo. El costo no es el factor exclusivo que rigen las preferencias de los suscriptores y los operadores están cobrando conciencia de que "pioneros" en el campo de prepago móvil que rápidamente presentará una oferta completa de Servicios de prepago tienen una gran ventaja sobre aquellos que son lentos para adaptarse completamente a este segmento masivo de potenciales clientes. La respuesta temprana en la esfera de prepago móvil rápidamente ampliará su base de clientes y ganará una ventaja competitiva.

Donde el costo puede haber sido una vez el factor clave para ganar y retener la lealtad de los clientes de prepago, en un mercado saturado móviles de hoy en día, en última instancia, serán los servicios adicionales que serán decisivos para garantizar lealtad a la marca y la reducción de churn. Los operadores móviles que pueden ofrecer a sus clientes de prepago con un fácil acceso a Roaming internacional no sólo un considerable valor añadido a su oferta de servicios, pero le ayudará a diferenciarse de sus competidores. La capacidad para los suscriptores de prepago para usar Roaming traerá beneficios inmediatos monetariamente hablando en una zona que se limita actualmente a muchos operadores de telefonía móvil.

La revolución móvil de prepago se ha visto impulsada en gran medida por el auge del turismo en los últimos años, junto con la tecnología móvil en itinerancia, que ha hecho de capacidades de roaming un requisito previo para todos los suscriptores de telefonía móvil.

El presente informe contempla la descripción de los trabajos de despliegue, así como de la configuración. El informe se organiza en cuatro capítulos principales:

Capítulo I "Planteamiento del problema".- En esta parte es donde se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos del informe del presente informe de suficiencia. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del proyecto desarrollado. Se concluye con una síntesis de la solución desarrollada.

- Capítulo II “Marco teórico conceptual”.- En donde se desarrollan de manera detallada, todos los aspectos teóricos necesarios para comprender las diferentes tecnologías involucradas en la implementación de este sistema.
- Capítulo III “Metodología para la solución del problema.- En este punto nos enfocaremos en exponer el diseño de la implementación del sistema de CAMEL Gateway. Para ello preliminarmente se realiza el planteamiento de la solución, en el cual se especifica los requerimientos, alternativas de solución y dimensionamiento del proyecto. Posteriormente se describe el diseño y la implementación de la solución.
- Capítulo IV “Análisis y presentación de resultados”. En este capítulo es donde se analizan los costos y se trata sobre las tareas realizadas y tiempos de ejecución.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos del informe de suficiencia. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del proyecto desarrollado. Se concluye con una síntesis de la solución desarrollada.

1.1 Descripción del problema

La iniciativa de mejora de la comunicación ha sido desarrollada por las empresas móviles a través de brindar información clara y de fácil acceso para los usuarios, sobretodo en relación a precios y opciones de compra. También se ha avanzado en la formulación de diseños innovadores de precios para Roaming como son los distintos paquetes, promociones y planes para distintos perfiles de viajeros. La introducción de mecanismos de comunicación basadas en el precio final, el uso de mensaje de texto en llegada, la oferta de tarifas unificadas y tarifas planas, la extensión del Roaming para clientes prepagos en más destinos o la prevención del shock de facturación (“bill shock”) son tan solo algunas de las medidas que han ido implementando las operadoras para **mejorar la experiencia de los usuarios de Roaming**.

1.2 Objetivos del trabajo

Solucionar incompatibilidades en la operación del Roaming Internacional de abonados prepago de una red GSM / UMTS.

Específicamente, se busca normalizar parámetros conteniendo numeración en el flujo de mensajes CAP (CAMEL Application Part) entre los nodos MSC/VLR de las redes visitadas y el nodo SCP Prepago de un determinado operador.

1.3 Evaluación del problema

A pesar de que las suscripciones prepago representan el 82% de las líneas de telefonía móvil, menos del 1% de estos suscriptores utilizan el Roaming en sus viajes. Este dato revela que existe un importante segmento de usuarios de Roaming que no están siendo atendidos por los operadores, lo que limita el crecimiento del mercado.

Los principales limitantes para la utilización del Roaming prepago son la poca demanda actual del servicio por parte de los usuarios de líneas móviles de prepago, generalmente aquellos usuarios de menores ingresos y con menor movilidad internacional, y la falta de disponibilidad del servicio, motivada por la necesidad de realización de inversiones por parte de los operadores.

Hasta hace solo un par de años solo tres países, Chile, Guyana y Venezuela, disponían de operadores que ofrecían la posibilidad de realizar Roaming prepago en la totalidad de la región. Estos casos son la excepción, en lugar de la regla, como lo demuestran Bolivia, Colombia, Ecuador o Perú, países en los que ningún operador ofrece el servicio de Roaming prepago (hasta hace 2 años), ni siquiera en las rutas de mayor tránsito de viajeros, ver figura 1.1.

País de origen	Países visitados											
	AR	BO	BR	CH	CO	EC	GY	PY	PE	SU	UY	VE
AR			1	1				1			2	
BO												
BR	2											
CH	30+	2	2		2	2		1	1		2	2
CO												
EC												
GY	30+	2	30+	2	2			2	2	2	2	1
PY	1										1	
PE												
SU			30+	1	1		1		1			
UY	1											
VE	30+	2	30+	2	2	1		2	1	1	2	

Figura 1.1 Disponibilidad de Roaming prepago en Sudamerica año 2012 (Fuente: IIRSA)

1.4 Alcance del problema

Existen alternativas técnicas para implementar el Roaming prepago, como el uso de plataformas para redes inteligentes CAMEL o de USSD Callback, que requieren de inversiones en equipos y de la asignación de recursos para realizar pruebas de interconexión.

Sin embargo, en el actual contexto de recesión económica, los operadores prefieren concentrar sus recursos en el desarrollo de servicios que generan un mayor retorno de inversión, como el servicio de Internet móvil para clientes postpago, actualmente uno de los principales motores de crecimiento del sector.

Para estimular que el 40% de los operadores sudamericanos que aún no ofrece el Roaming prepago realice las inversiones que corresponden es necesario introducir

estímulos de tipo fiscal o regulatorio que aumenten el atractivo de este segmento, especialmente mientras se alcanza el nivel de demanda de Roaming prepago que permita retirar estos estímulos.

Adicionalmente, es necesario desarrollar iniciativas que faciliten y fomenten la movilidad de personas a nivel regional, sea a través del abaratamiento de los costos de desplazamiento o a través de la simplificación de los trámites de entrada para los viajeros sudamericanos que realicen estancias cortas en alguno de los países de la región.

1.5 Síntesis del trabajo

Se exponen los fundamentos teóricos que permitan comprender el diseño de la tecnología CAMEL para roaming, tomando en cuenta los difíciles factores que se pueden presentar cuando un usuario prepago requiera hacer Roaming internacional.

Se presenta un análisis de la arquitectura de hardware y software de los equipos a utilizar para implementar esta solución de CAMEL Gateway.

Finalmente se exponen los lineamientos, conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta en el proceso de implementación.

CAPÍTULO II MARCO CONCEPTUAL – TECNOLOGÍAS MÓVILES

En este capítulo propondremos ciertos aspectos teóricos sobre las tecnologías y protocolos con el fin de poder entender el sistema que se propone en el presente informe. Esto con el fin de tener un mejor conocimiento y entendimiento del funcionamiento del sistema y como sus componentes interactúan entre sí para lograr la operatividad y lo que se espera.

Desarrollaremos de manera detallada, la totalidad de los aspectos teóricos para poder entender el presente informe.

2.1 Principales sistemas y tipos de Tecnología móvil

La evolución en esta industria también se ve identificada por el paso del sistema análogo al sistema digital. Dentro de cada uno de estos sistemas se han desarrollado diferentes tipos de tecnología móvil.

Los principales sistemas que se han desarrollado a la fecha son:

- Sistema análogo
- Sistema digital.

2.1.1 Sistema análogo.

En un sistema análogo, la comunicación viaja en forma de ondas de radio y el sonido es más parecido a la voz humana. Estas ondas se distorsionan fácilmente por factores naturales y obstáculos, tales como la lluvia, árboles y vegetación, estructuras, líneas eléctricas, etcétera. Generalmente esta distorsión ocasiona una baja en la calidad de señal e interrupción en las llamadas.

2.1.2 Sistema digital.

En un sistema digital, se toma los sonidos análogos de la voz humana, los fragmenta, altera o codifica, transmitiéndolos a alta velocidad, para después ser reconvertidos en el sonido de la voz original. La comunicación se transmite de forma similar a los datos del computador, lo que permite que las transmisiones sean de alta capacidad, velocidad y resistencia a los inconvenientes que se presentan en un sistema análogo.

Actualmente, en todo el mundo se utilizan diferentes tipos de tecnología móvil para cada uno de los dos sistemas antes mencionados. Estas tecnologías se diferencian principalmente por la forma en que establecen la comunicación entre el teléfono móvil y la central telefónica. A esta forma de comunicación se le conoce "*Interfase de aire*" y la misma hace referencia a la frecuencia que se utiliza y cuya unidad de medida son los MegaHertz.

Las tecnologías asociadas al sistema análogo son conocidas como "Tecnologías de Primera Generación". Dentro de las más utilizadas por los operadores telefónicos se encuentran:

a) **AMPS**: Advanced Mobile Phone System (Sistema Avanzado de Telefonía Móvil). Pionera de las tecnologías celulares y comercializada en 1984. Funciona en la frecuencia de 800 Mhz.

b) **TACS**: Total Access Communications System (Sistema de comunicaciones de acceso Total) Se desarrolló en Inglaterra por medio de la corporación Motorola, y es muy similar a la tecnología AMPS, pero operando en la frecuencia de 900 Mhz.

c) **NAMPS**: Narrowband AMPS (AMPS de banda estrecha). También fue desarrollada por la corporación Motorola. Esta tecnología opera en la frecuencia de 900 Mhz y la misma fue diseñada con una mezcla de características analógicas y digitales.

Las tecnologías asociadas al sistema digital son conocidas como "*Tecnologías de Segunda Generación*". Son tecnologías con mejoras relevantes en la calidad de sonido y comunicación; cobertura de señal y una mayor capacidad para transmisión de datos. Dentro de las más utilizadas por los operadores telefónicos se encuentran:

a) **D-AMPS**: Digital-AMPS. Tecnología derivada de la analógica AMPS, siempre en la frecuencia de 800 Mhz.

b) **TDMA**: Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple por División de Tiempo). Tecnología que se caracteriza por transformar la comunicación en paquetes de información transmitidos en diferente secuencia de tiempo. Utiliza las frecuencias de 800 Mhz y 1900 Mhz.

c) **GSM**: Global System for Communications (Sistema Global para Comunicaciones Móviles). Tecnología implementada en el año 1991 y ampliamente utilizada en Europa y Asia. Fue diseñada sobre las bases de la tecnología TDMA y puede funcionar en las frecuencias de 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz.

d) **CDMA**: Code Division Multiple Access (Acceso múltiple por División de Códigos). Desarrollada en 1996 por la corporación Qualcomm. Se caracteriza por codificar la información que transmite. Opera en las frecuencias de 800 Mhz y 1900 Mhz. Esta

tecnología, al operar en la frecuencia de 1900 Mhz, es también conocida como PCS (Personal Communication Services). A partir del año 2001, se han incorporado mejoras a este sistema; que han permitido denominarla como la Tecnología de tercera Generación o Tecnología CDMA 3G. Dentro de sus principales características se encuentran:

- Notable incremento en la capacidad para incorporar servicios adicionales (Transmisión de datos, Internet de alta velocidad, fax, mensajes de texto, etcétera).
- Uso de aplicaciones multimedia.
- Aparatos telefónicos más sofisticados (Con pantalla a color, más duración de batería, posibilidad de interactuar con computadores fijos y móviles, etcétera).
- Soporta mayor cantidad de usuarios.
- Mayor resistencia a la interferencia, mayor seguridad y privacidad en la comunicación.

Es importante destacar que la variedad de modelos de teléfonos móviles se limita a cada uno de estos sistemas y tecnologías. Este factor ha obligado a los fabricantes a desarrollar aparatos que puedan ser utilizados en más de un sistema y con capacidad de comunicación en varias tecnologías.

2.1.3 Aspectos básicos de la comunicación por medio de Telefonía Móvil

Todos los teléfonos móviles tienen la capacidad de comunicarse con su respectiva central telefónica e intercambiar información. Por ello, al encender uno de estos aparatos telefónicos, la central telefónica puede determinar el número de teléfono móvil, su ubicación geográfica, y todos los servicios de los cuales puede hacer uso (buzón de voz, llamada en espera, desvío de llamadas, etcétera).

Toda esta información es posible obtenerla debido a que cada teléfono móvil transmite constantemente a la central telefónica los siguientes números que lo identifican:

- Número de serie electrónico (ESN)

Este es un número único y no manipulable que identifica a cada equipo telefónico, el cual le da una identidad única a cada aparato y el mismo ha sido codificado por el fabricante en un microprocesador interno.

- Número de identificación móvil (MIN)

Es el número telefónico del usuario y que al mismo tiempo lo identifica como un abonado en particular ante el operador que le presta el servicio de comunicación. Es programado por el operador telefónico.

- Número de Identificación del Sistema (SID)

Es el número que identifica el país y al operador o área de servicio en los cuales se encuentra activado el teléfono móvil. Es programado por el operador telefónico.

2.1.4 Tecnología de acceso al medio de UMTS – WCDMA

Para entender de manera correcta la tecnología de acceso al medio de UMTS, WCDMA, es necesario tratar ciertos puntos de interés de manera general, con el firme objetivo de poder aplicarlos dentro de una descripción más detallada y específica.

Aspectos como son las técnicas de modulación digitales, códigos existentes en UMTS y los procesos como es esparcimiento (spreading), la canalización (channelization), el scrambling y la codificación son indispensables para entender el manejo de los datos a través de las tres primeras capas dentro de una pila de protocolos basado en el modelo OSI. WCDMA, se basa para su descripción, en un protocolo formado por varias capas, cada una con diferentes funciones y servicios, con interfaces para comunicarse entre ellas y con una serie de procesos para conseguir la comunicación entre móviles (transferencia de voz y datos) en una red celular de tercera generación.

2.1.5 Spreading

El término spreading (extendido) significa aumentar el ancho de banda más allá del ancho de banda requerido por una señal para acomodar la información. La figura 2.1 muestra el proceso de esparcimiento para la transmisión de una señal en banda base, así como el proceso inverso. Se pueden apreciar además, algunas de las interferencias más comunes en un canal de comunicación de un sistema celular.

CDMA utiliza códigos de extendido únicos para lograr extender el ancho de banda de los datos en banda base antes de la transmisión. La señal es transmitida en un canal con un nivel bajo de ruido. En el receptor se utiliza el mismo código para recuperar la señal original la cual pasa por un filtro pasa banda. Las señales no deseadas no serán recuperadas y no pasarán el filtro pasa banda. Los códigos de extendido tienen la forma de una secuencia de unos y ceros diseñada cuidadosamente, de tal manera que la velocidad de estos códigos es mucho mayor (por lo menos el doble) que la velocidad de los datos en banda base. La velocidad de un código de extendido es llamada velocidad de chip en lugar de velocidad de bit.

Las ventajas de una señal de espectro extendido sobre otra en banda base son la seguridad, la resistencia a la interceptación, resistencia al desvanecimiento multirruta y son capaces de soportar las técnicas de acceso múltiple.

El proceso de extendido consiste de dos operaciones para UTRAN, la canalización y la revoltura. De la misma forma, en UTRAN se utilizan dos familias de códigos de extendido los cuales tienen diferentes propiedades: los códigos ortogonales y los códigos de pseudo ruido.

2.2 Técnicas de modulación de espectro extendido

La información puede ser modulada en una señal de espectro extendido por muchos métodos. Esta modulación puede ser de fase o de frecuencia, o una combinación de estos dos esquemas. Cuando el extendido del espectro se realiza por una modulación de fase, se le llama señal de espectro extendido por salto de frecuencia. Otra forma de obtener una señal de espectro extendido es mediante el salto en el tiempo, en este caso, el tiempo de transmisión es dividido en intervalos llamados "tramas". Cada trama es dividida después en ranuras de tiempo.

En la red de acceso de radio de UMTS (UTRAN) se utiliza la técnica de DS-SS-SSA.

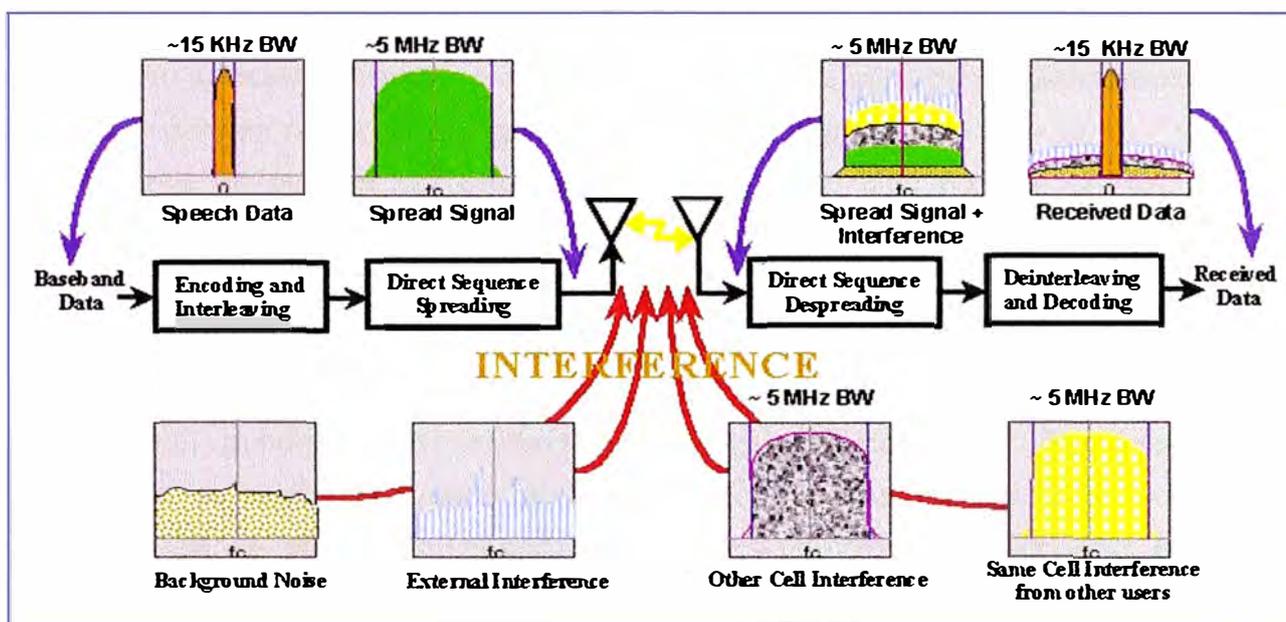


Figura 2.1 Proceso de extendido (Fuente: Ref [11])

2.2.1 Códigos de extendido

Como se mencionó en la sección anterior, en un transmisor DS-SS-SSA la señal de información es modulada por un código de extendido (con el objetivo de hacerla una señal con un ancho de banda extendido) y en el receptor la señal original es recuperada con una réplica del mismo código.

Extender el espectro como primera idea no suena muy bien, ya que el espectro de RF es muy solicitado y cada vez es más escaso, por tanto, incrementar el ancho de banda se puede convertir en un recurso muy caro. Sin embargo, existen algunas razones para creer que esto puede ser una buena opción. Una de ellas es que una señal con un ancho de banda amplio, es más resistente contra la interferencia y puede sobrevivir en un ambiente de mucho ruido. Es muy difícil de interceptar ya que el nivel de energía que contiene la señal se riega en todo el ancho de banda haciéndola difícil de ubicar. Permite el acceso múltiple. Brinda privacidad y la protege contra la interferencia multiruta.

Los códigos de extendido (traducción del término en inglés spreading codes) son llamados con frecuencia secuencias de extendido. Para la red UTRAN existen dos códigos de extendido en su interfaz aérea: los códigos ortogonales y los códigos de pseudo ruido. Ambos son usados tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada.

a) Códigos ortogonales

Los códigos ortogonales son aquellos que en un ambiente ideal no interfieren unos con otros. Para lograr esto los códigos deben estar sincronizados en tiempo. Por lo tanto pueden ser utilizados en el enlace de bajada para separar diferentes usuarios de una misma celda, pero en el enlace de subida, sólo pueden separar servicios de un solo usuario. No se pueden utilizar para separar diferentes usuarios de la misma celda, debido a que los móviles no se encuentran sincronizados en tiempo unos con otros y por tanto sus códigos no pueden ser ortogonales (con la excepción de que el sistema este utilizando el modo TDD con su enlace de subida sincronizado), tal como se aprecia en la figura 2.2. Además los códigos ortogonales no se pueden utilizar en el enlace de bajada entre estaciones base. La razón es que existe un número limitado de códigos ortogonales, los cuales deben ser reutilizados en cada celda lo que puede ocasionar que un móvil (UE) pueda recibir el mismo código de dos estaciones base diferentes al mismo tiempo cuando éste se encuentre en los límites de la misma. Uno de estos códigos está dirigido al UE y el otro a otro usuario. Si se utilizara un solo código ortogonal, esta señal podría interferir con otra de manera severa. Sin embargo, en el enlace de subida las señales de un solo usuario están sincronizadas en tiempo, lo que permite que los códigos sean ortogonales y se puedan separar los canales del mismo usuario.

En el enlace de bajada, el mismo árbol de códigos ortogonales es utilizado por la estación base para todos los móviles en esa cédula. Un manejo cuidadoso es necesario para que una estación base no utilice otros códigos de canalización. Eso es porque los códigos de canalización se utilizan en el enlace de bajada para separar conexiones de diferentes usuarios en la misma celda. Los códigos de canalización se explicarán más adelante.

La transmisión en el enlace de bajada de estaciones base separadas no es ortogonal, así que el UE debe distinguir primero a la estación base correcta mediante el código de scrambling y en seguida de la señal correcta extraer los datos utilizando los códigos de canalización. En conclusión, en el mundo real el enlace de bajada nunca será completamente ortogonal ni libre de ruido.

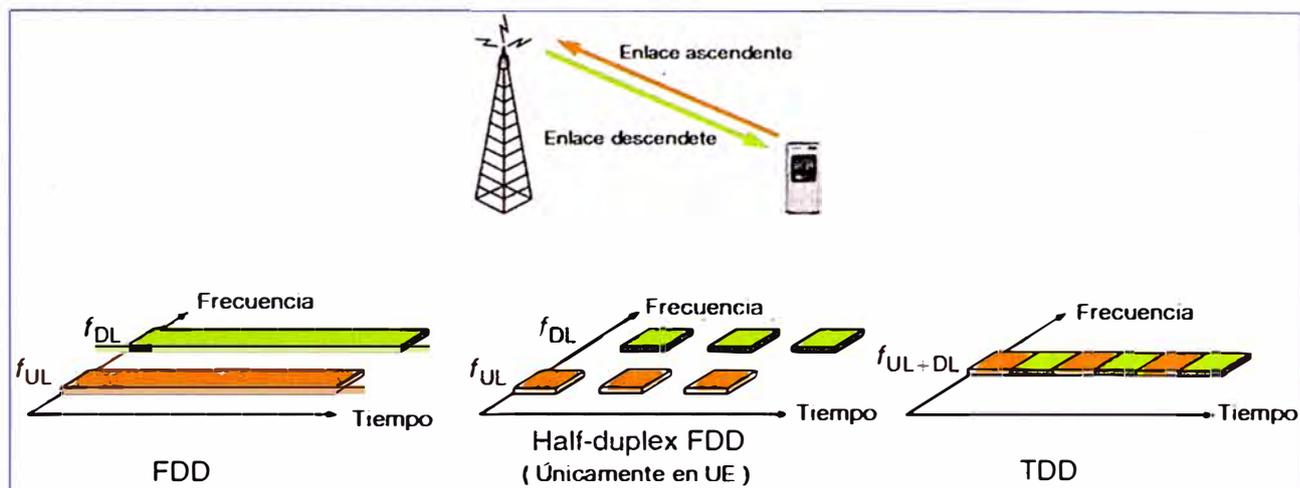


Figura 2.2 Duplexación en frecuencia y tiempo (Fuente: Ref [11])

b) Códigos de pseudo ruido

Los códigos ortogonales no podrían realizar las frecuencias de extendido por sí solos en la interfaz aérea de UTRAN. Como se mencionó en la sección anterior, sólo pueden ser utilizados cuando las señales a las que se aplica están sincronizadas. Lo cual no sucede con los usuarios que no tienen sincronía en el enlace de subida. Algo más es necesario, debido a que si se utilizan los códigos ortogonales en el enlace de subida, éstos se cancelarían fácilmente, y sólo se pueden utilizar dentro de una sola estación base. Para solucionar este problema se requieren los códigos de pseudo ruido, los cuales son utilizados en la segunda parte del proceso de extendido la cual se llama revoltura (traducción del término en inglés scrambling).

En el proceso de revoltura, la señal es multiplicada por la función XOR con los códigos de revoltura de pseudo ruido. Éstos códigos de revoltura pueden ser códigos largos o códigos cortos. Estos códigos de pseudo ruido tienen una muy buena auto correlación. La auto correlación mide la correlación entre la señal y la versión de la misma que ha sido retardada en tiempo. Así que si la señal recuperada en el receptor es multiplicada por el código de pseudo ruido que la generó, una buena auto correlación se debe encontrar si es la señal correcta. Para esto, la señal fue modulada usando el mismo código de pseudo ruido en el transmisor. Esta propiedad puede utilizarse para la secuencia de sincronización inicial y para separar los componentes generados por las diferentes rutas que sigue una señal al encontrarse distintos obstáculos en su camino.

Existen muchos códigos de pseudo ruido disponibles en el enlace de subida, así que no se necesita un manejo cuidadoso de ellos. Esto se refiere a que no existen problemas de sincronía ni de cancelación entre ellos. Un código de extendido, identifica a un UE a una estación base específica.

En el enlace de bajada, los códigos de revoltura son utilizados para reducir la interferencia entre estaciones base, ya que cada Nodo B tiene solo un código de revoltura primario y el UE puede utilizar esta información para separar las estaciones base. Existe 512 códigos de revoltura primarios en el enlace de bajada, éstos se dividen en 64 grupos y cada uno consiste de 8 códigos. El propósito de estos grupos es mejorar el proceso de sincronización.

Las especificaciones también definen códigos de revoltura secundarios. Cada uno de los códigos primarios contiene 16 códigos secundarios. Una posible aplicación de los códigos secundarios es en celdas sectorizadas, donde para separar sectores los códigos no pueden ser ortogonales entre ellos.

2.2.2 Códigos de canalización

Los códigos de canalización son tanto para el enlace de subida como para el enlace de bajada, códigos ortogonales con factor de extendido variable (OVSF). Estos códigos conservan las propiedades de ortogonalidad entre los canales físicos de diferentes usuarios. La creación de dichos códigos se basa en un algoritmo el cual produce árboles de códigos en donde cada nivel define un código de canalización con longitud SF, tal como se muestra en la figura 2.3. En UTRAN se utiliza el SF de 4 a 512 en donde del 4 al 256 se utilizan en el enlace de subida, y el 512 es añadido en el catálogo de SF para el enlace de bajada. Un SF de 4 (que es un SF muy bajo, el más bajo que puede utilizar UTRAN), por ejemplo, significa que por cada dato de la señal existen cuatro chips en el código de extendido, y que en el ancho de banda de la señal resultante es cuatro veces mayor que el original.

Todos los códigos dentro del árbol de códigos no pueden ser utilizados al mismo tiempo dentro de una celda, esto debido a que se puede utilizar un código en una celda si y solo si, este no pertenece a la misma ruta hacia la raíz de árbol de otro código previamente en uso. Es decir, dos códigos que pertenecen a la misma ruta no se pueden utilizar simultáneamente, lo que se traduce en un número limitado de códigos de canalización dependientes de la velocidad y el SF de cada canal físico.

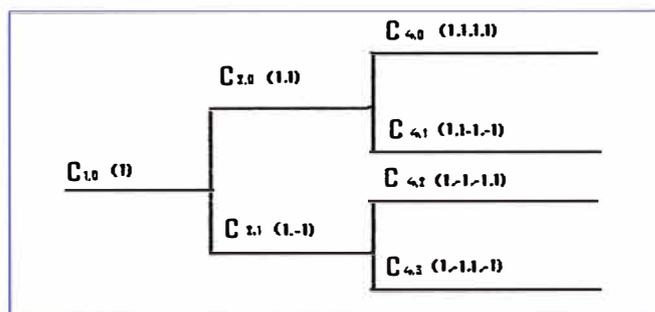


Figura 2.3 Árbol de códigos de canalización (Fuente Ref.[11])

Cuando se realiza el proceso de recuperación con el código correcto la señal original se obtiene, así como el ancho de banda inicial. Un código erróneo da como resultado ruido en el proceso de recuperación aunque se espera que en un sistema completamente ortogonal, dicho ruido no exista, ya que la salida del integrador es cero en cada instante. De la misma forma el control de potencia no sería necesario si se cumpliera esta condición. Sin embargo, esto no se da en la práctica, siempre existe ruido en el sistema y es necesario un control de potencia para reducirlo.

2.2.3 Códigos de revoltura

Existen 2^{24} códigos de revoltura (traducción del término en inglés scrambling) en el enlace de subida. Tanto los códigos cortos como los códigos largos pueden ser usados en este enlace. El código de revoltura utilizado es seleccionado por la red. El móvil es informado por un mensaje en el enlace de bajada acerca de cual código utilizar, dicho código, en raros casos puede cambiar durante una conexión, pero si se da este caso, el código es negociado sobre el canal de control dedicado.

Para los códigos en el enlace de bajada, un total de $2^{18} - 1 = 262143$ pueden ser generados. Sin embargo, no todos los códigos son utilizados. Los códigos de revoltura son divididos en 512 juegos, cada uno consiste de un código primario y 15 secundarios.

A esta celda se le asigna uno y solo un código de revoltura primario. El canal de control común primario es transmitido usando el código de revoltura primario. Los demás canales en el enlace de bajada son transmitidos con el juego de códigos que pertenecen al código primario asignado a la celda en cuestión.

2.2.4 Códigos de sincronización

Los canales de sincronía no son multiplicados por los códigos ortogonales, ni por los códigos de revoltura, éstos son multiplicados por los códigos de sincronía (primarios y secundarios).

Los códigos de sincronía primarios son utilizados en los canales de sincronía primarios (P-SCH). Estos códigos son similares en todas las celdas. Esta propiedad es muy útil, ya que se puede utilizar para sincronizar la ranura de tiempo en la fase de búsqueda de celda por parte del móvil o UE. Esta ráfaga de bits es enviada los primeros 256 chips de cada ranura de tiempo.

Existen 16 diferentes códigos de sincronía secundarios, los cuales son enviados vía los canales de sincronía secundarios, pero sólo durante los primeros 256 chips de cada ranura de tiempo. Estos códigos son conocidos por todos los móviles, la estación base puede cambiar los códigos transmitidos cada ranura de tiempo. Existen 64 diferentes

secuencias de códigos de scrambling en la celda. La tabla 1 muestra un resumen de los códigos de UMTS.

Tabla 1 Códigos utilizados en UMTS

	Códigos de sincronía	Códigos de canalización	Códigos de Scrambling en el enlace de subida	Códigos de revoltura en el enlace de bajada
Tipo	Códigos de Oro Códigos de sincronización primarios y secundarios	Códigos OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) llamados también códigos Walsh	Códigos de oro (largos) y códigos S(2) (cortos) Códigos de Pseudo ruido	Códigos de oro Códigos de Pseudo ruido
Longitud	256 chips	4-512 chips	38400 chips / 256 chips	38400 chips
Duración	66.67 μ s	1.04 μ s - 133.34 μ s	10 ms / 66.67 μ s	10 ms
Numero de códigos	1 primarios / 16 secundarios	= SF 4 ... 256 UL. 4 ... 512 DL	16.777.216	512 primarios / 15 secundarios por cada primario
Esparcimiento	No	Si	No	No
Uso	Permitir a las terminales sincronizarse con los canales de control principales de la célula	UL: Para separar el DPDCH y el DPCCCH del mismo UE DL: Para separar las conexiones en el enlace de bajada de diferentes usuarios de la misma célula.	Separación de terminales	Separación de sectores

2.3 Modulación de los datos

Al estar hablando de una tercera generación de telefonía celular, resulta evidente que las técnicas de modulación utilizadas deben ser digitales también. Es por ello que dentro de una gama de posibilidades de técnicas, las más utilizadas pueden ser ASK, FSK y PSK.

Un esquema de modulación de datos define como los bits de datos son combinados con la señal portadora, la cual siempre es una señal senoidal.

1. En ASK (Amplitude Shift Keying) la amplitud de la señal portadora es modificada o multiplicada por la señal digital. La señal modulada puede ser descrita de la siguiente manera:

$$s(t) = f(t)\sin(2\pi f_c t + \phi) \quad (2.1)$$

donde s(t) es la portadora de la señal modulada y f(t) es la señal digital.

2. En FSK (Frequency Shift Keying) la frecuencia de la portadora de radio es modificada por la señal digital $s(t)$ estamos hablando de una señal digital, tiene sólo dos valores posibles, el cero y el uno lógico, por tanto, si la frecuencia de la portadora varía con estos valores, sólo podrá tomar dos posibles opciones de frecuencia como se demuestra en la siguiente ecuación.

$$s(t) = f_1(t) \sin(2\pi f_{c1}t + \emptyset) + f_2(t) \sin(2\pi f_{c2}t + \emptyset) \quad (2.2)$$

3. En PSK, es la fase de la portadora de radio la que varía con la señal digital. En los sistemas de telefonía celular modernos, las diferentes variaciones de la modulación PSK como lo son BPSK, QPSK, entre otras, son las más utilizadas. Una representación matemática del esquema de modulación PSK es mostrado en la siguiente ecuación.

$$s(t) = \sin[2\pi f_c + \emptyset_t] \quad (2.3)$$

En el caso de un esquema modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying) cada bit de datos es separado en dos símbolos de datos. Las reglas de mapeo en un diagrama de constelación es que el 1 se representa como un +1 y el 0 se representa como un -1. Por tanto, existen solo dos fases posibles en BPSK 0 y π radianes.

En el caso del esquema de modulación QPSK (Quaternary PSK) existen cuatro fases posibles: 0, 2π , π y $3\pi/2$ radianes. Dos bits son transformados en un símbolo de datos complejo. La tabla 2 muestra un ejemplo de esta transformación.

Tabla 2 Transformación de los bits de datos en la modulación QPSK

00	+1+j
01	-1+j
10	-1-j
11	+1-j

El número de veces en el que un parámetro de la señal ya sea amplitud, frecuencia o fase varía por segundo se le conoce como velocidad de símbolo. Esta velocidad es medida en baudios y 1 baudio es igual a un cambio por segundo. En los esquemas de modulación binarios como lo son ASK, FSK y PSK, la velocidad de símbolo es la misma que la velocidad de bit. En la modulación QPSK la velocidad de símbolo excede la velocidad de un baudio.

Cuando hablamos de CDMA la velocidad de modulación se denomina velocidad de chip. El proceso de convertir a los símbolos en chips es la última etapa en el proceso de modulación aplicado a una señal en el transmisor. El término chip, se utiliza para describir como la operación de extendido acomoda la trama original de datos en partes más pequeñas o chips.

2.3.1 La modulación y el problema en el consumo de potencia

El problema del consumo de potencia por parte del equipo del usuario (UE) viene de que la transmisión en el enlace de subida es lo que consume la mayor parte de la batería del móvil. Por tanto, el esquema de modulación utilizado debe ser aquel que ahorre la mayor cantidad de energía posible. Si se mantiene el funcionamiento del amplificador de potencia del móvil lo más cercano a su punto de saturación, es decir, si la diferencia entre el pico de potencia y el nivel de potencia promedio de la señal producida por el esquema de modulación es pequeña, el consumo de potencia será menor por parte del UE. Este problema no es fácil de resolver debido a que en la interfaz aérea de UTRAN (WCDMA) existe un canal de control dedicado y uno o varios canales físicos de datos dedicados para los datos del usuario incluyendo voz, además dichos canales transmiten con diferentes niveles de potencia simultáneamente.

Si se utilizan los esquemas de modulación tradicionales, como QPSK en el caso del enlace de bajada, en un sistema multi-canal como lo es el enlace de subida de UTRAN, esto puede resultar en gran número de cruces por cero en el plano I/Q. Esto significa una diferencia entre el pico de potencia y el nivel promedio de potencia alta, una baja eficiencia en el amplificador de potencia y por lo tanto un desgaste más rápido en la batería del móvil lo que se traduce en menos horas de uso antes de ser recargado.

El término cruce por cero se refiere a que dos resultados en la constelación están colocados en lados opuestos del origen, lo que significa que cuando estos chips sean transmitidos, la transición debe cruzar por el cero u origen.

En el esquema de modulación propuesto para UTRAN (como ya se mencionó QPSK de canal dual) los canales físicos son multiplexados en el plano I/Q, es decir, el canal de control dedicado es transmitido en la ruta del eje Q y el primer canal de datos dedicado es transmitido en la ruta del eje I. Los demás canales de datos dedicados se irán alternando entre los ejes del plano.

Cabe mencionar que no sólo la modulación determina la eficiencia en el consumo de potencia del sistema, sin embargo es un elemento importante. Otro componente importante es el esquema de control de potencia utilizado, entre los que se encuentran el control de potencia de lazo abierto, de lazo cerrado y de lazo interno.

2.4 Codificación de canal en UTRAN

Más allá de verificar los errores ejecutando una función de codificación, UTRAN utiliza dos esquemas de corrección de errores: los códigos convolucionales y los turbo códigos. En la actualidad existe un tercer esquema el cual es no corrección de errores en absoluto (no FEC at all). Esto hace un total de cuatro mecanismos de corrección de errores:

codificación de bloque, codificación turbo, codificación convolucional y ninguna codificación de canal en absoluto.

Los códigos convolucionales son otra forma de proteger a la información libre de errores. Mientras la codificación de bloque se usa para detectar errores y el esquema ARQ lo corrige, los códigos convolucionales combinan ambas funciones. Los códigos convolucionales son diferentes de los códigos de bloque, ya que estos operan continuamente sobre las tramas de datos. Ellos tienen memoria que les permite que los bits de salida no dependan totalmente de los bits de entrada, es decir, que puedan predecir algunos bits de entrada. Un código convolucional puede ser descrito usando el formato $(n.k.m)$ donde n es número de bits de salida por palabra de datos; k es el número de bits de entrada y m es la longitud de la memoria.

Los turbo códigos han sido encontrados muy eficientes ya que pueden operar muy cerca del límite descrito por la ley de Shannon. En los turbo códigos la salida del proceso de decodificación es usada para ajustar la entrada de datos. Este proceso iterativo mejora la calidad de la salida del decodificador.

2.5 Definición del servicio de Roaming

El roaming internacional para móviles es un servicio que permite a los usuarios continuar usando sus teléfonos móviles mientras visitan otro país, para realizar y recibir llamadas de voz, enviar mensajes de texto, navegar por internet y enviar o recibir correos electrónicos.

El roaming extiende la cobertura de utilización de los servicios de voz y mensajería del usuario de móvil desde la operadora de su país, permitiendo al usuario continuar utilizando el número de teléfono de su operadora local y los servicios de datos en cualquier otro país.

La perfecta extensión de la cobertura está facilitada por un acuerdo de Roaming a gran escala entre la operadora móvil doméstica del usuario y la red móvil de la operadora que se visita. En el acuerdo de roaming se tratan los aspectos técnicos y comerciales que son necesarios para permitir este servicio.

Voz: realizar y recibir llamadas al o desde el país de origen, el visitado o países terceros, mientras se está en el extranjero.

SMS: enviar y recibir mensajes de texto al o desde el país de origen, el país que se visita o países terceros, mientras se está en el extranjero.

Datos: utilización de dispositivos móviles para acceder a internet, incluyendo la descarga de imágenes, MP3, películas y programas informáticos, lectura y respuesta de correos electrónicos, mientras se está en el extranjero.

Aplicaciones: utilización de las aplicaciones del móvil que requieren consumo de datos móviles, mientras se está en el extranjero; por ejemplo, servicios basados en la localización y traductores de idiomas.

El Roaming móvil internacional es uno de los servicios de comunicación más amplios que se ofrece a los usuarios de móvil mientras viajan al extranjero y también incluye los servicios de hoteles, WI-FI, SIMs nacionales “de viaje” y SIMs de las operadoras de los países que se visitan.

2.5.1 Funcionamiento del Roaming móvil

Cuando un usuario de móvil está en el extranjero y enciende su dispositivo móvil, ese dispositivo intenta comunicarse con la red móvil que se visita. Esta red recoge la conexión del móvil del usuario, reconoce si está registrado con su sistema e intenta identificar la red doméstica del usuario.

Si hay un acuerdo de Roaming entre la red doméstica y alguna de las redes móviles en el país que se visita, la llamada se dirige por parte de la red visitada hacia una red de gateways internacional (Figura 2.3). La red de gateways internacional es responsable de hacer llegar la llamada a la red de destino. Una vez hecho esto, la red de destino conectará la llamada.

La red que se visita también necesita información de servicios sobre el usuario de la red doméstica, como por ejemplo si el teléfono que se está usando ha sido perdido o robado y si el dispositivo móvil está autorizado para esta utilización internacional. Si el teléfono está autorizado para esta utilización, la red visitada crea un registro temporal de su suscripción para el dispositivo y la red doméstica actualiza el registro de su suscripción con la información de localización, de tal manera que cuando se realiza una llamada a ese número se puede trazar correctamente.



Figura 2.3 Vista general de la tecnología y operaciones del Roaming internacional
(Fuente: archivos GSMA)

Para explicar el Roaming móvil internacional más detalladamente, la figura 2.4 muestra los aspectos técnicos y comerciales. El diagrama se centra en los acuerdos comerciales a gran escala, para simplificar.

El usuario de móvil (Usuario de móvil A) tiene un servicio de Roaming internacional con su operadora doméstica (Operadora Doméstica) y es automáticamente conectado con una red visitada (Operadora Visitada A), tras un intercambio de datos entre la Operadora Visitada A y la operadora doméstica en el que se confirma que el usuario de móvil es un cliente de Roaming con su operadora doméstica. El acuerdo general entre la Operadora Visitada A y la Operadora Doméstica especifica cuáles de esos datos deben ser proporcionados por la operadora visitada.

La Operadora Doméstica suele tener acuerdos generales de Roaming con más de una operadora del país visitado; en este caso la Operadora Visitada A y la Operadora Visitada B. Como resultado, el usuario de Móvil A puede llamar a su país usando cualquiera de esas redes. Todas ellas usan los servicios de Gateway internacional para llevar la llamada al país de origen del Usuario de Móvil A.

El Usuario de Móvil A paga un precio a su Operador Doméstico por el servicio de Roaming y no paga al Operador Visitado A. Si el Usuario de Móvil B no está haciendo Roaming también, no tendrá ningún coste extra por recibir una llamada o llamar al Usuario de Móvil A.

La Operadora Visitada A envía archivos de Procedimiento de Cuenta Transferida (TAP), se utilizan para facturar las llamadas cuando se hace Roaming, a un centro de intercambio que los reenvía a la Operadora Doméstica, mientras que la Operadora Doméstica paga a la Operadora Visitante A lo estipulado en los acuerdos comerciales, basándose en el volumen de llamadas que figura en el archivo TAP.

La Operadora Visitada A paga a un Transmisor Internacional por transportar y hacer llegar la llamada a la Operadora Doméstica. El transmisor Internacional paga a la Operadora Doméstica una cuota por la terminación de la llamada en el país de origen.

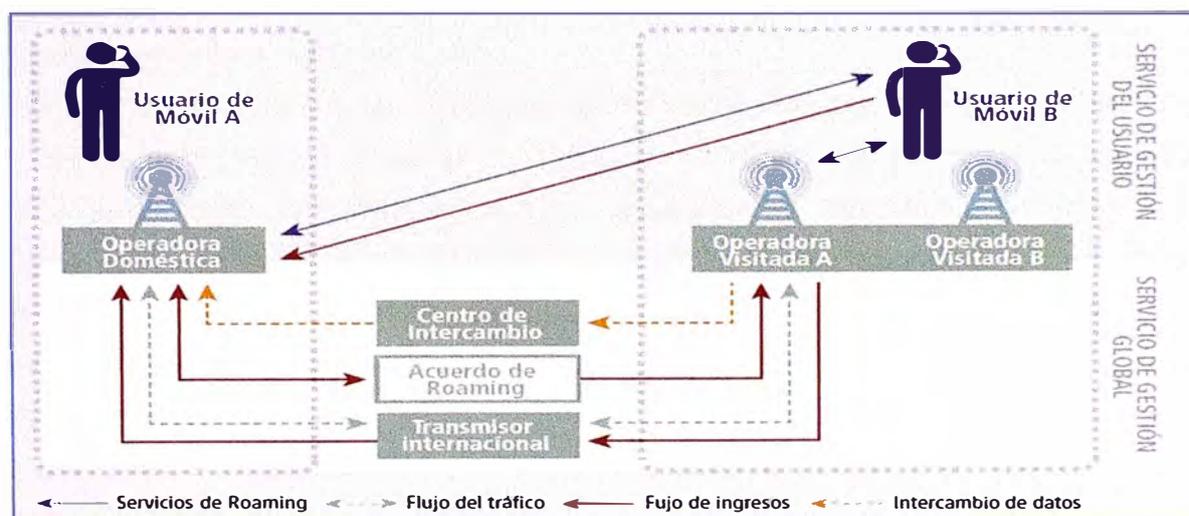


Figura 2.4 Enlaces comerciales necesarios para Roaming internacional (Fuente archivos GSMA)

2.5.2 Roaming de datos

Con el incremento de la popularidad de los teléfonos inteligentes, la utilización de servicios de datos mientras el roaming está operativo continúa creciendo exponencialmente. Los servicios de datos móviles se miden habitualmente en kilobytes (KB) o megabytes (MB), lo que hace referencia al volumen de datos transmitidos por el servicio utilizado. Los volúmenes de tráfico de datos pueden variar significativamente dependiendo del tipo y uso de distintos servicios de datos (ver Figura 2.5).

Actividad	Consumo de datos
Una hora de mensajes instantáneos	0.25 – 1 MB
Una hora navegando por internet	1.5 – 25 MB
Descarga de 100 emails	1 – 10 MB
100 minutos de conversación en llamada de video VoPI	Alrededor de 50 MB
Descarga de una foto	0.05 – 2 MB
Descarga de un MP3	3 – 8 MB
Descarga de un programa informático	70 – 800 MB
Descarga de una película	700 – 1500 MB
Visionado de una hora de video, en directo desde Internet	250 – 500 MB
Escucha de una hora de audio, en directo desde internet	50 – 150 MB

Figura 2.5 Volúmenes de tráfico de datos de móviles (Fuente: archivos GSMA).

Hay diferencias significativas en las estimaciones de tamaño, ya que el tamaño del archivo depende del tipo de datos, calidad y longitud. Por ejemplo, la calidad DVD y alta definición de visionado en directo desde la red, consume cantidades mayores de datos que el visionado de video estándar o la escucha de audio.

2.6 Roaming móvil en América Latina

El entorno móvil está creciendo por regiones, tanto en suscriptores como en tráfico de datos; sin embargo, los servicios de roaming están todavía empezando. Los países de América Latina están en distintos estados de desarrollo económico, con diferencias significativas en sus tasas de inflación, tipos de cambio, costes laborales y PBI per cápita. El PBI per cápita en algunos países es hasta 12 veces mayor que en otros. Además, en comparación con otras regiones, como Europa, la penetración del roaming en América Latina es pequeña.

Sólo el 7% de la población de esta zona viajó al extranjero en 2011, actuando como factores de estos bajos datos de transporte las grandes distancias entre los países y unas tarifas de viaje menos asequibles (ver Figura 2.6).

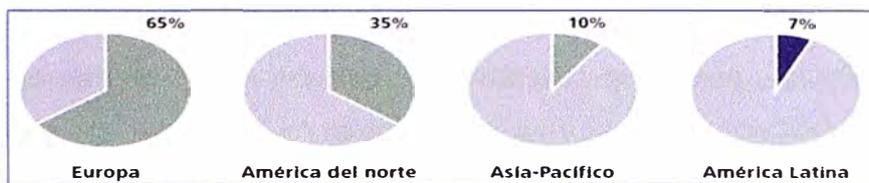


Figura 2.6 Ratio de viajes internacionales en relación con población (Fuente: archivos GSMA)

La utilización del Roaming y su relevancia como un servicio para los usuarios de móviles varía significativamente a lo largo de la región. Como resultado, hasta el 90 % del tráfico de Roaming de la región está relacionado con el ámbito de los negocios.

En toda América Latina, hay alrededor de 500 acuerdos de Roaming entre operadoras y este número está creciendo. Dado que el comercio y el turismo se están desarrollando, un mayor número de rutas de Roaming son económicamente viables. El tráfico de Roaming fluye principalmente a través de las rutas clave, aunque los patrones exactos de tráfico varían de operadora a operadora (ver Figura 2.7).

Tanto el roaming inter-regional como el intra-regional contribuyen de forma significativa al mercado de roaming de América Latina. El patrón de tráfico exacto puede variar significativamente de operadora a operadora, dependiendo de factores tales como el país, la base consumidora y la posición de mercado.

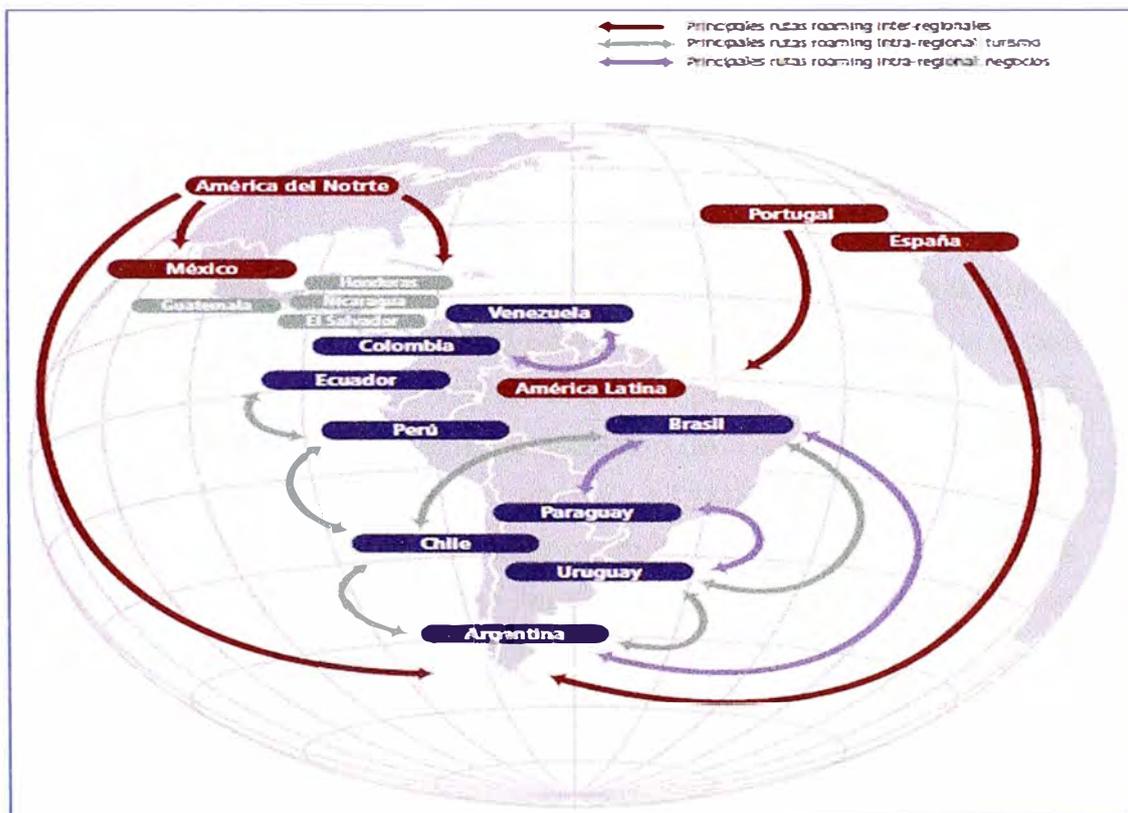


Figura 2.7 Principales rutas de Roaming inter e intraregionales en América Latina (Fuente: Archivo GSMA)

2.6.1 El factor precio: efectos de la estructura de mercado y la tributación

El factor precio es uno de los principales obstáculos que limita una mayor utilización de los servicios de roaming a nivel regional. En comparación con la renta media per cápita, la región sudamericana presenta precios minoristas de Roaming elevados, con variaciones significativas para un mismo concepto (por ejemplo voz saliente), que pueden llegar hasta un 75% dentro de un mismo país, en función del tipo de suscripción. En líneas generales, las llamadas salientes locales suelen ser las más baratas (USD 1.66 por minuto con impuestos). Con estas tarifas el ARPU medio sudamericano (USD 14) permitiría exclusivamente recibir una llamada entrante en Roaming de 7 minutos de duración. La reducción de estas tarifas debería estar al centro de la búsqueda de soluciones y estímulos para la mejora del mercado sudamericano de Roaming.

2.7 Tarifas Mayoristas y alianzas regionales

Un componente relevante de los costos de servicios de Roaming es el de las tarifas mayoristas (IOT), que en general son aplicadas para mensajes y llamadas salientes de manera discriminada entre voz y datos (Ver figura 2.8). Estas tarifas son establecidas en los acuerdos de Roaming entre operadores, donde se determinan condiciones tales como los servicios a ser prestados o la existencia de descuentos por volumen de tráfico.

De acuerdo a los estándares de la industria, las IOT no deberían ser discriminatorias entre operadores que consuman servicios mayoristas de Roaming. En la práctica, sin embargo, existen descuentos por volumen de tráfico y/o por participación dentro de alianzas de operadores que, en el caso sudamericano, llegan hasta el 30-35% del valor de las IOT.

La reducción de las tarifas mayoristas y el fortalecimiento de una marca a nivel regional son los dos principales incentivos para la creación de alianzas entre operadores. Actualmente existen tres alianzas regionales, dos pertenecientes a grandes grupos empresariales (Claro de América Móvil y Movistar de Telefónica Internacional) y una formada por operadores independientes (Alianza LATAM). Para los clientes las llamadas en Roaming utilizando la red de un operador miembro de la alianza se traduce en tarifas de Roaming con descuentos que pueden llegar hasta el 40%, si bien la comunicación de estos descuentos es poco clara y no se aplica de manera uniforme.

El fortalecimiento de estas alianzas puede ser una herramienta de mejora de las condiciones de operación del mercado sudamericano de Roaming, siempre que se garantice por vía regulatoria que los operadores que no pertenecen a una alianza determinada puedan seguir proporcionando servicios de Roaming a sus usuarios en condiciones competitivas.

Para estimular estas alianzas, las autoridades de telecomunicaciones podrían introducir regulaciones que obligaran a los operadores a comunicar los beneficios de estas alianzas a sus usuarios de forma transparente. La comunicación de estas estructuras tarifas reducidas, la base creciente de usuarios de telefonía móvil en la región y la fuerte necesidad de establecer ventajas competitivas deberían ser estímulos suficientes para hacer que los operadores potencien este tipo de alianzas, lo que se traduciría en una mayor demanda de los servicios de Roaming.

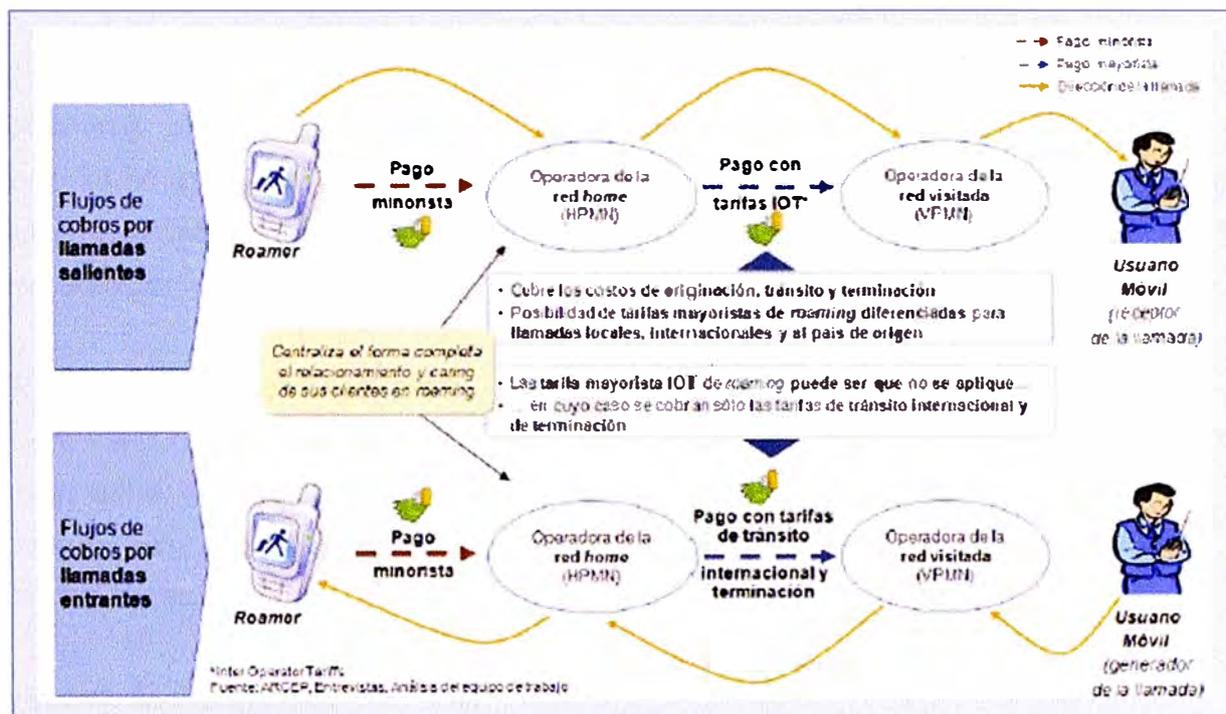


Figura 2.8 Tarifas Mayoristas (Fuente: Archivos IIRSA)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Este capítulo se enfoca en exponer el diseño e implementación de un Camel Gateway de Roaming para usuarios prepago 3G. Para ellos preliminarmente se realiza el planteamiento de la solución, en el cual se especifica los requerimientos, alternativas de solución y dimensionamiento del proyecto. Posteriormente se describe el diseño y la implementación de la solución.

3.1 Planteamiento de la solución

Como se explicó en el primer capítulo la idea o iniciativa de la implementación de esta solución debe comenzar con un estudio de factibilidad, relevando la demanda real y analizando las especificaciones requeridas a la solución. Luego debe revelarse y analizarse las soluciones disponibles para poder soportar el servicio.

3.2 Propósito del sistema

Para la implementación del sistema se tiene que tener en cuenta solucionar incompatibilidades en la operación del Roaming Internacional de abonados prepago de la red 3G de un determinado operador.

En específico, con este sistema se busca normalizar parámetros conteniendo numeración en el flujo de mensajes CAP (Camel Application Part) entre los nodos MSC/VLR de las redes visitadas y el nodo SCP Prepago del operador.

3.3 Características del sistema

Dentro de las características de la implementación del sistema, podemos nombrar a las siguientes características:

- Interconexión mediante SIGTRAN usando protocolos IETF estándar (RFCs 2960, 3309, 3332).
- Disponibilidad de soporte para CAMEL Fase 1 (GSM 09.78), CAMEL Fase 2 (ETSI TS 101 046) e ITU-T SS7 libro blanco.
- Función de traslación de direcciones SCCP (origen y/o destino); así como función de

intervención selectiva de mensajes CAP, de acuerdo a casos de uso predefinidos.

- Configuración de normalización diferenciada por red visitada para máxima flexibilidad de operación.
- Enrutamiento SCCP transparente de la mensajería CAP no intervenida entre VPLMN y HPLMN.
- Alta capacidad transaccional (20 TPS mínimo).
- Operación en alta disponibilidad, con 2 nodos independientes en modo activo-activo (mated pair).
- Módulo de generación de alarmas vía traps SNMP.
- Módulo de generación de KPI.
- Módulo de reportes estadísticos.
- Interfaz Web de administración.

3.3.1 Licenciamiento

Con respecto a los límites de licenciamiento se tiene lo siguiente:

- 4 asociaciones SCTP/M3UA por nodo (8 en total).
- 20 Transacciones por segundo (Transacción: par requerimiento / respuesta de protocolo CAP).
- Configuración de hasta 50 redes visitadas.

Es posible que la licencia pueda extenderse bajo requerimiento comercial, sin requerimientos de hardware adicional.

3.4 Principio de funcionamiento

Sobre el principio de funcionamiento se puede mencionar que se reciben mensajes CAP InitialDP desde el VMSC, por intermedio de los nodos SG; por lo que la red visitada se identifica mediante la dirección GT del nodo de origen,

En función de la red de origen, se aplica la configuración respectiva para la normalización de numeración de cada parámetro CAP pre-acordado con lo que cada mensaje normalizado es reenviado a los nodos SG para que sea dirigido al SCP del Sistema Prepago de un determinado operador; todo este principio se detalla en la figura 3.1.

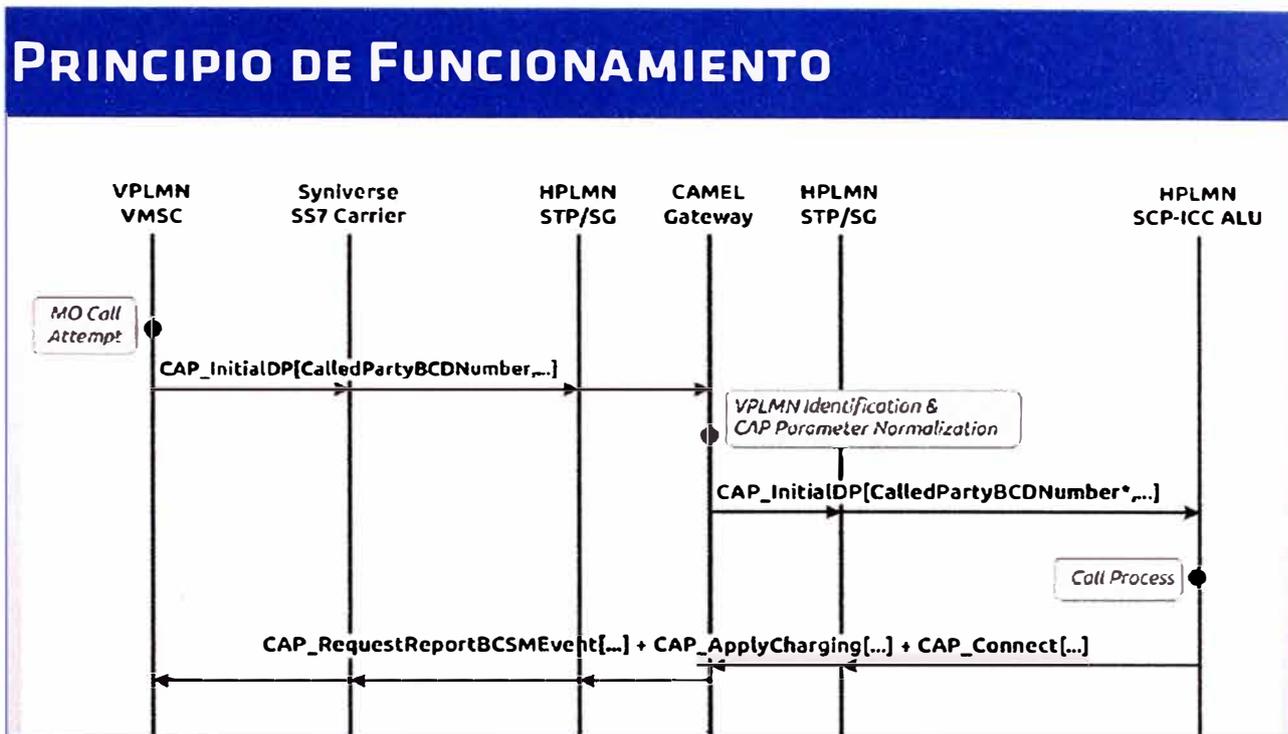


Figura 3.1 Principio de funcionamiento CAMEL-Gateway (fuente: Elab. propia)

3.4.1 Función de intervención selectiva CAP

Esta función permite modificar el contenido de un parámetro o sub-campo específico de cualquier mensaje CAP, de acuerdo a reglas de uso predefinidas. La implementación de este sistema considera la intervención del mensaje CAP InitialDP, para los siguientes parámetros:

- CalledPartyBCDNumber / CalledPartyNumber (NOA y/o Digits)
- CallingPartyNumber (NOA y/o Digits)

En el caso del reenrutamiento SCCP, adicionalmente la implementación de esta solución requiere modificación de la dirección SCCP de destino de los mensajes CAP con el único propósito de evitar la función de traslación de Portabilidad Numérica en los nodos SG, enviando los mensajes CAP directamente al Nodo ICC de la plataforma prepago; en la figura 3.2 veremos las funciones de intervención y traslación.

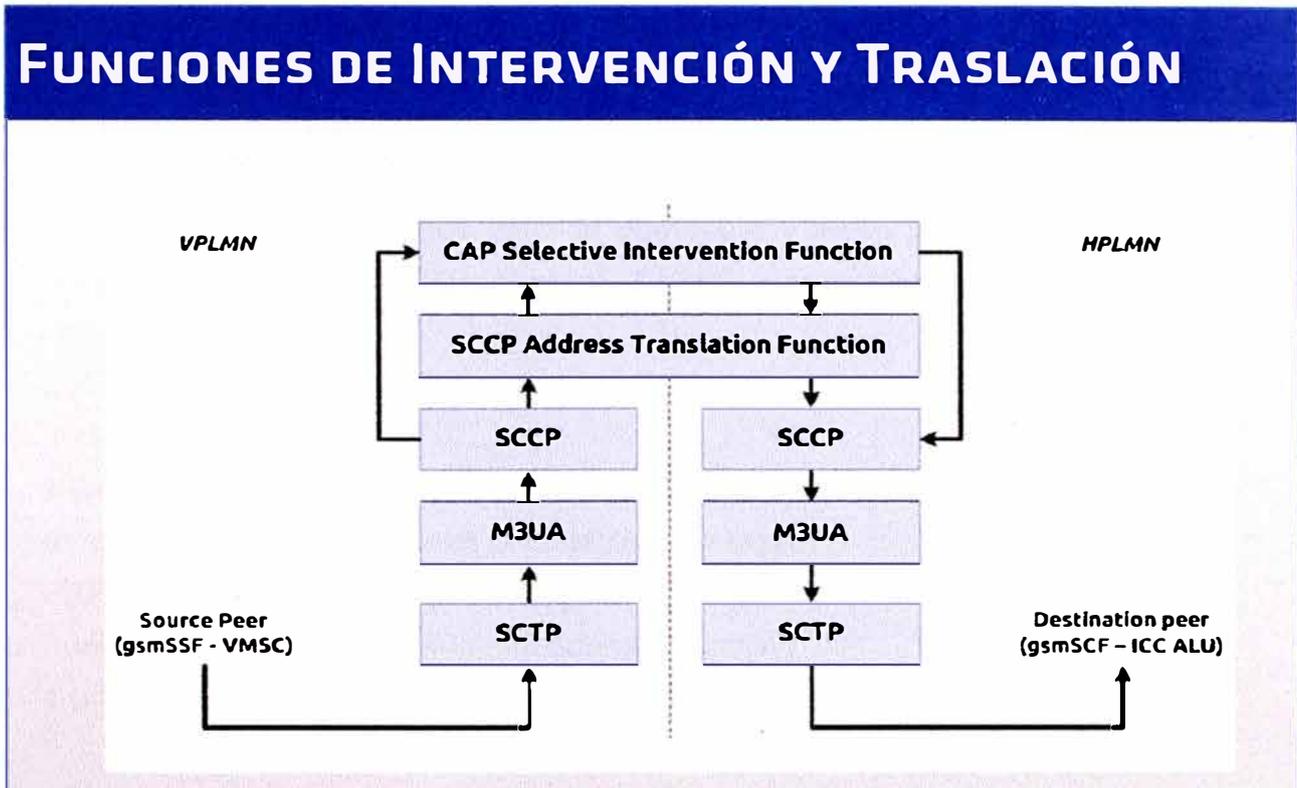


Figura 3.2 Funciones de intervención y traslación (Fuente: Elab. propia)

3.5 Posibles casos de uso orientado al usuario

A continuación describiremos los casos de llamada originada por roamers-out.

- a) Casos de llamada originada por roamer-out a destinos del país origen.
 - Llamada a móviles del operador del país origen.
 - Llamada a números de red fija en el país origen (modos CPP y MPP).
 - Llamada a números 800 del país origen.
 - Llamada a sistema de casillas de voz (depósito y rescate).
 - Llamadas a números cortos del operador origen.
 - Llamada con desvío (call forwarding).

- b) Casos de llamada originada por roamer-out a destinos en la red/país visitado.
 - Llamada a móviles de la operadora visitada.
 - Llamada a números de red fija del país visitado.
 - Llamada a números 800 del país visitado.
 - Llamadas a números cortos de la operadora visitada.

- c) Casos de llamada originada por roamer-out a destinos internacionales.

3.6 Hardware a usar en la implementación

Se ha contemplado los siguientes recursos a nivel de hardware para la implementación del sistema CAMEL-Gateway. Considerar que el hardware instalado y configurado puede ser llevado a cabo por terceras partes, de acuerdo a las especificaciones y lineamientos entre la operadora y algún proveedor de servicio. Se necesitarán 2 servidores HP Proliant DL385 Generación 7 con las siguientes características:

- 2xCPU AMD Opteron 6212 (8-Core, 2.60Ghz).
- 16GB Memoria RAM.
- 2 Discos HP SAS 3,5" 10.000rpm de 300GB, en RAID 1.
- 6 puertos de red GigaEthernet (2 conectados a la red)
- SIGTRAN Nextel y 2 conectados a la red O&M Nextel).
- Fuentes de poder AC HotPlug redundantes (1200W).
- 1 puerto iLO para control remoto del servidor.

3.7 Software

Podríamos clasificar el software en sistema operativo, señalización y otros.

3.7.1 Software: Sistema operativo

El sistema operativo a usar sería el sistema operativo RedHat Enterprise Linux 5, con las siguientes características:

- Update 8, para arquitecturas de 64-bit.
- Aprox 260GB disponibles en disco despejado.
- Importante tener una cuenta especial de acceso para la operación del Software CAMEL Gateway.
- El software CAMEL Gateway podrá estar localizado bajo / opt.

3.7.2 Software: Señalización

El software a usar será el de señalización Dialogic Distributed Signalling Interface, con las siguientes características:

- Release 6.4.0 para arquitecturas de 64-bit.
- Provee implementación IETF estándar para protocolos SIGTRAN SCTP y M3UA.
- Provee implementación ITU-T estándar para protocolo SS7 SCCP (modo no orientado a conexión)
- Se requiere el software licenciado para soportar 4 asoc. M3UA por nodo.

3.7.3 Software: Otros

Se requerirá un software que sirve de complemento y que a la vez implemente:

- Función de traslación de direcciones ITU-T SCCP.
- Parser de protocolos ITU-T TCAP (Q.771 a Q.774 Libro Blanco) y 3GPP CAP (ETSI TS 101 046 – CAMEL fase 2).
- Funciones de OAM (Alarmas SNMP, Log de eventos, Reportes, KPI, configuración).
- Interfaz de usuario Web para Administración.

3.8 Generalidades de la operación

Para describir un poco más de como funciona la operación podemos mencionar que funciona como un sistema alojado en Hardware orientado a operación continua (línea HP Proliant DL), basado en sistemas abiertos (Linux).

La operación y configuración se concentra en la consola de sistema operativo e interfaz Web; algunas de las herramientas de gestión son provistas directamente por el sistema operativo. Este sistema trabaja de manera estática (en forma relativa), ya que las tareas de OAM se concentrarán mayormente en la supervisión, con excepción a la configuración de las reglas por operador visitado.

3.8.1 Requisitos de la operación

Para la operación del Gateway de roaming se requiere conocimientos en los siguientes ámbitos, los cuales ayudarán a una mejor operatividad.

- Administración de sistemas Unix/Linux.
- Protocolos TCP/IP.
- Señalización (SS7/Sigtran)
- Red Móvil (GSM/UMTS) – Red Inteligente (CAMEL).

Para el caso de las herramientas de acceso para la gestión bastaría con tener conocimientos básicos de cliente SSH y Web Browser con Javascript.

Es importante mencionar el modelo en capas a tener en consideración para un mejor entendimiento según como se muestra en la figura 3.3, tanto el hardware y software está estructurado en capas; y el software de aplicación está en la última capa; por último notar que la gestión del sistema está presente en los 4 niveles.

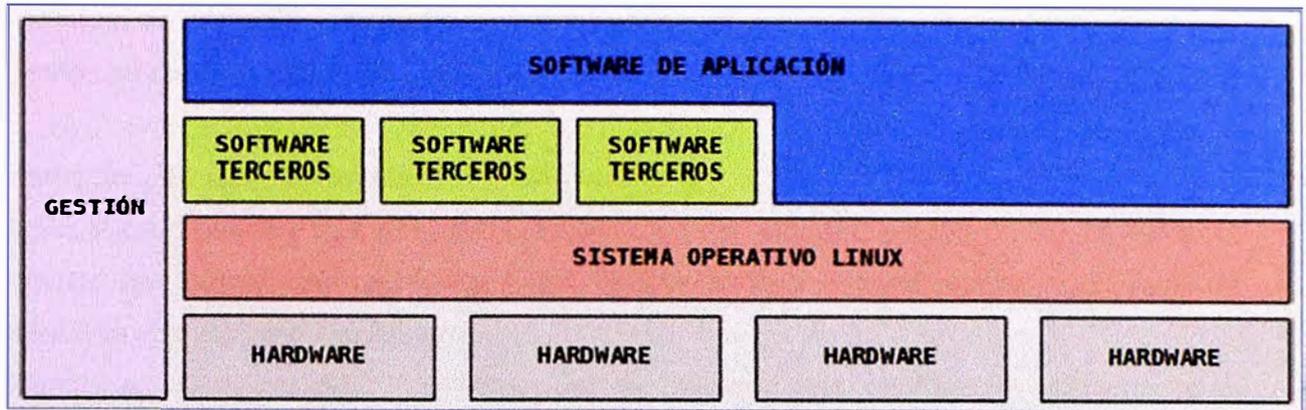


Figura 3.3 Modelo estructurado en capas (Fuente: Elab. propia)

3.9 Sistema basado en servicios

Explicaremos a continuación sobre la arquitectura interna basada en servicios; ya que los procesos proveen servicios, a otros procesos internos o a entidades externas; los procesos operan independientemente, y sólo se relacionan entre sí mediante interfaces de comunicaciones como se muestra en la figura 3.4. Podemos mencionar sobre los tipos de servicios:

➤ **Servicios Base (Sistema Operativo)**

- Servidor SSH (sshd): Acceso remote seguro a consola de sistema operativo.
- Servidor HTTP (httpd): Gestión del acceso Web, para el despliegue de la Interfaz de Configuración y reportes del Gateway CAMEL.
- Motor de Base de Datos PostgreSQL (postgres): Almacenamiento de información de configuración de normalización para las redes visitadas.
- Adicionalmente, almacenamiento de la base de eventos de alarma del Sistema.
- Servidor SNMP (snmpd): Permite acceso a monitoreo de recursos generales de Sistema Operativo, Señalización y Aplicación.
- Servidor NTP (ntpd): Sincronización de reloj del Sistema Operativo con los nodos de referencia designados en la red Nextel México.

➤ **Servicios de señalización (Stack Sigtran / SS7)**

Signalware Dialogic DSI: Implementa stack base SIGTRAN/SS7 (SCTP, M3UA, SCCP), y provee API de comunicaciones con las aplicaciones usuarias y dentro de los principales procesos tenemos:

- Servicio demonio SCTP (sctpd).
- Instancia de comunicaciones SCTP (sctp).
- Instancia de capa M3UA (m3ua).

- Instancia de capa SCCP connection-less (sccp).
- Gestor de recursos Dialogic (gctload).

➤ Servicios de aplicación Gateway de Roaming

- Aplicación Gateway CAMEL para Roaming Internacional (crppg-i): Implementa la función de intervención selectiva CAP, aplicando la configuración de normalización según la red visitada identificada.
- Monitor de recursos SS7 (ss7mon): Es un proceso que verifica periódicamente el estado de los recursos de señalización, proveyendo información al operador (vía consola) y al módulo de alarmas.
- Monitor de recursos SCTP (sctpstats): Módulo que verifica la utilización de recursos SCTP, proveyendo información al Gestor de KPI.
- Gestor de KPI (kpiMgr): Módulo que recibe eventos de conteo de indicadores y los administra publicando periódicamente cada KPI definido en archivos especiales, al tiempo que alimenta el gestor de Alarmas.
- Gestor de Alarmas (snmp_agent): Recibe eventos de alarma, manteniendo una base de información de gestión, sobre la que se generan Traps SNMP.

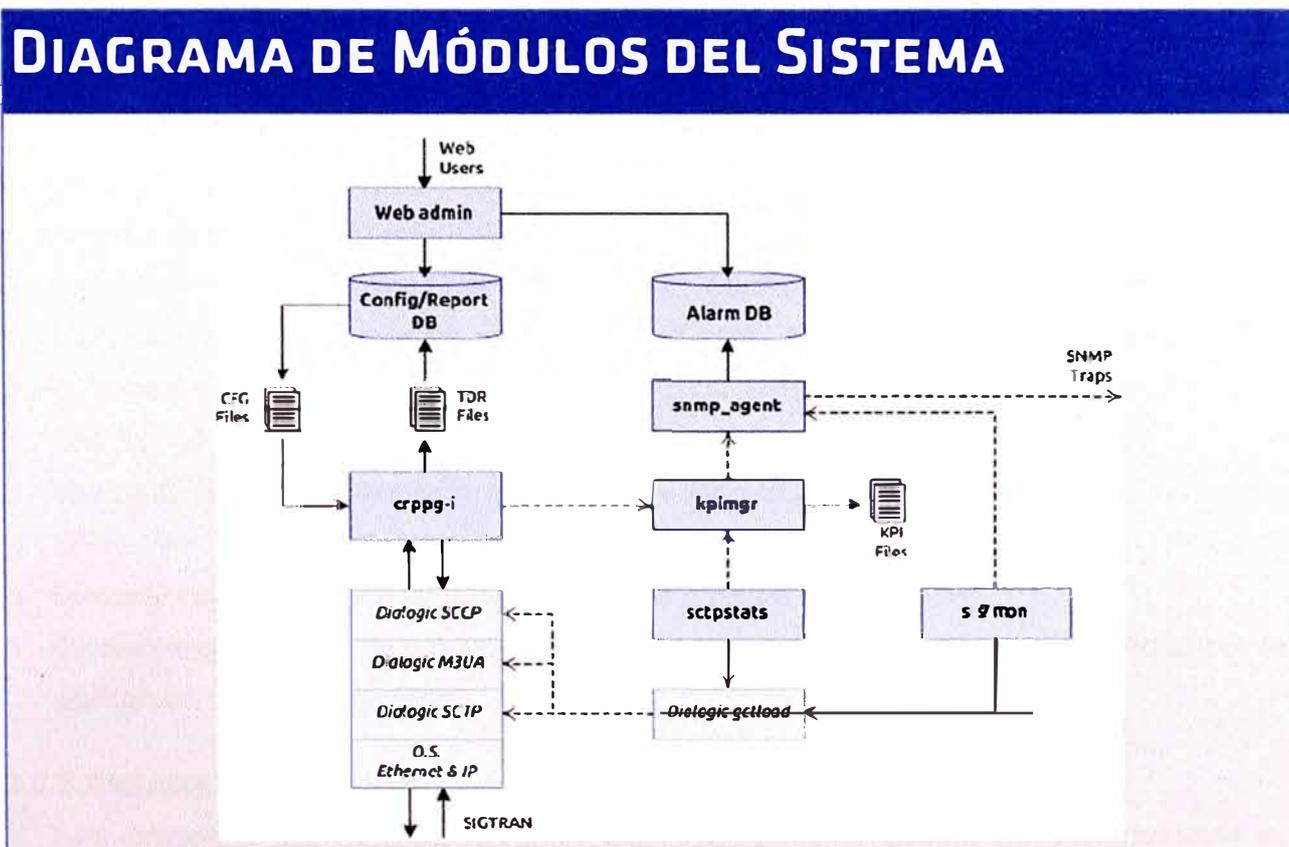


Figura 3.4 Diagrama de módulos del sistema (Fuente: Elab. propia)

3.9.1 Trazas de señalización

Los procesos SIGTRAN/SS7 de Dialogic admiten la generación de trazas de PDUs para seguimiento de problemas de protocolo. Las trazas se obtienen en bruto (hexadecimal) y deben ser post-procesadas para analizarlas.

Las trazas permanecen normalmente desactivadas y su activación se hace sólo selectivamente para identificar problemas de incompatibilidad de señalización u otros problemas específicos.

En relación a los registros de Transacción (TDR), que se generan por el proceso central de sistema (crppg-i) por cada mensaje procesado por la aplicación; estos registros se almacenan en archivos especiales, que se generan cada hora en ambos nodos, y son almacenados por 90 días. La utilidad de la información de TDR es para generar estadísticas de uso. Dentro de los parámetros notables del TDR, se encuentran:

- Timestamp de ocurrencia del evento.
- Direcciones SCCP asociadas al mensaje.
- Identificación interna de la Red Visitada.
- Tipo/Fase de mensaje CAP y detalle de los campos CAP modificados.
- Indicadores del procesamiento interno del mensaje (incluyendo casos de uso de la lógica interna).

3.9.2 Archivos KPI

El proceso gestor de kpi (kpmgr) recopila indicadores provenientes de los restantes procesos del sistema; estos indicadores buscan reflejar el comportamiento del sistema en el tiempo, periódicamente (cada 5 min) se vuelca la información acumulada en archivos especiales en el nodo 1 del Gateway CAMEL. Esta información queda disponible para post-proceso y análisis, por un espacio de 90 días. En la lista de indicadores del KPI podemos encontrar:

- Uso de recursos del sistema operativo (CPU, Memoria y Espacio en Disco)
- Throughput medio observado en las conexiones SCTP que comunican con los nodos SG.
- Contador global de mensajes procesados a nivel de capa SCCP.
- Contadores globales de mensajes CAP Fase2 InitialDP y Connect procesados por la aplicación CAMEL Gateway.

3.9.3 Alarmas de operación

Los procesos del sistema reportan periódicamente el estado de sus recursos al módulo de alarmas (snmp_agent); las alarmas reflejan cambios de estado de alguna de las componentes esenciales del sistema.

El módulo de alarmas tiene la capacidad de envío de Traps SNMPv2 al NOC, estos traps pueden enviarse a múltiples destinos IP, y son generados independientemente por cada nodo; los traps son enviados en el momento de detectarse el cambio de estado. Los tipos de alarmas que podrían ser generados son:

- Cambios de estado en las asociaciones SCTP definidas.
- Cambios de estado en la disponibilidad de los destinos M3UA definidos.
- Cambios de estado en alguno de los procesos componentes del Sistema.
- Sobrepaso de umbrales límite para alguno de los KPI definidos para el Sistema.

3.9.4 Interfaz web de gestión.

La interfaz de usuario simple orientada a la administración de las redes visitadas y sus respectivos parámetros CAMEL de normalización. Adicionalmente permite consultar algunos reportes basados en los TDRs del sistema.

El acceso quedo restringido mediante usuario y password, y existe un usuario administrador capaz de gestionar los restantes usuarios de la interfaz.

Esta interfaz permite la gestión de los parámetros de normalización CAP asociados a cada red visitada; también permite crear múltiples conjuntos de configuración, así como editarlos, validarlos y activarlos. Su uso requiere de conocimiento avanzado respecto del tratamiento de la numeración para cada red visitada en Roaming.

La configuración básicamente se da en dos etapas; cada ser de configuración debe ser validado sintácticamente antes de ser aplicado.

- Definición de los recursos asociados a cada red visitada.
- Definición de las tablas de traslación de numeración para el número discado (Called Party Number) y número llamante (Calling Party Number) a nivel dígitos y naturaleza de la dirección (NOA).

Las traslaciones se definen en función de patrones de calce del parámetro entrante; estos patrones permiten identificar un caso de uso, al que se aplican reglas de tralación numérica y NOA.

La interfaz incorpora asistentes para la creación de los patrones de calce así como para la creación de las reglas de traslación numérica; el resultado de aplicación de la regla de traslación será el parámetro normalizado que se ocupa en el mensaje de salida del sistema. Una muestra gráfica de la interfaz se puede observar en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Interfaz Web de Gestión (Fuente: Proveedor)

Con respecto a los reportes podemos mencionar que el sistema genera reportes estadísticos, que permiten observar la evolución en el tiempo de algunos indicadores de interés. La información es generada en procesos batch nocturnos basados en los registros TDR generados en el día de análisis; esta información puede ser consultada y luego desplegada en tablas, gráficas, o bien descargada como archivo CSV. En la figura 3.6 podemos ver una gráfica de un ejemplo de reporte.

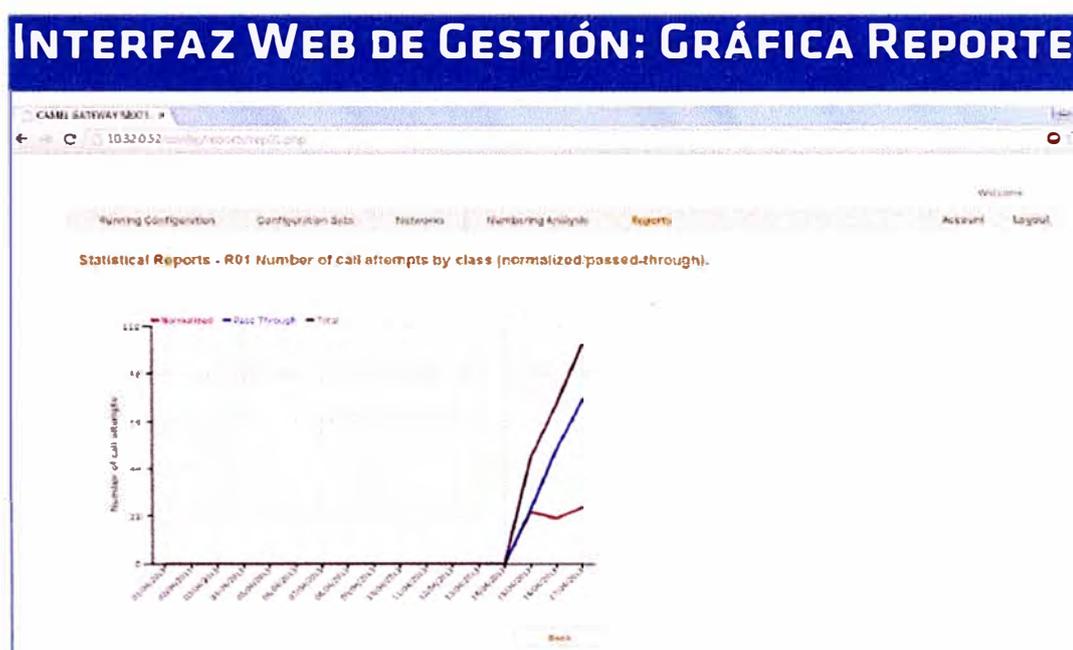


Figura 3.6 Ejemplo de gráfica de reporte (Fuente: Proveedor)

Con respecto a las alarmas la interfaz web apoya a la gestión local que permite observar gráficamente el estado del sistema; también el acceso queda restringido mediante usuario y password; la información que se presenta en esta parte es equivalente a la enviada vía trazas SNMP.

Lo interesante de la web de alarmas que hay una jerarquización de los objetos alarmados para una más fácil visualización y la codificación de colores permite identificar fácilmente el estado de cada recurso: rojo, amarillo, verde y gris; en la figura 3.7 se puede observar lo expuesto.

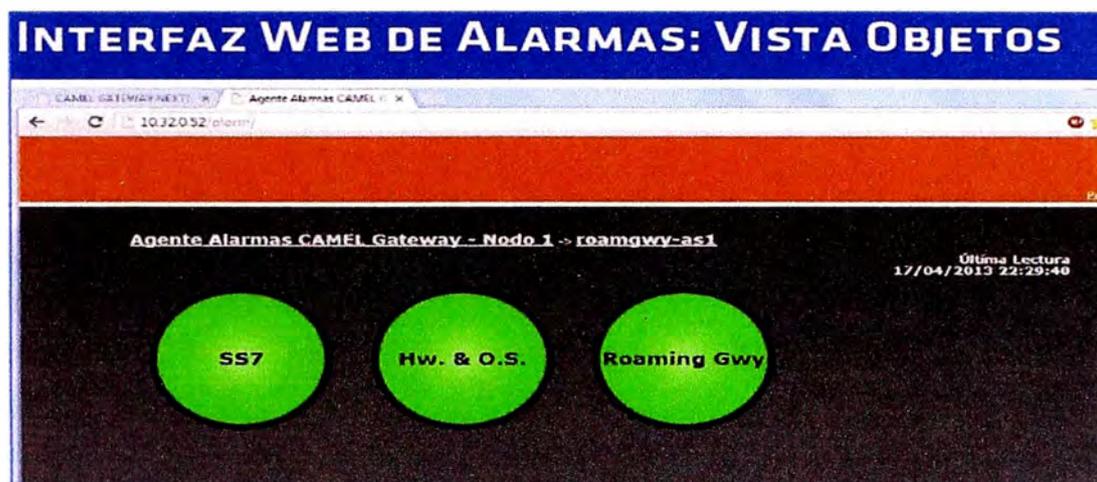


Figura 3.7 Web de alarmas (Fuente: información proveedor)

3.9.5 Gestión de servicios

La administración de los servicios de sistema operativo se efectúa mediante scripts de inicio, término y estado para cada uno de los procesos. Los servicios de señalización y aplicación siguen el mismo esquema, con scripts ad-hoc para cada proceso.

Los servicios arrancan automáticamente durante la inicialización del sistema (proceso de boot) y permanecen en ejecución de manera autónoma en segundo plano (daemons). Se puede describir ejemplos de script de gestión de servicios A continuación el script de gestión de servicios con opción **status**:

```
/opt/crppg-i/script/crppg-i.sh status
/opt/crppg-i/script/kpimgr.sh status
/opt/crppg-i/script/snmp_agent.sh status
```

- También podríamos utilizar el siguiente script como alternativa:

```
service crppg-i status
service kpimgr status
service snmp_agent status
```

- Podemos usar el siguiente script de gestión de servicios con opción **start**:

```
service crppg-i start
service kpimgr start
service snmp_agent start
```

- Podemos usar el siguiente script de gestión de servicios con opción **stop**:

```
service crppg-i stop
service kpimgr stop
service snmp_agent stop
```

Acerca de la gestión de recursos de señalización, existen mecanismos para habilitar/deshabilitar administrativamente asociaciones SCTP; así mismo, existen mecanismos para habilitar/deshabilitar la generación de trazas SS7. Estos mecanismos se basan en la edición de archivos especiales de comandos que son alimentados en el subsistema de señalización.

Por ejemplo para la verificación de estado de recursos mediante archivo autogenerated por el proceso ss7mon se tiene:

```
[crppg@roamgwy-as1:/opt/crppg-i]$ cat var/ss7mon.stat
Date: 2013-04-18 00:22:08
GCT: Running (0x1)
SG 1 []: Available (0x02)
- RSP 1 [server][l-port 3900, p-port 3900]: Available (0x04)
- peer address: 201.175.131.66
- RSP 2 [server][l-port 3901, p-port 3901]: Available (0x04)
- peer address: 201.175.131.66
M3UA route [network 0, destination 7550 (0x1d7e)]: Available (0x01)
- SG list: 1
M3UA route [network 0, destination 7551 (0x1d7f)]: Available (0x01)
- SG list: 2
M3UA route [network 0, destination 16244 (0x3f74)]: Available (0x01)
- SG list: 1 2
M3UA route [network 0, destination 16256 (0x3f80)]: Available (0x01)
- SG list: 1 2
```

3.10 Resumen de la solución expuesta para CAMEL Gateway

➤ Generalidades:

- El Gateway CAMEL para Roaming Nacional permite la normalización de parámetros contenidos en los mensajes de protocolo CAP que forman parte de los flujos típicos de control de una llamada mediante red inteligente.
- El Gateway soporta CAMEL Fase 1 y 2 de forma estándar.
- En la mayor parte de los casos de uso el Gateway opera en modo “transparente”, modalidad que es muy similar a la utilizada por un STP con función de Global Title Translation.
- En este modo, los mensajes CAP son capturados (con la asistencia de funciones de desvío de mensajería activadas en los STP/SG de la red), analizados, eventualmente normalizados, y luego devueltos a la red para ser reenviados al nodo destino original, con la opción de hacer eventuales ajustes en la dirección SCCP de destino.
- El modo transparente no requiere modificaciones en el perfil CAMEL de los abonados en HLR, así como tampoco en los enrutamientos definidos en los nodos de la red visitada (VMSCs) o en la red home (SCP Prepago u otros). De hecho, los nodos extremos de la comunicación no notan la presencia del Gateway como elemento de intermediación.
- De forma excepcional, el Gateway puede operar también en modo SCP (como endpoint de señalización CAP)

➤ Normalización de la parte llamante del mensaje CAP InitialDP (CallingPartyNumber)

Las reglas de normalización se basan en el calce de patrones de numeración de la parte llamante, cada regla permite:

- El ajuste del tipo de número (Network AddressIndicator, NAI) asociado a la parte llamante, mediante el reemplazo del valor de entrada.
- El ajuste de la numeración de la parte llamante, mediante reglas de borrado e inserción de dígitos en el valor de entrada,
- Ejemplo típico: Normalización de los distintos escenarios de generación de CallingPartyNumber provenientes desde la red visitada a un único formato de numeración internacional (código de país + código de área + número local) con NAI 4 (Internacional).

➤ **Normalización de la parte llamada del mensaje CAP InitialDP (CalledPartyNumber o CalledPartyBCDNumber)**

Las reglas permiten la normalización tanto en casos de llamada originada como llamada desviada (Call Forward). Las reglas básicas de normalización se basan en el calce de patrones de numeración de la parte llamada, incluyendo su tipo de número asociado, cada regla permite:

- El ajuste del tipo de número (Type of Number, TON) asociado a la parte llamada, mediante el reemplazo del valor de entrada.
- El ajuste de la numeración de la parte llamada, mediante reglas de borrado e inserción de dígitos en el valor de entrada,
- Reprocesar la numeración de la parte llamada (función de análisis recursivo).
- Asociar una regla avanzada de normalización (ver descripción en puntos siguientes).
- Ejemplo típicos para estas reglas son el reemplazo de códigos cortos por equivalentes en numeración nacional, o la regularización del formato de número discado incluyendo códigos de área, prefijos de discado u otros elementos de numeración requeridos por la red home.

➤ **Manejo de excepciones (modo SCP)**

- Para casos especiales en los que se requiere que una transacción de red inteligente sea respondida inmediatamente sin participación del nodo de destino original, se puede hacer uso del modo SCP.
- El modo SCP permite que el sistema selectivamente genere respuestas inmediatas a los mensajes CAP InitialDP. Estos casos se identifican mediante el calce de patrones de numeración aplicados sobre la parte llamada.
- Las posibilidades de respuesta en modo SCP incluyen el procesamiento inmediato de la llamada sin modificación (usando el mensaje CAP Continue), el procesamiento de ésta con normalización de parámetros (parte llamante y/o llamada, usando el mensaje CAP Connect), o el rechazo del intento de llamada (usando el mensaje CAP ReleaseCall).
- La definición de estos escenarios de normalización se hace "a medida" y es dependiente de las necesidades específicas del operador.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados al presupuesto y las tareas realizadas para este desarrollo.

4.1 Estimación de costos

La estimación de costos está basada en la instalación y configuraciones de los servidores en la red home, así como la garantía y los costos por integración, soporte y pruebas de aceptación.

Del mismo modo el costo por la implementación del software de aplicación y de señalización M3UA. En la tabla 4.1 se puede apreciar el detalle de los tiempos de las tareas para la implementación total de la solución.

Tabla 4.1 Relación de tareas durante el proyecto (Fuente: Elab. Propia)

TAREAS	60 días
Aprobación de presupuesto	20 días
Reconocimiento del área de instalación	3 días
Envío de servidores a las instalaciones	9 días
Desaduanaje	3 días
Recepción de equipos	1 día
Energizado e instalación en sala de equipos	3 días
Implementación del Sistema	8 días
Instalación de software	5 días
Configuraciones extras	2 día
Pruebas de validación	3 días
Validación del Sistema	2 día
Cierre del Proyecto	1 día

Los días mencionados en la tabla anterior se ajustaron de acuerdo a la disponibilidad de todos los involucrados para esta implementación y asumiendo que no hay demoras entre tareas, se espera que todo el desarrollo de la implementación pueda llevarse a cabo en los 60 días.

A continuación en la tabla 4.2 se detalla los costos de todo el sistema CAMEL Gateway, notar que los costos están expresados en USD (Dólares de los Estados Unidos) y no incluyen el impuesto por valor agregado.

Tabla 4.2 Costos por Software CAMEL Gateway (Fuente: Elab. Propia)

SISTEMA CAMEL GATEWAY	COSTO
Software con la aplicación (20 transacciones por segundo)	\$ 107,450
Software de señalización	\$ 37,695

Del mismo modo para la implementación del hardware que hemos descrito, se plantean los siguientes costos, notar que vamos a considerar un hardware redundante, por lo que detallamos a continuación en la tabla 4.3

Tabla 4.3 Costos por hardware (Fuente: Elab. Propia)

MATERIALES	COSTO
Hardware – Terceras partes	\$ 19,860
Spare parts	\$ 1,517

El costo por los servicios profesionales se detalla en la tabla 4.4, y se plantea lo siguiente.

Tabla 4.4 Costos Servicios Profesionales (Fuente: Elab. Propia)

MATERIALES	COSTO
Instalación/Integración/Project Management/Pruebas de validación	\$ 21,850
Garantía y soporte Primer año – High Level Support	\$ 27,450

El costo por el hardware, software y servicios usados asciende a \$215,812 que al tipo de cambio en moneda nacional hace un total de S/. 604,273.6; en resumen el desarrollo de esta solución le costaría a la empresa esta inversión.

4.2 Estimación de tiempo de recuperación de la inversión:

Considerando la ganancia que se hace la empresa con el sistema implementado versus lo invertido para este proyecto se concluye lo siguiente:

- Por no tener esta solución, la empresa dejaba de percibir \$ 1100.00 diarios.
- Haciendo cálculos la empresa recupera lo invertido en 197 días. (aprox 3,5 meses)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se concluye que el mercado de Roaming Latinoamericano se ha desarrollado positivamente y se encuentra a niveles comparables al de otras regiones. Se prevé además que el crecimiento del mercado continúe, a un ritmo mayor que el registrado para la industria de telecomunicaciones en general; por lo tanto este crecimiento se materializará por medio de una mayor difusión dentro de la base actual de viajeros, así como de un aumento en la intensidad de uso.
2. Antes de empezar la implementación de este sistema, es importante mencionar que los usuarios prepago, al igual que los de postpago, buscan movilidad, y la manera más transparente de obtenerla es a través de la funcionalidad CAMEL.
3. Se concluye que existen técnicas alternativas para brindar el servicio Roaming en prepago, como el servicio de "USSD (Unstructured Supplementary Service Data) Call Back", pero esto implica cambios en la forma tradicional de marcado del cliente, mientras se encuentre usando Roaming prepago.
4. Es importante para todos los operadores contar con la infraestructura que soporte el servicio CAMEL para los visitantes y para sus usuarios. Esto se transforma en una ventaja competitiva, ya que podrán recibir el tráfico CAMEL de aquellas redes que cuenten con esta funcionalidad, y permitirá estudiar fórmulas de implementación de servicios de Roaming para clientes prepagos, adaptadas a las diferentes realidades de cada mercado.
5. Es importante tener en cuenta la introducción de mecanismos de comunicación basadas en el precio final, el uso de mensaje de texto en llegada, la oferta tarifas unificadas y tarifas planas, la extensión del Roaming para clientes prepagos en más destinos es por eso que se concluye la implementación de soluciones para evitar el shock de facturación ("bill shock").

Recomendaciones

1. Los operadores necesitan contar con la infraestructura de una red inteligente con versión CAMEL correcta para poder brindar servicios adecuados a sus abonados prepago.
2. Desde el punto de vista comercial, podemos decir que ante un servicio inferior al de la competencia; con el fin de mejorar el servicio de Roaming y hacerlo más competitivo, se recomienda evaluar nuevamente los requisitos, tarifas IOT con precios mayorista.
3. El sistema de facturación y mediación deberán soportar la versión del TAP (Archivo de facturación), y por último, un sistema de facturación de prepago que permita el cobro en tiempo real a sus usuarios.
4. Se requiere personal entrenado y capacitado para manejo e instalación del sistema.
5. Tener un plan de mantenimiento para el sistema, consistente de backups de la base de datos.
6. Consultar, ante cualquier cambio o mejora al sistema, con el especialista que realizó la configuración e implementación del sistema.

ANEXO A

La regulación del Roaming en la Unión Europea

La región de la UE se caracteriza por una gran movilidad de personas y por un intenso intercambio económico, cultural y social. Se calcula que anualmente un 40% de los europeos realizan desplazamientos transitorios dentro de la región lo que, sumado al hecho de que la penetración de la telefonía móvil en la UE es superior al 100% de la población, es un fuerte indicador de la importancia que los servicios de Roaming representan para el proceso de integración europea.

A pesar de que el mercado europeo de Roaming presente un fuerte dinamismo (se calcula que los ingresos generados por el Roaming representan el 5% del mercado regional de telecomunicaciones móviles, por un total de casi USD 15,000 millones anuales), la Comisión Europea, a través de la intervención directa de Viviane Reding (Comisaria para la sociedad de la información y medios de comunicación) estimó en 2005 que este mercado presentaba algunas fallas de competencia que justificaban la intervención de la comisión para la definición de un esquema tarifario que estimulara una reducción de los precios de los servicios de roaming y una mayor demanda en el mercado.

La primera etapa de esta iniciativa fue el desarrollo de un proceso de consulta abierta para mejorar la información disponible sobre la provisión de los servicios de Roaming y el uso de los mismos por parte de los viajeros europeos. Las encuestas y análisis desarrollados expusieron que no existían fundamentos para justificar los precios de las llamadas realizadas y recibidas en Roaming (en ocasiones hasta cuatro veces superiores a los precios de las llamadas realizadas en las redes propietarias), y que un elevado porcentaje de los viajeros no usaban los servicios de Roaming en sus desplazamientos debido a la falta de transparencia sobre las condiciones de uso y las tarifas.

Tras un periodo de búsqueda de soluciones consensuadas, caracterizado por una fuerte tensión y discrepancias de criterio entre la Comisión, los operadores de telecomunicaciones móviles y los reguladores, la Comisión presentó al Parlamento Europeo una propuesta unilateral de regulación (la regulación EC No 717/2007) para la definición de la "Eurotarifa", es decir, una estructura de tarifas máximas aplicadas tanto a los precios mayoristas como minoristas para llamadas recibidas, realizadas y SMS. Esta propuesta, excepcional en cuanto a que por primera vez se incluía una regulación directa sobre los precios minoristas en un mercado de servicios, fue finalmente aprobada por el Parlamento Europeo, entrando en vigor el 30 de Junio de 2007 en los 27 países de la UE y los 3 países de Área Económica Europea.

Uno de los aspectos más interesantes de la regulación es que define una reducción progresiva de las tarifas (ver Figura I), a la vez que se prevén diferentes periodos para revisar los efectos de la aplicación de la regulación y la conveniencia de mantener la misma. Igualmente, la regulación permite un cierto grado de libertad a los operadores para que puedan ofrecer esquemas alternativos de tarifas dentro de otros paquetes de servicios móviles. Es de prever que, de conseguirse los efectos esperados, la regulación no sea renovada una vez que haya expirado en Junio 2012.

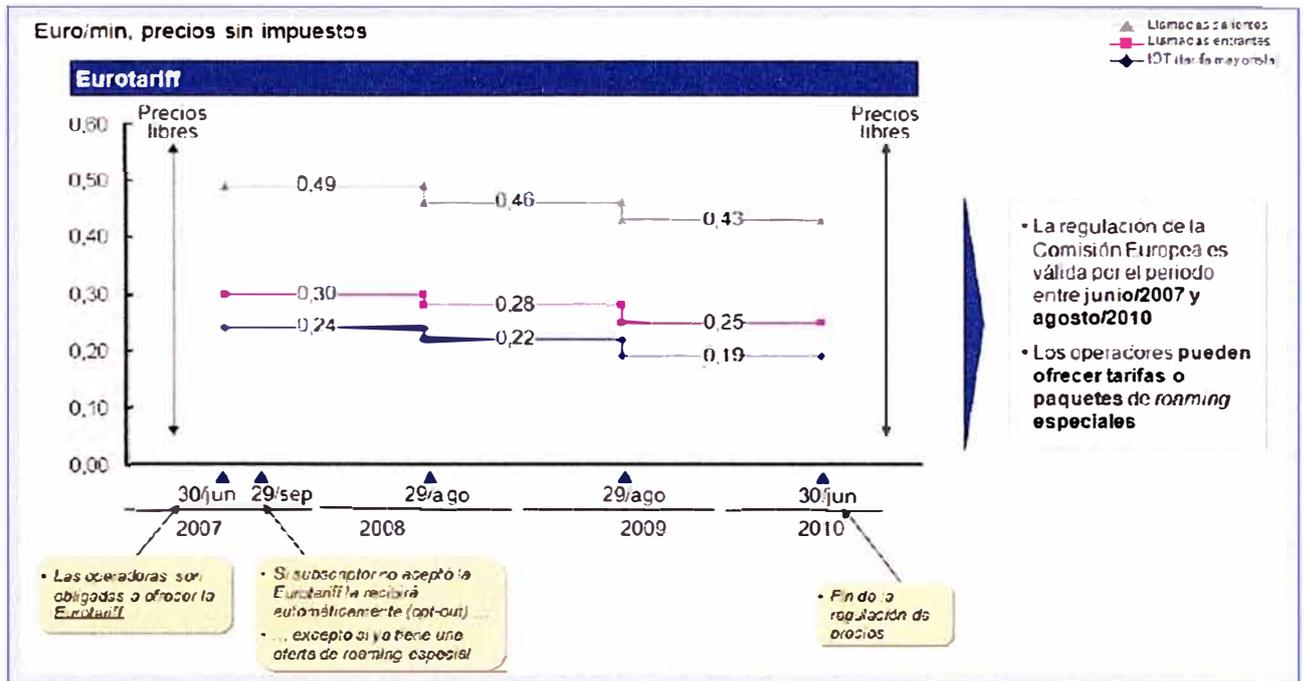


Figura I: Evolución de los precios máximos definidos por la eurotarifa

Hasta la fecha no existe claridad sobre el impacto real que la Eurotarifa ha tenido sobre el mercado europeo de Roaming. Los resultados publicados por ERG, el grupo de reguladores europeos apuntan un aumento de la demanda de Roaming, aunque inferior al previsto por la Comisión. Adicionalmente, el cambio de contexto económico ha provocado una disminución en los desplazamientos y en los viajes dentro de la zona europea, lo que dificulta realizar un análisis objetivo sobre si este aumento de demanda es debido a la regulación introducida o a la propia tendencia al alza que ya se producía en este mercado,

Según los operadores, el proceso regulatorio auspiciado por la Comisión Europea se desarrolló en base a estimaciones muy optimistas sobre la elasticidad de la demanda del mercado, por lo que, desde su punto de vista, la aplicación de la Eurotarifa puede llegar a poner en peligro el despliegue de nuevos servicios de telefonía móvil, tales como el Roaming para el tráfico de datos en redes de tercera generación, uno de los servicios que actualmente está experimentando un mayor aumento de demanda, y que puede

requerir de inversiones considerables por parte de los operadores para aumentar la capacidad de las redes.

Hasta hace unos años la regulación sobre la Eurotarifa ha sido revisada para incluir otras medidas, como la mejora de los canales de comunicación entre operadores y usuarios, la definición de tarifas máximas para el Roaming de datos o el establecimiento de mecanismos de corte de servicio para defender a los usuarios del denominado bill shock, el recibo de facturas exorbitadas por la provisión de servicios de Roaming de los que el usuario no es conciente. La tarifa vigente para Roaming en la UE se muestra en la figura II.

	1 July 2012	1 July 2013	1 July 2014
Outgoing voice calls (per minute)	€0.29	€0.24	€0.19
Incoming voice calls (per minute)	€0.08	€0.07	€0.05
Outgoing texts (per SMS message)	€0.09	€0.08	€0.06
Online (data download, per MB*)	€0.70	€0.45	€0.20

Figura II: Tarifas actuales en los países de la UE

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Estudio Regional IIRSA del Mercado de Servicios de Roaming en Sudamerica – Fase I, IIRSA 2009.
- [2] Korhonen Juha, “Introduction to 3G mobile communications”, Estados Unidos, Artech House, 2001.
- [3] IIRSA: Iniciativas para la mejora del Mercado sudamericano de servicios de roaming, Febrero 2012.
- [4] GSMA, Economía móvil – America Latina 2013
- [5] Carlos Crespo Comunicaciones móviles. El sistema GSM, Departamento de Teoría de la señal y comunicaciones. Universidad de Sevilla-España
- [6] El paisaje móvil de America Latina y las oportunidades de Servicios de Impacto Social – Mobile for Development Impact
- [7] <http://www.gsma.com/latinamerica/es/servicios-de-roaming-en-america-latina>
- [8] TSI Telecommunication Services Inc. International Roaming Guide. Version 2C, EEUU 2002
- [9] Álvaro Pachón de la Cruz - Evolución de los sistemas móviles celulares GSM. Departamento de Redes y Comunicaciones. Universidad Icesi-12T.
- [10] <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/roaming-tariffs>
- [11] <http://artemisa.unicauca.edu.co/~vflorez/3GWCDMA/capitulo3.pdf>