

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicaciones

Diseño de pasarela de señalización MAP/Diameter entre redes internacionales 2G/3G y LTE

Autor: Iñaki Muñoz Pérez

Tutor: Juan M. Vozmediano Torres

Departamento de Ingeniería Telemática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Diseño de pasarela de señalización MAP/Diameter entre redes internacionales 2G/3G y LTE

Autor:

Iñaki Muñoz Pérez

Tutor:

Juan M. Vozmediano Torres

Profesor titular

Departamento de Ingeniería Telemática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Carrera: Diseño de pasarela de señalización MAP/Diameter entre redes internacionales 2G/3G y LTE

Autor: Iñaki Muñoz Pérez

Tutor: Juan Manuel Vozmediano Torres

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

Resumen

El proyecto fin de carrera que a continuación se documenta se basa en la problemática que genera la diferente evolución tecnológica que tienen distintos países a día de hoy. En concreto, se analizan los problemas de aquellas operadoras móviles que no están actualizando sus nodos de señalización internacional SS7, utilizados en tecnología 3G para permitir que cualquier usuario se pueda registrar en una red móvil de otro país sin necesidad de cambiar de tarjeta ni terminal. Dichas operadoras podrían dejar de tener interconexión con operadoras que decidan dejar de utilizar los nodos SS7 para basarse únicamente en señalización Diameter, utilizada en la tecnología 4G.

Para resolver este problema en el presente documento se estudian las diferencias entre la arquitectura de red, los nodos, las interfaces y el protocolo de ambas tecnologías para detectar las similitudes y diferencias que tienen ambas y deberemos afrontar en el diseño de la pasarela. También se analizan los posibles escenarios basándonos en en la topología de red de ambas operadoras y los acuerdos existentes entre las mismas.

Una vez definidas las necesidades del nodo resultante, se analizan las pasarelas existentes en el mercado que cumplen con los objetivos planteados para detectar sus similitudes y diferencias. Por último, se realiza el diseño completo de implementación de la pasarela de señalización que permite que cualquier operadora con señalización SS7 pueda comunicarse con nodos internaciones de señalización Diameter sin necesidad de modificar la topología interna de red, únicamente añadiendo interfaces que enlacen los nodos existentes a la plataforma analizada en este proyecto.

Abstract

This final degree project is based in the difficulties that technology evolution can cause to those countries and network less developed nowadays. Concretely, it is analysed the problem of those operators that are not updating their SS7 international signaling nodes, used to allow any subscriber in 3G technologies to attach into a different network without changing SIMCard or terminal. These operators could lose their international connections with operators whose network is only based in Diameter signaling, used in 4G technology.

In order to solve this problem, in this document are investigated the differences in the network topology, nodes, interfaces and protocol of both technologies with the goal of detecting the similities and differences that the relevant gateway should address. The possible sceneries based in the network topology of both operators and the agreements between them are studied as well.

After defining the features of the node, the existant gateways in the actual market that meet the objectives are analysed in order to detect their differences. Finally, the complete design is implemented with the final objective that any operator with SS7 signaling can communicate with international Diameter nodes without changing the network topology already implemented, but adding interfaces from the existing nodes to the gateway proposed in this project.

Índice

Resumen	1
Abstract	3
Índice	5
Índice de Tablas.....	7
Índice de Figuras	9
1 Justificación y objetivos del proyecto	11
2 Similitudes y diferencias señalización internacional 3G-4G	13
2.1. <i>Comparativa nodos de red</i>	15
2.1.1 Base de datos red local	15
2.1.2 Base de datos de registro en red visitada.....	16
2.1.3 Registro en la red visitada para el uso de datos.....	17
2.1.4 Pasarela de datos	18
2.2. <i>Interfaces señalización Internacional</i>	18
2.2.1 Principales Interfaces Utilizadas en señalización basada en MAP.....	19
2.2.2 Principales Interfaces utilizadas en señalización basada en el protocolo Diameter	20
2.3. <i>Protocolo de señalización</i>	22
3 Posibles escenarios 3G/LTE	27
3.1. <i>Posibles escenarios</i>	27
3.1.1 La red visitada no ha implementado LTE.....	27
3.1.2 La red local no ha implementado LTE.....	29
3.1.3 La red local y la red visitada han implementado LTE.....	30
3.2. <i>Soluciones propuestas</i>	36
3.2.1 Handover en acceso radio	37
3.2.2 Conectividad entre Diameter y MAP mediante Diameter Routing Agent.....	37
4 Diameter Routing Agent (DRA)	39
4.1. <i>Proveedores de Diameter Routing Agent y sus características</i>	39
4.1.1 Squire Technologies	40
4.1.2 Sonus	42
4.1.3 Diametriq	43
4.1.4 Huawei	44
4.2. <i>Comparativa DRAs</i>	48
• Integración en STP/Nodo independiente.....	48
• Conversión CAMEL/Diameter	49
• Balanceo de carga, redundancia y tolerancia a fallos.	49

5	Implementación DRA.....	51
	<i>5.1. Características de red a diseñar.....</i>	<i>51</i>
	5.1.1 Topología de red.....	51
	5.1.2 Conectividad IP.....	52
	5.1.3 Conectividad SCTP.....	53
	5.1.4 Conectividad MAP con operadora local.....	55
	5.1.5 Conectividad Diameter con operadoras visitadas.....	56
	<i>5.2. Lógica de encaminamiento.....</i>	<i>57</i>
	5.2.1 Señalización generada en la red visitada mediante protocolo Diameter.....	57
	5.2.2 Señalización generada en la red local mediante protocolo MAP.....	63
6	Conclusiones y próximos pasos.....	69
7	Bibliografía.....	71
8	Referencias.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pila de protocolos MAP y Diameter	23
Tabla 2: Relación mensajes entre MAP y Diameter.....	39
Tabla 2: Integración en STP/Nodo independiente.....	48
Tabla 3: Conversión CAMEL/Diameter.....	49
Tabla 4: Balanceo de carga DRA	49
Tabla 6: Conectividad IP para enlaces con Unicolor	53
Tabla 7: Conectividad IP para enlaces con Mafeking Telecom.....	53
Tabla 8: Conectividad SCTP con operadora cliente.....	53
Tabla 9: Conectividad SCTP con operadora remota.....	54
Tabla 10: Parámetros STPs operadora cliente	55
Tabla 11: Parámetros STPs incluidas en el DRA	55
Tabla 12: Información nodos Diameter.	56
Tabla 13: Conversión parámetros Diameter/MAP	59
Tabla 14: Conversión parámetros MAP/Diameter	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Arquitectura Señalización 2G/3G	14
Figura 2 Arquitectura Señalización 4G	14
Figura 3: Desarrollo de red Diameter.	24
Figura 4: Arquitectura de red cuando la red visitada no ha implementado LTE.....	28
Figura 5: Arquitectura de red cuando la red local no ha implementado LTE.....	29
Figura 6: Implementación habitual 2G/3G.....	30
Figura 7: Arquitectura en el caso en el que la red local solo posee PGW como pasarela	31
Figura 8: Arquitectura cuando la red local utiliza como pasarela tanto GGSN como PGW.....	31
Figura 9: Arquitectura cuando la red local únicamente posee PGW como pasarela.	32
Figura 10: Arquitectura cuando se utiliza tanto GGSN como PGW como pasarela roaming.	33
Figura 11: La red local únicamente tiene PGW como pasarela Roaming.....	34
Figura 12: Arquitectura cuando acceso Roaming se puede realizar mediante Gp o S4/S8.....	35
Figura 13: Características DRA Squire Technologies.	40
Figura 14: Función Interworking Squire Technologies.....	41
Figura 15: Esquema interworking Diameterq.	43
Figura 16: Arquitectura de red del nodo SPS de Huawei.....	44
Figura 17: Redundancia nodo SPS Huawei.....	45
Figura 18: Estructura interna nodo SPS Huawei.	46
Figura 19: Pasarela frontera de red propuesta por Huawei.	47
Figura 20: Topología de red a implementar	51
Figura 21 Interconexión PEs frontera mediante protocolo BGP.	52
Figura 22: Diagrama interconexiones SCTP operadora remota.	54
Figura 26: Establecimiento conectividad Diameter	56
Figura 27: Paso de mensajes señalización iniciada en red visitada	58
Figura 28 Paso de mensajes señalización iniciada en red local.	63

1 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

En los últimos años, la tecnología móvil ha avanzado hacia *Long-Term Evolution (LTE)/Evolved Packet Core (EPC)/Diameter, Voice over IP (VoIP), Voice over LTE (VoLTE)* y *IP Multimedia Subsystem (IMS)*. Por esta razón, todas las operadoras mundiales quieren enfocar sus líneas de negocio hacia las nuevas redes móviles para poder ofrecer con la mayor antelación posible el mejor servicio posible a sus usuarios.

Desde el punto de vista del usuario final, la red móvil se ha convertido en una red global en la que se puede cambiar de país sin percibir diferencia en el servicio. Pero la realidad es que no todas las redes móviles están desarrollando las nuevas tecnologías al mismo tiempo. Existe un gran número de operadoras, especialmente en países en vías de desarrollo, en los que la red LTE está muy poco implementada y existen operadoras en países altamente desarrollados como Japón que comienzan a plantearse la eliminación de las tecnologías 2G y 3G de su arquitectura de red para apostar únicamente por las nuevas redes 4G.

La tecnología de red LTE presenta un gran cambio respecto a las tecnologías anteriores y esto puede generar problemas para los usuarios a la hora de realizar itinerancia de red en otras operadoras ya que, como veremos en el desarrollo del proyecto, el registro en la red de 3G se realiza mediante señalización SS7, concretamente mediante la capa de aplicación MAP y los registros en redes LTE se realizan mediante el protocolo Diameter. Esto puede provocar que aquellas operadoras con menos recursos vayan quedando poco a poco incomunicadas con el resto de operadoras mundiales, al no tener la capacidad de desarrollar nodos LTE que se comuniquen mediante el protocolo Diameter.

El principal objetivo de este proyecto consiste en obtener un nodo que solucione la problemática planteada y permita a operadoras que actualmente tienen desarrollada su red de señalización internacional únicamente mediante nodos STPs comunicarse con operadoras remotas que utilicen el protocolo Diameter sin modificar su arquitectura de red local.

Para ello, procederemos a estudiar las diferencias existentes entre ambos protocolos de señalización, MAP y Diameter, con el fin de determinar que nodo puede realizar con mayor efectividad las tareas de interconexión entre las redes 2G/3G y las redes LTE. Una vez establecidas las diferencias entre ambos protocolos procederemos a examinar las características básicas que debe tener cualquier nodo que realice esta función, estudiaremos algunos de los proveedores existentes en la actualidad y realizaremos el diseño de red necesario para la implementación de la pasarela planteada.

En cuanto a los objetivos específicos del proyecto, podemos dividir las principales secciones del mismo en los siguientes puntos:

- El primer objetivo será determinar las características del nodo que sea capaz de actuar como pasarela entre ambas tecnologías. Para ello, estudiaremos las diferencias entre la arquitectura de red de señalización internacional en ambas tecnologías, LTE y 2G/3G.
- El segundo objetivo es caracterizar las principales necesidades que tiene la itinerancia LTE, además de ver los distintos escenarios que podemos encontrarnos para comunicar diferentes redes móviles, dependiendo del grado de desarrollo de la red y de los acuerdos que existan entre las operadoras implicadas en la comunicación con el fin de realizar un estudio de los nodos implementados por los proveedores en la actualidad para determinar si cumplirían con los requisitos establecidos para el nodo mencionado.

- El tercer y último objetivo será realizar el diseño del nodo para una operadora con el propósito de, como hemos comentado anteriormente, permitir que la operadora no tenga la necesidad de realizar ningún cambio en su red local y pueda mantener la red SS7 para la señalización hacia cualquier operadora remota, sin importar si esta operadora continúa utilizando SS7 o ha migrado toda su señalización a Diameter.

2 SIMILITUDES Y DIFERENCIAS SEÑALIZACIÓN INTERNACIONAL 3G-4G

Como se ha descrito en el apartado anterior, el principal objetivo de este proyecto es encontrar una solución para poder interconectar las redes de señalización internacional encargadas del registro de usuarios en redes visitadas sin depender de la tecnología implementada en cada una de ellas. En este capítulo comprenderemos el uso que está teniendo actualmente en los registros de usuarios en redes visitadas la capa de aplicación móvil (*Mobile Application Part*, en adelante MAP), utilizada en los registros en tecnologías 2G y 3G, y estudiaremos el protocolo Diameter que está siendo usado en la actualidad para realizar este tipo de registros en redes visitadas LTE.

Para ello presentaremos en primer lugar la arquitectura de señalización 3G y LTE, con el fin de comparar los nodos involucrados en cualquier registro de usuario en una red móvil visitada para ambas tecnologías. En segundo lugar pasaremos a estudiar las similitudes y diferencias entre las interfaces de dichas arquitecturas que cualquier nodo que realice una función de interconexión entre redes internacionales 2G/3G y LTE debe abordar y estudiaremos los detalles de cada uno de los dos protocolos que los nodos estudiados en este proyecto plantean interconectar.

Las figuras 1 y 2 muestran, respectivamente, una visión general de la arquitectura de señalización de red 2G/3G y 4G, incluyendo los elementos y las interfaces relevantes para este proyecto. Centrándonos en la arquitectura más novedosa, a un alto nivel, la red se compone del núcleo de red y la red de acceso diseñada para LTE, E-UTRAN. Mientras el núcleo de red está compuesto de varios nodos lógicos, la red de acceso es esencialmente un único nodo, el nodo eNodeB que se comunica con los terminales móviles. Cada uno de los elementos de red está interconectado por medio de interfaces que deben estar estandarizadas para que sea posible la existencia de interoperabilidad entre diferentes proveedores. Esto permite a las operadoras poder comunicar diferentes elementos de red de distintos proveedores. Las operadoras de red pueden elegir en sus diseños físicos de red que nodos desean unir o separar a nivel lógico dependiendo de consideraciones comerciales.

En el entorno de este proyecto nos centraremos en el estudio de la arquitectura para ambas tecnologías en el núcleo de red del plano de control de usuario, y en las diferencias existentes en los nodos e interfaces de ambas. El nodo resultante deberá tener la capacidad de integrar ambas arquitecturas y, para comunicarse con los nodos necesarios, soportar todas aquellas interfaces necesarias en la señalización internacional.

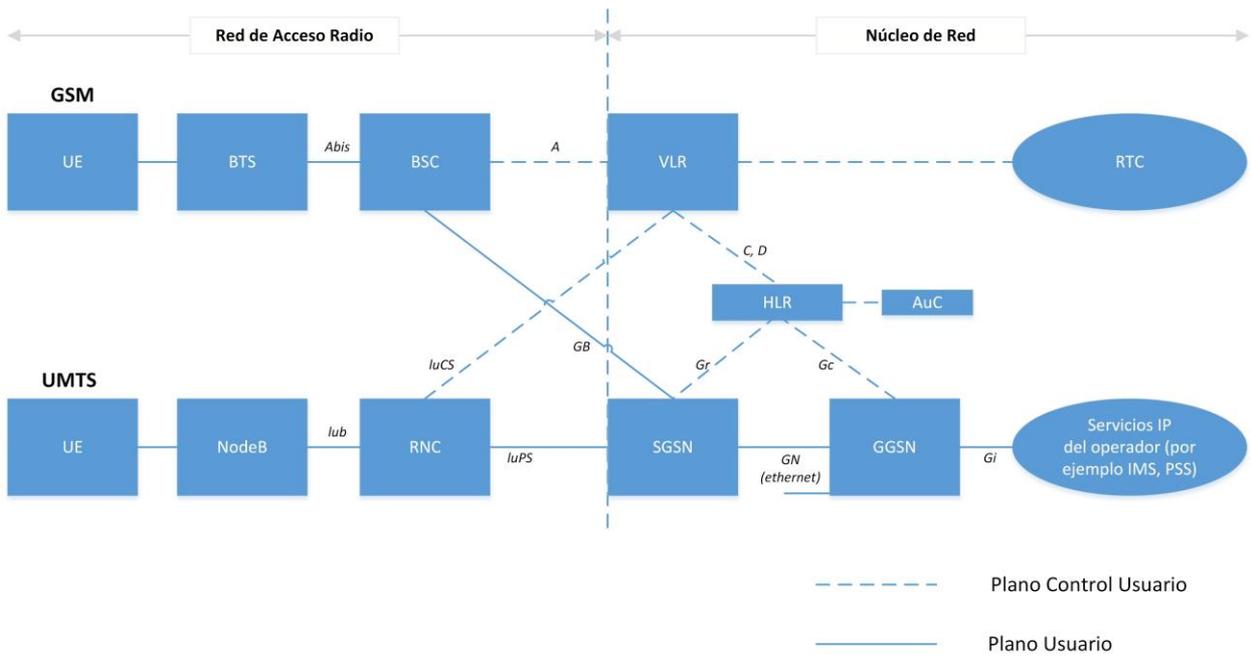


Figura 1: Arquitectura Señalización 2G/3G

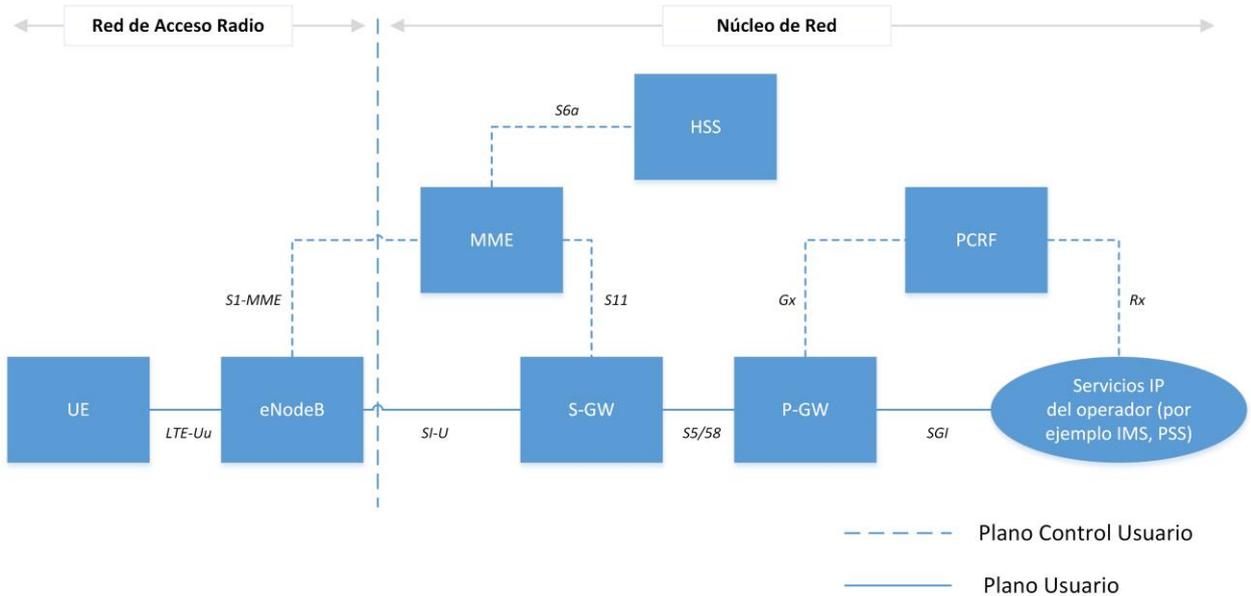


Figura 2 Arquitectura Señalización 4G

Como hemos comentado, es necesario conocer las diferencias entre los nodos para poder implementar una solución efectiva, por lo que en los siguientes apartados vamos a pasar a definir en detalle los nodos de ambas arquitecturas, las interfaces y el protocolo utilizado con el objetivo de estudiar las diferencias que existen en los mismos.

2.1. Comparativa nodos de red

En este apartado observaremos las principales diferencias existentes en los nodos de red para ambas tecnologías, 3G y 4G. Para ello en los subapartados a continuación definiremos en primer lugar los nodos pertenecientes a la arquitectura 3G y en segundo lugar aquellos pertenecientes a la arquitectura de red 4G.

2.1.1 Base de datos red local

- HLR: Se trata de una base de datos central que contiene detalles de los usuarios autorizados para utilizar la red. Cada usuario se identifica en el HLR por dos números identificativos de suscriptor:
 - IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*): Número único para cada tarjeta SIM que define la operadora a la que pertenece según sus primeros cinco o seis dígitos mediante el MCC y MNC. Se compone de:
IMSI= MCC+MCN+MSIN
MCC: Código de país (3 dígitos).
MNC: Código de la red móvil (2 o 3 dígitos).
MSIN: Número de 9 ó 10 dígitos como máximo que contiene la identificación de la estación móvil.
 - MSISDN (*Mobile Subscriber ISDN Number*): Se utiliza para el encaminamiento de llamadas y SMS al usuario. En la actualidad no define a priori la operadora del usuario por sus primeros dígitos debido a las portabilidades de MSISDN entre operadoras. Varios MSISDN pueden estar asociados a un mismo IMSI. Esta formado por los siguientes números:
MSISDN=CC+NDC+SN
CC: Código de país.
NDC: Código de destino nacional
SN: Número de suscriptor.

El HLR almacena las asociaciones IMSI-MSISDN de cada usuario, además de la información de los servicios a los que cada usuario debe tener acceso, tipo de tarificación, localización actual del usuario, restricciones etc. También es el encargado de recibir y gestionar los intentos de registro en otras redes móviles y admitir o rechazar dichos intentos de registro. Pueden existir varios HLR físicos para una red, pero cada usuario IMSI/MSISDN debe tener asignado un único HLR lógico.

- HSS: El nodo *Home Subscriber Server (HSS)* combina las funciones de los nodos precedentes HLR (*Home Location Register*) y el AuC (*Authentication Center*). El HSS hereda por tanto las funciones de ambos nodos. Las principales funciones que acoge el HSS del HLR son las siguientes:
 - Identificación de usuarios. Esto se realiza por medio del IMSI y el MSISDN.
 - Información de perfiles de usuario. Esto incluye las suscripciones que los usuarios mantienen activas e información para la QoS del usuario, como la taa máxima de datos permitida o el tipo de tráfico permitido.
 - Contiene información sobre los puntos de acceso a los que el usuario debe acceder para tener servicio correcto de datos, normalmente en forma de APNs que el usuario tiene permitido utilizar.
 - Contiene información dinámica como el nodo MME en el que el usuario se encuentra registrado actualmente.

La parte heredada por el HSS del previo AuC trata de la generación de información de seguridad para generar las *Security Keys* que ayudan a la seguridad del usuario en las siguientes situaciones:

- Autenticación del terminal en redes visitadas.
- Cifrado a nivel radio para asegurar que la transmisión de señalización entre la red y el terminal móvil es segura y no puede ser alterada.

2.1.2 Base de datos de registro en red visitada

- VLR: El VLR (*Visitor Location Register* o registro de ubicación de visitante) es una base de datos con más volatilidad que el HLR, ya que almacena los identificativos, permisos y localizaciones en la red de los usuarios activos en ese momento y en ese tramo de la red únicamente. Cuando un usuario se registra en la red, el VLR asignado se pone en contacto con el HLR de la red origen del usuario y verifica los servicios disponibles según su tipo de suscripción. Esta información permanece almacenada en el VLR mientras el terminal de usuario está encendido y se refresca periódicamente para evitar fraudes.
- MME: EL *Mobility Management Entity* (MME) realiza las funciones de señalización y control necesarias para administrar las conexiones a la red de los usuarios finales, asignar los recursos de red y gestionar el estado y la localización.

El nodo MME es adicionalmente el encargado de gestionar todas las funciones de plano de control relacionadas con el suscriptor y el manejo de las sesiones establecidas. Desde esta perspectiva, el MME apoya en lo siguiente:

- Procedimientos de seguridad: Está relacionado con la autenticación de usuarios y el inicio de negociación para los algoritmos de cifrado utilizados.
- Manejo de la señalización entre los terminales y la red: El MME lleva a cabo los procedimientos necesarios para las creaciones de contexto y la negociación de los parámetros imprescindibles para su correcto funcionamiento como la QoS.
- Control de la localización de usuario: Cada cierto tiempo se actualiza el área en el que se encuentra el terminal móvil para ser capaz de alcanzar los terminales en cualquier instante.

El MME está enlazado mediante la interfaz S6 hacia el HSS que contiene la base de datos con toda la información del usuario.

En las redes 4G, el nodo MME posee una capacidad mucho mayor que los VLR de tecnologías anteriores, lo que implica que en una red del mismo tamaño el número de MMEs es menos al equivalente en VLRs, simplificando la topología de red y reduciendo los costes necesarios en la implementación. Adicionalmente, el VLR únicamente gestiona los registros de usuario para los servicios de voz, siendo el SGSN como ahora explicaremos el encargado de gestionar los registros en la red de datos. El MME, en cambio, gestiona mediante el protocolo Diameter que detallaremos a continuación un único registro que incluye ambos ámbitos, tanto voz como datos, reduciendo la señalización necesaria para los registros de usuarios.

2.1.3 Registro en la red visitada para el uso de datos

- SGSN: El *servicing GPRS support node (SGSN)* es el responsable de la entrega de paquetes para todos aquellos usuarios que se encuentren registrados en el mismo. Sus tareas incluyen encaminamiento de paquetes IP, gestión de terminales móviles (registros en la red y gestión de la localización), autenticación de usuarios y funciones de cobro. El SGSN almacena información local de todos los usuarios registrados como la estación base actual y el perfil de usuario (IMSI, IP asignadas en la red de datos...).
- S-GW: *Serving Gateway* es la pasarela responsable de las transferencias de datos en el plano de usuario para las redes 4G. El S-GW monitoriza y almacena información de creaciones de contexto para los usuarios móviles registrados en su red. También participa en los traspasos entre las estaciones base.

Desde una perspectiva funcional, el S-GW es el punto de terminación de la interfaz de paquetes de datos hacia E-UTRAN, el protocolo a nivel radio existente en LTE. Mientras los terminales se mueven a través de los nodos eNodeB en E-UTRAN, el S-GW funciona como nodo estático para el terminal móvil. Esto significa que todos los paquetes son encaminados a través de este nodo en cualquier movilidad tanto entre nodos E-UTRAN como con nodos de otras tecnologías como 2G/3G. Además, el S-GW también lleva a cabo algunas funciones administrativas tales como obtener información para la facturación o actualizar la cantidad de datos consumidos por el usuario.

Este nodo es uno de los que más diferencias posee en ambas arquitecturas. El SGSN se encarga de realizar el registro en datos para los usuarios y está interconectado al HLR con el protocolo MAP como se explicará en detalle más adelante. Sin embargo, el S-GW no tiene interfaz directa con el HSS puesto que no existe diferenciación en el registro para servicios de voz y de datos y obtiene los datos mediante el nodo MME. El S-GW también tiene algunas funciones adicionales a las de su nodo predecesor SGSN tales como apoyar en la gestión del traspaso de estaciones base del usuario.

2.1.4 Pasarela de datos

- GGSN: El *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) es el responsable de la interconexión entre la red GPRS y la red de paquetes IP externa. Cuando el GGSN recibe paquetes de datos dirigidos a un usuario específico, comprueba en primer lugar si el usuario se encuentra disponible. En caso de encontrarse disponible reenvía estos paquetes de datos hacia el SGSN asignado al usuario que lo encaminará hacia la red radio. Si el usuario no se encuentra disponible este nodo descarta los paquetes. De la misma manera los paquetes de datos generados por los usuarios a los que da servicio los recibirá desde el SGSN para pasar a reenviarlos hacia el servidor pertinente. Para estas tareas mantiene una base de datos de los usuarios activos y el SGSN en el que se encuentran registrados estos usuarios. También es uno de los nodos encargados de la facturación de usuarios.
- P-GW: De forma similar al *Serving GW*, el *P-Gateway* es el punto de terminación para las interfaces de paquetes de datos hacia la red de conmutación de paquetes. Como punto de enlace para las sesiones hacia la red de paquetes, el P-GW también implementa las reglas definidas por cada operador para la configuración del uso de paquetes IP. Este nodo actúa además de filtro de paquetes para evitar la entrada de virus en la red. El P-GW también es el encargado de otorgar la IP al terminal según el tipo de sesión de datos que desee establecer.

2.2. Interfaces señalización Internacional

En este punto del proyecto, es importante estudiar las principales interfaces utilizadas para la señalización internacional tanto en redes 3G como en redes LTE. Cualquier nodo que tenga la capacidad de interconectar ambos protocolos debe ser capaz de procesar cualquier interfaz de los mismos. En este apartado presentaremos las principales interfaces utilizadas en el ámbito de la señalización MAP en primer lugar para pasar posteriormente a describir las interfaces existentes en el protocolo Diameter para señalización 4G.

Las interfaces para MAP las encontramos definidas en la especificación 3GPP TS 29.002 y en la recomendación ITU-T Q-2220. Las interfaces de Diameter están especificadas por el 3GPP, en las normas que se citan en el texto.

2.2.1 Principales Interfaces Utilizadas en señalización basada en MAP

Interfaz D

La interfaz D relaciona el HLR y el VLR. Esta interfaz es utilizada para intercambiar datos relacionados con los cambios de localización del terminal móvil y la gestión del usuario. El VLR informa al HLR del registro del usuario y éste envía toda la información necesaria para proveer servicio al usuario. Esta interfaz se utiliza también para que el HLR notifique al VLR en el que se encontraba registrado el usuario previamente que el usuario se ha registrado en un nuevo VLR mediante el código de operación MAP *cancel location*.

Interfaz Gr

Esta interfaz interconecta el HLR con el SGSN. Su función es similar a la interfaz D, el SGSN informa al HLR que un usuario se está registrando y el HLR provee los datos necesarios para el correcto servicio del mismo.

Interfaz Gp

Interfaz entre el SGSN y el GGSN. La interfaz Gp será parte de la red de datos de la operadora y en los casos en los que el usuario se encuentre realizando itinerancia en una red visitada llevará el flujo de datos móviles entre el SGSN de la red visitada y el GGSN de la red local.

Interfaz Gx

Interfaz que interconecta el nodo PCRF (*Policy Charging and Rules Function*) con el PCEF (*Policy Control Enforcement Function*). Esta interfaz permite que el PCRF pueda tener control dinámico sobre el comportamiento de los usuarios. Las propiedades de esta interfaz son las siguientes:

- Permite decisiones dinámicas sobre los usuarios.
- Negociación del modo de establecimiento con los proveedores IP.
- Terminación de las sesiones Gx.

Interfaz Gy

El tratamiento en línea entre el PCEF y el OCS (*Online Charging Function*) se lleva a cabo mediante la interfaz Gy.

Interfaz Gi

Esta interfaz conecta el servidor de paquetes de datos con la red de datos. Como ejemplo, Gi conecta el GGSN con las redes IP externas. Esto provee a la interfaz de las siguientes propiedades:

- Transferencia de la información sobre el aprovisionamiento del punto de acceso a la red (APN).
- Comunicación de información durante la utilización del APN.

2.2.2 Principales Interfaces utilizadas en señalización basada en el protocolo Diameter

Interfaz S5/S8

Es la interfaz entre el S-GW y el P-GW. En principio las interfaces S5 y S8 tienen el mismo uso, la diferencia se basa en que la interfaz S8 es utilizada para roaming entre diferentes operadores y la S5 se utiliza en la red del operador internamente. Definida en 3GPP TS 29.272.

Esta interfaz está basada en su homóloga para 3G, Gn, entre SGSN y GGSN, y la principal motivación para dicha interfaz es el interés de los operadores en que exista interworking entre las tecnologías GERAN, UTRAN y E-UTRAN.

Interfaz 6A

Definida en 3GPP TS 29.272, la interfaz 6A se sitúa entre el HSS y el MME. Es utilizada para la autenticación de usuarios. La interfaz tiene las siguientes propiedades:

- Transporte de datos de suscriptores.
- Transporte de información de localización.
- Autorización al usuario para el acceso a la red EPS.
- Transporte de la información de autenticación.

Interfaz 6B

Tal y como aparece en 3GPP TS 23402, es la interfaz que relaciona el P-GW y el servidor utilizado en Diameter para la autenticación en itinerancia de datos. Esta interfaz tiene las siguientes propiedades:

- Transporte de parámetros para obtener y guardar los datos necesarios para registrarse en redes visitadas.
- Negociación de los parámetros QoS de calidad.

Interfaz 6C

Definida en 3GPP TS 29.272. El punto de referencia para la interfaz 6C es el P-GW en la red local de los usuarios y el servidor utilizado en Diameter para la autenticación de usuarios en redes visitadas. Esta interfaz tiene la siguiente función:

- Comunicación de parámetros entre la red visitada y la red local relacionados con la calidad de servicio de los usuarios.

Interfaz 6D

Esta interfaz interconecta el HSS con el SGSN. Tiene una funcionalidad y propiedades similares al nodo 6a y se encuentra definida en el documento 3GPP TS 29.272

Interfaz S9

Tal y como aparece en 3GPP TS 23.203 y TS 29.215, la interfaz S9 relaciona el H-PCRF (*Home Network-Policy Charging and Rules Function*) y el V-PCRF (*Visited Network-Policy Charging and Rules Function*). Las comunicaciones de dicha interfaz, siempre llevadas a cabo por parte del H-PCRF, tienen los siguientes objetivos:

- Control dinámico de las funciones habilitadas para los usuarios.
- Modificación de autorizaciones o restricciones en la red visitada.

Interfaz S11

Interfaz entre el MME y el S-GW. Esta interfaz está basada en la interfaz Gn de 3G para el plano de control además de algunas funciones adicionales para la coordinación de datos de usuario y movilidad. Definida en 3GPP TS 29.272

Interfaz S13

- 3GPP TS 29.272. Esta interfaz conecta el MME con el EIR (*Equipment Identity Register*). Esta interfaz permite realizar el procedimiento de comprobación de identidad de usuario necesario en el MME.

2.3. Protocolo de señalización

El protocolo MAP (*Mobile Application Part*), perteneciente al Sistema de Señalización por Canal Común nº 7, cuenta con versiones adaptadas a su uso en redes 2G (GPP TS 09.02) y 3G (3GPP TS 29.002). Este protocolo se utiliza para definir la comunicación entre los nodos de red que hemos indentificado en apartados anteriores como VLR, HLR, SGSN... La comunicación mediante este protocolo permite, por ejemplo, la realización de registros de red mediante la operación MAP *Location Update*, la autenticación de usuarios mediante la operación MAP *Send Authentication Info* o el envío de SMS mediante las operaciones MAP *MO-Forward* y *MT-Forward*. Este protocolo de aplicación utiliza para su correcto funcionamiento las capas TCAP sobre SCCP y MTP. En el diseño de nuestro escenario en el apartado cinco veremos la implementación de esta pila de protocolos.

Diameter fue definido originalmente según RFC 3588 y adaptado mediante el RFC 6733. Es un protocolo más versátil, ya que proporciona un marco básico para cualquier tipo de servicio que requiera control de acceso, autorización y contabilidad (*Access, Authorization, and Accounting, AAA*). Este protocolo fue derivado originalmente del protocolo RADIUS que también ofrece servicios de AAA. Diameter ofrece mejoras sobre RADIUS en diferentes aspectos, como la fiabilidad de entrega.

Diameter ha sido elegido como el protocolo idóneo para AAA en la nueva generación de redes móviles basadas en IP. Diameter posee ventajas significativas sobre las soluciones AAA utilizadas en generaciones anteriores. En este apartado veremos las razones por las que Diameter es el protocolo elegido para los servicios AAA en LTE.

Antes de que Diameter fuera definido por el *Internet Engineering Task Force* (IETF), existían protocolos para el control de acceso de usuario tales como MAP, RADIUS (*Remote Authentication Dial in User Service*) y TACACS (*Terminal Access Controller Access-Control System*), los cuales continúan siendo utilizados ampliamente. RADIUS y MAP han sido los protocolos más utilizados para estos aspectos en la segunda y tercera generación de redes móviles. Sin embargo, la evolución y la complejidad creciente en las arquitecturas de red IMS y EPS y las expectativas de servicios para estas redes necesitan un protocolo capaz de soportar aplicaciones cada día más complejas como VoIP, sistemas de facturación mediante móvil, seguridad etc.

A la hora de realizar el diseño del nodo resultante, hay que tener en cuenta que este nodo deberá tener implementada tanto la pila de protocolos que utiliza la capa de aplicación MAP como la utilizada en el protocolo Diameter. Estas pilas de protocolos son las siguientes:

MAP	
TCAP	
SCCP	
MTP3	
M2PA	Diameter
SCTP	SCTP
IP	IP

Tabla 1: Pila de protocolos MAP y Diameter

Otra de las diferencias entre los nodos desarrollados en anteriores generaciones destinados a trabajar sobre MAP y los nodos que se diseñan para el protocolo Diameter es que en el desarrollo de estas redes los nodos podrán tener distintos roles y responsabilidades, es decir, un nodo Diameter puede ser configurado como uno de los siguientes tipos:

1. Cliente
2. Servidor
3. Relé
4. Redireccionamiento
5. Proxy
6. Traductor

Un desarrollo de red Diameter habitual tiene aproximadamente el siguiente esquema:

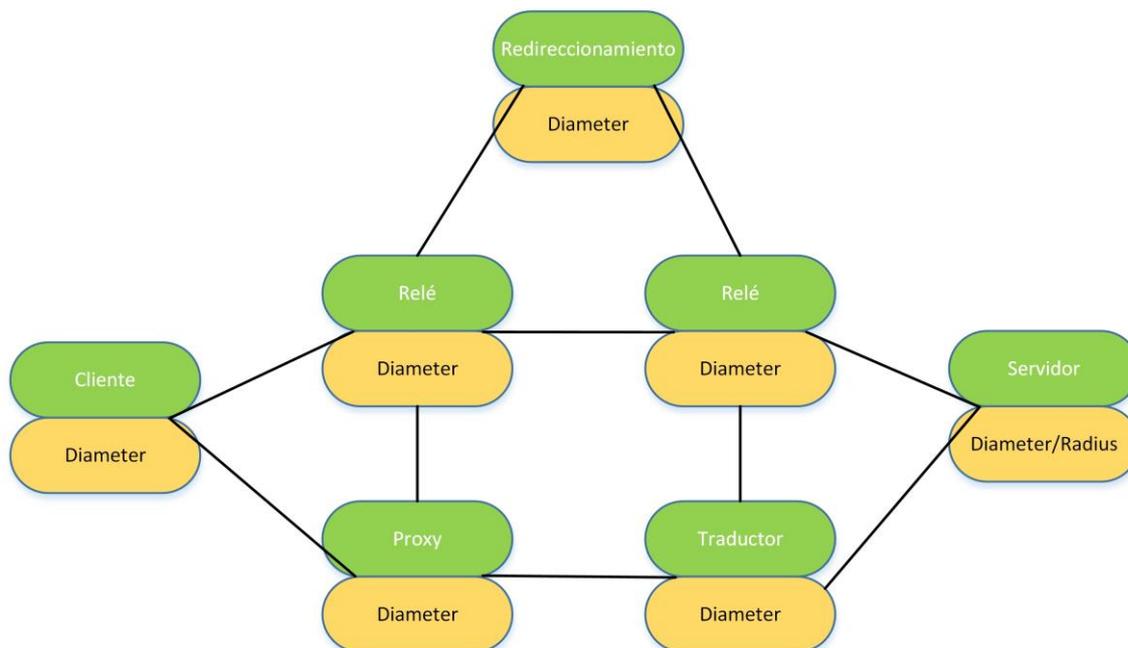


Figura 3: Desarrollo de red Diameter.

A continuación vamos a estudiar las funciones de cada nodo Diameter dependiendo de la función que tiene en la red.

Nodo Servidor

El nodo encargado de la autenticación y/o autorización de usuarios será definido como servidor y tiene las siguientes características:

1. Acepta o rechaza las peticiones de conexión/asociación de los usuarios.
2. Ocasionalmente puede iniciar mensajes.
3. Realiza una detección de bucles mediante la detección de mensajes duplicados.
4. Lleva a cabo la autenticación y autorización de las peticiones recibidas.
5. Capacidad de re/autenticar, re/autorizar o abortar sesiones establecidas previamente.
6. Mantener la máquina de estados vinculada a la autorización
7. Mantener la máquina de estados vinculada a la contabilización de los usuarios.
8. Establece y mantiene las sesiones de usuarios, y las cierra si procede, como en casos de temporización etc.

Nodo Cliente

El nodo Diameter que se sitúa en el borde de la red y lleva a cabo el control de acceso, será conocido como nodo cliente y tiene las siguientes características:

1. Envía las peticiones de conexión o asociación hacia los servidores.
2. Ocasionalmente descubre nuevos agentes de red.
3. Invoca conmutación por error o conmutación por recuperación cuando es necesario.
4. Tiene configurada una aplicación AAA que genera las peticiones y recibe las respuestas por parte del servidor.
5. Puede mantener memoria no volátil para tener un almacenamiento seguro en caso de fallos de red.

Nodo Relé

El nodo relé se caracteriza por realizar el reenvío de mensajes, y posee los siguientes atributos:

1. Acepta las peticiones de conexión/asociación de los clientes y envía las peticiones de conexión/asociación hacia los servidores.
2. Almacena los encaminamientos de todos los mensajes reenviados.
3. Nunca origina mensajes AAA.
4. No valida la semántica de los mensajes.
5. Encuentra el servidor adecuado para cada mensaje recibido basándose en la información de encaminamiento *Attribute-Value Pairs* (AVPs) y el origen del mensaje.
6. Lleva a cabo detección de bucles para los mensajes recibidos.

Nodo Redireccionamiento

El nodo Diameter que facilita al resto de nodos el establecimiento de la conexión tras una petición es nombrado como nodo redireccionamiento y tiene las siguientes propiedades:

1. Acepta las peticiones de conexión/asociación de los clientes.
2. Nunca generará ni alterará mensajes AAA.
3. No comprueba ni valida la semántica de los mensajes.
4. No mantiene seguimiento de los mensajes ni tiene capacidad de detección de bucles.

Nodo Proxy

La principal característica de este nodo Diameter es hacer cumplir las políticas de los mensajes enviados y posee las siguientes características.

1. Acepta las peticiones de conexión/asociación de los clientes y envía dichas peticiones hacia los servidores.
2. Debe estar colocado en la ruta de envío de las peticiones y almacena una base de datos de todas las peticiones recibidas.
3. Puede originar mensajes de rechazo AAA para ciertas peticiones de clientes.
4. Valida la semántica de los mensajes AAA.
5. Deberá tomar decisiones de política de clientes. Los mensajes pueden ser modificados según las políticas del cliente.
6. Encargado de encontrar el servidor superior al que enviar las peticiones.
7. Realiza detección de posibles bucles para los mensajes recibidos.

Nodo Traductor

El nodo encargado de la traducción entre un nodo Diameter y un nodo de otro protocolo como MAP o Radius es conocido como nodo traductor y tiene las siguientes propiedades:

1. Acepta las peticiones de conexión/asociación de los clientes y envía las peticiones de conexión/asociaciones hacia el servidor destino según convenga teniendo en cuenta el protocolo del servidor destino.
2. Traduce los mensajes entre los protocolos involucrados.
3. Podrá validar la semántica de los mensajes AAA.
4. Tiene capacidad de mantener las sesiones activas para sesiones autorizadas de larga duración.

3 POSIBLES ESCENARIOS 3G/LTE

El objetivo final de este proyecto consiste en interconectar internacionalmente redes y operadoras sin depender de la tecnología que tienen en su lado. Para ello es muy importante examinar con precisión las características de la señalización internacional, especialmente enfocándonos en los distintos desarrollos de las redes de última generación que define *3GPP* para poder clarificar las diferencias que tendremos que afrontar a la hora de interconectar redes de ambas tecnologías.

3.1. Posibles escenarios

La mayoría de las operadoras mundiales está desarrollando o han desarrollado sus redes LTE utilizando las especificaciones desarrolladas por el 3GPP en el Release 8, en el cual aparece la primera versión de red LTE, o en estándares posteriores al Release 8 para las configuraciones de todos los elementos de la red LTE (HSS, S-GW, P-GW, y en algunos casos PCRFs).

En los casos de itinerancia de red, existen dos opciones para el apoyo de la autenticación, el registro y la creación de contexto para datos cuando el usuario está registrado en una red LTE. Las dos opciones son continuar utilizando MAP basándose en la interfaz Gr, o utilizar el protocolo Diameter basándose en la interfaz S6a/S6d.

La información para la realización de este apartado ha sido obtenida en el documento desarrollado por GSMA “*LTE and EPC Roaming Guidelines*”, en el que se describen las posibilidades que existen y los distintos escenarios de implementación de red que pueden aparecer en base al desarrollo de la red LTE en la operadora visitada o local y en base a los acuerdos existentes entre ambas operadoras.

3.1.1 La red visitada no ha implementado LTE

En los casos en los que la red visitada no ha implementado LTE, el roaming tiene que realizarse de acuerdo con las recomendaciones GPRS/HSPA, en particular:

- Será necesaria una interconexión MAP-Diameter mediante el uso de un DRA. Esto deberá ser llevado a cabo por la operadora local en este caso.
- La red local debe tener implementada la interfaz Gp para la comunicación con el SGSN de la red visitada.
- La red local implementa la interfaz Gr o posee alguna pasarela que soporte la interfaz Gr para permitir el registro de sus usuarios en la red visitada.
- Para la red visitada 2G/3G, la red local debe de aparecer como una red GPRS.
- No son necesarios cambios en el protocolo GTPv1 o en las interfaces MAP de la red visitada.

La arquitectura de red en dicho escenario quedaría de la siguiente manera:

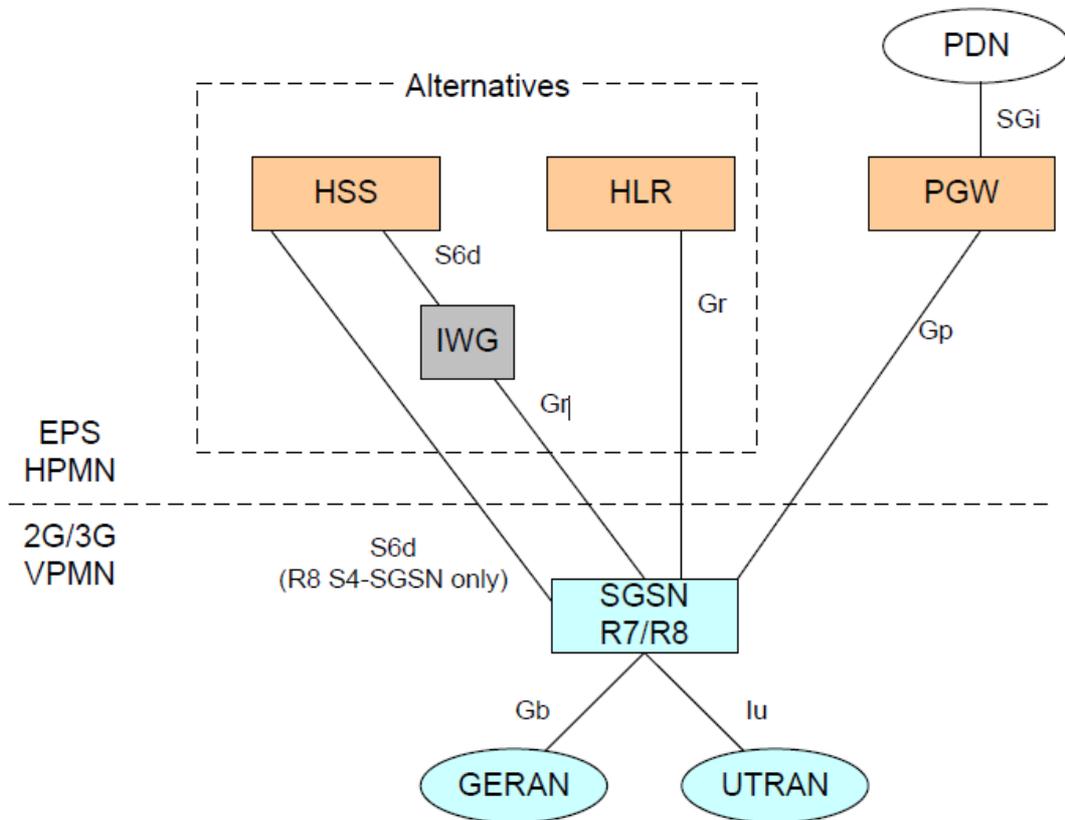


Figura 4: Arquitectura de red cuando la red visitada no ha implementado LTE.

3.1.2 La red local no ha implementado LTE

En los casos en los que la red local no tiene implementado LTE, entonces, en la mayoría de ocasiones, no existirá ningún acuerdo LTE entre ambas operadoras y los usuarios no tendrán la posibilidad de registrarse en E-UTRAN. Esto no impide que los usuarios puedan utilizar el acceso a las redes 2G/3G en la red visitada, siempre en caso que exista el acuerdo pertinente.

Sin embargo, con pasarelas de señalización como el DRA, es posible que se realicen los acuerdos pertinentes para el registro adecuado de usuarios en este caso siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- Existe acuerdo explícito para LTE entre ambas operadoras.
- La red visitada, la red local o un carrier externo debe de tener desarrollado una pasarela DRA para realizar el interworking entre los enlaces S6a y Gr (traductor MAP-Diameter).
- El MME de la red visitada puede realizar las consultas de los datos de usuario hacia el HLR mediante los enlaces Gn/Gp.
- El HLR debe de haber sido actualizado para soportar los parámetros de seguridad LTE (KSAME) y soportar la interfaz Gr+.

La arquitectura de red para este escenario quedaría de la siguiente manera:

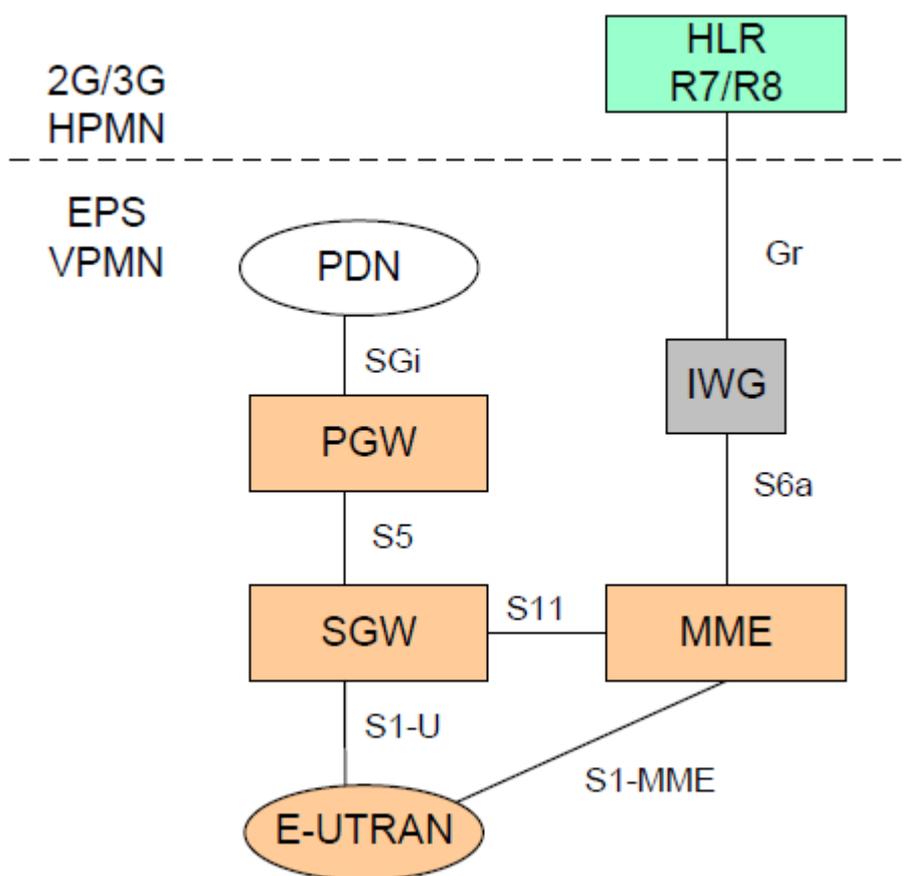


Figura 5: Arquitectura de red cuando la red local no ha implementado LTE.

3.1.3 La red local y la red visitada han implementado LTE

En este apartado vamos a estudiar los diferentes escenarios que podemos tener cuando ambas redes, tanto la local como la visitada, tienen implementado LTE en sus redes. En estos casos habrá que diferenciar los escenarios según los acuerdos existentes entre ambas operadoras.

Describiremos los escenarios de roaming en los que LTE coexiste con 2G y 3G, y asumiremos que los acuerdos son directos entre ambas operadoras.

3.1.3.1 Acuerdo bilateral 2G y 3G únicamente

En las siguientes configuraciones de red, al tener únicamente un acuerdo de roaming 2G/3G, únicamente el uso de la interfaz Gp es permitido.

Escenario 1: Itinerancia GPRS

Este escenario representa un modelo heredado de roaming GPRS en el que el SGSN tiene interfaz Gp hacia el GGSN únicamente. La red local puede tener también un PGW para uso interno, pero no es utilizado para la itinerancia en este caso.

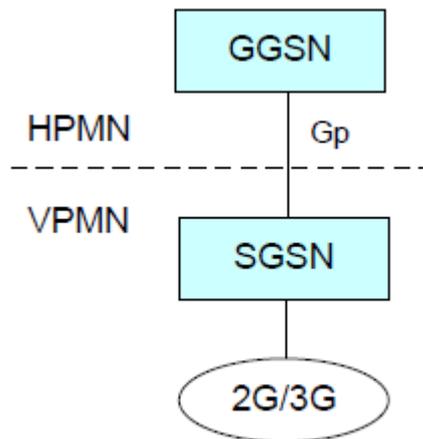


Figura 6: Implementación habitual 2G/3G

Escenario 2: La red local únicamente tiene PGW como pasarela para roaming.

Este escenario describe el caso en el que el SGSN solo tiene interfaz hacia el PGW. La red local también podría tener GGSN para uso interno, pero no es utilizado para el roaming en este escenario.

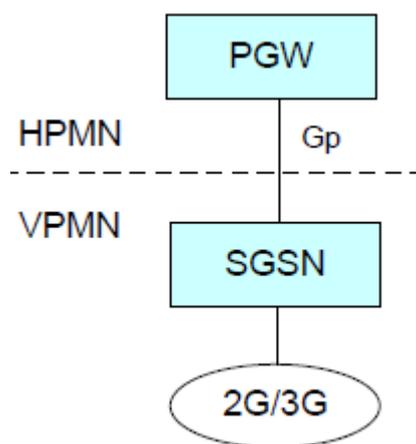


Figura 7: Arquitectura en el caso en el que la red local solo posee PGW como pasarela

Escenario 3: La red local utiliza como pasarela para roaming tanto el GGSN como el PGW.

En este caso el SGSN posee interfaz hacia el GGSN y el PGW de la red local. El SGSN puede seleccionar entre usar el GGSN o el PGW en caso de que la red local utilice distintos APNs para el GGSN y el PGW. En el caso de que en ambos se utilicen los mismo APNs, el SGSN deberá la siguiente lógica, en caso de que el terminal móvil sea LTE, se seleccionará el PGW, pero si el terminal móvil no está habilitado para LTE, el GGSN será el seleccionado.

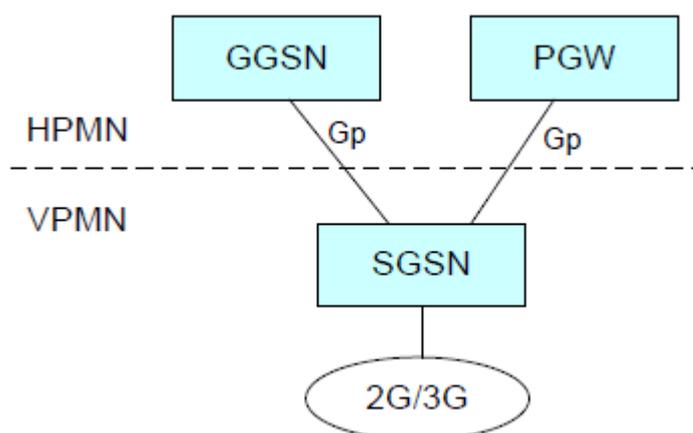


Figura 8: Arquitectura cuando la red local utiliza como pasarela tanto GGSN como PGW.

3.1.3.2 Acuerdo bilateral LTE y 2G/3G

Las siguientes configuraciones se implementarán en los casos en los que existe acuerdo directo tanto para 2G/3G como para LTE entre las dos operadoras. En este contexto estudiaremos los posibles escenarios dependiendo del tipo de arquitectura LTE que tenga implementada en su red cada operador. El escenario escogido deberá ser acordado por ambas operadoras para que los usuarios de ambas puedan disfrutar de un correcto servicio en la red visitada.

Escenario 1: La red local únicamente tiene PGW como pasarela para roaming, por lo que el acceso 2G/3G se hará por la interfaz Gp.

Este escenario muestra el caso en el que el SGSN tiene la interfaz Gp hacia el PGW y el SGW tiene la interfaz S8 hacia el PGW. La red local puede tener habilitado su GGSN para uso interno, pero no es utilizado en el ámbito roaming en este escenario.

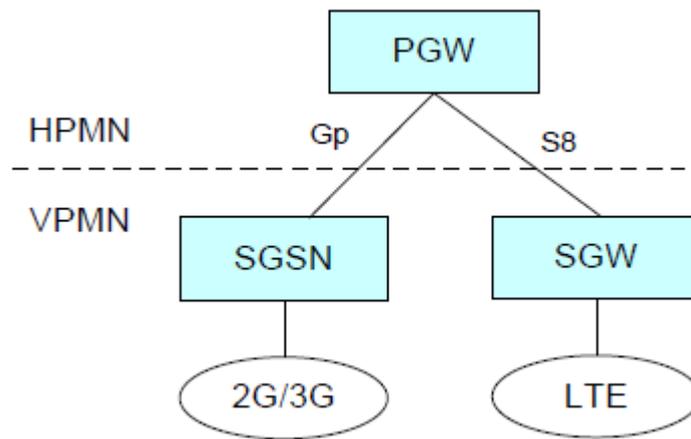


Figura 9: Arquitectura cuando la red local únicamente posee PGW como pasarela.

Escenario 2: La red local utiliza tanto el GGSN como el PGW como pasarela para roaming, utilizando la interfaz Gp para el acceso 2G/3G.

En este caso el SGSN tiene implementada la interfaz Gp hacia el PGW y el GGSN, mientras que el SGW posee la interfaz S8 hacia el PGW. En dicho escenario, el acceso a datos para los terminales 2G/3G serán provistos sobre la interfaz Gp.

El SGSN puede seleccionar la utilización del GGSN o el PGW. En el caso que la red local utilice los mismos APNs para ambos, el SGSN de la red visitada deberá utilizar el PGW en los casos en los que el terminal móvil tenga tecnología para LTE y el GGSN en los casos en los que el terminal móvil únicamente tenga tecnología 2G/3G.

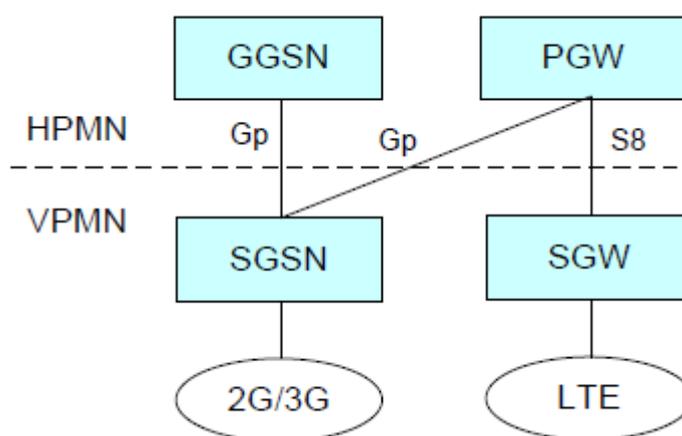


Figura 10: Arquitectura cuando se utiliza tanto GGSN como PGW como pasarela roaming.

Escenario 3: La red local únicamente tiene implementado el PGW como pasarela para roaming, el acceso 2G/3G se desarrolla por las interfaces S4/S8.

Este escenario describe el caso en el que el SGSN posee la interfaz S4 hacia el SGW, y el SGW posee la interfaz S8 hacia el PGW. En este contexto, el handover entre las tecnologías de acceso radio es monitorizado por el SGW en caso de que no cambie de tecnología o por el PGW en el caso que la tecnología cambie. En caso de que la red local tenga implementado un GGSN, éste no es utilizado para el servicio roaming.

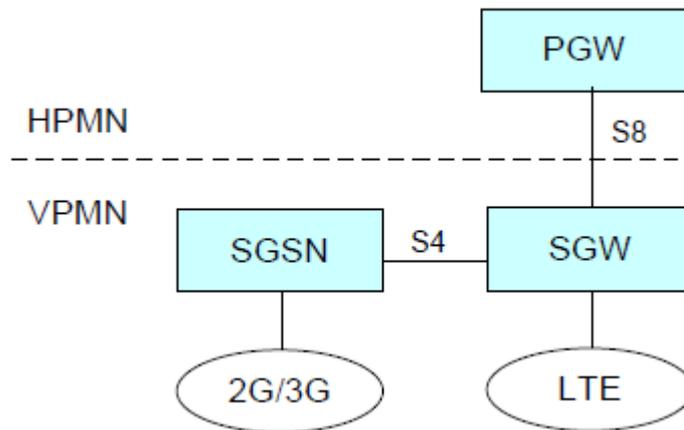


Figura 11: La red local únicamente tiene PGW como pasarela Roaming.

Escenario 4: La red local tiene implementado PGW y GGSN como pasarelas para roaming, el acceso 2G/3G se podrá realizar por la interfaz Gp o por las interfaces S4/S8.

En este nuevo escenario se describe una arquitectura de red en la que el SGSN posee la interfaz S4 hacia el SGW y a su vez la interfaz Gp hacia el GGSN. El SGW tiene la interfaz S8 hacia el PGW. En este caso de nuevo el handover de tecnología de acceso radio es tratado por el SGW y, en caso de cambiar el SGW, el PGW se encarga de dicho cambio.

El SGSN puede seleccionar entre usar el GGSN o el SGW/PGW en el caso que la red local utilice distintos APNs para el GGSN y el PGW. En el caso que utilice los mismos APNs, la decisión se basará en la tecnología que posea el terminal móvil, utilizando el SGW/PGW en los casos que la tecnología sea LTE y el GGSN en los casos en los que la tecnología del terminal móvil sea 2G/3G.

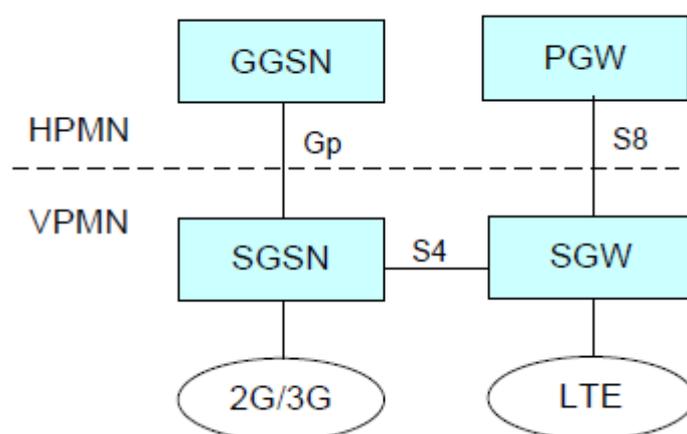


Figura 12: Arquitectura cuando acceso Roaming se puede realizar mediante Gp o S4/S8.

3.2. Soluciones propuestas

Hemos observado en apartados anteriores las dificultades para la interconexión internacional de las redes LTE. Por esta razón las redes LTE están siendo desarrolladas en “islas” inicialmente. La tecnología 3G se mantiene para cubrir las posibles redes en las que LTE no ha sido desarrollado completamente. Pero los operadores que continúan utilizando HSPA deben de tener en cuenta los usuarios que se registran en sus redes con terminales diseñados para registrarse en redes LTE como primera opción. De la misma manera los operadores LTE deberán soportar los terminales que continúen utilizando las redes 3G. Por esta razón es importante que los escenarios 3G-LTE puedan coexistir siendo transparente y sin influir en la experiencia que el usuario tiene sobre las redes visitadas, ya sean 3G o LTE.

Cualquier dispositivo LTE realizará intentos de creación de contexto en dicha tecnología. En caso de no existir acuerdo LTE entre las operadoras no se le permitirá la creación de contexto PDP por lo que el usuario no tendrá acceso a datos en la red visitada.

Los mismos problemas podrían ocurrir en los siguientes casos:

- Cuando el dispositivo no posee tecnología 4G y las operadoras únicamente poseen acuerdo LTE.
- En el caso en el que el perfil del usuario que realiza los intentos de creación de contexto PDP no permite el registro en la tecnología que le permite la red visitada, según los acuerdos entre operadoras.

En este apartado vamos a estudiar las posibles soluciones que existen en el mercado para solucionar este problema y las ventajas e inconvenientes de los mismos.

3.2.1 Handover en acceso radio

Para evitar los problemas de datos descritos, la red visitada debe utilizar la funcionalidad para restringir ciertos accesos al dispositivo a nivel radio tal y como se especifica en la documentación 3GPP Rel-8 de la siguiente manera:

- Para que los terminales de usuario realicen el handover automático hacia las tecnologías GERAN o UTRAN, el nodo SGSN es el encargado de devolver la causa "E-UTRAN Service Handover", tal y como especifica 3GPP en TS 23.060 [29] y TS 25.413 [43].
- Si la red desea forzar a los dispositivos a utilizar únicamente la tecnología GERAN, el mensaje devuelto por el SGSN ante los intentos de creación de contexto PDP será "Service UTRAN CCO" como se especifica en TS 23.060 [29] y TS 48.018 [44].
- En caso de existir únicamente acuerdo LTE, sin poseer acuerdo 2G/3G entre las operadoras, el MME de la red visitada remitirá la causa "Handover Restriction List" para restringir el acceso radio a E-UTRAN, tal y como se especifica en TS 23.060 [29] y TS 25.413 [43].

Los nodos MME y SGSN son los encargados de llevar a cabo los acuerdos roaming para datos de las operadoras. El SGSN debe ser capaz de manejar las restricciones del tipo "Access Restriction Data" como se especifica en TS 29.002 [46]. El nodo MME también debe llevar a cabo las restricciones "Access-Restriction-Data" especificadas en TS 29.272 [8]. Ambos nodos se comunican apropiadamente con el HLR/HSS para verificar los acuerdos con cada operadora y las restricciones que posee cada usuario concreto.

3.2.2 Conectividad entre Diameter y MAP mediante Diameter Routing Agent

La solución más recomendada y utilizada en la red internacional consiste la implementación de una pasarela de señalización entre SS7 y Diameter que permita a operadoras que no tienen desarrollado Diameter en sus nodos comunicarse con otras operadoras Diameter de manera transparente para el resto de operadoras. Las funciones de conectividad entre Diameter y MAP y los procedimientos relacionados han sido definidos en el apartado 3GPP TS 29.305 [10]. El nodo encargado de dicho conectividad en la red se denomina DRA (*Diameter Routing Agent*).

Las especificaciones 3GPP indican que para el correcto uso de una plataforma que relaciona Diameter y MAP el HLR de la red local debe estar actualizado según el Rel8 para soportar la transferencia de los parámetros de seguridad. Los detalles de dichos mecanismos de seguridad aparecen en 3GPP TS 33.401 [11].

En los siguientes apartados estudiaremos las características y detallaremos los diferentes usos de esta plataforma que ofrecen distintos proveedores. Por último realizaremos un ejemplo de un diseño que incluya la implementación de este nodo.

4 DIAMETER ROUTING AGENT (DRA)

En este apartado estudiaremos algunas de las pasarelas internacionales existentes en el mercado actual capaces de realizar conversión MAP-Diameter, denominadas como *Diameter Routing Agent* y estudiaremos posteriormente sus ventajas e inconvenientes para realizar una comparativa indicando las características que puedan resultar más útiles a la hora de su implementación en operadoras reales. Ha sido bastante complicado el estudio de estos nodos a nivel de detalle, ya que este tipo de tecnologías las ofrecen como nodos completos para no dar a conocer las topologías internas que poseen, por lo que nos basaremos en la documentación obtenida de cada uno de los proveedores para este estudio.

4.1. Proveedores de Diameter Routing Agent y sus características

Cualquier DRA deberá tener una serie de características básicas para poder cumplir correctamente las especificaciones requeridas como pasarela entre los protocolos MAP y Diameter. Obviamente el requisito básico que todos ellos tendrán, será la conversión entre los mensajes utilizados en S6a/S6d y Gr MAP según 3GPP TS 29.305 [10], y que resumimos en la tabla a continuación. Sin embargo, existen características concretas según cada proveedor para estos nodos que difieren en algunos aspectos como veremos a continuación.

Relación IWF entre S6a/S6d y Gr MAP v3	
S6a/S6d	Gr
Authentication Retrieval (AIR/AIA)	SendAuthenticationInfo
Update Location (ULR/ULA)	UpdateGprsLocation
Cancel Location (CLR/CLA)	CancelLocation
Purge (PUR/PUA)	PurgeMS
Insert Subscriber Data (IDR/IDA)	InsertSubscriberData
Delete Subscriber Data (DSR/DSA)	DeleteSubscriberData
Reset (RSR/RSA)	Reset
Notification (NOR/NOA)	UpdateGPRSLocation
Trace Activation (IDR/IDA)	Activate TraceMode
Trace DeActivation (DSR/DSA)	Deactivate TraceMode

Tabla 2: Relación mensajes entre MAP y Diameter.

4.1.1 Squire Technologies

Squire Technologies propone una STP que denominan SVI_STP, con capacidad de soportar varios tipos de tecnología en la misma STP, y cualquier combinación entre dichas tecnologías. En el *datasheet* del nodo hemos encontrado la siguiente información en la que nos presentan las diferentes funciones que puede llevar a cabo el nodo:

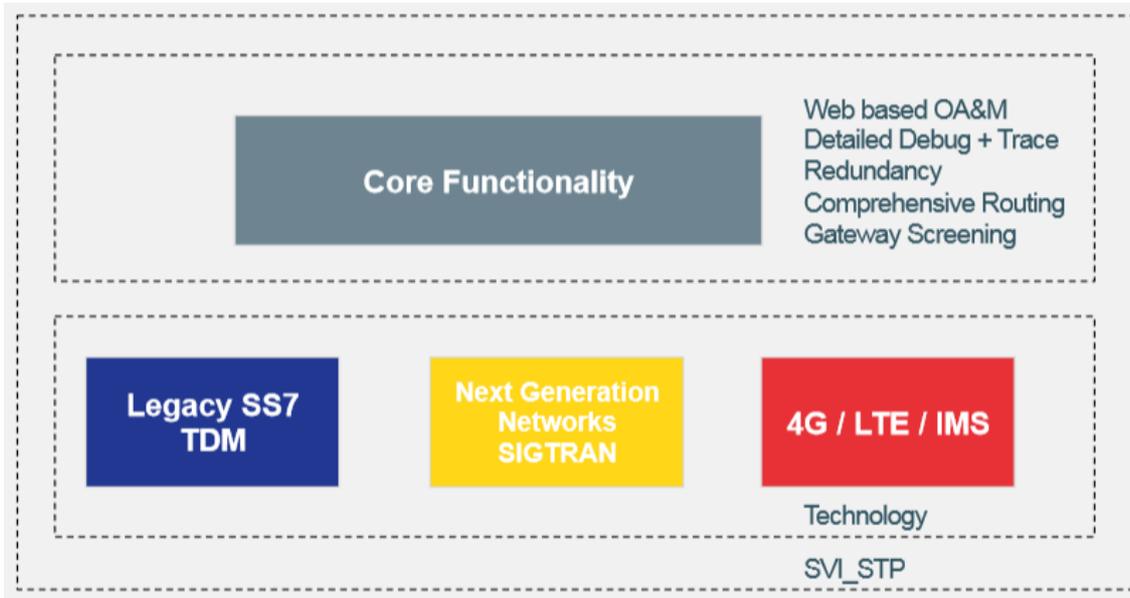


Figura 13: Características DRA Squire Technologies.

En este proyecto nos centraremos en la función de interworking del fabricante. En este aspecto, dicha función la implementa con las siguientes características:

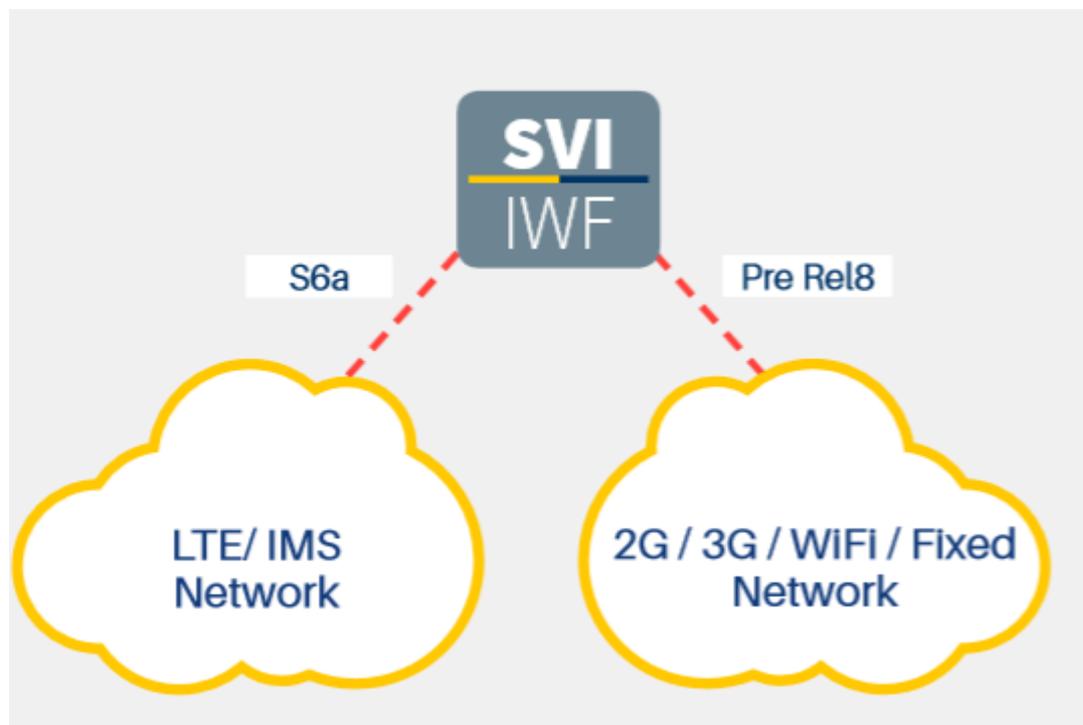


Figura 14: Función Interworking Squire Technologies.

El módulo de Squire Technologies SVI_IWF es el encargado de realizar las funciones de relación entre Diameter s SS7 MAP. La compañía ofrece la opción de incluirlo como un módulo totalmente independiente o incluirlo dentro de un nodo existente, como pueden ser las STP de la operadora que quiere implementar este servicio. Esta es una de las características más interesantes de este proveedor, ya que permite a las operadoras que no deseen implementar un nuevo nodo de red adecuar las características que provee cualquier Diameter Routing Agent a un nodo existente. Las características del modelo de este fabricante son las siguientes:

- Realiza la conversión SS7 MAP/ Diameter mediante la recomendación 3GPP TS 29.305.
- Ofrece un control configurable para las interfaces Diameter, incluyendo las interfaces S6a, S6d, S13, S13a.
- Interoperación entre nodos implementados en el ámbito ETSI y aquellos implementados mediante ANSI.
- Escalabilidad: Dependiendo de las necesidades concretas, una vez estudiado la capacidad de los enlaces necesarios según el apartado 4.1.2, y tras preveer el posible crecimiento de la operadora o el grupo de operadoras que van a implementar el nodo, Squire ofrece tres posibilidades de escalabilidad:
 - SVI-STP 1000: Procesamiento de 2000 tramas de señalización de mensaje por segundo, 8 asociaciones SIGTRAN/Diameter configurables.
 - SVI-STP 2000: Procesamiento de 20000 tramas de señalización de mensaje, 128 asociaciones SIGTRAN/Diameter configurables.
 - SVI-STP 8000: Procesamiento de 100000 tramas de señalización de mensaje, 1024 asociaciones SIGTRAN/Diameter configurables.

4.1.2 Sonus

El fabricante Sonus propone, al igual que lo hacía Squire Technologies en el apartado anterior integrar las características Diameter en el mismo nodo/STP que las funciones existentes para la red de señalización SS7. En la documentación que ofrece la compañía indican que ésta es la manera más fiable de realizar una migración hacia nuevas tecnologías sin tener que configurar un nuevo nodo desde el punto de partida, además de resultar el método más beneficioso desde el punto de vista económico. Las principales características que nos ofrece son las siguientes:

- Diseño IP centralizado para ambos encaminamientos, SS7 y Diameter: El diseño IP es uno de los elementos más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar el DRA, si el balanceo IP para SS7/Diameter no se implementa en el nodo sería necesaria la instalación de switches IP externos, provocando un aumento en el coste del diseño final.

La propuesta Sonus DSC 8000 está diseñada para ser una mera extensión de la red IP. La arquitectura interna incluye redes IP inteligentes para comunicaciones internas y externas. La inclusión de Ethernet switches reduce el requerimiento de incluir Switches Ethernet externos.

- Motor de encaminamiento robusto: Otro elemento de la arquitectura a tener en cuenta es que el diseño software esté basado en los protocolos universales para los conceptos de encaminamiento y switching. Estos conceptos ayudan a asegurar al cliente final que todos los nuevos protocolos están correctamente definidos en la red, permitiendo abordar las necesidades de futuras generaciones de tecnología.

El diseño interno que utiliza DSC 8000 incluye elementos en cada nodo e intercomunicaciones entre los nodos existentes ayudando a la redundancia y la escalabilidad del encaminamiento.

- Solución Plug and Play para SS7 y Diameter en la misma plataforma: Ambos protocolos existirán en el mismo nodo, pero cada uno de ellos debe de ser segmentado correctamente. Pese a que las redes están evolucionando hacia LTE/EPC/Diameter, la plataforma debe de permitir la señalización SS7.

El innovador motor de encaminamiento distribuido de Sonus permite al DRA la capacidad de permitir la señalización SS7 y Diameter en el mismo nodo además de poder asimilar los cambios de porcentaje de ambos protocolos con el crecimiento continuo del tráfico Diameter.

- Interfaz sencilla de usuario: Para la implementación de cualquier tecnología, como lo es Diameter, la inclusión de una interfaz de usuario web consistente e intuitiva para ambos encaminamientos facilitan la implementación y la formación de futuros técnicos.

El DSC 8000 de Sonus está diseñado para la facilidad del cliente final. La interfaz de usuario Web es intuitiva, gráfica y sencilla. Además es consistente tanto para Diameter como para SS7. Esto facilita cualquier tipo de actuación sobre la plataforma para el equipo de operaciones a cargo del nodo DRA.

- Capacidad de mejora: En cualquier implementación de las especificaciones para cualquier nueva red o protocolo existirán pequeñas diferencias entre las especificaciones iniciales y las finales por las restricciones de la red. Estas diferencias pueden originar problemas catastróficos al comunicarse con otras redes. Cualquier proveedor debe de ser capaz de solucionar estas inconsistencias para evitar el impacto en la red.

4.1.3 Diametriq

Una de las principales características del DRA propuesto por Diametriq es la capacidad de desarrollar las capacidades de red inteligente ya existentes como CAMEL o WIN e incluirlas en la plataforma Diameter.

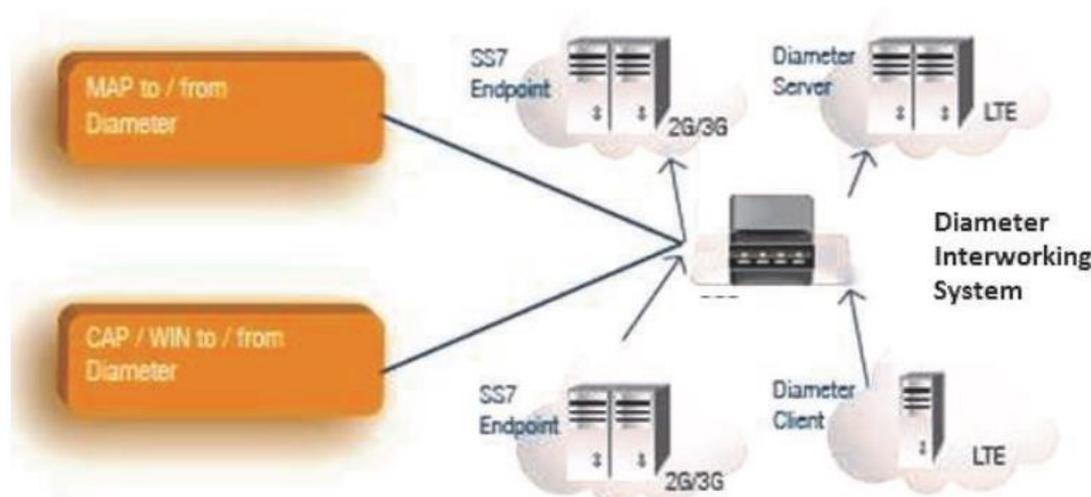


Figura 15: Esquema interworking Diametriq.

Además, este Diameter Interworking System es compatible con cualquier DRA de cualquier otro proveedor, lo que hace más sencilla su implementación a nivel global. De esta manera resulta una alternativa con un coste mínimo para actualizar el la red existente o crear una red nueva.

Las principales características de la propuesta de Diametriq son las siguientes:

- La plataforma interworking se encuentra realizada según las siguientes normas establecidas: 3GPP IWF for Diameter-MAP: TS 29.305 y GSMA IWF S6a/S6d to Gr: IR-88.
- Completa redundancia tanto local como geográfica para evitar todo tipo de fallos puntuales.
- Posibilidad de realizar conversión CAMEL-Diameter para mantener las características del sistema prepago anterior: Esta característica aportada por el proveedor Diametriq no la encontramos disponible en ninguno de los otros DRA estudiados. Teniendo en cuenta la importancia para muchas operadoras de gestionar el uso de las redes visitadas para sus usuarios mediante el protocolo de red inteligente CAMEL, esta característica es la más destacada de este DRA.
- Compatibilidad con todos los DRA de otros proveedores.

4.1.4 Huawei

El nodo que propone el proveedor Huawei para las funciones de Diameter Routing Agent es denominado como SPS (*Signalling service Processing System*). Este nodo actúa como plataforma de reenvío de señalización, pasarela frontera de Diameter, y plataforma de procesamiento de servicios de señalización para las redes LTE, IMS y PCC.

Este nodo actúa como un DRA independiente dentro de la arquitectura de red. Ha evolucionado de las características básicas de las STPs de Huawei implementando las siguientes funciones:

- Actúa como nodo centralizado para el encaminamiento y el reenvío de señalización dentro de los nodos de red.
- Capacidad de actuar como pasarela frontera de red para la implementación de interworking roaming con otras redes LTE o IMS.
- Asegura el correcto balanceo de carga entre los nodos de la red interna para evitar cualquier tipo de saturación.

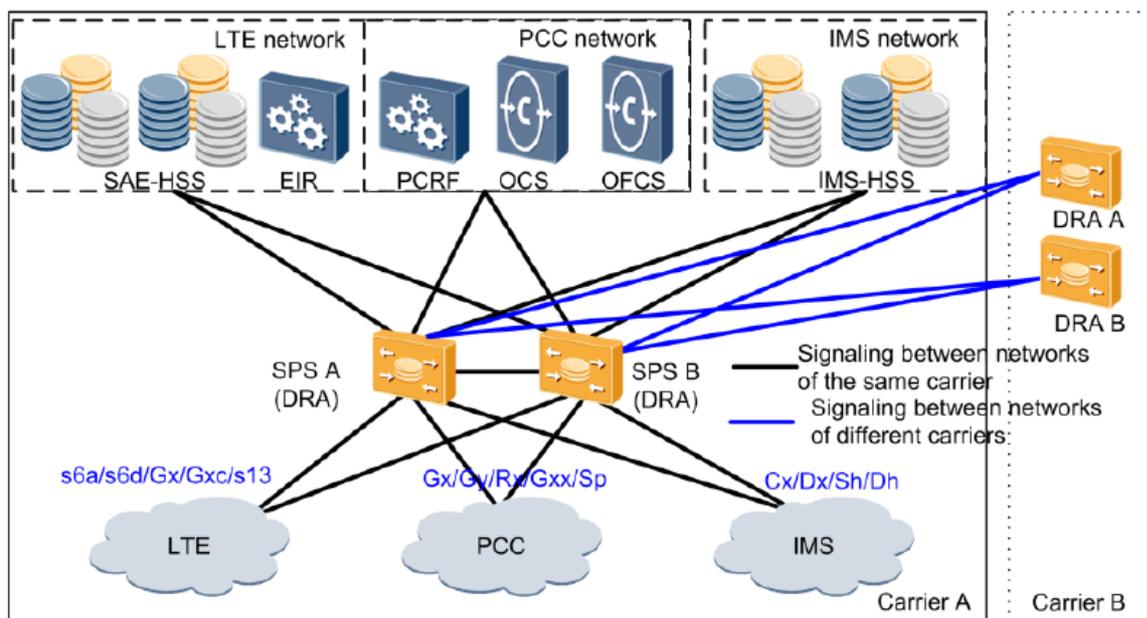


Figura 16: Arquitectura de red del nodo SPS de Huawei

Pasamos a comentar las principales características que nos ofrece este nodo de Huawei.

4.1.4.1 Redundancia

Dada la creciente complejidad de las redes, es muy importante crear una redundancia robusta para tener una alta tolerancia a posibles fallos en la red. Además la redundancia simplifica la futura expansión de la red y mejora la eficiencia de las operaciones.

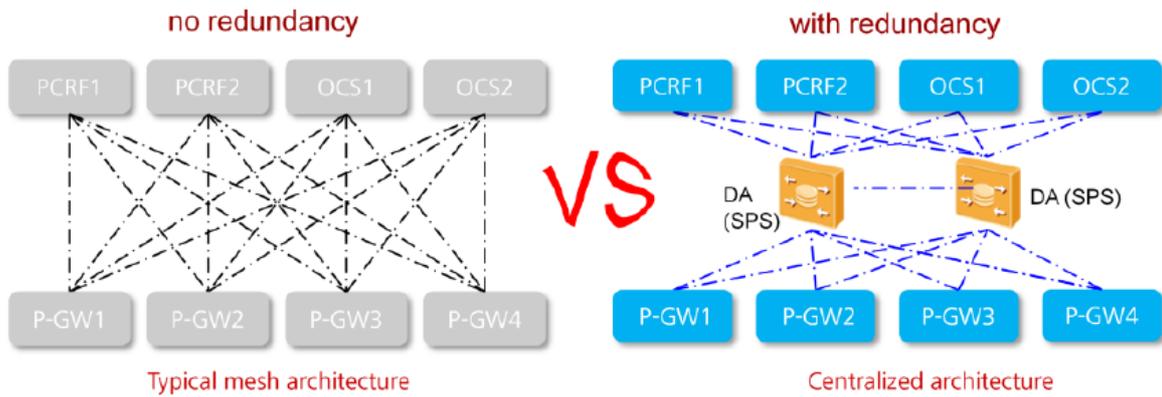


Figura 17: Redundancia nodo SPS Huawei.

4.1.4.2 Estructura interna centralizada

El nodo SPS implementa una estructura para ayudar a la simplificación de la red cambiando la estructura habitual en malla convirtiéndola en una estructura en estrella. De este modo se reducen los enlaces de señalización necesarios y reduce el mantenimiento de la red. Además, este nodo reduce la carga de los diferentes elementos dedicada a la red de señalización, provocando una mejora en las funciones de procesamiento de cada nodo.

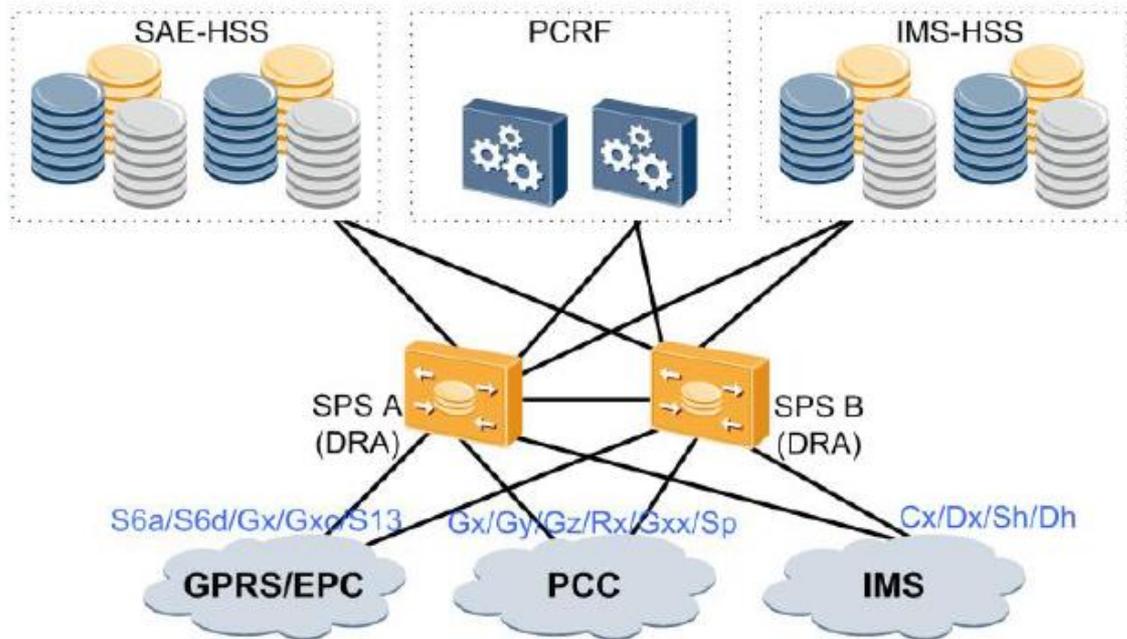


Figura 18: Estructura interna nodo SPS Huawei.

4.1.4.3 Pasarela de frontera de red.

Este proveedor también ofrece las funciones de Diameter Edge Agent y, en caso de dar servicio a más de una operadora, agiliza la señalización Diameter utilizando dichos nodos como interconexiones directas entre ambas operadoras para el encaminamiento de la señalización Diameter. Con esta estructura, las operadoras no tienen que preocuparse de la estructura externa a su red, pudiendo adaptar los nodos a sus configuraciones existentes.

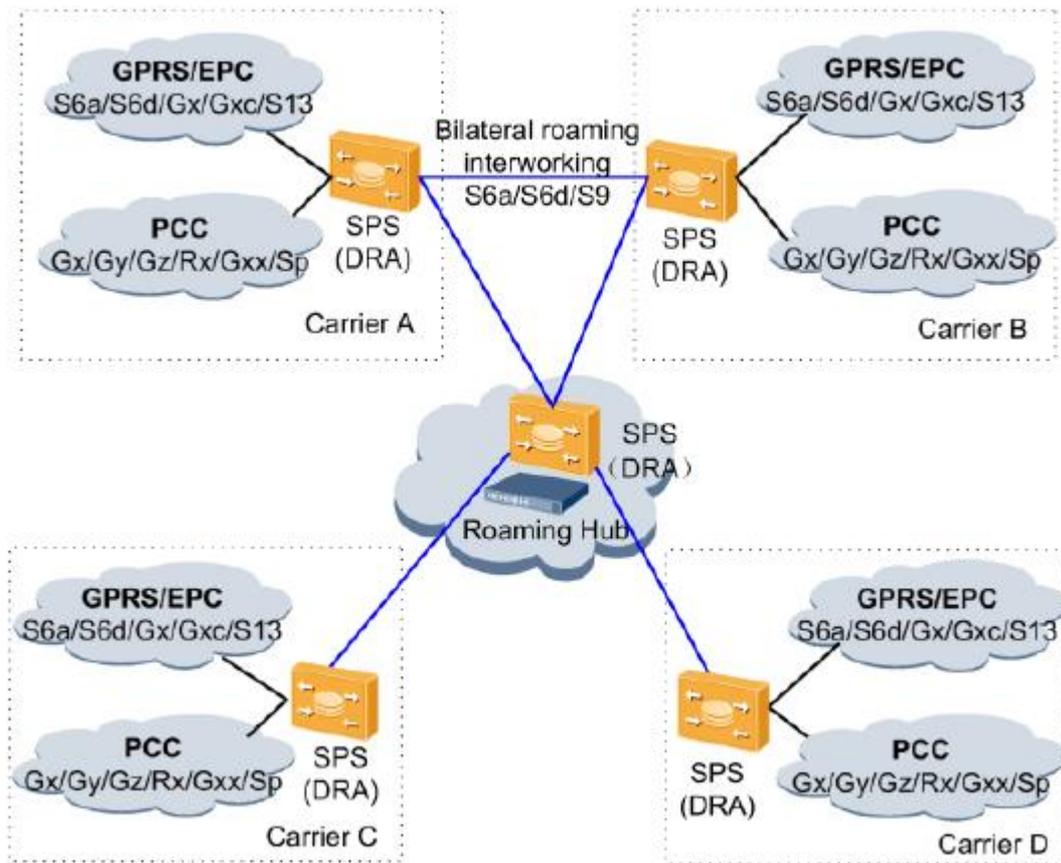


Figura 19: Pasarela frontera de red propuesta por Huawei.

4.2. Comparativa DRAs

En este apartado estudiaremos las principales ventajas e inconvenientes que hemos encontrado en el análisis de los diferentes DRAs que han sido analizados previamente. Todos los nodos tienen características en común, la principal característica que mantienen es que se realiza la conversión para la señalización entre Diameter y MAP mediante la norma 3GPP TS 29.305. Esta norma determina de manera global como realizar la conversión entre los principales mensajes MAP y su correspondencia en Diameter. La creación de esta norma es de vital importancia ya que permite que diferentes DRA o IWF diseñados por distintos proveedores tengan la capacidad de comunicación entre ellos basándose en una norma existente.

Sin embargo, si existen una serie de diferencias entre los distintos DRAs que hemos estudiado que pueden determinar la solución final a seleccionar.

- Integración en STP/Nodo independiente

Una de las mayores diferencias entre los nodos estudiados ha sido que algunos fabricantes proponen integrar el nodo DRA dentro de las STPs, nodos de señalización ya existentes y otros proveedores han elegido la opción de crear un nuevo nodo independiente para realizar este tipo de funciones. Veremos como actúa respecto a esta característica cada uno de los nodos estudiados:

DRA	Integración STP/Nodo Independiente
SquireTechnologies	Ofrecen las dos alternativas, recomendando la integración en STP.
Sonus	Está diseñado como un módulo para incorporar a un nodo de red como una STP ya existente.
Diametriq	Nodo independiente.
Huawei	Nodo independiente.

Tabla 3: Integración en STP/Nodo independiente.

- Conversión CAMEL/Diameter

La red inteligente es ampliamente utilizada en la actualidad para la facturación y el control de usuarios prepago durante su estancia en redes visitadas. Muchas operadoras tienen implementada una red inteligente fiable, por lo que desean mantener esta tecnología para los usuarios que se registran mediante LTE. Pese a no existir a día de hoy especificación sobre esta conversión, a continuación observamos que nodos estudiados ofrecen esta característica:

DRA	Conversión CAMEL/Diameter
SquireTechnologies	NO
Sonus	NO
Diametriq	SI
Huawei	NO

Tabla 4: Conversión CAMEL/Diameter

- Balanceo de carga, redundancia y tolerancia a fallos.

Como ya sabemos, un aspecto muy importante en la arquitectura de red par cualquier topología es asegurar un correcto balanceo de carga para poder dimensionar correctamente las posibles subidas de tráfico, puntuales o estacionarias, que tengamos en la red.

DRA	Balanceo de carga, redundancia y tolerancia a fallos.
SquireTechnologies	Balanceo de carga local en los diferentes nodos que se encuentre implementado.
Sonus	Ofrece el modelo más interesante en este aspecto, ya que permite un balanceo de carga entre SS7 y Diameter, además de poder configurar a nivel IP los porcentajes dedicados a cada una de las tecnologías.
Diametriq	Balanceo de carga total con redundancia tanto de manera local como geográfica.
Huawei	Balanceo de carga y redundancia robusta, además de alta tolerancia a fallos mediante una estructura centralizada, con una complejidad menor a las estructuras en malla.

Tabla 5: Balanceo de carga DRA

Con los datos obtenidos en la documentación aportada por cada uno de los proveedores no es fácil recomendar un único DRA para la conversión de tráfico 3G-4G para las operadoras. Sin embargo, si podemos realizar algunas recomendaciones dependiendo del tipo de operador que requiera utilizar este servicio, especialmente aquellos que posean las siguientes características:

- El DRA que ofrece el operador Sonus se adapta perfectamente a la STP de este mismo fabricante, por lo tanto cualquier operador que tenga implementadas las STP de dicho fabricante le otorgará muy buenos resultados utilizar este DRA.
- Para grupos de operadoras que tengan redes en diferentes países y multitud de STPs será más conveniente implementar el DRA como nodo independiente tal y como proponen Diametriq y Huawei, ya que esto supone crear un único nodo de red que podrá dar servicios a todas las STP que posean estos grupos de operadoras y no tener que modificar la configuración individualmente en todas sus STPs.
- Por otro lado, en el caso de operadoras pequeñas el coste de implementar un nuevo nodo de red completamente es mayor al de modificar únicamente las STPs frontera que posean, en el caso que el número de STPs frontera con la red internacional sea menor a 3. En este aspecto el fabricante Sonus ofrece una opción interesante especialmente por la capacidad de seleccionar el balanceo de carga entre SS7 y Diameter y poder ir configurándolo según las necesidades.

5 IMPLEMENTACIÓN DRA

En este capítulo realizaremos un diseño de implementación de DRA. El escenario que hemos elegido para implementar este diseño se trata de una operadora que no tiene la capacidad de implementar nodos LTE en su red local, por lo que desea mantener las STPs existentes en su red para realizar la conectividad con todas las operadoras mundiales. El problema que se presenta y que se ha descrito en este proyecto es que existan operadoras que eliminen por completo su tráfico SS7 y realicen una migración completa a señalización Diameter. El nodo DRA realizará la conversión MAP-Diameter de manera transparente a la operadora local.

La operadora cliente la hemos denominado “Unicor” y la nomenclatura para los DRA será “ESI SEVILLA”.

5.1. Características de red a diseñar

5.1.1 Topología de red

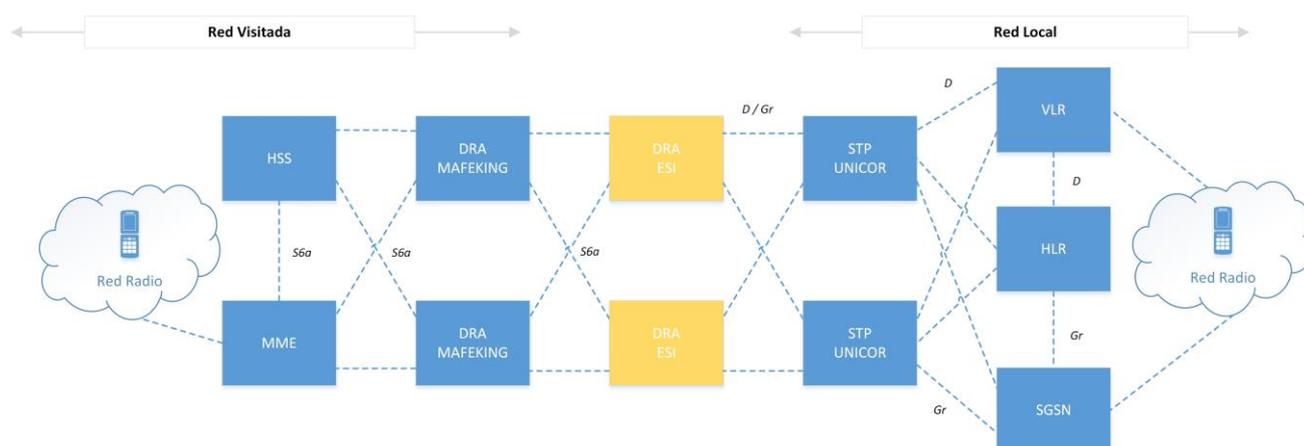


Figura 20: Topología de red a implementar

Realizaremos dos diseños por separado, por un lado realizaremos el diseño de la interconexión con la operadora local “Unicor” que utilizará señalización MAP y de manera paralela veremos el diseño para la interconexión hacia una operadora remota denominada “Mafeking Telecom” definida para señalización Diameter. Para aportar robustez a la red diseñada se implementará, como veremos en apartados posteriores, redundancia a nivel de nodos, a nivel SCTP y a nivel IP.

Para ello, en los próximos apartados estudiaremos en primer lugar los pasos para interconectar los nodos a nivel IP aplicando la redundancia deseada, y se establecerán las asociaciones SCTP sobre las que se comunican ambos protocolos, MAP y Diameter.

5.1.2 Conectividad IP

El primer paso para el diseño de los enlaces según el esquema presentado, es asegurar que existe conectividad a nivel IP entre los nodos relacionados. Para ello utilizaremos el protocolo de encaminamiento BGP. Este protocolo se basa en el uso de Sistemas Autónomos (AS) para determinar el encaminamiento hacia una red que definiremos por su AS.

En nuestro diseño, para obtener redundancia a nivel IP, definiremos dos PE frontera de red y, mediante la creación de comunidades BGP dentro de nuestro Sistema Autónomo, definiremos la preferencia local para cada grupo de IPs, que denominaremos como plano. Para este diseño estableceremos dos planos, A y B para poder realizar el balanceo de carga de los enlaces a nivel IP además de asegurar la redundancia.

En concreto, se crearán dos comunidades BGP dentro del AS, la comunidad 12026:6400, que nombraremos como plano A y la comunidad 12026:6401, plano B. Cabe indicar que este diseño se balanceará la carga de tráfico por ambos planos por igual, como veremos más adelante en la conectividad SCTP.

El establecimiento de la preferencia para los planos que hemos definido debe ser configurado en los PE frontera de red. Al configurarlos como se determina en la siguiente figura aseguramos tanto el correcto balanceo de carga como la redundancia para que no exista interrupción del servicio en caso de no tener conectividad en uno de los planos:

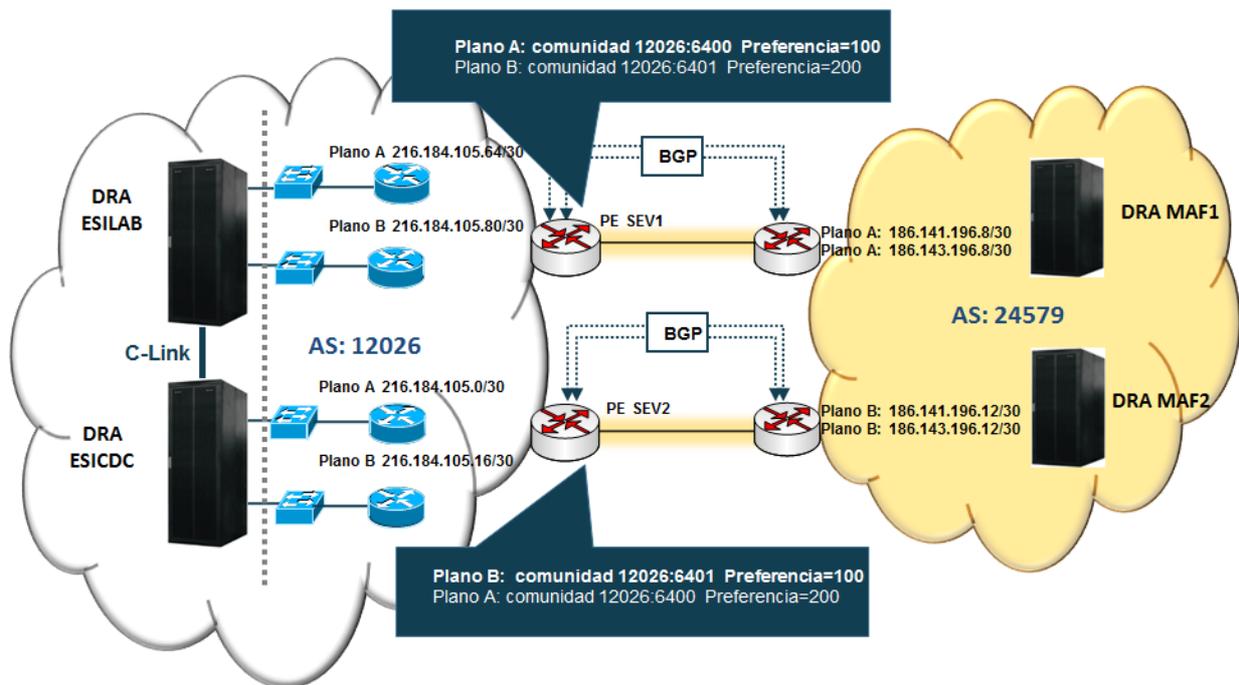


Figura 21 Interconexión PEs frontera mediante protocolo BGP.

Los rangos IP que asignaremos a cada plano en las dos conectividades a desarrollar son los siguientes:

Conectividad IP Unicor				
AS: Nodo:	12026		24579	
	DRA ESILAB	DRA ESICDC	STP COR1	STP COR2
Plano A (Comunidad BGP: 6400)	213.140.63.42/30	213.140.63.10/30	213.137.148.8/30	213.137.142.64/30
Plano B (Comunidad BGP: 6401)	213.140.63.58/30	213.140.63.26/30	213.137.148.64/30	213.137.142.80/30

Tabla 6: Conectividad IP para enlaces con Unicor

Conectividad IP Mafeking Telecom				
AS: Nodo:	12024		30381	
	DRA ESILAB	DRA ESICDC	DRA MAF1	DRA MAF2
Plano A (Comunidad BGP: 6400)	216.184.105.64/30	216.184.105.0/30	186.141.196.8/30	186.143.196.8/30
Plano B (Comunidad BGP: 6401)	216.184.105.80/30	216.184.105.16/30	186.141.196.12/30	186.143.196.12/30

Tabla 7: Conectividad IP para enlaces con Mafeking Telecom

En los siguientes apartados veremos como se interconectarán los nodos finales utilizando la red IP propuesta.

5.1.3 Conectividad SCTP

Para establecer la conectividad SCTP definiremos en todos los nodos que vamos a interconectar las IPs primarias y secundarias, el puerto SCTP que se va a configurar y el rol que van a ejercer, cliente o servidor. Este rol únicamente se utilizará a nivel SCTP para establecer la asociación, una vez establecida la asociación SCTP las capas de aplicación se podrán intercambiar mensajes entre ambos sin distinción entre cliente y servidor. Cabe indicar que en la especificación RFC 3588 se establece que el puerto SCTP del nodo servidor para Diameter será el 3868, mediante el que se recibirán las peticiones de los clientes interconectados. En nuestro diseño se va a proceder a establecer cuatro asociaciones SCTP, y cada una de ellas tendrá una IP primaria y una IP secundaria para tener redundancia a nivel IP en todas las asociaciones. En las siguientes tablas se presenta en cada fila una asociación SCTP.

ESI SEVILLA					PLANO IP PRIMARIO	Unicor				
Nodo	Rol	Puerto SCTP	IP Primaria	IP Secundaria		Nodo	Rol	Puerto SCTP	IP Primaria	IP Secundaria
DRA ESILAB	Cliente	4550	213.140.63.43	213.140.63.59	PLANO A	STP COR1	Servidor	4201	213.137.148.9	213.137.148.65
	Cliente	4215	213.140.63.59	213.140.63.43	PLANO B	STP COR2	Servidor	4201	213.137.142.65	213.137.142.81
DRA ESICDC	Cliente	4550	213.140.63.11	213.140.63.27	PLANO A	STP COR1	Servidor	4335	213.137.148.65	213.137.148.9
	Cliente	4215	213.140.63.27	213.140.63.11	PLANO B	STP COR2	Servidor	4335	213.137.142.81	213.137.142.65

Tabla 8: Conectividad SCTP con operadora cliente

ESI SEVILLA					PLANO IP PRIMARIO	Mafeking Telecom				
Nodo	Rol	Puerto SCTP	IP Primaria	IP Secundaria		Nodo	Rol	Puerto SCTP	IP Primaria	IP Secundaria
DRA ESILAB	Servidor	3868	216.184.105.66	216.184.105.82	PLANO A	DRA MAF1	Ciente	3920	186.141.196.10	186.141.196.14
	Servidor	3868	216.184.105.82	216.184.105.66	PLANO B	DRA MAF2	Ciente	3920	186.143.196.10	186.143.196.14
DRA ESICDC	Servidor	3868	216.184.105.2	216.184.105.18	PLANO A	DRA MAF1	Ciente	3921	186.141.196.14	186.141.196.10
	Servidor	3868	216.184.105.18	216.184.105.2	PLANO B	DRA MAF2	Ciente	3921	186.143.196.14	186.143.196.10

Tabla 9: Conectividad SCTP con operadora remota

El esquema de las asociaciones especificadas en la tabla anterior quedaría de la siguiente manera:

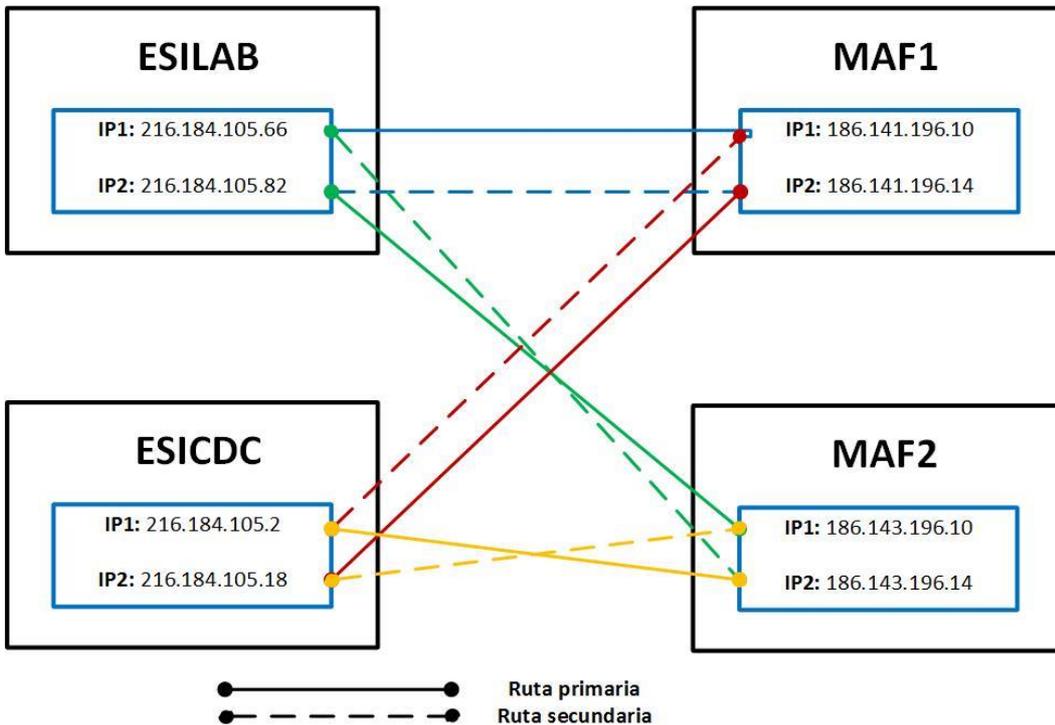


Figura 22: Diagrama interconexiones SCTP operadora remota.

En el momento en el que en ambos nodos, cliente y servidor, se activen las asociaciones, se producirá el paso de mensajes definido en la especificación RFC 2960 para crear la asociación SCTP entre ambos.

5.1.4 Conectividad MAP con operadora local.

Una vez realizada la conectividad a nivel SCTP, debemos definir los Códigos de Punto (PC) de cada una de las STPs de la operadora local y del DRA, además de conocer los rangos de nodos SCCP, definidos por el rango de Título Global (GT) que posee la operadora a la que vamos a darle servicio. También es importante determinar con la operadora cliente que protocolo se utilizará como capa de adaptación sobre SCTP. En este ejemplo, tal y como mostrábamos en la pila de protocolos anteriormente, se utilizará el protocolo M2PA, especificado según RFC4165. Una vez establecidas las asociaciones SCTP, los datos básicos a compartir con la operadora para realizar esta conectividad son los siguientes:

STP	PC 3-8-3	PC Decimal	Proveedor	Rango Título Global (GT)	Conversión IMSI-MGT	Protocolo	Modo
COR1	2-056-5	4549	Tekelec	34652	34687	M2PA	Multihoming
COR2	2-056-6	4550	Tekelec			M2PA	Multihoming

Tabla 10: Parámetros STPs operadora cliente

STP	PC 3-8-3	PC Decimal	Proveedor	Rango Título Global (GT)	Conversión IMSI-MGT	Protocolo	Modo
ESILAB	2-013-1	4201	Huawei	-	-	M2PA	Multihoming
ESICDC	2-014-7	4215	Huawei			M2PA	Multihoming

Tabla 11: Parámetros STPs incluidas en el DRA

Una vez configurados estos parámetros, ambos nodos se encontrarán preparados para tener conectividad SCCP y así poder comenzar cualquier tipo de diálogo de protocolo de aplicación como MAP, CAMEL... El paso de mensajes que se realiza para el establecimiento de esta conectividad M2PA será el definido en la especificación RFC4165.

Una vez finalizado el procedimiento para el establecimiento de enlace M2PA, la capa MTP3 se comunicará entre ambos nodos para asegurar la correcta comunicación entre los mismos. Para ello, se envía un mensaje SLTM (*Signaling Link Test Message*) para verificar el estado del enlace, y el nodo quedará a la espera de recibir del extremo remoto un mensaje SLTA (*Signaling Link Test Acknowledgment*) confirmando que se encuentra operativo. El mismo mecanismo se ejecutará a continuación en sentido contrario para confirmar el correcto funcionamiento del enlace y, a partir de este punto ya se podrán intercambiar mensajes con datos de capas superiores y no será necesario que la comunicación se inicie desde el nodo cliente, se podrá iniciar desde ambos nodos indistintamente.

5.1.5 Conectividad Diameter con operadoras visitadas.

Para el establecimiento de la conectividad Diameter, una vez establecidas correctamente las asociaciones SCTP como se ha descrito anteriormente, se comienzan a intercambiar entre ambos nodos señalización Diameter. En primer lugar, ambos nodos compartirán las capacidades que poseen, mediante los mensajes *CER/CEA* (*Capabilities-Exchange-Request/Answer*), tales como la versión del protocolo y los mecanismos de seguridad que utilizarán. Esta comunicación también será iniciada desde el nodo cliente como podemos observar en el siguiente diagrama:

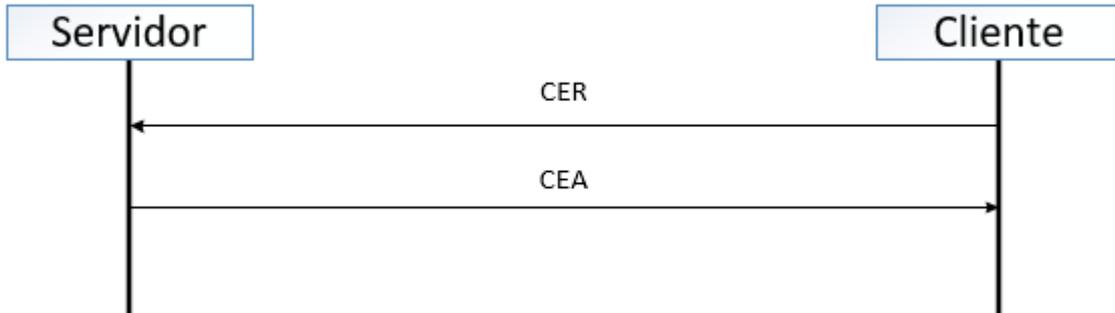


Figura 23: Establecimiento conectividad Diameter

La información mínima necesaria para el correcto encaminamiento Diameter que debemos compartir con la operadora o grupo de operadoras para que se realice correctamente se resume en la siguiente tabla. En los IR21, documentos oficiales realizados por parte de cada operadora, encontraremos información mucho más detallada sobre la red de la operadora remota.

Información nodos Diameter				
	ESI Sevilla		Mafeking Telecom	
Nombre del nodo:	DRA LAB	DRA CDC	DRA MAF1	DRA MAF2
Tipo de Nodo (DRA HSS, MME...):	DRA	DRA	DRA	DRA
E.212 Código de país móvil (MCC):	214		655	
E.212 Código de red móvil (MNC):	24		12	
Proveedor:	Huawei	Huawei	Ericsson	Ericsson
Identificador de nodo:	dralab.esi.grx	dracdc.esi.grx	dra1.mafeking.grx	dra2.mafeking.grx
Identificador de red:	epc.mnc024.mcc214.3gppnetwork.org		epc.mnc012.mcc655.3gppnetwork.org	

Tabla 12: Información nodos Diameter.

5.2. Lógica de encaminamiento

La lógica de encaminamiento que deberemos implementar en el DRA vendrá dictada en su mayoría por la especificación que ya hemos mencionado en este proyecto anteriormente, 3GPP TS 29.305. En la misma, existen algunos principios que difieren de cualquier encaminamiento SS7 o Diameter que se realiza habitualmente por lo que se vamos a resumirlos a continuación. Los principios para que cualquier nodo DRA pueda realizar correctamente la función de pasarela entre Diameter y SS7 son los siguientes:

- Para un mismo usuario, los mensajes de ida y vuelta deben encaminarse mediante los mismos DRA durante la duración de cualquier diálogo MAP/Diameter.

- Para asegurar el correcto encaminamiento en escenarios en los que se interconectan MAP y Diameter, los DRA deben realizar una asignación de cada nodo SS7 con cada nodo Diameter 1 a 1. Esto se podrá realizar mediante una configuración estática o dinámica.

- Para asegurar que cada petición MAP o Diameter se responde correctamente será necesario que los DRA relacionen cada identificador de diálogo MAP con el identificador de sesión Diameter 1 a 1.

En los siguientes subapartados procedemos a estudiar en detalle el encaminamiento que tendremos en los dos posibles escenarios que estudiamos en este documento, señalización generada en la red visitada por usuarios de la operadora local mediante protocolo Diameter y señalización generada en la red local por usuarios de la red visitada mediante protocolo MAP.

5.2.1 Señalización generada en la red visitada mediante protocolo Diameter

Este escenario lo encontraremos cuando un usuario de la red local realiza un intento de registro en una red visitada LTE. El primer mensaje es enviado por la red LTE (por ejemplo desde el MME hacia el HLR vía DRA), y el paso de mensajes que nos encontraremos será el siguiente, donde hemos utilizado la siguiente nomenclatura:

Diameter UIR: Corresponde al código de comando Diameter 318: *Authentication Information Request*.

Diameter ULR: Corresponde al código de comando Diameter 316: *Update Location Request*.

MAP SAI: Corresponde al código de operación MAP 56: *Send Authentication Info*.

MAP LU: Corresponde al código de operación MAP 2: *Update Location*.

MAP ISD: Corresponde al código de operación MAP 7: *Insert Subscriber Data*.

Los términos *Begin*, *Continue* y *End* en las trazas MAP pertenecen al protocolo TCAP .

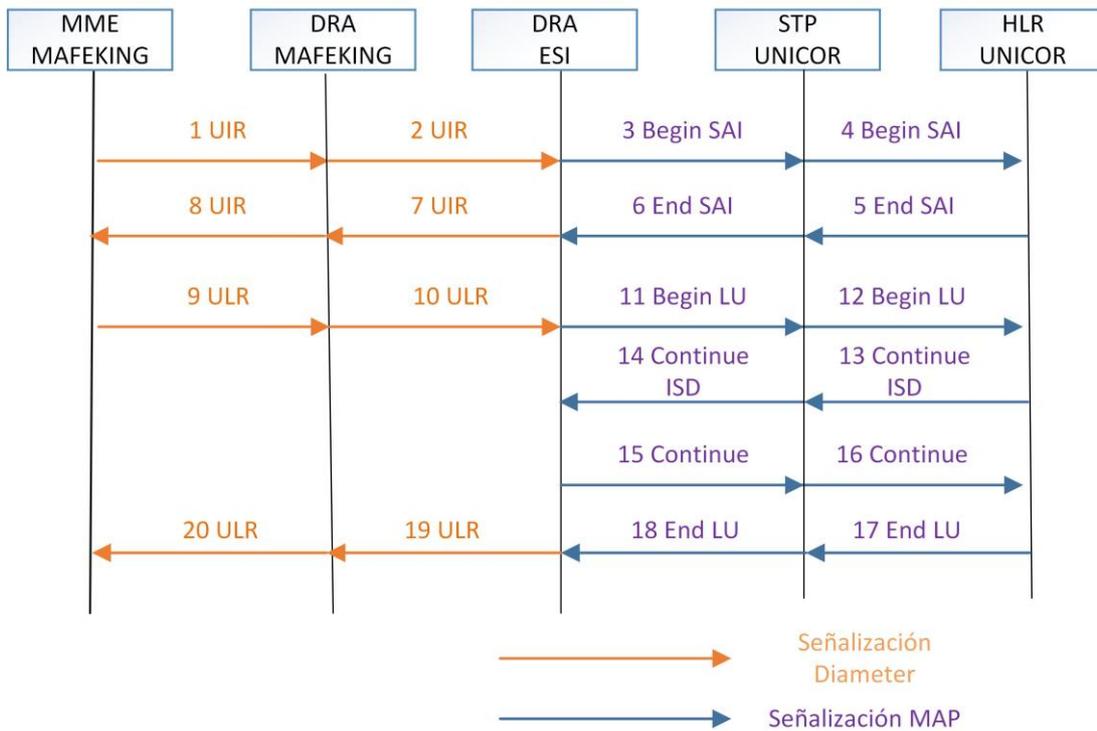


Figura 24: Paso de mensajes señalización iniciada en red visitada

Las trazas Diameter que recibamos desde cualquier operadora visitada serán analizadas mediante el campo “*Destination Realm*”. En el caso que no coincida con ninguno de los especificados para la operadora cliente, se descartará dicha señalización o se devolverá el error Diameter que especifique la operadora cliente, habitualmente se utilizarán los errores 3002 “*Diameter unable to Deliver*” o 3003 “*Diameter Realm Not Served*”. Del mismo modo verificaremos que el campo “*Origin Realm*” de la traza se encuentra entre aquellas operadoras con la que existen acuerdos activos. Tras ello se realizará la conversión del campo “*Origin Realm*” al campo “*SCCP Calling Party Number*” para que la operadora pueda reconocer la operadora origen de la transacción.

En el caso en el que la señalización sea perteneciente a la operadora cliente, el DRA procederá a la conversión Diameter/MAP, modificando en primer lugar el código de operación y a continuación todos aquellos campos necesarios para su encaminamiento mediante MAP. Mostramos como ejemplo la conversión realizada por el nodo DRA entre las trazas 10 *Begin ULR* y la 11 *Begin LU* en el paso de mensajes anterior. Indicamos de manera resumida la conversión de los campos de encaminamiento más relevantes y a continuación el ejemplo de las trazas completas:

Campo traza Diameter	Valor	Campo traza MAP	Valor
Origin Host	dra1.mafeking.grx	SCCP Calling Party Address	48790991025
Origin Realm	epc.mnc012.mcc655.3gppnetwork.org	MTP3 Originating Point Code	2-056-5
Destination Host	dralab.esi.grx	SCCP Called Party Address	346874516983181
Destination Realm	epc.mnc024.mcc214.3gppnetwork.org	MTP3 Destination Point Code	2-013-1
Command Code	316 = Update Location Request	Operation Code	2 = updateLocation
Private ID	214024516983181	IMSI	214024516983181

Tabla 13: Conversión parámetros Diameter/MAP

La traza que se recibe en el DRA tendría los siguientes campos:

=== Internet Protocol ===

IP Version	4 = IPv4, Internet Protocol
Upper Layer Protocol	132 = Stream Control Transmission Protocol
Source IP Address	186.141.96.10 = DRA MAF1
Destination IP Address	216.184.105.66 = DRA ESILAB

=== Stream Control Transmission Protocol ==

SCTP Source Port	3920 = Diameter AAA protocol
SCTP Destination Port	3868 = Diameter AAA protocol
--- Payload Data ---	
Chunk Type	0 = Payload
Length	656
TSN	47574036
Stream Sequence Number	23155
Payload Protocol Identifier	46 = Unassigned

=== Diameter AAA protocol ===

Command Type	1..... = Request
Proxiable	.1..... = Allowed
Error	..0..... = No Protocol Error
Potentially Retransmitted Message	...0.... = First Time Transmission
Command Code	316 = Update Location Request

Application Id	01000023h = 3GPP S6a,S6d
Hop-by-hop Id	2147955
End To End Identifier	349680781
--- Update Location Request ---	
Session Id	'dra1.mafeking.grx;0;1476616042;225686670'
--- Vendor Specific Application Identifier ---	
Vendor Id	10415 = 3GPP
Authentication Application Identifier	16777251 = 3GPP S6a,S6d
Origin Host	'dra1.mafeking.grx'
Origin Realm	'epc.mnc012.mcc655.3gppnetwork.org'
Destination Host	'dralab.esi.grx'
Destination Realm	'epc.mnc024.mcc214.3gppnetwork.org'
Private Id	'214024516983181'
Vendor Id	10415 = 3GPP
--- Terminal Information ---	
IMEI	'35616407093300'
Software Version	'10'
Rat Type	1004 = EUTRAN
--- ULR Flags ---	
SMS ONLY INDICATION	0..... = Flag is not set
PS LCS Not Supported By UE	.0..... = Flag is not set
Initial Attach Indicator	..0..... = Flag is not set
Node Type Indicator	...0.... = Flag is not set
GPRS Subscription Data Indicator	....0... = Flag is not set
Skip Subscriber Data	.....1.. = Flag is set
S6A S6D Indicator	.....1. = Flag is set
Single Registration Indication	.....1 = Flag is set
--- Visited PLMN Id ---	
MCC	655
MNC	12
UE SRVCC Capability	1 = UE-SRVCC-SUPPORTED
Route Record	'mmecC8.mmegi8003.mme.epc.mnc012.mcc655.3gppnetwork.org'

El encaminamiento de la traza anterior que realizará el DRA será el siguiente:

=== Internet Protocol ===

IP Version	4 = IPv4, Internet Protocol
Upper Layer Protocol	132 = Stream Control Transmission Protocol
Source IP Address	213.140.63.43 = class C
Destination IP Address	213.137.148.9 = class C

=== Stream Control Transmission Protocol ===

SCTP Source Port	4550 = Unassigned
SCTP Destination Port	4201 = Unassigned
--- Payload Data ---	
Chunk Type	0 = Payload
TSN	3678068726
Stream Identifier	1
Stream Sequence Number	1658
Payload Protocol Identifier	5 = MTP2-User Peer-to-Peer Adaptation Layer

=== MTP2-User Peer-to-Peer Adaptation Layer ===

Message Class	11 = M2PA Messages
Message Type	1 = User Data
Backward Sequence Number	445684
Forward Sequence Number	24367734

=== Message Transfer Part3 ===

Service Indicator	....0011 = SCCP
Network Indicator	00..... = International network
Destination Point Code	2-013-1 = ESILAB
Originating Point Code	2-056-5 = COR1
Signalling Link Selection	14

=== Signalling Connection Control Part ===

--- Called Party Address ---

Point Code indicator	.....0 = Point code not present
SSN Indicator	.....1 = Subsystem number present
Global Title Indicator	..0100.. = Global title includes translation type, numbering plan, encoding scheme and nature of address indicator
Routing indicator	.0..... = Routing based on global title
Reserved for national use	0.....
Subsystem Number	6 = HLR
Translation Type	0 = Unknown
Numbering Plan	0111.... = ISDN/Mobile Numbering Plan (ITU-T E.214)
Nature of Address indicator	04h = International number
Global Title Address	346874516983181

--- Calling Party Address ---

Point Code indicator	.....0 = Point code not present
SSN Indicator	.....1. = Subsystem number present
Global Title Indicator	..0100.. = Global title includes translation type, numbering plan, encoding scheme and nature of address indicator
Routing indicator	.0..... = Routing based on global title
Subsystem Number	7 = VLR
Translation Type	0 = Unknown
Numbering Plan	0001.... = ISDN/Telephony Numbering Plan (ITU-T E.163 and E.164)
Global Title Address	48790991025

=== Transaction Capabilities Appl. Part ===

--- Begin ---

TAG Field	62h = [APPLICATION 2]
-----------	-----------------------

--- Application Context ---

STD BODY	0 = ETSI
DOMAIN	0 = Mobile Domain
NETWORK	1 = Gsm/UMTS Network
CTXID	0 = AC Id
CTXNAME	1 = Network Loc Up
VERSION	3 = VERSION3

=== Mobile Application Part ===

Operation Code	2 = updateLocation
IMSI	214024516983181
--- MSC Number ---	
Numbering plan	....0001 = ISDN/Telephony Numbering Plan (Rec CCITT E.164)
Nature of address	.001.... = international number
MSC Number	48790991025
--- VLR Number ---	
TAG Field	04h = OCTET STRING
Length	7
Numbering plan	....0001 = ISDN/Telephony Numbering Plan (Rec CCITT E.164)
Nature of address	.001.... = international number
extension	1..... = Last octet
VLR Number	48790991025

5.2.2 Señalización generada en la red local mediante protocolo MAP

Los mensajes originados por la red 2G/3G hacia el DRA (por ejemplo desde el SGSN hacia el HSS vía DRA) se producirán en los intentos de registro de usuarios de redes visitadas que utilizan señalización Diameter en la red local 2G/3G. En este escenario los rangos SCCP origen y destino se utilizarán para identificar los nodos y/o redes Diameter y relacionarán todos los diálogos que pertenezcan a los mismos nodos e IMSI. Tendremos el siguiente paso de mensajes:

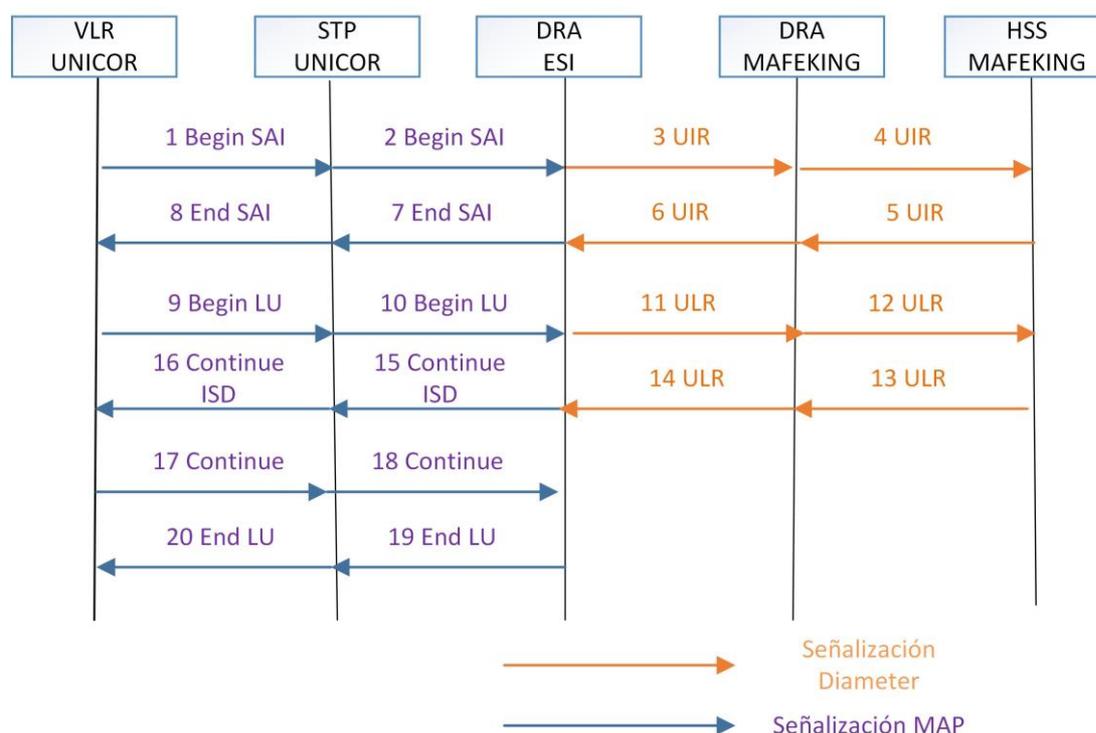


Figura 25 Paso de mensajes señalización iniciada en red local.

Se analizará en primer lugar el campo “*SCCP Calling Party Number*” con el objetivo de asegurar que todas las trazas recibidas se encuentran dentro del rango de nodos de red de la operadora local. En caso de no pertenecer a la operadora se considerará como fraude y se descartará o se devolverá un error SCCP del tipo “*No translation for this specific address*”, según la preferencia de la operadora cliente. Tras ello se procederá a analizar el campo “*SCCP called party number*”, el DRA tendrá almacenada una tabla con todos los rangos de aquellas operadoras que posean acuerdos con la operadora cliente y se encaminará mediante los enlaces Diameter hacia el nodo DRA, MME o HSS mediante los campos “*Destination Realm*” y “*Destination Host*”. A modo de ejemplo veremos de nuevo la conversión llevada a cabo en el DRA entre las trazas 10 y 11. Mostraremos los parámetros más relevantes en la siguiente tabla y a continuación la traza completa que se recibiría y la que se encaminaría tras realizar la conversión MAP/Diameter.

Campo traza MAP	Valor	Campo traza Diameter	Valor
<i>SCCP Calling Party Address</i>	346524675548	<i>Origin Host</i>	<i>dralab.esi.grx</i>
<i>MTP3 Originating Point Code</i>	2-013-1	<i>Origin Realm</i>	<i>epc.mnc024.mcc214.3gppnetwork.org</i>
<i>SCCP Called Party Address</i>	487905576455132	<i>Destination Host</i>	<i>dra1.mafeking.grx</i>
<i>MTP3 Destination Point Code</i>	2-065-5	<i>Destination Realm</i>	<i>epc.mnc012.mcc655.3gppnetwork.org</i>
<i>Operation Code</i>	2=updateLocation	<i>Command Code</i>	316 = Update Location Request
<i>IMSI</i>	655125576455132	<i>Private ID</i>	655125576455132

Tabla 14: Conversión parámetros MAP/Diameter

En este caso, recibiríamos en el DRA la siguiente traza (traza 10 de la imagen anterior):

==== Internet Protocol ====

IP Version 4 = IPv4, Internet Protocol
Upper Layer Protocol 132 = Stream Control Transmission Protocol
Source IP Address 213.137.148.9 = class C
Destination IP Address 213.140.63.43 = class C

==== Stream Control Transmission Protocol ====

SCTP Source Port 4201 = Unassigned
SCTP Destination Port 4550 = Unassigned
--- Payload Data ---
Chunk Type 0 = Payload
TSN 3678068726
Stream Sequence Number 1658
Payload Protocol Identifier 5 = MTP2-User Peer-to-Peer Adaptation Layer

==== MTP2-User Peer-to-Peer Adaptation Layer ====

Message Class 11 = M2PA Messages
Message Type 1 = User Data
Backward Sequence Number 963547
Forward Sequence Number 10046277
==== Message Transfer Part3 ====

Service Indicator	....0011 = SCCP
Network Indicator	00..... = International network
Destination Point Code	2-065-5 = COR1
Originating Point Code	2-013-1 = ESILAB
Signalling Link Selection	14
=== Signalling Connection Control Part ===	
--- Called Party Address ---	
SSN Indicator	.....1. = Subsystem number present
Global Title Indicator	..0100.. = Global title includes translation type, numbering plan
Routing indicator	.0..... = Routing based on global title
Reserved for national use	0.....
Subsystem Number	7 = VLR
Translation Type	0 = Unknown
Numbering Plan	0111.... = ISDN/Mobile Numbering Plan (ITU-T E.214)
Encoding Scheme	....0001 = BCD, odd number of digits
Nature of Address indicator	04h = International number
Global Title Address	487905576455132
--- Calling Party Address ---	
SSN Indicator	.....1. = Subsystem number present
Global Title Indicator	..0100.. = Global title includes translation type, numbering plan
Routing indicator	.0..... = Routing based on global title
Reserved for national use	0.....
Subsystem Number	6 = HLR
--- Global Title ---	
Translation Type	0 = Unknown
Numbering Plan	0001.... = ISDN/Telephony Numbering Plan (ITU-T E.163 and E.164)
Encoding Scheme	....0001 = BCD, odd number of digits
Nature of Address indicator	04h = International number
Address	346524675548
=== Transaction Capabilities Appl. Part ===	
--- Begin ---	
--- Originating Transaction ID ---	
Length	4
Originating Transaction ID	03F31270h
--- Application Context ---	
ORG	4 = Identified Organization
STD BODY	0 = ETSI
DOMAIN	0 = Mobile Domain
NETWORK	1 = Gsm/UMTS Network
CTXID	0 = AC Id

CTXNAME 1 = Network Loc Up
VERSION 3 = VERSION3

==== Mobile Application Part ====

Operation Code 2 = updateLocation
--- Update Location ---
IMSI 655125576455132
--- MSC Number ---
Numbering plan0001 = ISDN/Telephony Numbering Plan (Rec CCITT E.164)
Nature of address .001.... = international number
extension 1..... = Last octet
MSC Number 346524675548
--- VLR Number ---
Numbering plan0001 = ISDN/Telephony Numbering Plan (Rec CCITT E.164)
Nature of address .001.... = international number
VLR Number 346524675548

Y la traza que se encaminaría hacia la operadora remota, una vez formada con el protocolo Diameter, sería la siguiente:

==== Internet Protocol ====

IP Version 4 = IPv4, Internet Protocol
Upper Layer Protocol 132 = Stream Control Transmission Protocol
Source IP Address 216.184.105.66 = DRA ESILAB
Destination IP Address 186.141.96.10 = DRA MAF1

==== Stream Control Transmission Protocol ====

SCTP Source Port 3868 = Diameter AAA protocol
SCTP Destination Port 3920 = Diameter AAA protocol
Stream Sequence Number 23155
Payload Protocol Identifier 46 = Unassigned

==== Diameter AAA protocol ====

Command Type 1..... = Request
Command Code 316 = Update Location Request
Application Id 01000023h = 3GPP S6a,S6d
Origin Host 'dralab.esi.grx'
Origin Realm 'epc.mnc024.mcc214.3gppnetwork.org'
Destination Host 'dra1.mafeking.grx'
Destination Realm 'epc.mnc012.mcc655.3gppnetwork.org'
Private Id '655125576455132'
Vendor Id 10415 = 3GPP
--- Terminal Information ---

IMEI	'356164093300'
Software Version	'10'
Rat Type	1004 = EUTRAN
Homogeneous Support IMS	1 = SUPPORTED
--- ULR Flags ---	
SMS ONLY INDICATION	0..... = Flag is not set
PS LCS Not Supported By UE	.0..... = Flag is not set
Initial Attach Indicator	..0.... = Flag is not set
Node Type Indicator	...0... = Flag is not set
GPRS Subscription Data Indicator	....0.. = Flag is not set
Skip Subscriber Data	.....1.. = Flag is set
S6A S6D Indicator	.....1. = Flag is set
Single Registration Indication	.....1 = Flag is set
--- Visited PLMN Id ---	
MCC	214
MNC	2
UE SRVCC Capability	1 = UE-SRVCC-SUPPORTED
--- Route Record ---	
Route Record	'mmeB.mmegi8003.mme.epc.mnc024.mcc214.3gppnetwork.org'

6 CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

Las redes móviles 4G necesitan interoperar con las redes 3G, pero no todos los operadores móviles migrarán hacia las nuevas tecnologías al mismo tiempo. Tal y como hemos visto durante todo el documento, esto provoca un híbrido entre los elementos de red 3G y 4G que hay que intentar operar con la mayor fiabilidad posible para dar el mejor servicio posible al usuario.

En este proyecto se ha tratado de realizar de una labor de investigación y análisis de una tecnología creciente, con unas particularidades que hacen interesante realizar un estudio. Se ha intentado dar una visión completa del problema analizando las principales características de las redes 4G e intentando comparar los nuevos elementos de red con los existentes en las redes anteriores. Tras ello, hemos procedido a valorar las posibles opciones existentes para realizar la transición entre tecnologías, centrándonos finalmente en el nod DRA, valorando las diferentes opciones que nos ofrece el mercado para realizar la función de pasarela para Diameter y realizando un ejemplo de diseño con la mayor similitud a la realidad posible.

Al comienzo del proyecto analizamos la estructura de la red LTE, pudiendo comprobar que la nueva estructura de red creada no difiere totalmente de la anterior estructura 2G-3G, por lo que pasamos a realizar una comparativa directa entre los elementos de ambas tecnologías. Los nodos LTE aportan un valor añadido y mejoras a la mayoría de nodos existentes.

Una vez comparadas ambas tecnologías pasamos a investigar la problemática en la que se basa el proyecto, roaming LTE, por lo que analizamos los escenarios existentes y se aprecia que, dependiendo de los acuerdos existentes pueden existir multitud de escenarios diferentes y tanto la red local como la red visitada tienen que ser capaces trabajar correctamente aportando un correcto servicio en cada uno de los escenarios. En este punto se comienza a apreciar que la posibilidad de implementar un nodo que realice todo este tipo de tratamientos liberando a la red de este tipo de tareas puede resultar beneficioso para las operadoras.

Para determinar las posibles opciones que existen para que las operadoras realicen correctamente una migración de su tráfico roaming de 2G/3G a 4G estudiamos previamente las características necesarias en las redes para el plano de señalización en el ámbito Roaming en las redes LTE.

En el estudio de las posibles soluciones que existen para el correcto comportamiento de las redes se observa con facilidad que la solución de handover tiene una aplicación complicada ya que requiere el entendimiento entre todas las redes y operadoras, aspecto que a nivel global requiere una gran complejidad por el distinto nivel de desarrollo que tienen las operadoras globalmente. En este apartado se concluye que la mejor opción para las operadoras es la de confiar en un nuevo nodo de red denominado DRA (*Diameter Routing Agent*) para confiar en este nodo este tipo de funcionalidad y, como ya se ha comentado a lo largo del proyecto, provocar que la migración en la red hacia LTE se pueda realizar de manera interna al ritmo que la operadora estime oportuno sin esto afectar en las relaciones internacionales ni afecte a los usuarios de la operadora que realicen roaming en otras redes.

Durante la realización del proyecto hemos confirmado un aspecto que se podía intuir desde el principio. Han existido dos grandes dificultades a la hora de llevar el mismo a cabo. La primera dificultad relacionada con el entendimiento de la norma creada sobre 4G y Diameter para poder explicar ambos conceptos. En muchos casos estas normativas son densas y no es fácil discernir la información útil del resto de ideas y recomendaciones que aparecen en las mismas. La segunda dificultad ha estado relacionada con la escasez de información que proveen los fabricantes y proveedores de productos a nivel técnico. Al comparar varios de los DRA que ofrece el mercado obtenemos muchas características similares en este tipo de nodos, por lo que no es fácil sin mostrar a los proveedores la intención de adquirir un producto encontrar detalle entre los distintos DRA que puedan discernir una posible elección entre los mismos.

La solución que hemos presentado en este proyecto a la problemática de interconectividad de redes 3G y LTE para distintas operadoras alcanzaría correctamente el objetivo propuesto en el inicio del documento, que los usuarios de cualquier operadora puedan realizar itinerancia de red en operadoras visitadas sin depender de la tecnología implementada en ambos extremos mediante un nodo intermedio llamado DRA. Sin embargo, sobre este nodo se pueden implementar múltiples servicios de valor añadido para los usuarios de la operadora cliente, pudiendo liberar a la red de la operadora de múltiples procesamientos. Algunos ejemplos de estos servicios son los siguientes:

- Mecanismos de elección de red preferida: Todas las operadoras tienen acuerdos comerciales con distintas operadoras o grupos de operadoras. Estos acuerdos serán más beneficiosos en algunos casos y, dentro de un mismo país, puede resultar más conveniente a la operadora cliente que sus usuarios se registren en ciertas redes preferidas o incluso determinar porcentajes entre las operadoras existentes en el país. De esta manera es posible, tanto en MAP como en Diameter, rechazar los intentos de registro mediante causas como *“Roaming Not Allowed”*. Esto se puede realizar directamente sobre el DRA sin tener que alcanzar esta señalización el HLR o HSS local.
- SMS de bienvenida: Los SMS de bienvenida a otra red visitada es otro de los servicios para los que no es necesario apoyo de la red local y desde el DRA se puede implementar el servicio de manera completa sin depender de la operadora local. Verificando el *“origin realm”* en Diameter o el *SCCP Calling Party Number* en la capa SCCP podremos reconocer la operadora en la que se está registrando el usuario y enviarle el SMS que se determine para la operadora cliente para cada país u operadora visitada.
- Mecanismos de corrección de llamadas: En determinadas ocasiones, especialmente para usuarios que tienen un perfil que incluye el protocolo CAMEL como protocolo de red inteligente, es posible verificar en el DRA esta señalización de protocolo CAMEL y verificar si la marcación del usuario ha sido la correcta y corregir errores comunes como la falta de prefijo internacional. Algunos DRA, como el visto del proveedor Diametriq, incluyen características CAMEL para LTE por lo que sería posible proveer este tipo de servicios.

Otro de los aspectos a tener en cuenta en cualquier nodo DRA o 4G que se implemente es que, pese que las redes LTE no se encuentran completamente desarrolladas España y aún existen países que continúan teniendo la red 3G como mayoritaria, ya se han realizado diversas pruebas con redes de quinta generación. Se estima en 2020 la fecha de inicio de lanzamiento de esta nueva tecnología y a día de hoy no existen normas que definan con claridad como se realizará la itinerancia de la quinta generación, pero sería interesante poder plantear en nodos como los DRAs vistos en este proyecto la operabilidad de la quinta generación para liberar a las operadoras finales de implementaciones que no sean necesarias.

7 BIBLIOGRAFÍA

Publicaciones:

Camarillo, A., García-Martín M.A., *The IP Multimedia Subsystem (IMS)*, Segunda edición , 2006.

“*LTE Data Roaming over IPX Service Schedule*”, Release 1.0, 2013-2014

Lee Dryburgh, Jeff Hewett , “*Signaling System No. 7 (SS7/C7): Protocol, Architecture, and Services*”, 2005

Páginas Web:

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

<http://www.etsi.org/>

<https://www.dialogic.com/en/products/signaling-and-ss7-components/signaling-software.aspx>

<http://www.sonus.net/sites/default/files/sonus-integrated-diameter-ss7-wp-01302015.pdf>

<http://www.syniverse.com/files/LTE-Roaming-BARG-Workshop-bj.pdf>

<http://cpci.co/Blog/diameter-edge-agent-diameter-to-ss7-interworking.html>

<http://www.broadforward.com/diameter-signaling-controller-dsc-2/>

http://www.efort.com/media_pdf/DIAMETER_ROAMING_ENG.pdf

<http://www.lteandbeyond.com/2012/01/functions-of-main-lte-packet-core.html>

<https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/lte-network-infrastructure-and-elements>

<http://diameter-protocol.blogspot.com.es/2012/10/list-of-result-codes.html>

<http://go.radisys.com/rs/radisys/images/paper-lte-diameter-eps.pdf>

<https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/lte-network-infrastructure-and-elements#TOC-3.-Evolved-Packet-Core-EPC-and-its-Components>

<http://i3forum.org/wp-content/uploads/2014/05/i3F-LTE-Data-Roaming-over-IPX-Release-1-FINAL-2014-05-12.pdf>

<http://lteguide.blogspot.com.es/2011/11/s5s8-interface.html>

<https://tools.ietf.org/html/rfc3588>

<http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/2013/04/IR.88-v9.0.pdf>

http://www.tutorialspoint.com/lte/lte_network_architecture.htm

<http://wired-n-wireless.blogspot.com.es/2009/01/lte-interfaces.html>

8 REFERENCIAS

IETF 3588bis – Diameter Base Protocol

3GPP TS 29.002 V13.3.0 (2016-03) Mobile Application Part (MAP) specification (Release 13)

3GPP TS 29.272 (v8.3.0) – Mobility Management Entity (MME) and Serving GPRS Support Node (SGSN) related interfaces based on Diameter protocol (Release 8)

GSMA PRD IR.88 – “LTE Roaming Guidelines”, v1.0

3GPP TS 23.003 (v8.6.0) – UMTS; Numbering, addressing and identification (Release 8)

3GPP TR 29.909 (v8.1.2) – Diameter-based protocols usage and recommendations in 3GPP (Release 8)

3GPP TS 33.210 (v8.3.0) – 3G Security; Network Domain Security; IP network layer security (Release 8)

3GPP TR 29.805 (v8.0.0) – InterWorking Function (IWF) between MAP based and Diameter based interfaces, (Release 8)

3GPP TS 29.305 (v9.0.0) – InterWorking Function (IWF) between MAP based and Diameter based interfaces, (Release 9)

3GPP TS 23.292 (v9.4.0) – IP Multimedia Subsystem (IMS) centralized services; Stage 2, (Release 9)

3GPP TS 23.203 (v9.3.0) – Policy and charging control architecture, (Release 9)