



Por Ing. Yoandi Guzmán Quintero, Especialista A
en Ciencias Informáticas, Dpto. SAP, Dirección de
Desarrollo y Gestión de Aplicaciones, Dirección
Central Tecnologías de la Información, ETECSA
yoandi.guzman@etecsa.cu

Introducción

Hoy en día, los usuarios tienen gran necesidad de acceder a la información de una manera eficiente y rápida; es por eso que los servicios de voz, datos, inalámbricos y de cable están integrándose para facilitar más las comunicaciones y los negocios.

Brindar al usuario un mecanismo flexible de acceso a los servicios con transparencia respecto a las capacidades del terminal o la tecnología de red de acceso empleada es el principal objetivo de las comunidades científicas que, en todo momento, tratan de mejorar la eficiencia de aspectos relacionados con el soporte de movilidad y calidad de servicio extremo a extremo, así como aspectos relacionados con la autenticación, autorización, contabilidad y facturación —*Authentication, Authorization, Accounting and Charging (AAAC)*— y seguridad en un entorno basado en el uso del Protocolo IP como elemento básico de partida.

Las redes 3G experimentan su despliegue y estandarización final debido a que la atención está girando en torno a las redes inalámbricas de próxima generación. Las redes de cuarta generación (4G) están diseñadas para soportar una variedad personalizada de aplicaciones multimedia como video-conferencia, VoIP, VoD —*video on-demand*—, educación, mensajería multimedia, *streaming*, etc.

Las redes 4G coexistirán e interactuarán con los sistemas de comunicación móvil existentes 2G y 3G, así como las comunicaciones satelitales, WLAN —*Wireless Local Area Network*— e IEEE 802.16e, también conocido como WMAN —*Wireless Metropolitan Area Network*— o WiMAX —*Worldwide Interoperability for Microwave Access*— [1], todas interconectadas a través del proveedor de servicios de *backbone* IP e Internet. En este ambiente de redes heterogéneas, donde interactúan los desafíos tradicionales de itinerancia (*roaming*), seguridad, calidad del servicio (QoS) con nuevos retos como la buena elección de una red que integre

la necesidad de los usuarios y la existencia del *roaming* global, deberán ser encontradas soluciones apropiadas y a la medida.

La gestión y la operación eficaz, segura y eficiente en el diseño previsto para las redes 4G es un desafío inmenso. Las operaciones en las redes tradicionales, los métodos y los protocolos de gestión como CMIP, TMN, SNMP y WBEM no serán suficientes para soportar una comunicación compleja y un variado ambiente de servicio. Es necesario encontrar nuevos e inteligentes mecanismos y arquitecturas de gestión para enfrentar estos retos. Se han iniciado algunas investigaciones en la gestión y los servicios de redes inalámbricas de próxima generación, pero se requiere de un esfuerzo extra para lograr que operen de forma eficiente y efectiva en redes de 4G.

Este artículo expone los desafíos presentados en el ambiente de las redes 4G y define los requisitos para resolverlos, con énfasis en la arquitectura de gestión y las áreas funcionales por las que está compuesta. Consta de una primera sección que introduce el tema de las redes 4G y algunos de los beneficios que brinda y, un segundo acápite, que dispone y explica detalladamente cada uno de los componentes del diseño propuesto para la gestión en la red 4G.

Camino a la cuarta generación

Aún cuando está empezando el lanzamiento comercial de las redes móviles de tercera generación, basadas en la tecnología UMTS —*Universal Mobile Telecommunications System*—, ya se vislumbra la próxima generación, cuyas principales características podrían resumirse en núcleo IP, ubicuidad y servicios. En primer lugar, se basan en un núcleo IP encargado de ofrecer el transporte en la red y sobre esta base se edificarán los servicios tradicionales, así como los nuevos, para los que tendrán que ser implementados conceptos novedosos como QoS y AAA. Finalmente, el acceso heterogéneo a través de cualquier medio, ya sea fijo o móvil, con

un único terminal ofrecerá una mayor conectividad al usuario [2].

4G no es un estándar ni una tecnología definida como las anteriores, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento de la red inalámbrica adecuada en cada momento. La convergencia de dichas tecnologías surge de la necesidad de agrupar los diferentes estándares en uso con el objetivo de delimitar el ámbito de funcionamiento de cada uno de ellos y, también, de integrar todas las posibilidades de comunicación en un solo dispositivo de forma transparente al usuario[3].

El WWRF —*Wireless World Research Forum*— define 4G como una red que funciona con la tecnología de Internet, combinándola con otros usos y tecnologías como Wi-Fi —*Wireless Fidelity*— y WiMAX. Cuando el sistema utilice una red móvil como UMTS, la comunicación alcanzará una velocidad de 100Mbps que puede aumentar hasta 1 Gbps en aquellas situaciones en las que sea posible utilizar una red de área local como Wi-Fi para establecer dicha comunicación. En resumen, el sistema 4G debe ser capaz de compartir dinámicamente y utilizar los recursos de red que economizan los requerimientos del usuario 4G.

A todo lo dicho hasta el momento se puede añadir que, de acuerdo con los grupos 4G, las infraestructuras y los terminales deberán implementar al menos todos los estándares desde el 2G hasta el 3G, aunque la estructura se basará sólo en paquetes IP. Algunos de los estándares fundamentales para 4G son WiMAX, WiBro —*Wireless Broadband*— y 3GPP LTE —*Long Term Evolution*— [4]. Para poder hacer realidad esta red 4G es necesario no sólo integrar las tecnologías existentes, también hacer uso de nuevos esquemas de modulación o sistemas de antenas que permitan la convergencia de los sistemas inalámbricos.

El punto más atractivo de la 4G es la integración de las redes, con lo que desaparecería la frontera entre una red y otra, lo cual beneficia a los usuarios ya

que tendrán una conexión permanente —*always on*—, sin notar que durante su movilidad cambian constantemente las tecnologías de acceso, y adoptan la que le brinda mayor QoS en el momento. De este modo, el usuario tendrá servicios en cualquier sitio a cualquier hora y se espera que a un costo accesible que permita el progreso a estas tecnologías.

Elementos funcionales de una red 4G

En un escenario 4G aparecen diferentes tecnologías de acceso, las cuales serán complementarias de manera que todas puedan coexistir y, en función de sus necesidades, el cliente podrá optar por alguna de ellas. Por ejemplo, UMTS, CDMA

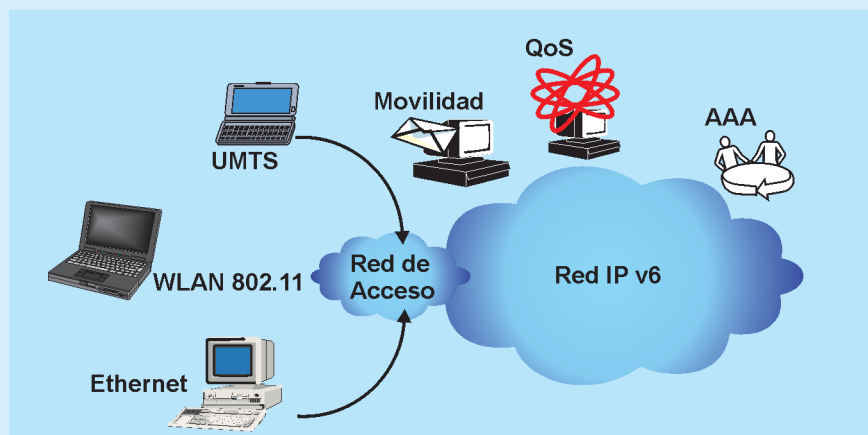


Figura 1 Arquitectura de la red 4G (Fuente: [5]).

2000, IEEE 802.11, 802.16 y Ethernet. En la siguiente figura se representan los elementos funcionales que integran una red 4G.

Los elementos más representativos de esta red son la calidad del servicio, la autenticación, la autorización, la contabilidad y la movilidad:

QoS: La tecnología IP como se concibió originalmente no ofrece garantías de calidad. Sin embargo, existen servicios, entre ellos el telefónico, con rigurosos requisitos de retardo y variación del retardo (*jitter*), lo que hace necesario añadir funcionalidad a IP para que las redes basadas en dicho protocolo sean capaces de soportar este tipo de servicios [5]. Para lograrlo, el modelo se basa en el uso de un elemento encargado de la gestión de calidad de servicio, llamado *QoS Broker*, que es el corazón del sistema de prestación de calidad de servicio en el entorno. Su principal función consiste en tomar las decisiones relativas al control de admisión, además de realizar las funciones de configuración de los dispositivos de la red, como *routers* de acceso y los AAAC.

AAAC: Las nuevas redes deberán contar con un sistema de autenticación y autorización para ofrecer formas seguras de identificación y acceso de usuarios. En este sentido, el sistema AAAC está encargado de comprobar la identidad de los usuarios, de controlar los servicios que se usan y facturarles por ello. Estos sistemas utilizan las redes IP para transportar la información de señalización necesaria [5].

Movilidad: Las redes de 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios que, aunque utilicen el mismo o distinto terminal, se conecten a la red mediante diferentes redes de acceso —WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.— operadas por distintas entidades. Esto requiere mecanismos que soporten traspasos (*handovers*) entre subredes con igual o desigual tecnología —traspaso horizontal y vertical— de forma eficiente y que tengan como elemento común el transporte IP. La base del soporte de movilidad en redes IPv6 es el protocolo *Mobile IPv6* [5].

Las operaciones y los requisitos de la gestión

A principios de 1980, se efectuaron las primeras operaciones de gestión y se creó el estándar de gestión de sistemas de la ISO-OSI [6]. Por aquella época, el estándar había identificado cinco áreas funcionales: gestión de fallos, gestión de configuración, gestión de contabilidad, gestión de funcionamiento y gestión de seguridad (FCAPS). Estas cinco áreas funcionales eran suficientes para cubrir la mayoría, si no todas, las ediciones relacionadas con las operaciones y la administración de las redes cableadas, incluso Internet y las redes empresariales. Con la introducción de redes inalámbricas y móviles es necesario incluir áreas adicionales, por ejemplo, la gestión de movilidad, la gestión del cliente y la gestión del terminal, como se muestra en la figura 2. En su conjunto tienen la misión de proveer los medios para la facturación y tarificación de los abonados, el registro y la definición de los perfiles de servicio, la gestión y seguridad en el manejo de sus datos, así como la operación de los elementos de la red, con la finalidad de asegurar el funcionamiento correcto de esta, la detección y la resolución de averías o anomalías, o también la recuperación del funcionamiento tras periodos de apagado o desconexión de algunos de sus elementos.

En esta sección, son descritos los requerimientos para las operaciones y la gestión en el ambiente de las redes 4G. No es objetivo explicar los requisitos para las redes cableadas, aunque serán mencionados brevemente, por lo que se ubicará el enfoque fundamentalmente en las perspectivas móviles.

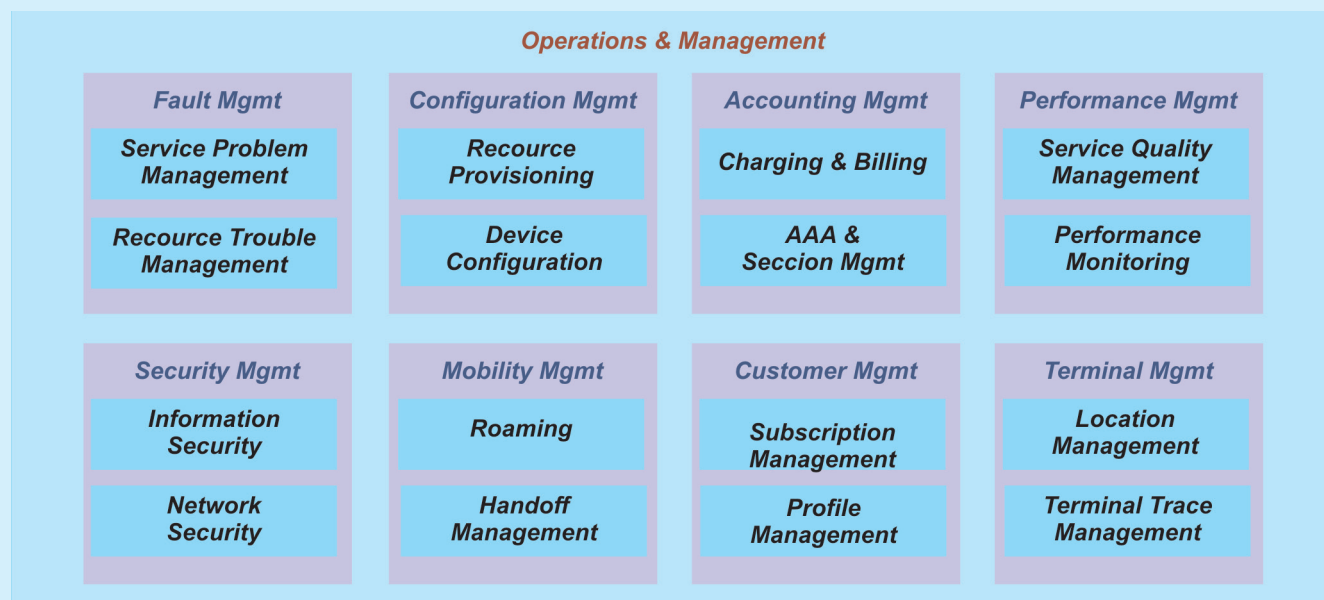


Figura 2 Áreas funcionales de las redes de comunicación cableadas e inalámbricas (Fuente: [7]).

Gestión de fallo

El ambiente de la red 4G está constituido por numerosos dispositivos de red como las estaciones bases, los puntos de acceso, las pasarelas (*gateways*), *routers*, y los servidores que serán supervisados y controlados. Estos dispositivos son equipados con los protocolos de gestión tradicionales —por ejemplo, SNMP, CMIP, etc.—, que proporcionan información variada para las peticiones hechas por unos o más gestores. Como ocurre hasta ahora, las fallas de los dispositivos serán manejadas por cada uno de los proveedores de servicio propietarios.

Debido al aumento del número de dispositivos necesarios para cubrir mayor área geográfica y un mayor número de usuarios, se requieren soluciones escalables para la gestión de fallos. Los dispositivos generarán más informes del acontecimiento

y expondrán las afectaciones de *roaming*, tarificación, etc., lo que garantiza ofrecer un mejor reporte del evento que aquellos generados en las redes tradicionales. El registro y la auditoría del evento serán un desafío, pero necesitarán ser aceptados. Por lo tanto, las maneras tradicionales de hacer la gestión de fallos probablemente no escalarán bien en el ambiente de la red 4G. Una solución posible es aplicar el concepto de “computación autónoma”, donde los dispositivos son gestionados por sí mismos.

Gestión de configuración

En torno a la red 4G se han identificado dos subzonas que deben ser soportadas en la gestión de configuraciones descritas a continuación:

Configuración y reconfiguración de dispositivos: La gestión de configuración del dispositivo es una de las áreas funcionales más difíciles en la gestión uniforme de las redes cableadas. El IETF —*Internet Engineering Task Force*— ha formado recientemente un grupo llamado Netconf [8], que tiene como objetivo proporcionar un mecanismo estándar para las transferencias de los datos de configuración desde y hacia un dispositivo. Esta vía estándar de configuración y reconfiguración permitirá que los dispositivos de diversos proveedores sean manejados de una manera uniforme, que reduzca la intervención humana y así minimice los ajustes incorrectos. Esta norma se puede extender a los dispositivos en las redes inalámbricas y móviles, lo cual es absolutamente deseable en los dispositivos terminales en el ambiente de la red 4G, siendo capaces de trabajar con varios modos de funcionamiento y permitir el multiacceso. Los dispositivos pueden estar configurados automáticamente o manualmente para tener acceso a cierto tipo de red, y sus capacidades y estado se pueden registrar o notificar automáticamente al sistema de gestión de configuración en las redes.

El aprovisionamiento de la red y del servicio: Cuando un cliente se suscribe a un servicio deben ser asignados los recursos apropiados en la red de

acceso para poder proporcionarlo. En correspondencia, cuando un cliente se suscribe a uno o más servicios de aplicaciones, la suscripción debe ser registrada y los mecanismos apropiados deben ser asignados. Estos aspectos se acoplan con la gestión y planeación del recurso. La gestión inteligente de los recursos y los servicios es más importante en las redes inalámbricas y móviles, pues los recursos son especialmente más escasos y costosos. En esta área, actualmente la investigación es intensa, incluso en las redes cableadas.

Gestión de contabilidad

La gestión de contabilidad exige en gran parte la autenticación, autorización, contabilidad, tarificación y facturación; las cuales han sido tradicionalmente funcionalidades importantes que permiten a los proveedores de servicio brindar créditos a los clientes. La gestión de contabilidad en el ambiente de la red 4G es también muy importante y se requieren sistemas contables robustos y exactos capaces de interoperar.

En la autenticación, la autorización y la contabilidad (AAA) los usuarios que desean utilizar uno o más servicios proporcionados por los proveedores deben ser autenticados —validar quién es el usuario— y ser autorizados —validar el permiso del usuario para utilizar el servicio—. Después, el usuario puede disfrutar del servicio y puede ser costado según su actividad. Uno de los desafíos más difíciles de la red 4G consiste en el suministro del servicio de autenticación y autorización en tiempo real cuando se requiere el *roaming*, de modo que pueda ser autenticado y se autorice al usuario a cambiar de red, convirtiéndose en un tema aún más desafiante cuando el *roaming* combinado con la comprobación de la satisfacción del requisito de QoS es requerido al instante. El grupo de trabajo de la AAA de IETF ha estandarizado el AAA basado en RADIUS, y ahora está trabajando en el AAA basado en *Diameter*.

En la facturación y la tarificación, la sesión simple de un usuario puede involucrar una o más redes de los proveedores de servicio en el ambiente de

la red 4G. También, con el mismo proveedor, una sesión es capaz de mezclar múltiples tipos de redes —por ejemplo, WLAN, 3G, 4G— que tengan diversos esquemas de tarificación. La facturación necesita considerar el grado de variabilidad debido a la mezcla de los servicios —voz, acceso de Internet, TV—. El administrador mantendrá una traza de las actividades del usuario durante una sesión. Cada red del proveedor de servicio necesita tener un sistema de tarificación a fin de controlar el uso de cada cliente de forma independiente y generar las cuotas mensuales. Además, posibilita el seguimiento de los pagos atrasados, créditos, etc.

Gestión de rendimiento

La gestión de rendimiento es otra de las áreas esenciales requeridas para la gestión en el ambiente de la red 4G, debido a que la mayoría de los proveedores de servicio consideran el aseguramiento del funcionamiento como elemento clave del acuerdo de nivel de servicio —*Service Level Agreement* (SLA)—.

El SLA es una negociación formal entre el proveedor de servicio y el cliente, es decir, cuando el cliente solicita un servicio a un proveedor determinado, se negocia el SLA y, entonces, se firma un contrato en el cual son incluidos los parámetros de QoS que el proveedor deberá garantizar. En este sentido, la gestión de la calidad del servicio —*Service Quality Management* (SQM)— integra todas las funcionalidades en el ciclo de vida del SLA, mientras que la supervisión del SLA implica el monitoreo del estado del rendimiento del servicio ofrecido y proporciona información relevante al sistema de gestión de calidad de servicio, que recopila datos del funcionamiento del sistema de supervisión subyacente respecto al funcionamiento de la red y los traslada a los parámetros de QoS. De esta forma, en el nivel inferior, se requiere la supervisión del rendimiento de la red y, en el nivel superior, la gestión de la calidad del servicio.

Para la supervisión del rendimiento de la red se utiliza un método de supervisión activo donde los paquetes

son enviados al interior de la red para obtener métricas de rendimiento como el retardo, la variación del retardo, la pérdida de paquetes y el desempeño. Los mecanismos de pruebas de rendimiento se colocan especialmente en posiciones estratégicas de la red del proveedor de servicio y envían periódicamente mensajes de prueba a otros proveedores para determinar cómo se comportan sus redes.

Gestión de seguridad

La seguridad de la información y la seguridad de la red son dos aspectos significativos para la integridad de la comunicación, la transferencia de los datos y la inmunidad de los recursos, incluidas las redes y los servidores que proporcionan los servicios.

Con respecto a la seguridad de la información, la criptografía puede utilizarse para cifrar y descifrar paquetes de datos mientras viajan para proporcionar una comunicación segura. Una desventaja de usar la criptografía es la degradación en el rendimiento, por lo tanto, los proveedores de servicio deberán determinar dónde y cuándo sería necesario encriptar la comunicación.

Para garantizar la seguridad de la red, los cortafuegos (*firewall*), los sistemas de detección de intrusos —*Intruder Detection System* (IDS)— y los sistemas de prevención de intrusos —*Intruder Prevention System* (IPS)— son necesarios en puntos estratégicos de la red para proteger los recursos contra *hackers*, virus y gusanos potenciales. El software antivirus se debe instalar también en los servidores claves para la detección y, en caso de contaminación, la desinfección del virus. Aunque estas medidas pueden degradar el rendimiento de las redes y los servidores, es aconsejable implementarlas dondequiera que sean necesarias y los proveedores de servicio deberán desplegar sus mecanismos de protección, previstos fundamentalmente, contra ataques externos. Por ello, es una buena práctica mantener estas herramientas constantemente actualizadas y sustituirlas por nuevos sistemas cuando el parcheo y la actualización no sean eficaces.

Gestión de la movilidad

Esta funcionalidad necesita proveer un traspaso vertical íntegro entre redes de acceso. El traspaso vertical puede ser activado por el usuario; en ese caso, el traspaso se observa como la desconexión de una red de acceso y la reconexión de otra, desde el punto de vista de la red. Si el traspaso es iniciado/controlado por las redes de acceso, esta funcionalidad puede llegar a ser muy complicada, requiriéndose entonces un sistema de señalización interdominio estandarizado. Un desafío imperante será cuando una sección requiera QoS al cambiar de una red a otra. Si el requisito de la QoS se puede satisfacer, entonces no habrá problema.

Las redes 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios para garantizar que se conecten a la red mediante diferentes redes de acceso —WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.— operadas por distintas entidades, con la utilización del mismo u otro terminal. Esto requiere mecanismos que soporten traspaso entre subredes bajo igual o distinta tecnología —traspaso horizontal y vertical— de forma eficiente, teniendo como elemento común el transporte IP [5]. La base del soporte de movilidad en redes IP son los protocolos *Mobile IP*. La propuesta de *Fast Handover* [9] permitirá conseguir traspasos sin interrupción apreciable en las comunicaciones. Esta movilidad requiere interaccionar con los procesos de soporte de QoS en el caso de traspasos entre áreas con distintos recursos de red disponibles y con los mecanismos de AAA para el caso de traspasos entre redes pertenecientes a distintos dominios administrativos [10].

La gestión de movilidad proporcionada por SIP —*Session Initiation Protocol*— [11] da un paso más y permite movilidad personal, es decir que una persona pase a recibir llamadas de un terminal a otro, por ejemplo, de su ordenador personal al móvil. Las direcciones SIP identifican usuarios y no terminales. Una dirección SIP tiene forma de URL e identifica a un usuario, por ejemplo “*sip:usuario@mitrabajo.com*”. La

estructura del URL es muy similar a la del correo electrónico. SIP ha sido diseñado para que los usuarios no estén asociados a una posición física en la red, sino a un servicio de localización. La gestión de movilidad proporcionada por SIP es muy flexible y permite, incluso, interoperabilidad con la red telefónica. Los grupos de trabajo de IETF han desarrollado este marco con el objetivo de integrar ambas redes en un marco de uso común, de forma que desde Internet exista acceso a los servicios y usuarios de la red telefónica. Por ejemplo, el mapeo de número telefónico —*Telephone Number Mapping (ENUM)*— es un servicio de acceso a través de DNS —*Domain Name Server*— a perfiles de usuario identificados por números telefónicos, donde los registros en DNS pueden guardar perfiles y datos de usuarios asociados a sus múltiples formas de acceso —teléfono fijo y móvil, fax, ordenador, etc.—, para facilitar la localización de las diversas formas de contacto de un usuario determinado [12].

Gestión del cliente

Los clientes se han convertido en actores muy importantes en los últimos años, mientras que el mundo de las telecomunicaciones ha llegado a ser cada vez más competitivo con el aumento de los proveedores de servicio.

Esta gestión está dividida en dos áreas fundamentales explicadas a continuación:

La gestión de suscripción: permite a los proveedores disponer de determinados servicios para un suscriptor específico. Es necesario que esta característica permita a los abastecedores de servicio disponer, controlar, monitorizar y enviar costos de configuración de los servicios que se ofrecen a sus suscriptores. Se centra en las operaciones y los procesos de gestión para manejar la información de la suscripción. En las soluciones 2G, el depósito principal de la información de la suscripción estaba en el registro de localización base —*Home Location Register (HLR)*—. Sin embargo, la gestión y la administración de las interfaces para controlar

esta información es propiedad de cada proveedor. El uso de interfaces propietarias es incómodo para aquellos proveedores de servicio que usan equipos de múltiples vendedores debido a que sus sistemas de aprovisionamiento tienen que adaptarse a múltiples interfaces propietarias que realizan esencialmente funciones idénticas. Por otra parte, es más difícil generar aplicaciones de seguridad al cliente que permiten la disposición y corrección de los datos de la suscripción.

La gestión del perfil del cliente: el perfil del cliente es personalizado. Un cliente puede tener acceso mediante diversos terminales en dependencia de donde se encuentre y de lo que esté haciendo. La meta es proporcionar un ambiente de acceso ubicuo, aun en presencia de múltiples clientes, de terminales heterogéneas —teléfono móvil, PDA, computadora portátil— y de diversas redes del operador.

Por lo tanto, la integración de sistemas y servicios desde el punto de vista del usuario deberá cubrir los siguientes aspectos:

Gestión de perfil de usuarios: el usuario puede tener distintas preferencias según el tipo de actividad que esté realizando o el contexto al que esté sometido —trabajo, ocio, urgencias, etc.—. Estas preferencias, registradas bajo perfiles, deberán ser confrontadas con las redes de acceso anunciadas para facilitar el proceso de selección de conexión.

Identificación única: es conveniente que el usuario esté asociado a un único identificador, independientemente del terminal que esté utilizando la red de acceso seleccionada o la red de acceso a la que está suscrito.

Simplificación del modelo de negocios: desde el punto de vista del usuario es ideal tener una única relación de negocios a modo de suscripción para poder acceder a todo tipo de servicios y que, simultáneamente, sea provisto de independencia y libertad en la búsqueda del mejor valor para su inversión [13].

Gestión del terminal

Las terminales gestionadas requieren dos subzonas, una nombrada gestión de localización del terminal y, la otra, gestión de negocio del terminal. La gestión del terminal existe en las redes 3G y esta característica continuará siendo necesaria, quizás con mayor énfasis, en las redes 4G.

Desde el punto de vista del terminal, el proceso de integración requiere considerar aspectos de diseño como:

Terminal multimodo: el terminal necesita soportar distintas interfaces, una para cada tecnología de red de acceso.

Terminal adaptable y reconfigurable: este debe implementar técnicas de radio definido por software —*Software Defined Radio* (SDR)—, el soporte de mecanismos de transmisión adaptables, etc.

Además debe considerar los siguientes requisitos:

Soporte de múltiples modos de conexión: la conectividad a diferentes tipos de redes de acceso debe ser posible desde un único terminal.

Adaptabilidad y reconfiguración: la modificación expedita de la lógica de las distintas capas de la arquitectura del terminal debe ser posible para facilitar la reacción apropiada ante violaciones de la QoS concertada para las sesiones activas.

Descubrimiento de redes de acceso y asociación: esta funcionalidad es indispensable en un entorno heterogéneo de redes inalámbricas. La difusión periódica de servicios de conexión realizada por los puntos de acceso de las redes móviles actuales puede ser poco eficiente en este escenario. Se propone el uso de canales para anuncio inalámbrico —*Wireless Billboard Channels*— a través de los cuales el terminal puede detectar, seleccionar y registrarse a las distintas redes de acceso disponibles independientemente de su tecnología de radio.

También se puede decir que se evidencian dos zonas específicas descritas a continuación.

La gestión de localización del terminal: la información de localización del terminal puede ser utilizada para tomar las decisiones relacionadas con la QoS

por las operaciones y el sistema de gestión, cuando un usuario desea utilizar un servicio y cierto requisito de QoS ha sido solicitado. Puede también ser utilizado cuando un traspaso es necesario y cuando se desea proporcionar un servicio de valor añadido.

Gestión de rastreo del terminal: la gestión de trazas del terminal es importante para detectar y rastrear los terminales robados o falsificados, que son actualmente uno de los problemas más grandes que experimentan los proveedores de servicio. Cuando los terminales son utilizados ilegalmente por alguien, a excepción del dueño, se puede emplear esta característica para rastrearlos. La gestión de rastreo del terminal se puede utilizar también para medir el funcionamiento entre un terminal y un servidor de prueba dentro de la red. Estos datos son una fuente adicional a la información de supervisión del rendimiento de la infraestructura y permiten entrar a un nivel más detallado en operaciones de supervisión y optimización. Las trazas, además, pueden desempeñar un papel clave en actividades como la determinación de las causas del mal funcionamiento de un terminal, la investigación de averías avanzadas, la optimización del uso del recurso y su calidad, la mejora de la capacidad, y el análisis de la caída de una llamada. En Cuba está implementado un mecanismo de lista negra que, una vez declarado por el usuario la pérdida o robo, automáticamente su línea pasa a formar parte de esta lista, al igual que el móvil si está anclado.

Estado actual en Cuba y el mundo

En la sociedad mundial actual se aprecian dos tendencias que impulsan

un buen futuro para la 4G, estas son la tendencia social y la tendencia tecnológica. Desde el punto de vista social, el aumento de la población en los próximos años se prevé considerable en los países en vías de desarrollo, por lo que el aspecto laboral también se verá aumentado y las redes como Internet, que dan acceso a muchísima información, serán aún más necesarias para contenidos laborales y culturales. En el aspecto tecnológico cabe destacar el desarrollo de la nanotecnología que permite el uso de procesadores cada vez más pequeños y de mayor capacidad, la expansión de las comunicaciones móviles y las tecnologías de radio que cada vez permiten enviar más información en el mismo periodo de tiempo, lo que aumenta de forma considerable la velocidad de transmisión de datos [13].

En Cuba, específicamente, se han trazado estrategias de migración hacia este tipo de redes basadas en una evolución cuidadosa y gradual, donde coexistirán con las redes tradicionales. De modo que se resolvió el problema de la conectividad a través de diferentes tipos de pasarelas, basadas en protocolos estándares a nivel mundial. Durante la primera década de 2000, los esfuerzos se concentraron en enfrentar los retos que impone el tránsito hacia una red del tipo NGN, lo que vaticinaba un desafío imperante asociado a la seguridad y la QoS en dichas redes y, por lo tanto, la necesidad de una gestión efectiva de las mismas [14]. Luego, se aplicó la variante de introducir NGN en la capa de acceso, preferiblemente en sitios donde no existía servicio telefónico o se suministraba a través de centrales analógicas obsoletas, para garantizar una solución a la digitalización con un costo de inversión más bajo. Se han trazado las políticas de que todo crecimiento en

líneas fijas será del tipo NGN, no invirtiéndose más en centrales TDM —*Time Division Multiplexing*— cuyo ciclo de vida se ha visto limitado por el salto tecnológico. Para posibilitar este propósito ha sido indispensable culminar el dorsal de fibra óptica nacional, implementándose una red de transporte óptica con capas físicas SDH/DWDM —*Synchronous Digital Hierarchy/Dense Wavelength Division Multiplexing*— y prestaciones ASON —*Automatically Switched Optical Network*—. Sobre la misma se ha incorporado un núcleo (*core*) de datos basado en IP/MPLS, lo cual respalda el desarrollo presente y futuro de la NGN/4G en Cuba.

Conclusiones

El ambiente de la red 4G está diseñado para garantizar una red de acceso generalizado con la inclusión de las nuevas interfaces radioeléctricas, basada en una infraestructura común completamente IP, flexible y sin fisuras, que soporte la escalabilidad y la movilidad.

En ese sentido es prioritario que el usuario sea el centro de atención sobre el cual girará la tecnología, por lo que las alternativas móviles e inalámbricas deberán estar centradas en los servicios destinados a cubrir sus necesidades.

Todo lo anteriormente expresado deberá estar vinculado con un mecanismo de gestión único, centralizado y seguro, que integre de modo eficiente cada una de las áreas expuestas en el presente artículo, para lograr una mejoría incomparable en la calidad de los servicios ofertados. ▀

Referencias bibliográficas

- [1] IEEE Standards Association. "IEEE Standards Interpretation for IEEE Std C57.12.90™-2006 IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers", septiembre, 2009. <http://standards.ieee.org/findstds/interps/C57.12.90-2006.html> (acceso: marzo 23, 2009).
- [2] García, C. et al. "Soporte de QoS en Redes de 4ª Generación". *IEEE Latin America Transactions*, vol.4, no.1 (marzo, 2006):14-20. http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol04/vol4issue1March2006/4TLA1_03Garcia.pdf (acceso: enero 16, 2009).
- [3] Sosa Hernández, Mercedes María y Bachiller García, Gil Neudys. "Técnicas de diseño de Sistemas de Comunicaciones Móviles de 3G y 4G". I Taller de Proyección y Prospección en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Cuba – Venezuela, La Habana, Cuba, 2008. www.redciencia.info.ve/memorias/ProyProsp/trabajos/t1.doc (acceso: diciembre 25, 2008).
- [4] 3GPP. "About 3GPP". <http://www.3gpp.org/About-3GPP> (acceso: agosto 25, 2009).
- [5] Alonso, J. "Evolución de 3G y su convergencia a 4G en comunicaciones móviles". Tesis de grado, Universidad Austral de Chile, Valdivia, octubre, 2008. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcin322e/doc/bmfcin322e.pdf> (acceso: diciembre 20, 2009).
- [6] Stallings, Williams. *SNMP, SNMPv2, and CMIP: The Practical Guide to Network Management Standards*. Wilmington: Addison-Wesley, 1993, p.135-210.
- [7] Won-Ki Hong, James y León García, Alberto. "Requirements for the Operations and Management of 4G Networks". 19th International Teletraffic Congress (ITC 19), Beijing, China, agosto, 2005. <http://dpm.postech.ac.kr/papers/ITC19/4g-o%26m-JamesHong.pdf> (acceso: mayo 14, 2009).
- [8] IETF Network Configuration (Netconf). "Description of Working Group". <http://www.ietf.org/html.charters/netconf-charter.html> (acceso: noviembre 2, 2008).
- [9] Network Working Group. "Fast Handovers for Mobile IPv6". P Koodli (ed.), *Nokia Research Center*, 2005. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc4068.html> (acceso: noviembre 25, 2008).
- [10] Cuevas Casado, Antonio et al. "Los pilares de las redes 4G: QoS, AAA y Movilidad". Jornadas Telecom I+D 2002, Madrid, España, noviembre, 2002. www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/telecomi+d_redes4g.pdf (acceso: noviembre 19, 2009).
- [11] Sinreich, Henry y Johnston, Alan B. *Internet Communications using SIP*. 1ª ed. Chichester: Wiley J. & Sons, 2001, p.73-91.
- [12] Armuelles, Iván et al. "Modelo de Integración de Sistemas para el Desarrollo de Redes de Comunicaciones Móviles de 4ta Generación". XIV Jornadas de Telecom I+D, Madrid, España, noviembre, 2004. <http://www.cttc.cat/resources/doc/071130-12-armuelles-tel-id2004-42876.pdf> (acceso: septiembre 16, 2009).
- [13] Kustra, Rubén. "Redes de Nueva Generación (NGN)", En: curso online Redes avanzadas de telecomunicaciones, Instituto Tecnológico de Buenos aires, octubre-noviembre, 2010. <http://academy.itu.int/index.php/events/item/download/659> (acceso: junio 3, 2011).
- [14] Yáñez, R. "Tendencias de las Telecomunicaciones". Reportes internos de GKT, 2005-2009, y conferencias en CITMATEL, La Habana, Cuba, 2006 y 2007; Informática 2009, La Habana, Cuba; y Jornada Científica Estudiantil, ISPJAE, La Habana, Cuba, 2010.