
NGN y el camino hacia la 5G

PID_00265731

Víctor Huertas García
Rafael Gallego Terris

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 4 horas



**Víctor Huertas García**

Ingeniero en Telecomunicaciones por la Universitat Politècnica de Catalunya. Actualmente trabaja como ingeniero de *networking* y experto en NGN/IMS en el departamento de Equipos de Comunicación en la multinacional Indra Sistemas. Ha participado en numerosos proyectos de la ESA (Agencia Europea del Espacio) de investigación sobre la aplicación de la tecnología IP en redes satélite. Recientemente ha participado en proyectos de integración de IMS en las redes satélite para conseguir la convergencia con redes terrestres.

**Rafael Gallego Terris**

Ingeniero Superior en Telecomunicaciones por la Universitat Politècnica de Catalunya y Máster en Comunicaciones Digitales por Télécom Brest, ha trabajado como Ingeniero de Investigación en la industria de las Comunicaciones Móviles en Wavocom/Sierra Wireless (París) y como Ingeniero de Desarrollo, Pruebas y Sistemas en el sector de las Comunicaciones por Satélite en Indra (Barcelona). Imparte también docencia como Profesor Asociado en la Universitat Autònoma de Barcelona, en el departamento de Ingeniería de Sistemas.

El encargo y la creación de este recurso de aprendizaje UOC han sido coordinados por el profesor: Víctor García Font (2019)

Segunda edición: septiembre 2019

Autoría: Víctor Huertas García, Rafael Gallego Terris

Licencia CC BY-NC-ND de esta edición, FUOC, 2019

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Realización editorial: FUOC



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción.....	5
Objetivos.....	7
1. ¿Qué son las redes de próxima generación?.....	9
1.1. Definición de una red de próxima generación (NGN)	9
1.2. Características fundamentales de las redes NGN	9
1.2.1. Red basada en paquetes IP	10
1.2.2. Total independencia entre la provisión del servicio y la tecnología de transporte	10
1.2.3. Garantía de calidad de experiencia (QoE) y calidad de servicio (QoS) extremo a extremo	11
1.2.4. Convergencia entre redes fijas y móviles	12
1.2.5. Interacción con servicios de redes heredadas vía interfaces abiertas	13
1.2.6. Movilidad	13
1.2.7. Direccionamiento e identidad del usuario	14
1.2.8. Cumplimiento con la reglamentación vigente en telecomunicaciones	14
1.2.9. Definición de nuevos servicios futuros	15
1.3. La evolución del concepto de las redes NGN a 5G	15
1.3.1. El concepto de <i>network slicing</i>	16
1.3.2. <i>Network slicing</i> y virtualización de redes	17
2. La arquitectura de referencia en las redes NGN y la evolución de las redes celulares a 5G.....	19
2.1. El gran cambio de filosofía respecto de la arquitectura de redes heredadas	19
2.2. La arquitectura de referencia que proponen las NGN	21
2.3. IMS (<i>IP Multimedia Subsystem</i>)	24
2.3.1. El papel del IMS en la arquitectura de referencia de redes NGN	24
2.3.2. Dos perfiles de usuario: red de acceso e IMS	25
2.3.3. ¿Qué aporta a cada actor?	26
2.4. Evolución futura de la arquitectura 5G	32
3. Organismos que impulsan la estandarización de las redes NGN y 5G.....	36
3.1. Evolución en el mundo de la estandarización de la arquitectura NGN y 5G	36
3.2. Entidades de estandarización involucradas	39

3.2.1.	IETF	39
3.2.2.	3GPP	42
3.2.3.	3GPP2	45
3.2.4.	ETSI	45
3.2.5.	ITU-T	46
3.2.6.	5G-PPP	49
3.2.7.	NGMN	50
3.2.8.	GSMA	50
Resumen.....		51
Ejercicios de autoevaluación.....		53
Solucionario.....		54
Glosario.....		55
Bibliografía.....		57

Introducción

Con la aparición de Internet como servicio de libre acceso al público a finales del siglo XX, apareció un nuevo concepto y una nueva era en la provisión de servicios. La capacidad de poder digitalizar cualquier contenido o información a transmitir (inclusive la voz y el video) hizo que la tecnología IP se convirtiera en poco tiempo en la piedra angular alrededor de la cual proveer todo un abanico de servicios multimedia.

Así pues, Internet evolucionó rápidamente con los años y pasó de ser un servicio casi exclusivamente de acceso a contenidos (WWW, transferencia de ficheros, etc.) e intercambio de correo (e-mail) a ser la plataforma de servicios multimedia (VoIP, videoconferencia) con requerimientos de garantía de calidad de servicio y seguridad (IPSec).

Internet ya forma parte de nuestra vida convirtiéndose en una herramienta indispensable tanto a nivel doméstico (ocio) como a nivel profesional (comunicaciones corporativas). Internet ha eliminado cualquier frontera consiguiendo que las comunicaciones sean globales y permitiendo la compartición de información con un gran número de personas.

Las grandes operadoras de telecomunicaciones vieron en Internet un marco ideal para desarrollar un nuevo modelo de negocio que ha ido creciendo exponencialmente con el tiempo, ofreciendo nuevos servicios o incluso servicios que ya ofrecían, pero migrados a la tecnología IP para dar valor añadido a dicho servicio.

Con el paso del tiempo, se necesitarán más y nuevos servicios y más velocidad de conexión y mecanismos de garantía de calidad de servicio que satisfagan los requerimientos de estos.

¿Pero qué servicios vamos a necesitar en un futuro? Ahora mismo no lo sabemos, pero tanto las grandes operadoras como las entidades gubernamentales de estandarización del mundo han comprendido que las redes de comunicaciones tienen que ir un paso más adelante y evolucionar hacia algo nuevo.

Ahora es la red de comunicaciones la que primero evoluciona para fomentar la llegada de nuevos servicios sin necesidad de volver a empezar de cero y asegurando un entorno abierto, eficiente e interoperable que garantice la viabilidad del negocio y ofrezca margen para que este evolucione.

La próxima generación de telefonía móvil, la 5G, busca ser una solución a parte de estas nuevas y futuras demandas. Los últimos *Releases* del 3GPP se centran en definir los estándares asociados. Los primeros pasos pasan por implementar la denominada 5G NR (*New Radio*) de acceso al medio para posteriormente consolidar el núcleo de red 5G.

En este aspecto, se están realizando grandes esfuerzos de estandarización. La 5G-PPP, formada por entidades tanto públicas como privadas, ya ha definido cuales deben ser los servicios básicos sobre los cuales se debe centrar la 5G, y así poder dar respuesta a estas exigencias.

Objetivos

Los contenidos de este módulo han de permitir a los estudiantes:

- 1.** Conocer el cambio de paradigma en las redes de comunicaciones de próxima generación.
- 2.** Conocer la historia de esta evolución y qué ha motivado este cambio.
- 3.** Entender la arquitectura de referencia a alto nivel de las redes de próxima generación.
- 4.** Saber en qué estado se encuentra actualmente la especificación y la evolución de las redes de próxima generación en el futuro inmediato.
- 5.** Conocer la influencia que ha tenido IMS en la especificación de las redes de próxima generación.
- 6.** Comprender los beneficios que comporta la migración a una nueva arquitectura de referencia para los distintos actores: usuario final, proveedor de servicio y operadora.
- 7.** Conocer el trabajo de las principales organizaciones de estandarización involucradas en la especificación de las redes de próxima generación y cómo se coordinan entre ellas.

1. ¿Qué son las redes de próxima generación?

A continuación, vamos a definir qué son las redes de próxima generación y describiremos las características más importantes de estas según la ITU-T. Seguidamente, explicaremos la evolución histórica de las redes de telecomunicaciones para justificar el planteamiento de las redes de próxima generación, así como los puntos que dichas redes deben afrontar para garantizar su implantación en el mercado de las telecomunicaciones.

También veremos el papel que desempeñará la futura generación de las redes móviles, que hace evolucionar el concepto de flexibilidad gracias a las redes virtuales, para cumplir con los futuros requisitos de calidad, especialmente aquellos relacionados con los servicios de muy baja latencia, uno de los puntos donde más se está trabajando en la 5G.

1.1. Definición de una red de próxima generación (NGN)

La ITU-T, principal impulsora a nivel global de la estandarización de las redes de próxima generación o NGN (*Next Generation Networks*), define en el documento “Visión general de las redes de próxima generación” Y.2001 (año 2004) las redes NGN de la siguiente forma:

“Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios.”

“Visión general de las redes de próxima generación” Y.2001 (año 2004)

Esta breve definición ya nos da una idea de a qué nos referimos cuando hablamos de redes de próxima generación, pero miremos de desglosar este párrafo en características bien definidas que nos ayuden a comprender exactamente lo que quiere decir.

1.2. Características fundamentales de las redes NGN

A partir de la definición que la ITU-T da sobre las redes NGN, en las siguientes secciones vamos a desglosar las principales características que las definen por separado.

1.2.1. Red basada en paquetes IP

Se puede considerar que tecnológicamente hablando el protocolo IP es la base de las redes NGN. Toda la información que circula por dichas redes, ya sea de tráfico útil de usuario como de señalización de servicio o de control de calidad de servicio o QoS (*Quality of Service*) se transporta en paquetes IP.

Así pues, cualquier elemento que conforme la red deberá soportar el procesado y el encaminamiento de paquetes como condición indispensable para poder llamarse red NGN.

1.2.2. Total independencia entre la provisión del servicio y la tecnología de transporte

El concepto de *servicio* y de *transporte de tráfico* se separa por completo haciendo que la tecnología del primero no condicione el segundo, y viceversa.

Los usuarios usan unos servicios de los cuales son suscriptores. Para la provisión de dichos servicios se utilizan funciones de control dedicadas y totalmente independientes de la tecnología usada en las redes de transporte. Esto ofrece al usuario un acceso sin restricciones tanto a redes como a proveedores de servicios, así como a cualquier servicio que elijan.

En esta separación de funcionalidades hay tres partes claramente diferenciadas:

- 1) Por un lado, las **aplicaciones y los servicios** que están a disposición de los suscriptores.
- 2) Por otro lado, elementos que controlan las **sesiones o llamadas** que los usuarios establecen con estas aplicaciones.
- 3) Finalmente, los elementos que proporcionan los **recursos para posibilitar el transporte** de toda la información entre los usuarios y los dos elementos anteriormente mencionados.

Cada uno de estos elementos dispondrá de su propia infraestructura que dimensionará de manera independiente según sus propios requisitos. Para conseguir la máxima coordinación en la provisión de los servicios, existe interacción e intercambio de información entre ellos.

Esta interacción se lleva a cabo a través de interfaces basadas en **protocolos abiertos y debidamente especificados**. De hecho, son estas interfaces las que proporcionan la independencia entre *servicio* y *transporte*.

1.2.3. Garantía de calidad de experiencia (QoE) y calidad de servicio (QoS) extremo a extremo

Este es uno de los puntos a los que se les da más importancia en las redes NGN. La garantía de la QoS extremo a extremo de cualquier servicio que se requiera es crucial para garantizar una buena QoE (*Quality of Experience*) por parte del usuario, y para ello hay que tener en cuenta el requerimiento ya mencionado de la independencia tecnológica de las redes de transporte con respecto al servicio. Las redes de transporte son las encargadas de proporcionar los mecanismos a nivel de paquete para conseguir una determinada QoE. Esto implica la manipulación de los paquetes IP de tráfico de usuario de acuerdo con unas políticas de QoS que en ocasiones se negocian y se ejecutan en el mismo instante en que este servicio es invocado por el usuario.

El camino que un paquete IP recorre hasta llegar a su destino puede ser heterogéneo, ya que las redes de transporte en todo su recorrido no son tecnológicamente iguales y consecuentemente, los mecanismos para garantizar dicha QoS no serán los mismos. No obstante, extremo a extremo, la calidad global del servicio ha de ser la esperada por el usuario (representada por la QoE).

Diferencia entre QoE y QoS

La QoE (*Quality of Experience*) y la QoS (*Quality of Service*), aunque estén muy relacionadas, son dos términos que hay que diferenciar claramente. La QoE es una medida puramente subjetiva de la percepción general que un usuario puede tener de un servicio proporcionado (en un servicio de voz, miraría si esta se entrecorta, si se escucha eco o si se escucha con demasiado retardo). La QoS define los atributos que debe cumplir un servicio en concreto, pero desde un punto de vista de comportamiento de la red (en el mismo ejemplo de antes se traduciría para todo el recorrido en un retardo máximo de paquete de 70 ms y una tasa de pérdida global inferior a 0,1%). Dichos atributos que cumplir deberán ser aplicados a lo largo de todo el camino que el tráfico de usuario recorrerá, desde el propio terminal, pasando por la red de acceso y posteriormente por la red troncal de transporte.

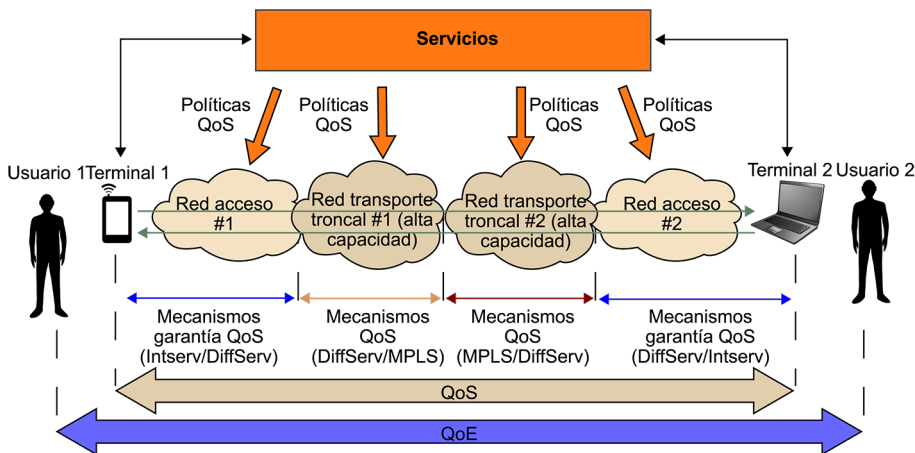
Cada sección de la red de transporte puede pertenecer a un dominio administrativo distinto y aplicar un mecanismo de QoS diferente. Por ejemplo, en la sección que afecta a la red de acceso, podría aplicarse un modelo Intserv y a continuación, en la red troncal, un mecanismo DiffServ o MPLS. La configuración de cada sección en QoS debe ser coherente a lo largo de todo el camino. En la Figura 1 podéis ver un ejemplo de esto.

Diferencia entre Intserv, DiffServ y MPLS

Intserv es un modelo basado en flujos IP que garantiza la QoS (y recursos) a lo largo de todo un camino. Para ello se utiliza el protocolo RSVP, que configura para cada grupo de flujos IP (caracterizados por reglas de clasificación de tráfico con IPs de origen y destino además de los puertos TCP/UDP) una configuración QoS particular. La inconveniencia de Intserv es que es poco escalable. Por el contrario, DiffServ no particulariza la QoS por flujos IP que pertenezcan a un usuario en concreto, sino que aplica una priorización

grosso modo mediante la marcación de paquetes por tipos de servicio (ToS) sin distinguir a qué usuario o flujo IP pertenece. El modelo DiffServ es configurado salto por salto y no a lo largo de todo un camino. MPLS se utiliza en redes de alta capacidad para emular conexiones de circuitos con ancho de banda garantizado a flujos IP concretos, aunque no necesariamente han de estar personalizados a un usuario.

Figura 1. Mecanismos de QoS extremo a extremo.



Tenemos dos perspectivas en la aplicación de los mecanismos de QoS:

- El servicio, considerado como una entidad abstracta por encima de la red de transporte que usa sus recursos, aplica “verticalmente” los parámetros de QoS que le caracterizan a lo largo de todas las secciones de la red de transporte.
- Los parámetros que caracterizan la QoS de un servicio se convierten en una configuración independiente de cada sección. Dichas configuraciones deben mantener una coherencia “horizontal” para que el servicio cumpla con una QoS extremo a extremo determinada (ver Figura 1).

1.2.4. Convergencia entre redes fijas y móviles

Esta característica es una evolución que está principalmente impuesta por el mercado en sí que busca la máxima eficiencia en el uso de la red y es sin duda uno de los principales objetivos de las redes NGN: cómo integrar varias redes de acceso que ya han sido desarrolladas u optimizadas para un uso concreto con una red IP troncal común con el objetivo de ofrecer servicios integrados.

Dicha integración alcanza varios aspectos como, por ejemplo, la gestión de recursos, los mecanismos de calidad de servicio, así como la facturación.

Esta característica de las redes NGN permite a los operadores usar sus propias redes de acceso para conectar dos elementos:

- Las redes troncales de transporte de NGN.
- Los terminales de usuario que proporcionan servicios finales.

No obstante, hay que mantener compatibilidad hacia atrás para no apartar de dicha red de acceso a los usuarios que aún usan servicios antiguos. Este hecho dificulta la implementación de la convergencia.

Un ejemplo de servicios antiguos es el servicio de telefonía usando infraestructura tradicional, incluido el terminal de usuario telefónico basado en tonos de marcado.

La independencia entre la capa de sesión del servicio y la capa de transporte posibilita la convergencia de redes de acceso heterogéneas (de fibra óptica, inalámbricas, satélite, etc.). Para que se entienda mejor, un usuario será suscriptor de una serie de servicios, los cuales podrán ser utilizados con calidad garantizada extremo a extremo independientemente del terminal que utilice y a través de cualquier red de acceso con la que se conecte. Así pues, el proveedor de servicio (junto con el proveedor de contenidos) se vuelve totalmente agnóstico con respecto al tipo de terminal que el usuario utilice cuando invoca el servicio.

1.2.5. Interacción con servicios de redes heredadas vía interfaces abiertas

Enlazando con la característica anterior, no hay duda de que las redes NGN deberán convivir durante un tiempo con redes antiguas y deberá dar la posibilidad a los usuarios de estas a interactuar con los servicios equivalentes en las redes NGN. Así pues, las redes NGN también contemplan la interconexión a través de interfaces abiertas con dichas redes heredadas, aún en uso hoy en día y que no tienen por qué estar basadas en transmisión de paquetes tales como PSTN o ISDN.

PSTN y ISDN

PSTN son las siglas en inglés de la Red Telefónica Conmutada (RTC) tradicional y el ISDN son las siglas en inglés de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

1.2.6. Movilidad

Dentro de las prestaciones de las redes NGN se incluye la movilidad, la cual permite la provisión consistente y ubicua de los servicios a los usuarios, incluyendo o no la capacidad de mantener la continuidad de servicio en *handovers* tanto a nivel de interconexión IP como a nivel de sesión del servicio. El grado de accesibilidad del servicio depende de factores como las prestaciones de la propia red de acceso y el SLA entre la red visitada y la de origen.

Un **SLA**, *Service Level Agreement* en inglés, define las características que un usuario espera por un servicio por el que paga. El operador se compromete a ofrecer el servicio contratado al usuario cumpliendo dichas características acordadas.

La movilidad es uno de los servicios disponibles para los usuarios finales. Eso quiere decir que las aplicaciones o servicios estarían disponibles, aunque el usuario cambiara de tecnología de red al moverse o incluso si cambiara a una red de dominio administrativo distinto. Este proceso normalmente conlleva

cambios en las direcciones IP. Sin embargo, este problema no es realmente importante para el usuario final. Este está más concentrado en las aplicaciones. Por lo tanto, las redes NGN proporcionan un marco que permite que los usuarios realicen el traspaso de red o handover de manera transparente a través de varios entornos tecnológicos.

1.2.7. Direccionamiento e identidad del usuario

Las redes tradicionales servían a un único servicio y cada usuario debía tener una identificación distinta por cada red. Ahora los usuarios prefieren tener la misma identidad para cualquier servicio o aplicación. En respuesta a esto, las redes NGN implementan el sistema de identidad pública y privada para el usuario. La identidad privada se utiliza para autorizar a los usuarios en la red, mientras que la identidad pública se utiliza para que otros usuarios o incluso aplicaciones puedan llegar a dicho usuario en el establecimiento de sesiones de servicio. De hecho, se permite que el usuario disponga de una o más identidades públicas y con diferentes formatos.

Por ejemplo, del tipo SIP URI: usuario@dominio.com, numérico o telefónico de tipo Tel URI o E.164: 698845632, entre otros tipos.

Da igual el identificador que se use y la red de acceso en la que un usuario se encuentre, siempre estará accesible a través de al menos una de las identidades públicas que tenga.

El hecho de que las redes NGN integren redes de acceso heterogéneas implica que cada una tiene su propio sistema de direccionamiento e identificación de terminal o incluso de usuario dentro de su ámbito. La solución se basa en que, a partir de un identificador de usuario a nivel de servicio, este se pueda traducir a otro identificador a nivel de red de transporte que identifique al terminal y que ayude a mapear los recursos de dicha red con un usuario concreto. Dicha asociación de identidades usuario-terminal será vigente mientras el usuario que usa los servicios se encuentre en el ámbito de la red de acceso en cuestión.

1.2.8. Cumplimiento con la reglamentación vigente en telecomunicaciones

Muchos gobiernos han fijado dentro de sus normativas la obligatoriedad de que cualquier operador de red en su territorio ofrezca una serie de servicios llamados servicios regulatorios. Con lo cual, estos servicios deben ser heredados también en las redes NGN. Entre estos servicios se encuentran:

- **Llamadas de emergencia:** las redes NGN ofrecen estos servicios a través de proveedores de servicio específicos para este tipo de llamadas. Las redes NGN también se encargan de proporcionar información de localización del usuario (identificadores de terminal, identificadores de red de acceso, información de posicionamiento, etc.).

- **Seguridad y privacidad:** al igual que en Internet, las redes NGN se enfrentan a este problema y proponen mecanismos inherentes en la propia tecnología de la red de acceso que proporcionan seguridad para el tráfico a lo largo de dicha red (ya sea por IPSec u otro mecanismo definido en la red de acceso). Proponen una arquitectura GBA (*Generic Bootstrapping Architecture*) en que cada usuario disponga de una tarjeta de identidad personal e intransferible de tipo SIM. En ella estaría almacenada la identidad privada del usuario que sería usada como credenciales para que tanto el operador de la red de acceso como el operador de la capa de control de servicio puedan autenticar y autorizar al usuario en dichos ámbitos. También habría información útil para establecer conexiones cifradas con una red de destino o aplicación (considerada segura) a la que el usuario se conectaría a través de una red de acceso (supuestamente insegura).

1.2.9. Definición de nuevos servicios futuros

Una de las características más representativas de las redes de NGN es que la arquitectura de referencia que propone no solo soporta todos los servicios tradicionales que existen hoy en día, sino que representa el marco perfecto para desarrollar futuros servicios que ahora ni se imaginan.

La inclusión de estos nuevos servicios no tendrá ningún impacto en la arquitectura gracias a la separación entre la parte de control de sesión y la de transporte, así como su interacción con el nuevo servicio a través de interfaces abiertas.

Esto se combina con el hecho de que proporciona un único marco de identidades, adaptados para itinerancia. Es decir, un usuario tiene una única identidad y un único perfil de usuario que es utilizado por múltiples aplicaciones.

1.3. La evolución del concepto de las redes NGN a 5G

Como hemos visto, el principal cambio impulsado por las NGN es la independencia total entre la tecnología de transporte utilizada y los servicios usados por el usuario, con garantía de QoS. Además de esto, la movilidad es otro de los aspectos claves, pues permite la provisión ubicua de estos servicios desde cualquier lugar.

En este sentido, el papel de la futura generación de redes celulares es determinante para comprender cómo han evolucionado las redes NGN. Si bien para la 5G se mantienen los principios vistos para las redes de nueva generación, se prevén nuevos servicios, entre los que destacan aquellos marcados por una

latencia muy baja y aquellos en los que se prevé un número masivo de terminales (IoT). La heterogeneidad de los requisitos de QoS de estos nuevos servicios que la red de acceso debe soportar se acentúa.

Es por este motivo que es necesario introducir un nuevo concepto muy importante que influye de lleno en las redes 5G: la **flexibilidad** en la red. Esto se traduce en que una red de acceso entera pueda convertirse en múltiples redes virtuales más reducidas, pero totalmente adaptadas a las particularidades específicas de cada servicio, y poder satisfacer así los requerimientos de QoS y QoE exigidos. Este concepto se llama *network slicing* y hablaremos de ello a continuación.

1.3.1. El concepto de *network slicing*

El concepto de *network slicing*, que podría traducirse como una “rebanada” de la red, fue introducido en *el 5G white paper* de la *Next Generation Mobile Networks* (NGMN) Alliance y a pesar de que ha sido definido desde entonces por diversas organizaciones de estandarización, no existe una definición común.

Globalmente, consiste en la segmentación de una red dada en diferentes redes virtuales destinadas a cumplir una funcionalidad específica acorde al servicio que está destinado a prestar. De este modo, un operador de red puede usar una misma infraestructura para proveer diferentes servicios a los usuarios.

En la Figura 2 podemos ver un ejemplo de aplicación del *network slicing*, en la que una estructura física común es dividida en tres *slices*, cada una de ellas orientada a gestionar uno de los tres servicios básicos en torno a los cuales gira la 5G: alto ancho de banda en movilidad (*mobile broadband*), multitud de dispositivos conectados a internet (*massive IoT*) y aplicaciones críticas con muy baja latencia (como la conducción autónoma).

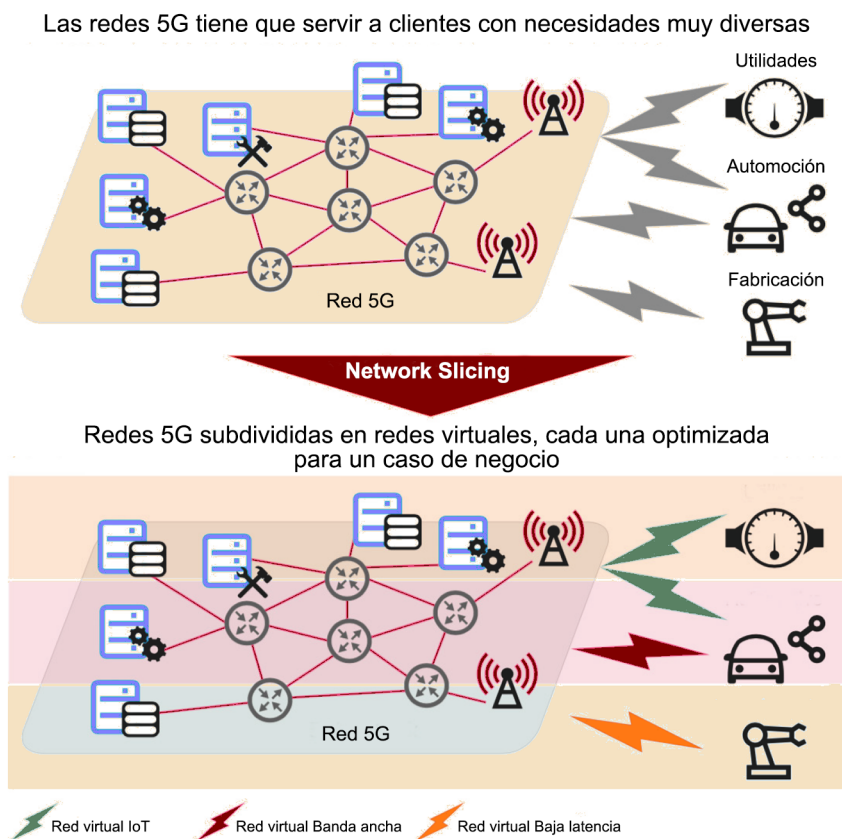
Introducción concepto *network slicing*

El *5G white paper* de la NGMN introdujo el concepto de *network slicing* a principios de 2015, que posteriormente fue ampliado en un artículo específico por la misma entidad un año más tarde, titulado *Description of Network Slicing Concept*.

Definición concepto *network slicing* según la ETSI

La ETSI define el concepto de *network slicing* en su informe *Network Functions Virtualization (NFV) Release 3; Evolution and Ecosystem; Report on Network Slicing Support with ETSI NFV Architecture Framework*.

Figura 2. 5G network slices (GSMA).



ETSI NFV network slicing

Para más información ver <https://sdn.ieee.org/newsletter/december-2017/overview-of-etsi-nfv-network-slicing-report-network-slicing-support-with-etsi-nfv-architectural-framework>

5G network slicing según GSMA

Más información en el *whitepaper* "An introduction to 5G Network Slicing" (2017) del GSMA: <https://www.gsma.com/futurenetworks/5g/introduction-to-5g-network-slicing/>

Gracias al *network slicing* se espera poder satisfacer las demandas de los servicios previstos para la 5G, configurando las redes virtuales según las especificidades propias de cada uno de estos servicios y consecuentemente el concepto de *network slicing* es aplicable tanto a redes de acceso como al núcleo de la red.

Por ejemplo, en un coche equipado con un sistema de entretenimiento multimedia, el streaming de contenido necesita de un alto ancho de banda (pero no necesariamente de una latencia baja). Sin embargo, si este mismo coche está equipado con un sistema de conducción autónoma, la tecnología de red usada no necesitará de tanto ancho de banda, pero si deberá ofrecer unas latencias extremadamente bajas.

El *network slicing* es clave, pues, para flexibilizar las infraestructuras *hardware* y optimizar el uso de los recursos de las redes 5G. Además, supondrá un cambio de paradigma con respecto las redes celulares de anteriores generaciones, especialmente en lo que concierne la eficiencia de estas.

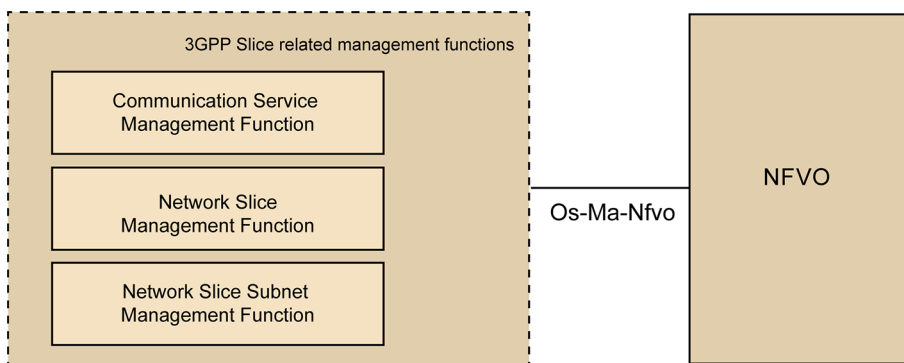
1.3.2. Network slicing y virtualización de redes

Los principios subyacentes al concepto de *network slicing* son similares a los que encontramos en las redes definidas por *software* (SDN) y la virtualización de funciones de red (NFV) usados para flexibilizar las redes fijas que ya introducimos en el primer módulo y de los cuales hablaremos en profundidad en otros módulos. En el informe de *network slicing* de la ETSI se describen los casos de uso de este concepto y se relacionan con los conceptos de NFV.

Según el modelo descrito por el 3GPP, un *network slice* contiene una o más subredes, cada una de las cuales contiene a su vez diversas funciones de red. Estas funciones de red pueden ser virtualizadas como VNFs (*Virtual Network Functions*).

Esta misma entidad define a su vez tres funciones de gestión relacionadas con el *network slicing*: la *Communication Service Management Function* (CSMF), la *Network Slice Management Function* (NSMF) y la *Network Slice Subnet Management Function* (NSSMF). A través del punto de referencia Os-Ma-Nfvo se puede interactuar con el NFVO-MANO, que se encarga de gestionar la virtualización de funciones de red, tal como veremos en detalle en otros módulos.

Figura 3. Gestión del “network slice” en un *framework* NFV.



Fuente: ETSI

Como conclusión principal, el *network slicing* está intrínsecamente ligado a la virtualización de redes.

2. La arquitectura de referencia en las redes NGN y la evolución de las redes celulares a 5G

Una vez definidas las características más importantes de las redes NGN, vamos a adentrarnos en los siguientes apartados en la arquitectura de referencia que la ITU-T propone para dichas redes. Dicha descripción de la arquitectura es a alto nivel, diferenciando entre las distintas capas, sin entrar en un desglose detallado de las funcionalidades internas. Posteriormente describiremos la evolución futura de dicha arquitectura teniendo en cuenta la especificación que la ITU-T dio en su día. Seguidamente, nos adentraremos en el concepto de IMS y el papel que desempeña en esta arquitectura de referencia.

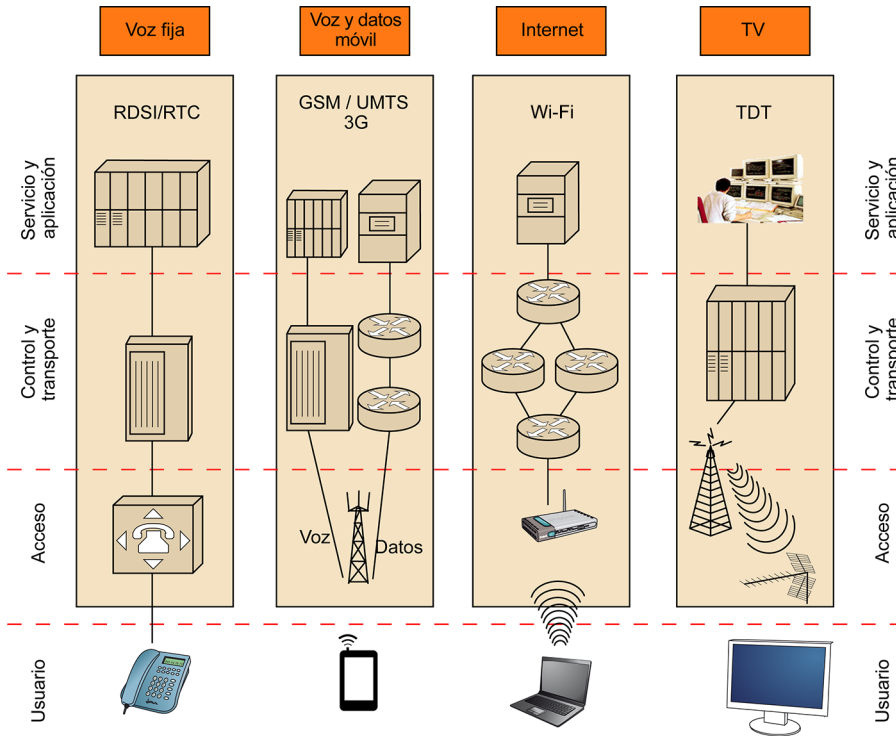
Como colofón, hablaremos del cambio de paradigma que supone la incursión de la 5G, la próxima generación de redes celulares. Para dar respuesta a la creciente demanda de dispositivos conectados y las nuevas aplicaciones tecnológicas, la 5G se centra en diferentes casos de usos (*Use Cases*) caracterizados por responder a unos requisitos determinados. Algunos de los servicios prestados estarán orientados a ofrecer tiempos de latencias muy bajos, mientras que otros necesitarán proporcionar conectividad a multitud de dispositivos IoT. Como consecuencia, la 5G apuesta por una flexibilidad de su red para adaptarse a estos diferentes *Use Cases*, además de conseguir un mejor aprovechamiento de recursos.

2.1. El gran cambio de filosofía respecto de la arquitectura de redes heredadas

En el mundo de los organismos que se encargan de desarrollar y definir las redes de telecomunicaciones, las NGN son concebidas como una evolución o migración de las redes clásicas hacia una total convergencia, lo que implica un cambio en la arquitectura de referencia sustancial. Con la llegada de las redes 5G esta arquitectura de referencia sufrirá más cambios como veremos más tarde. Pero para entender bien este cambio de paradigma hay que saber primero de dónde proviene.

Hasta hace no muchos años, las redes y servicios de telecomunicaciones que los usuarios podían utilizar tenían una infraestructura dedicada que iba desde el propio terminal de usuario hasta la infraestructura que proveía el servicio en sí. A esto se le llama estructura en forma de silo, donde cada red de acceso solo ofrece un tipo de servicio sin ninguna clase de integración entre ellas (en la Figura 4 se puede ver un ejemplo de esta estructura). La única manera de hacerlas compatibles entre sí es mediante pasarelas dedicadas tanto a señalización como a tráfico útil.

Figura 4. Arquitectura de referencia en forma de silo para redes antiguas.

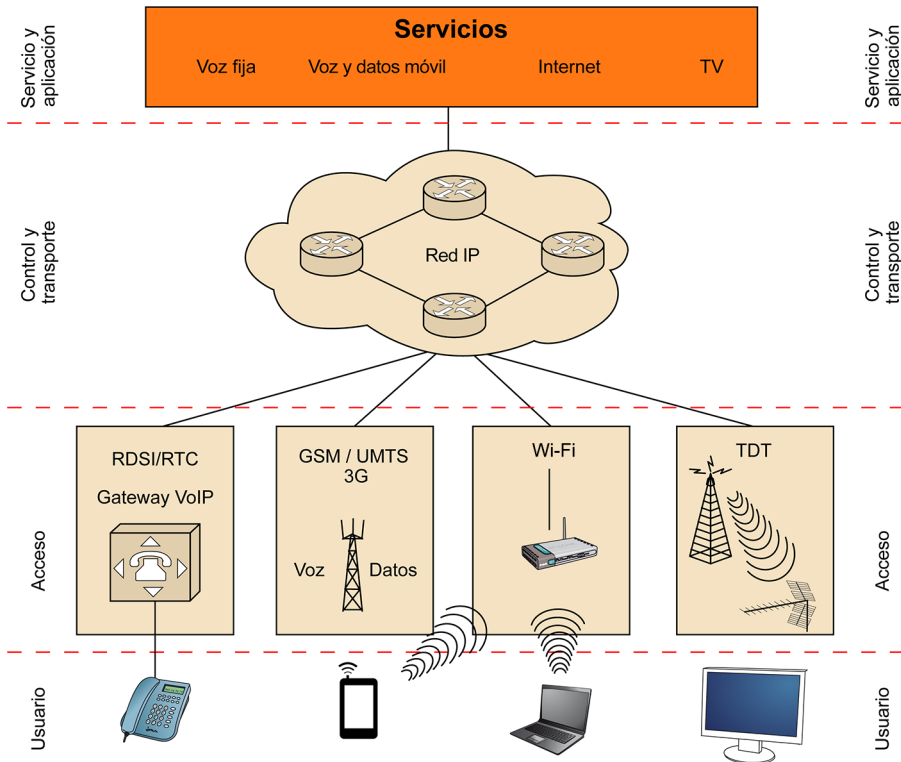


Esta arquitectura obligaba a mantener una infraestructura exclusiva para cada servicio, incrementando considerablemente los costes de mantenimiento y operación del operador y proveedor de servicio.

En contados casos se produce una leve integración de dos redes de acceso en un mismo servicio, como por ejemplo el caso del servicio de voz fija y móvil, cuyas infraestructuras están interconectadas para permitir llamadas de voz entre ambas redes de acceso. Aun así, la tónica general era la de cierto aislamiento entre redes en todos los niveles (usuario, control y gestión). Este hecho también afectaba a la escalabilidad en el ofrecimiento de nuevos servicios, los cuales requerirían de su propia infraestructura en forma de silo.

El cambio de paradigma introduce el concepto de “una sola red para muchos servicios” (ver la Figura 5) en contradicción con la filosofía de la anterior arquitectura de referencia, cuyo concepto es el de “una red para un servicio”. De esta filosofía vienen los conceptos ya mencionados en el anterior apartado de convergencia de redes y acceso a servicios, independientemente de la tecnología de la red de acceso.

Figura 5. Evolución a arquitectura estratificada basada en tecnología IP.



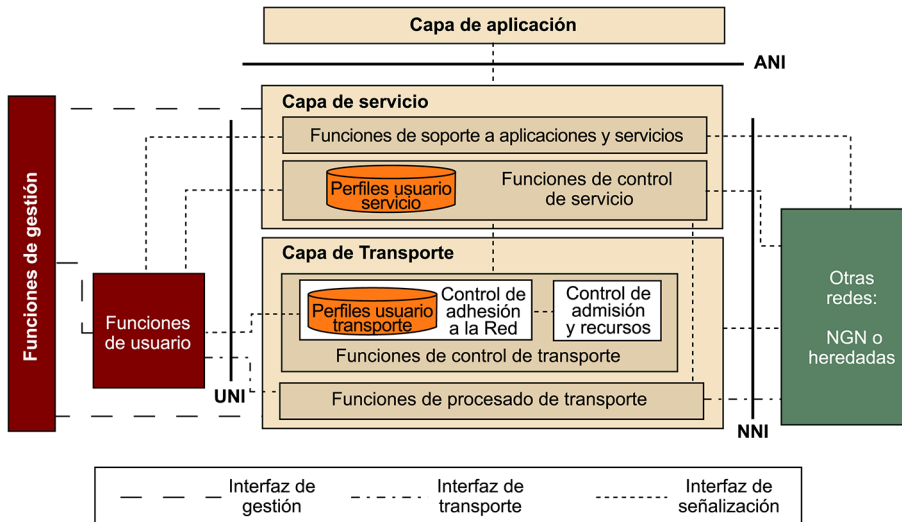
2.2. La arquitectura de referencia que proponen las NGN

Para poder llevar a cabo este concepto de “una red para múltiples servicios” hay que dar un primer paso muy importante: la migración a IP tanto de los servicios como de las redes de acceso y de transporte. Recordad que el protocolo IP es la base en la que se apoyan las redes NGN.

Sin embargo, hay que dar un segundo paso para realmente conseguir este paradigma de red multiservicio. Se trata de desacoplar la parte de la red estrictamente de transporte (y la tecnología que proporciona conectividad) del servicio que se ejecuta por encima de dicho transporte.

En la Figura 6 podemos ver el diagrama de la arquitectura de referencia de las redes NGN. En concreto se trata de la arquitectura de referencia de las redes NGN según la ITU-T en su Release 1. Se puede apreciar cómo la estructura en silo ha girado 90 grados y se pasa a una estructura estratificada con interfaces de interconexión entre capas abiertas y estandarizadas.

Figura 6. Arquitectura de referencia de las redes NGN para la ITU-T (Release 1).



Se identifican las siguientes interfaces estándares que posibilitan la interconexión e integración de los elementos siguientes:

- **UNI (User-Network Interface):** define una serie de interfaces o puntos de referencia que interconectan el terminal de usuario a la red NGN a distintos niveles, desde puramente el transporte de tráfico al intercambio de señalización en la invocación del servicio con la capa de servicio.
- **NNI (Network-Network Interface):** define la interconexión de dos redes NGN distintas tanto a nivel de las respectivas redes de transporte troncales (plano de transmisión de datos), así como a nivel de control de servicio. Una NNI puede también interconectar la red troncal de un operador con redes heredadas como puede ser la Red Telefónica Conmutada (previa conversión del tráfico IP a llamada de voz tradicional mediante una pasarela dedicada).
- **ANI (Application-Network Interface):** se trata de un único punto de interconexión entre los proveedores de servicio y aplicaciones y la capa de control de servicio. La interacción entre estos dos actores es solamente en señalización (plano de control).

Estas interfaces deben ser entendidas como puntos de referencia genéricos en redes NGN, los cuales pueden ser mapeados a interfaces físicas concretas dependiendo de la implementación.

En dicha arquitectura también se identifican las siguientes entidades:

a) **Funciones de usuario:** aglutina el terminal de usuario y todo el *software* necesario para invocar multitud de servicios, de los cuales el usuario es suscriptor. Genera la señalización necesaria para invocarlos así como el tráfico útil. Este elemento puede ser gestionado remotamente por el operador de la red de acceso.

b) **Capa de transporte:** comprende los elementos que conforman tanto la red de acceso como la troncal de transporte. La red de acceso es la red a través de la cual el usuario accede a sus servicios contratados y es normalmente la sección de red más congestionada y por lo tanto donde es más crítico aplicar políticas de QoS. La red troncal es una red de más capacidad capaz de aglutinar el tráfico de varias redes de acceso dentro del mismo dominio administrativo (operador). La capa de transporte se subdivide en dos subcapas:

- **Funciones de control de transporte:** subcapa que controla la adhesión del terminal de usuario a la red de acceso, así como el uso de los recursos de esta. Se encarga de configurar dinámicamente la subcapa de procesamiento de transporte para instalar las políticas de QoS necesarias para el servicio invocado por el usuario. En esta subcapa se almacena el perfil de usuario a nivel de transporte que contiene las características de QoS por tipo de flujo IP (audio, vídeo, control, etc.) en el ámbito exclusivo de la red de acceso.
- **Funciones de procesamiento de transporte:** esta subcapa procesa el tráfico útil del servicio de tal manera que llegue a su destino y además aplica las políticas que se instalan desde la subcapa de control para cumplir con los requerimientos de calidad para cada servicio invocado.

c) **Capa de servicio:** procesa la señalización que se genera en la invocación del servicio que los usuarios finales generan. Es en esta capa precisamente donde se ubica el núcleo IMS del que explicaremos sus funciones principales en la sección 2.3. Esta capa se puede desglosar en dos subcapas.

- **Funciones de control de sesión o servicio:** incluye una serie de funcionalidades a nivel de servicio, encamina los mensajes de señalización hacia el destino, que puede ser la capa de aplicación si el servicio es de acceso a contenido o a otro terminal de usuario a través de otras capas de servicio equivalentes en otras redes NGN para un servicio conversacional. También incluye el control de recursos, el registro, la autenticación y la autorización en acceso a nivel de servicio. También pueden controlar recursos a nivel de medios para el caso concreto de pasarelas a nivel de señalización de servicios. En esta subcapa se almacenan perfiles de usuario que definen las características de acceso a los servicios.
- **Funciones de apoyo a aplicaciones y servicios:** incluye funciones tales como de pasarela, registro, autenticación y autorización a nivel de aplicación. Estas funciones están disponibles tanto para la capa de aplicación como para las funciones de usuario. Estas funciones trabajan en conjunción

con las funciones de control de servicio para proveer a los usuarios finales y las aplicaciones con las funciones que necesitan. A modo de ejemplo, en estas funciones se incluye el servicio de presencia, el cual es utilizado por las aplicaciones para dar valor añadido a su servicio, así como por los usuarios para conocer el estado de presencia de otros usuarios si el servicio lo exige.

d) Capa de aplicación: se encarga de la provisión de servicio. Recibe las solicitudes de uso de servicio de los usuarios desde la capa de servicio a través de la interfaz ANI.

e) Funciones de gestión: se encargan de realizar funciones de configuración, monitorización de parámetros de comportamiento del tráfico desde los elementos de la red de acceso como a los elementos de la capa de servicio. Esta capa es implementada en parte por el operador de la capa de servicio y de la red de acceso.

2.3. IMS (*IP Multimedia Subsystem*)

Como ya se ha mencionado, IMS o *IP Multimedia Subsystem* fue definido por la organización 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) en el Release 5 de su especificación como una evolución de la tecnología UMTS para proveer a los usuarios de telefonía móvil con servicios multimedia basados en IP.

Inicialmente, IMS fue concebido para asistir a operadores móviles en la provisión de servicios de próxima generación interactivos e interoperables, eficientes en coste y sobre una arquitectura que proporciona la flexibilidad de Internet.

En los siguientes apartados, se describe la funcionalidad e importancia de IMS dentro de la especificación de las redes NGN.

2.3.1. El papel del IMS en la arquitectura de referencia de redes NGN

El núcleo IMS se ha convertido en una de las piedras angulares de las redes NGN, ya que actúan como habilitadores de servicios o *service enablers* tanto a usuarios como a proveedores de servicios. En la arquitectura de referencia de la ITU-T el núcleo IMS se ubica en la subcapa de control de servicio dentro de la capa de servicio.

IMS es un subsistema de control de sesión de servicio el cual está basado en una evolución propuesta por el 3GPP del protocolo SIP (originalmente definido por IETF). Basándose en las características de dicho protocolo, el núcleo IMS sería capaz de realizar las funciones que se asocian a la subcapa de control de servicio (incluyendo el almacenamiento de perfiles de usuario a nivel de servicio y los mecanismos asociados de registro, autenticación y autorización), así como la provisión de servicios que el componente mencionado ofrece. En el caso de un servicio con negociación de prestaciones (como los codificadores de voz y vídeo en el establecimiento de una videoconferencia) el protocolo IMS se apoya en el protocolo de definición de servicios SDP.

El núcleo IMS interactúa directamente con el usuario, el cual debe tener un cliente IMS integrado en el *firmware* de su terminal (o *software* instalable equivalente), y con la capa de aplicación para redirigir la señalización hacia ella y disparar la invocación del servicio que ofrece la aplicación. Dichas interacciones se realizan a través de interfaces abiertas y estandarizadas por el 3GPP.

2.3.2. Dos perfiles de usuario: red de acceso e IMS

Un usuario dispone de dos perfiles de usuario, uno para cada ámbito en los que se basan las redes NGN:

1) **Perfil de usuario a nivel de transporte:** se trata del SLA, que afecta al uso que un usuario realiza de los recursos de transporte de la red de acceso donde se encuentre. Dicho SLA regula tráfico a nivel de transferencia de paquete IP del usuario dentro de dicho ámbito. Esta red de acceso es administrada por un único operador, el cual puede tener cobertura o presencia en todo un país. Este perfil de usuario contiene principalmente la siguiente información:

a) Identidad y credenciales del usuario (para autenticar al terminal a nivel de red de acceso).

b) Perfil de QoS que contiene:

- Nombre del proveedor de servicio o aplicación permitidos.
- Ancho de banda máximo garantizado en bits por segundo, tanto en canal de subida como de bajada.
- Características en transferencia de paquetes IP.

c) (Opcional) Sub-perfil QoS que contiene la misma información que el anterior clasificado por tipo de flujo IP (audio, vídeo, mensaje, aplicación, control, etc.).

2) **Perfil de usuario a nivel de servicio:** el contenido de este SLA delimita los recursos a nivel de servicio que un usuario puede utilizar. El operador de la red de servicio no tiene por qué ser el mismo que el de la red de transporte ni el mismo que el proveedor de servicio (este último en la capa de aplicación). Este perfil almacena básicamente la siguiente información:

a) La lista de servicios (y proveedores de servicio) a los que el usuario está autorizado a invocar (de los cuales es suscriptor).

b) Información de credenciales del usuario (con el IMPI o identidad privada), que no tiene por qué coincidir con las credenciales del anterior perfil descrito, y que se usa en el proceso de registro del cliente en el núcleo IMS.

c) Identidades públicas (llamadas también IMPU), la cual puede ser una lista de más de una identidad y con distintos formatos (E.164, SIP URI, etc.).

Ambos perfiles mencionados (de transporte y servicio) pueden estar almacenados en bases de datos distintas, sobre todo en el caso de tratarse de dos dominios administrativos u operadoras distintas para la red de acceso y para la red de servicio. No obstante, si se trata de un mismo operador, ambas bases de datos pueden estar en el mismo lugar.

2.3.3. ¿Qué aporta a cada actor?

Los beneficios que aporta IMS a cada actor (dícese, usuario final, operadora de red acceso y proveedor de servicio) serían los que ofrecería una red NGN en general, tal y como se ha explicado hasta ahora. No obstante, vale la pena concentrarnos en IMS ya que se considera que ha sido el sistema pionero en definir lo que ahora conocemos como las redes NGN. Además muchos servicios ya implantados (sobre todo en telefonía 4G, como por ejemplo el servicio VoLTE) están basados en IMS.

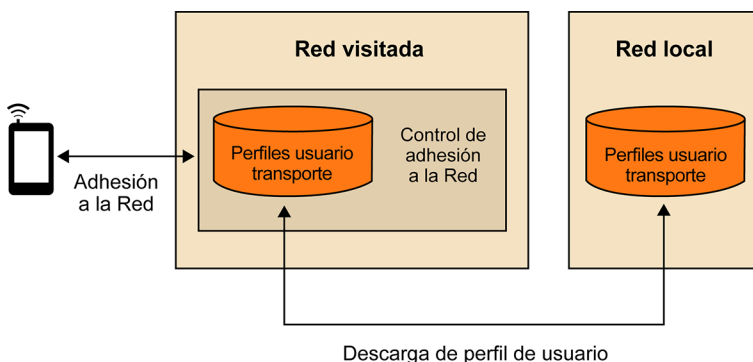
A continuación se verá qué aporta IMS a cada actor arriba mencionado.

1) Punto de vista del usuario final

Para entender el concepto, nos situaremos en un escenario hipotético en que el usuario final dispone de un terminal, el cual puede estar basado en una tecnología de acceso concreta (por ejemplo, 4G) o incluso puede disponer de varias tecnologías integradas en un mismo dispositivo (por ejemplo, 4G y Wi-Fi). Los beneficios para el usuario son los siguientes:

a) Itinerancia a nivel de terminal: en el caso de que el usuario se encuentre en una red de acceso de otro país, se activaría el mecanismo de itinerancia en el que la subcapa de control de adhesión de la red visitada conecta con la equivalente local del usuario (ver Figura 7).

Figura 7. Diagrama de itinerancia red acceso.



En este mecanismo, el perfil de usuario se transferiría desde la base de datos de la red local hacia la red visitada. La red visitada sabría donde ir a buscar este perfil (dirección IP de la base de datos destino) gracias al dominio de la

identidad del usuario (por ejemplo, con formato usuario@dominio.com). Hay que tener en cuenta que el formato del perfil es compatible entre ambas redes, de ahí viene parte de la convergencia de redes que ya hemos explicado.

El mecanismo de itinerancia en las redes NGN no solo se contempla en el ámbito de la adhesión a la red, sino también a nivel de los bloques de control de admisión y recursos, los cuales pueden estar interconectados para solicitarse recursos los unos a los otros si el escenario lo exige.

b) Convergencia de redes de acceso-itinerancia a nivel de servicio: a nivel de provisión de servicios, el usuario dispone de un solo perfil (almacenado en el núcleo IMS), del cual se deriva un SLA entre el proveedor de servicios y el suscriptor (usuario final).

La total independencia entre la capa de control de servicio (representado por el núcleo IMS) y la tecnología de la red de transporte (tanto de acceso como troncal de alta capacidad) hace que este SLA se mantenga, con independencia del lugar o dispositivo que utilice el usuario para acceder a dicho servicio.

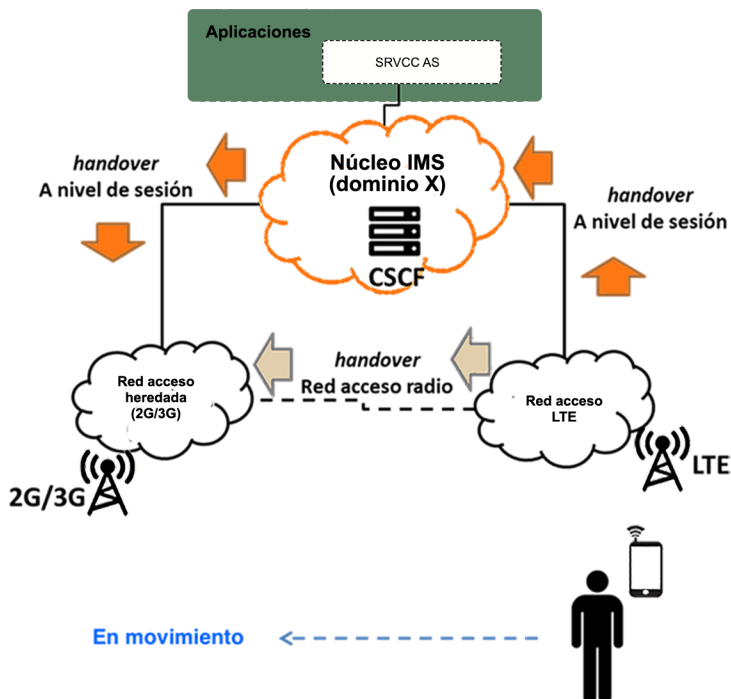
El núcleo IMS es capaz de registrar simultáneamente a un usuario desde distintos terminales o dispositivos. Por cada uno se podría registrar con un IMPU distinto.

c) Convergencia de redes de acceso-continuidad del servicio transparente al usuario: en el apartado anterior hemos visto que un usuario puede transferir la sesión de un servicio de manera voluntaria de un dispositivo a otro sin que esta se interrumpa. Una evolución del anterior es la continuidad del servicio de manera transparente al usuario (transferencia automática de la sesión).

El ejemplo más claro de dicha prestación es el SRVCC (*Single Radio Voice Call Continuity*) que el 3GPP ha estandarizado, el cual vamos a explicar brevemente a continuación

SRVCC (*Single Radio VCC*) es un esquema que permite gestionar *handovers* entre una llamada gestionada por un sistema de conmutación de paquetes (PS o *Packet Switched*), como una llamada VoLTE (*Voice over LTE*), a otra red donde la voz se gestiona mediante circuito conmutado (CS o *Circuit Switched*), como la redes 2G/3G. Tal como indica su nombre, se realiza mediante una única radio de acceso activa (dando a entender que el terminal de usuario tiene la limitación de que solo puede acceder a una red radio a la vez), lo que permite un ahorro sustancial con respecto a los esquemas que usan dos radios activas para gestionar dicho *handover*.

Figura 8. Ejemplo de SRVCC.



En el servicio SRVCC el handover se realiza en dos fases (como se puede ver en la Figura 8): transferencia o handover a nivel de red de acceso radio y luego a nivel de sesión de llamada.

Para garantizar la calidad del servicio, es necesario hacer uso de un núcleo IMS, así como realizar diversas actualizaciones en los subsistemas de ambas redes (tanto la LTE como en su interconexión con redes *legacy* o heredadas). Sin embargo, no se requiere de ninguna actualización de la propia red de acceso heredada (2G/3G). En la capa de aplicación podemos encontrar un servidor de aplicaciones específico para SRVCC que hace de anclaje de la llamada a nivel de sesión.

El procedimiento de un *handover* SRVCC sería el siguiente:

- La red de origen (LTE) inicia el proceso de *handover* realizando una solicitud para la transferencia de sesión desde el servidor de llamadas del núcleo IMS o CSCF (por ejemplo, debido a una caída de señal en la red LTE)
- El CSCF (*Call Session Control Function*) IMS responde simultáneamente a la red LTE y a la mejor red *legacy* o heredada (2G/3G) disponible para recibir la llamada, notificando que se trata de una solicitud SRVCC
- La red LTE recibe la orden de *handover* para la red de acceso, que prepara al terminal de usuario para realizar el salto a la red operando bajo CS para la llamada de voz

SRVCC

El 3GPP estandarizó el SRVCC en su Release 8, que posteriormente fue mejorada en la Release 10 y posteriores, con el objetivo de minimizar las interrupciones de las llamadas de voz.

Información SRVCC

Más información en <https://www.radio-electronics.com/info/cellularcomms/lte-long-term-evolution/srvcc-single-radio-voice-call-continuity.php>

- La red *legacy* de destino recibe una respuesta de transferencia de sesión para aceptar la llamada desde la red LTE (VoLTE)
- Una vez aceptadas todas las solicitudes, la llamada es transferida de una red a otra

La clave está en que el CSCF de IMS sigue manteniendo el control de la llamada, con el objetivo de garantizar la calidad de servicio.

d) Servicios multimedia enriquecidos y configurables: los servicios basados en IMS permiten comunicaciones persona a persona y persona a contenido, integrando en una sola sesión una gran variedad de modos (voz, texto, imágenes y vídeo, o una combinación de todas ellas).

Ello contribuye además a una alta personalización de dichos servicios. Por ejemplo, podrá seleccionar el medio con el que prefiere comunicarse en función de la persona llamante (llamada de voz, mensajería o videollamada).

El uso y la gestión de dichos servicios por el usuario son más sencillos, más adaptados a sus necesidades y fáciles utilizar. En cuanto a precios, son más competitivos proporcionando una única factura.

e) Comunicaciones seguras: IMS proporciona al usuario seguridad en sus servicios si ésta es requerida. Por defecto, e independientemente de los requerimientos en seguridad, el usuario es autenticado doblemente aplicando los dos perfiles de usuario que ya hemos mencionado anteriormente. Una primera vez a nivel de red de acceso para luego obtener una dirección IP proporcionada por el operador y posteriormente es autenticado a nivel de servicio (basado en el método REGISTER de SIP). La autenticación además es mutua, ya que es la red la que también se autentica contra el usuario.

El usuario de servicios IMS dispondría de una ISIM que contendría información de suscripción IMS incluyendo las identidades privadas y públicas.

La **UICC** (*Universal Integrated Circuit Card*) es la *smart card* usada en los terminales móviles. En las redes GSM, la UICC contiene la aplicación SIM y en las redes UMTS contiene la aplicación USIM. A diferencia de las SIM convencionales (donde la parte *hardware* y *software* no están dissociadas), la **USIM** (*Universal SIM*) es solo una aplicación que funciona sobre un *hardware*, que en este caso es la UICC. Esta última puede contener, por tanto, otras aplicaciones, como la **ISIM** (*IP Multimedia Services Identity Module*), una aplicación que contiene los parámetros para identificar y autenticar el suscriptor en el IMS.

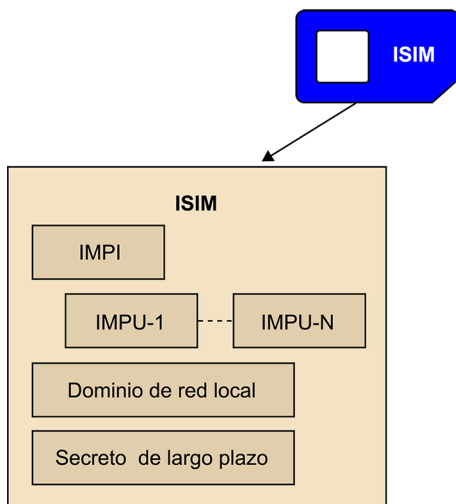
SIM

La **SIM** (*Subscriber Identity Module*, módulo de identificación de abonado) contiene (de forma segura) el IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) y su clave asociada, que sirve para identificar y autenticar un suscriptor en la red.

En la Figura 9 podemos ver la información que compone una ISIM:

- **IMPI:** identificación privada del usuario.
- **IMPU:** SIP URI, que definen la identificación pública del usuario.
- **Dominio de red local:** SIP URI, que expresa el dominio del operador, dentro de la cual se enmarca la suscripción. Se usa para saber la dirección del núcleo IMS donde el usuario se debe registrar/autenticar.
- **Secreto de largo plazo:** usado para autenticación y para calcular el CK (usado por el terminal IMS para cifrar los mensajes SIP desde el terminal hasta el núcleo IMS de la red local) y el IK (usado para proteger los mensajes SIP desde el terminal hasta el núcleo IMS).

Figura 9. Componentes de una ISIM.



Las UICC y SIM tradicionales (ya sean de tipo Mini SIM, Micro SIM o Nano SIM) son capaces de gestionar un solo perfil y, además, ocupan un espacio considerable dentro de los dispositivos móviles a los que van destinadas.

La denominada eUICC (*embedded UICC*) o eSIM (*embedded SIM*) propone una solución a estos inconvenientes, pues no se trata de un concepto *hardware* como en las primeras SIM, ligado a un factor de forma determinado, sino que es compatible con cualquiera de ellos. Además, es capaz de gestionar múltiples perfiles, que pueden ser configurados en función de las necesidades del usuario.

No obstante, con el fin de reducir todavía más su tamaño, la llamada iSIM o *integrated SIM* (no confundir con ISIM o IMS SIM), creada por el fabricante de procesadores ARM (uno de los principales actores dentro de la industria móvil), elimina la necesidad de usar un chip separado (eSIM) dedicado únicamente a la identificación del suscriptor en la red integrándose directamente en el propio procesador del dispositivo mó-

De la SIM a la eSIM

Más información sobre la evolución de la SIM a la eSIM en <https://daim.idi.ntnu.no/masteroppgaver/008/8540/masteroppgave.pdf>

vil. Esta es de especial utilidad para los dispositivos IoT, cuyas restricciones de tamaño son, en general, todavía más grandes; ello permite también abaratar el coste, al estar integrado en el propio procesador.

2) Punto de vista del proveedor de servicio

Cambiamos de lado y nos pasamos al proveedor de servicio, para los cuales también hay una serie de beneficios:

a) Habilitadores de servicios o *service enablers*: IMS, al estar basado en interfaces abiertos, ofrece una plataforma ideal para posibilitar la creación de nuevos servicios multimedia de manera muy fácil, conllevando ahorros importantes en CAPEX y OPEX para un proveedor de servicio cualquiera.

CAPEX y OPEX

CAPEX son gastos de despliegue del servicio o inversión inicial de capital y OPEX son gastos de operación del servicio una vez ya hecho el despliegue

Los proveedores de servicios reutilizan varios elementos o bloques funcionales comunes que forman parte de la arquitectura IMS para añadir funcionalidades clave al servicio. Estos se llaman *service enablers* o habilitadores de servicios, y en la arquitectura NGN estarían englobados en la subcapa de “Funciones de soporte a aplicaciones y servicios”. Los habilitadores de servicios desarrollados para aplicaciones de éxito pueden convertirse en habilitadores globales, los cuales son automáticamente incluidos en nuevas aplicaciones y servicios.

Existe un buen número de habilitadores de servicios, a modo de ejemplo podemos mencionar los de presencia y gestión de lista de grupos.

- **Presencia:** el habilitador de servicio de presencia permite a un grupo de usuarios ser informados sobre el grado de disponibilidad y medios de comunicación de los otros usuarios en el grupo. En IMS, la presencia es sensible a diferentes tipos de medios, usuarios y preferencias de usuario (personalización de reglas para definir qué hacer visible a quién). Además, el servicio de presencia es consciente de a través de qué terminales o medios un usuario es accesible (teléfono móvil, teléfono fijo, e-mail, etc.).
- **Gestión de lista de grupos:** este habilitador de servicio permite a los usuarios crear y gestionar la definición de grupos en red para ser usado por cualquier servicio desplegado en la red. Existen mecanismos genéricos de notificación de cambios en la definición de grupos. Ejemplos de uso de estos habilitadores de servicios son: listas privadas de amigos, listas negras, grupos público-privados (útil en packs de servicios orientados a VPN), lista de control de acceso, grupos de chat públicos o privados y cualquier aplicación donde se requiera una lista de identidades públicas.

Aparte de estos dos habilitadores, se incluyen funcionalidades de directorio, aprovisionamiento de clientes, operación y gestión. Incluso a nivel de facturación, IMS ofrece gran flexibilidad, ya que permite facturar a usuarios por servicio utilizado.

b) Tiempo mínimo de despliegue del servicio o *low time-to-market*: todas estas facilidades que IMS proporciona, como la provisión de una interfaz estandarizada entre el servidor de aplicación y el núcleo IMS, junto con el hecho de que el servicio es independiente de la tecnología de la red de acceso y el terminal de usuario, hacen posible que el tiempo que se requiere para poner en marcha un nuevo servicio sea muy bajo.

3) Punto de vista de la operadora de red

El tercer y último actor es el operador de la red de transporte, el cual también se verá beneficiado por lo siguiente:

a) Ahorro de costes de mantenimiento: la convergencia de redes de acceso en una sola red troncal de transporte de alta capacidad basada en IP reduce la complejidad de esta. Este aprovechamiento de la infraestructura conlleva un ahorro considerable de costes de mantenimiento (OPEX).

Todos los servicios harían uso de la misma infraestructura favoreciendo la escalabilidad de la red y permitiendo además ahorros en costes de despliegue (CAPEX) en el caso de realizar un redimensionamiento de esta para albergar más servicios.

b) Red orientada a usuario: los usuarios acceden a servicios personalizados a través de un punto de acceso estandarizado, independiente del tipo de servicio, orientado a usuario y asociado dinámicamente: el CSCF (*Call Session Control Function*). El CSCF es un elemento clave que forma el núcleo IMS y es asignado dinámicamente al usuario en el momento en que se registra o cuando recibe una petición de llamada o establecimiento de sesión (como ya se verá con más detalle en otros módulos). La arquitectura está orientada al usuario y es altamente escalable.

2.4. Evolución futura de la arquitectura 5G

Finalmente llega el turno de saber cuál es el siguiente paso en la evolución de la arquitectura de referencia que hemos visto en la sección 2.2 y obviamente nos tenemos que fijar en la tarea que el 3GPP está realizando en la especificación de las redes 5G.

Hay que decir que la filosofía introducida por el paradigma de las NGN se sigue manteniendo en la especificación de las redes 5G puesto que, al considerarse una evolución de la tecnología de la red de transporte (concretamente la red móvil) ésta se presenta como una nueva red de acceso en la capa de transporte con la salvedad de la introducción del ya comentado concepto de *network slicing*.

No obstante, teniendo en cuenta los tres tipos de escenarios contemplados para definir los casos de uso en 5G (uRLLC, eMMB y mMTC), se quiere extender el concepto *network slicing* a otras redes que no tienen que ver con la telefonía móvil, como las redes satélite entre otras.

Podemos afirmar que con las redes 5G el concepto de “una red para múltiples servicios” que se planteaba como cambio de paradigma en las redes NGN, se le da una vuelta de tuerca más haciendo que la propia red de transporte se adapte de manera mucho más precisa a los servicios. Como ya hemos dicho antes, una red 5G debe ser flexible y más abierta a terceros a nivel de gestión y configuración (vía APIs ligeras basadas en servicios web).

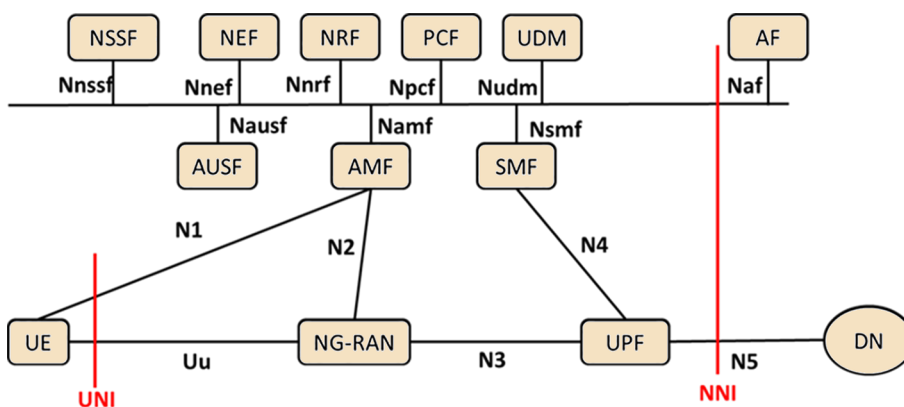
Conseguir esa flexibilidad, implicará adoptar dos ramas en el campo de la tecnología ya presentes hoy en día:

- **Virtualización de redes**, donde los conceptos de *Software Defined Networks* y *Network Functions Virtualization* serán muy importantes.
- **Redes orientadas a servicios**, donde la filosofía SOA (Service Oriented Architecture) y sobretodo el concepto de **microservicios** (es decir, que se utilizan pequeñas aplicaciones que hacen una función muy específica y aislada pero que pueden ser combinadas con otras para formar un servicio o funcionalidad específica) tendrán mucha relevancia.

Este concepto de virtualización y de arquitectura basada en servicios condiciona totalmente la arquitectura de referencia de las redes 5G como veremos a continuación.

Arquitectura 5G basada en servicios

Figura 10. Arquitectura 5G basada en servicios.



En la Figura 10 vemos varios bloques funcionales que especifican la arquitectura de referencia de un núcleo de red 5G (en el diagrama de NGN de la ITU equivaldría a la capa de transporte) publicada por primera vez en el documento 3GPP TS 23.501 V15.0.0. Como veréis en otros módulos, se parece mucho a la arquitectura del núcleo de red de LTE.

En la parte inferior, donde estaría la subcapa de procesamiento de transporte, podemos ver un bloque que simboliza la red de acceso radio de nueva generación de 5G (NG-RAN) y el UPF (*User Plane Function*) que realiza el procesamiento de tráfico IP que afecta a los UE en el ámbito de la red de acceso.

Sin embargo, la parte superior (equivalente a la subcapa de control de transporte en el diagrama de la ITU) es un poco especial ya que hay una serie de funciones o servicios (llamados *Network Functions*) que conjuntamente implementan el plano de control de la red 5G. Estas funciones o, mejor dicho, estos servicios están interconectados a través de un “bus” en el cual cada uno de ellos publica a los demás (vía una API) sus capacidades y funcionalidades al resto. **De ahí viene el concepto de que es una red orientada a servicio.**

Pensad que cada uno de estos servicios puede ser replicado e instanciado tantas veces como se necesite y dimensionado como se necesite utilizando tecnología de virtualización de red (en concreto VNF, que se verá a fondo en otros módulos). Esto posibilita hacer no solo el *network slicing* para instancias de red más pequeñas sino reaccionar a incrementos de demanda repentinos de manera muy rápida y sencilla.

Veamos muy por encima que función realiza cada uno de estos NFs:

- ***Access and Mobility Management Function (AMF)***: gestiona y controla el acceso, la conectividad y la movilidad de los terminales (UEs) en la red de acceso radio.
- ***Session Management Function (SMF)***: asigna el direccionamiento IP a los UEs, gestiona las sesiones que el UE establece al adherirse a la red de acceso y puede realizar tareas de configuración de desvío de tráfico al UPF.
- ***User Plane Function (UPF)***: realizar funciones de procesamiento de tráfico IP como encaminado, inspección de paquetes, aplicación de políticas de QoS. Es el elemento fronterizo de la red de acceso que conecta con la red de datos (Data Network).
- ***Policy Control Function (PCF)***: se encarga de realizar el control de admisión de solicitudes de recursos y de crear las reglas de políticas de QoS si están autorizadas. Accede a información de perfiles de QoS en la capa de transporte para realizar sus tareas de control de admisión.
- ***Authentication Server Function (AUSF)***: actúa como servidor de autenticación.
- ***Unified Data Management (UDM)***: soporta la generación de credenciales AKA, gestiona las identidades de los usuarios, así como autoriza el acceso de estos y gestiona sus suscripciones.

- **Application Function (AF):** simboliza a elementos externos que solicitan recursos a la red de acceso cuando una sesión de una aplicación lo requiere. Aquí estaría emplazado el núcleo IMS y se comunicaría con el PCF vía un interfaz abierto y estandarizado.
- **Network Exposure Function (NEF):** es un elemento que únicamente expone capacidades y eventos. Provisiona de manera segura información proveniente de aplicaciones externas a la red 3GPP.
- **NF Repository Function (NRF):** servicio de descubrimiento de nuevas NFs. Mantiene los perfiles y las instancias disponibles de todas las NFs.
- **Network Slice Selection Function (NSSF):** selecciona las instancias de *network slice* que deben dar servicio al UE. Determina el set de AMF a ser usado para dar servicio al UE.

3. Organismos que impulsan la estandarización de las redes NGN y 5G

A continuación, analizaremos la participación de las organizaciones de estandarización en todo el mundo que han dado y siguen dando forma a la especificación de las redes NGN y 5G. Pero primero veamos los antecedentes y la historia hasta hoy en la especificación y estandarización de las redes NGN, así como las entidades que participan en la definición de la 5G.

3.1. Evolución en el mundo de la estandarización de la arquitectura NGN y 5G

A finales de los noventa, las operadoras de telefonía móvil vieron el potencial que tenía la introducción del protocolo IP como piedra angular en sus redes, tanto en términos de ahorro de costes de mantenimiento como en la provisión de nuevos servicios. Las organizaciones de estandarización se vieron obligadas a abordar el tema de los servicios multimedia basados en IP.

Así, el foro industrial 3G.IP, creado en 1999, fue el primero en dar el paso para definir un marco para la estandarización de lo que se podría considerar la primera arquitectura próxima a NGN, la precursora del IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Se definió una red central de control basada toda en IP que utilizaba el protocolo de establecimiento de sesión SIP del IETF. Fue definida para dar servicios solo de VoIP, dejando la puerta abierta a la inclusión de cualquier servicio futuro basado en IP. Se definió la integración de las redes GSM y GPRS y fue adoptada posteriormente por la organización 3GPP para generar en el año 2000 el Release 4 de su estándar. En esta versión se adquirió este sistema "Todo-IP" como parte de la arquitectura de red, llamándolo en aquella época *Bearer Independent Core Network*.

La implantación de la tecnología UMTS en telefonía móvil (definida también por el 3GPP) abrió la puerta a la conectividad a Internet con banda ancha a través del móvil. La organización 3GPP adoptó y definió IMS a partir de esta versión preliminar "Todo IP" basada en SIP como parte de su trabajo de estandarización de los sistemas de telefonía móvil 3G. Esta aportación quedó reflejada en el 2002 en el Release 5 del estándar (fue concebida como la evolución de 2G a 3G).

El 3GPP2, otra organización de estandarización de telefonía móvil paralela, desarrolló las especificaciones para otra tecnología 3G basada en CDMA, e incluyó el Release 5 del estándar IMS de 3GPP en la definición de su CDMA2000 MMD (*Multimedia Domain*).

En los primeros años del siglo XXI la ITU-T ya debatía cómo serían las redes y servicios en el futuro desde un punto de vista global. Fruto de esos estudios en el 2003 se creó el *Study Group 13* con el objetivo de liderar cualquier actividad de especificación de las redes NGN, y se decidió que continuaría el trabajo realizado por el *NGN Start Group*.

El 9 de julio del 2003 dicho grupo de estudio, junto con el *Study Group 11* (especializado en protocolos de señalización), convocó un workshop en Ginebra para definir la estrategia de estandarización de las NGN. Dicho workshop se considera internacionalmente como el punto de partida de la estandarización de las NGN tal y como lo conocemos hoy.

No obstante, en el 2004 la ITU-T no avanzaba al ritmo necesario en dicha estandarización. La presión de las operadoras, proveedores, fabricantes y organismos gubernamentales para tener cuanto antes unos estándares que les permitiesen acceder al mercado global basado en redes IP interoperables, en las cuales estaban invirtiendo millones de dólares, obligó a la ITU-T a crear el FGNGN (*Focus Group on NGN*) bajo el paraguas del SG13 como único ente en la organización para coordinar las tareas de estudio.

El FGNGN iba a tener una duración limitada y se encargó de estudiar los aspectos a mejorar en las NGN. Como resultado, se adoptó el IMS (ya presente entonces) como parte de la NGN, mientras se estudiaban también cómo compatibilizar el estándar con los sistemas y dispositivos usados por los operadores de telecomunicaciones entonces, como los *softswitches*.

El FGNGN dio lugar a finales del 2004 a las dos primeras especificaciones oficialmente aprobadas de las NGN: *Y.2001 General Overview of the NGN* y *Y.2011 General principles and general reference model for NGN*.

El workshop del 2003 también dio lugar a otras iniciativas de estandarización. En Europa se creó en septiembre del 2003 el proyecto ETSI-TISPAN, donde se iniciaron los estudios de una infraestructura de telecomunicaciones de nueva generación con acceso de alta velocidad y banda ancha y que también acabaría aplicando IMS como parte del estándar. La primera versión que ETSI-TISPAN generó de su estándar NGN (Release 1) se publicó en el 2006.

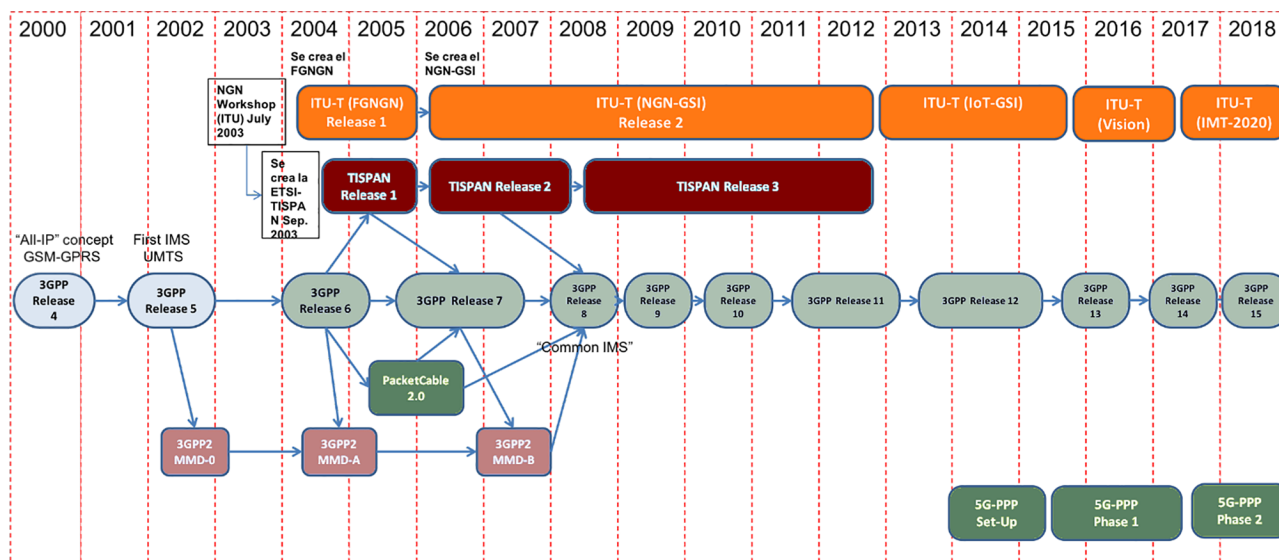
CableLabs puso su granito de arena especificando la adaptación de las redes cableadas a IMS, creando en el 2007 la arquitectura PacketCable 2.0.

Volviendo a la ITU-T, los resultados de los estudios realizados por el FGNGN fueron traspasados al SG13, el cual dirigió los subsiguientes estudios sobre la estandarización de las NGN. Con el SG13 se iniciaron en julio del 2006 las especificaciones de la primera versión (Release 1) del estándar de la ITU-T que definía las NGN.

En el 2005 el FGNGN fue disuelto y en su lugar la ITU-T creó un nuevo grupo centralizado de estudio llamado la NGN-GSI (NGN-Global Standards Initiative) que continuaría el trabajo realizado por el primero tras desaparecer.

Actualmente la ITU-T NGN-GSI se encarga de generalizar el trabajo realizado por otras organizaciones de estandarización de las NGN (como la ETSI-TISPAN entre otras).

Figura 11. Cronología en la estandarización de las redes NGN y 5G.



En la Figura 11 se puede apreciar un resumen cronológico de las distintas aportaciones realizadas por las entidades de estandarización 3GPP, 3GPP2, ETSI-TISPAN, CableLabs, ITU-T y 5G-PPP.

Cabe resaltar las interacciones entre las distintas organizaciones de estandarización a lo largo de los años. Estas interacciones han dado a veces como fruto la integración de especificaciones entre organizaciones.

Por ejemplo, en el año 2008 se integraron las aportaciones de la ETSI-TISPAN, 3GPP2 y PacketCable, dando como resultado el Release 8 del 3GPP, llamado Common IMS en alusión a esta integración de las distintas vertientes paralelas.

La 5G-PPP, iniciativa público-privada conjunta entre la Comisión Europea y la industria europea, pretende ser el programa de investigación más importante para la 5G. Sus primeros pasos empezaron en 2014, y está involucrada con las más importantes entidades de estandarización, como el 3GPP o la ITU. Mediante los diversos proyectos de investigación y grupos de trabajo de los

que consta, su objetivo es proporcionar la tecnología y estándares necesarios para poder ayudar a llevar a cabo la implantación y comercialización de la 5G en Europa.

3.2. Entidades de estandarización involucradas

A continuación se muestra una lista de las entidades de estandarización que han participado más activamente en la especificación de las redes NGN así como la futura 5G en sus respectivos ámbitos, así como una breve descripción de la aportación de cada una de ellas a dicha especificación. Por ejemplo, hay entidades que se focalizan en la especificación de la capa de transporte y la capa de servicio mientras que otras se focalizan únicamente en la capa de aplicación.

3.2.1. IETF

La IETF (*Internet Engineering Task Force*) es una entidad de estandarización abierta responsable de la mejora de los protocolos y los estándares que definen la tecnología de Internet. Estas mejoras se proponen en los también conocidos como RFC, que a veces continúan convirtiéndose en estándares que ayudan a definir cómo funciona Internet. Se formó el 16 de enero de 1986 en San Diego por el *Internet Architecture Board*. Está compuesto por administradores de Internet, diseñadores, fabricantes, investigadores y particulares interesados en la evolución de la arquitectura de Internet.

IAB o *Internet Architecture Board*

La IAB o Internet Architecture Board (Dirección de Arquitectura de la Internet) es al mismo tiempo un comité de la IETF y un cuerpo consultivo de la *Internet Society* (ISOC). Sus responsabilidades incluyen la vigilancia arquitectural de las actividades de la IETF, la vigilancia y proceso de apelaciones de la *Internet Standards Process*, y el nombramiento del editor de la RFC (*Request For Comment*). La IAB también es responsable de la administración de los registros de los parámetros protocolares de la IETF.

La IETF concentra sus estudios en los problemas que Internet presenta a nivel técnico y operacional, proponiendo protocolos y soluciones arquitecturales y haciendo recomendaciones a los miembros del comité del IESG (*Internet Engineering Steering Group*). Gran parte del trabajo hecho por la IETF es realizado por varios grupos de trabajo (WG), cada uno especializado en un tema y liderado por un grupo directivo concreto. Este trabajo se documenta en los mencionados RFC.

La IETF además facilita la transferencia tecnológica desde el *Internet Research Task Force* y proporciona un foro para el intercambio de información entre los actores que conforman Internet: fabricantes de equipos, usuarios, investigadores y gestores.

IRTF o *Internet Research Task Force*

La *Internet Research Task Force* (IRTF), en castellano Grupo especial sobre investigación de Internet, es un grupo hermano del IETF. Su principal misión es “promover la investigación de la importancia de la evolución de futuro de Internet a través de grupos, a largo y corto plazo, y crear investigación que trabaje sobre los asuntos relacionados con los protocolos, los usos, la arquitectura y la tecnología de Internet”.

Introduciéndonos en el mundo de las redes NGN e IMS, la IETF juega un papel muy relevante, ya que contribuye de forma muy importante en el funcionamiento de dichas redes. A continuación, describiremos las contribuciones que ha realizado en el desarrollo de las redes NGN, las cuales se concentran básicamente en la definición de protocolos.

Contribución de la IETF a las redes NGN

- **Protocolo IP:** se especifica en el RFC 791 para la versión 4 y en el RFC 2460 para la versión 6 y como ya se ha especificado anteriormente este es un protocolo no orientado a conexión que proporciona en la capa de Internet y proporciona transmisión de paquetes extremo a extremo a través de múltiples redes IP.
- **Protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*):** se especifica en el RFC 3261 y se ubica en la capa de aplicación por encima de los protocolos de capa de transporte: UDP y TCP. Guarda similitudes con el protocolo HTTP (cabeceras del protocolo expresadas en texto) y se utiliza como protocolo de establecimiento de sesión de servicio. Para ello, forma diálogos entre los dos extremos utilizando mensajes con una funcionalidad concreta que permite controlar el establecimiento y liberación de la sesión. A estos mensajes se les llama métodos, entre los que se incluyen REGISTER, INVITE, BYE, ACK, CANCEL, SUBSCRIBE, NOTIFY, PRACK, OPTIONS y MESSAGE. El 3GPP lo adoptó para la especificación de IMS en su Release 5 proponiendo una extensión del propio protocolo SIP (RFC 4083), las cuales han sido integradas posteriormente en el estándar de SIP por el IETF en el RFC 3455 y en el RFC 5502.
- **Protocolo Diameter:** se especifica en el RFC 3588 como protocolo orientado a proporcionar mecanismos de AAA. También es un protocolo de capa de aplicación que puede basarse en TCP o SCTP. El protocolo se utiliza en

Diameter

Diameter es la evolución del protocolo Radius. Por eso se dice que Diameter es dos veces Radius.

NGN para que dos entidades funcionales soliciten información relevante que afecta a la toma de decisiones en el establecimiento de las sesiones. Los mensajes se definen como comandos y estos contienen un número variable de parámetros llamados AVP (Attribute-Value Pair), que contienen información muy concisa sobre las características de la sesión establecida. Este protocolo es muy utilizado, por ejemplo, para comunicaciones de control entre los elementos que forman el núcleo IMS y entre este y la capa de control de transporte para solicitud de recursos.

- **Protocolo Megaco o H.248:** este protocolo está definido en el RFC 3525 como fruto de la cooperación con la ITU-T (de ahí que tenga la nomenclatura alternativa típica de la ITU-T). Es un protocolo del tipo cliente/servidor situado en la capa de aplicación y basado en TCP. En redes NGN, es utilizado para separar la lógica de control de llamada y la lógica del procesado de flujos multimedia en una pasarela. Este protocolo sirve, por ejemplo, para configurar remotamente los puertos UDP utilizados en una traducción NAT de puertos o en una pasarela de VoIP con PSTN.
- **Protocolo RTP (*Real-time Transport Protocol*):** este protocolo está especificado en el RFC 3550 y está basado en UDP. Sirve para el transporte de flujos multimedia (contenidos de audio y vídeo, principalmente) en tiempo real. En una llamada de voz, el protocolo RTP transportaría las muestras comprimidas de la voz según el codificador utilizado. El protocolo RTP va de la mano de otro protocolo: el RTCP (*Real-time Control Protocol*) que proporciona información de sincronización del flujo multimedia, así como estadísticas de monitorización de parámetros de transmisión y calidad de servicio.

Contribución a las redes 5G y NFV/SDN

En cuanto a la contribución de la IETF a la 5G, este organismo está trabajando en numerosas tecnologías que interactúan (o van a interactuar) con esta última, como por ejemplo aquellas relacionadas con la autenticación EAP (RFC 3748, RFC 5448). También son importantes los aspectos relacionados con los mecanismos que aseguran retrasos determinísticos a través de la red (como el IETF DETNET), ya que las aplicaciones críticas de muy baja latencia son uno de los servicios clave de la 5G.

Por lo que respecta a la NFV y la SDN, el grupo de trabajo NVO3 (*Network Virtualization Overlays 3*) desarrolla un conjunto de protocolos para habilitar la virtualización de red dentro de los centros de datos basados en sistemas IP. Asimismo, el IRTF cuenta con un grupo de investigación (NFVRG o *Network Function Virtualization Research Group*) que trabaja en la arquitectura de las funciones de red, así como en los nuevos *frameworks* de gestión y orquestación.

IEFT y 5G

Más información en <https://www.ietf.org/blog/5g-and-internet-technology/>

3.2.2. 3GPP

El 3GPP responde a las siglas de *3rd Generation Partnership Project* y es fruto de una colaboración creada en diciembre de 1998 de diversas asociaciones de telecomunicaciones conocidos como Miembros Organizativos. Esta asociación está compuesta por seis miembros de Asia, Europa y Norteamérica:

- ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*) de Japón.
- ATIS (*Alliance for Telecommunications Industry Solutions*) de EE. UU.
- CCSA (*China Communications Standards Association*) de China.
- ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) de Europa.
- TTA (*Telecommunications Technology Association*) de Corea de Sur.
- TTC (*Telecommunication Technology Committee*) de Japón.

El primer objetivo del 3GPP fue el de crear una nueva generación de telefonía móvil evolucionada del GSM que fuera compatible en todos los países y cuya especificación estuviera dentro del proyecto de la ITU-T llamado *International Mobile Telecommunications-2000*. Pero dicho objetivo de especificación evolucionó hacia un sistema basado en Todo-IP, introduciendo total independencia entre la red radio de acceso y la red troncal: IP Multimedia Subsystem.

Por el camino se definieron sistemas intermedios entre GSM e IMS como, por ejemplo, el GPRS y EDGE (considerados sistemas de telefonía de 2.5G) y UMTS (3G).

La estandarización del 3GPP engloba todos los elementos y zonas de la red, desde la tecnología de acceso radio como la red troncal de transporte e incluso la arquitectura de servicio.

Contribución del 3GPP a las redes NGN

Es más que obvia la contribución del 3GPP a la especificación de las redes NGN. De hecho, se considera que el embrión de lo que la ITU-T llama hoy en día a las redes NGN es el IMS y su integración con redes inalámbricas tanto móviles (3G o LTE) como fijas (Wi-Fi).

La primera especificación de IMS fue introducida en el Release 5 del estándar del 3GPP y a lo largo de los años dicho estándar ha ido evolucionando para incluir todo tipo de redes de acceso, como WiMAX, redes basadas en cable, redes fijas cableadas (ADSL) siempre en estrecha colaboración con la ETSI para ampliar especificaciones a otras redes de acceso como con el IETF y evolucionar los protocolos mencionados anteriormente.

ETSI y 3GPP

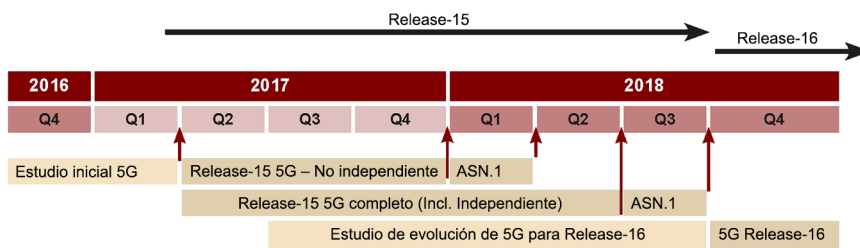
Puede llegar a ser confuso para vosotros que la ETSI esté involucrada en el 3GPP, la cual genera sus documentos de especificación, y que al mismo tiempo esté generando sus propias Releases en paralelo. Esto es perfectamente posible en el mundo de las organizaciones de estandarización gubernamentales. Mientras que el equipo de la ETSI involucrado en el 3GPP se ciñe a IMS y la tecnología móvil, el grupo de la ETSI-TISPAN intenta dar un enfoque más amplio en la especificación ampliando la integración de otras redes de acceso.

Contribución del 3GPP a las redes 5G

La Release 15 del 3GPP dio paso a las primeras especificaciones para la 5G. También se incluyen nuevos trabajos sobre las especificaciones del LTE-Advanced Pro, conocido a veces como pre-5G.

La Release 15 da por finalizada la primera fase de la 5G, que ya empezó con la Release 14. En esta se establecen las características básicas, así como los servicios mejorados para *Mobile Broadband*, tanto para los escenarios NSA y SA. Además, se tienen en cuenta los requisitos para los servicios de emergencias que todo sistema debe contemplar de acuerdo con la legislación vigente.

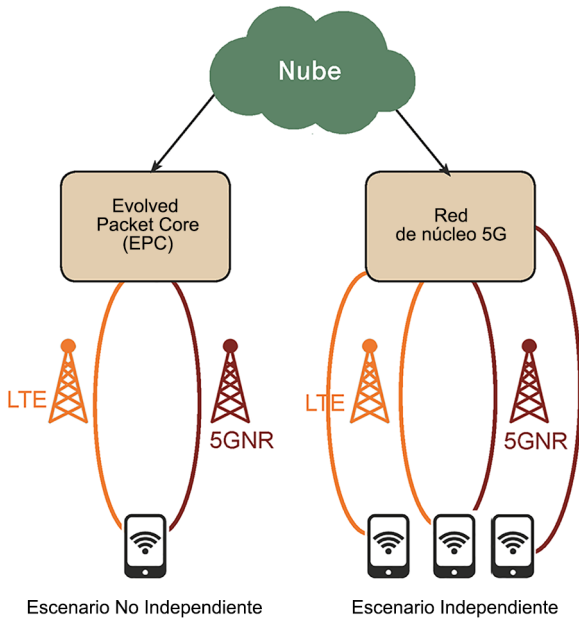
Figura 12. 5G NR (Release 15) Timeline.



Fuente: 3GPP

Se contemplan dos tipos de escenarios. El escenario NSA (*Non Standalone*) la nueva red de acceso 5G (*New Radio*) se usa como un acceso suplementario a la red de acceso actual LTE. Esta es la única parte relacionada con la 5G, pues se sigue usando en EPC (*Enhanced Packet Core*), el núcleo de red para LTE. En el escenario SA (*Standalone*) se puede usar tanto la red de acceso LTE como la 5G NR, y en este caso se hace uso del 5G CN (*Core Network*).

Figura 13. Comparación de escenarios NSA/SA para la 5G.



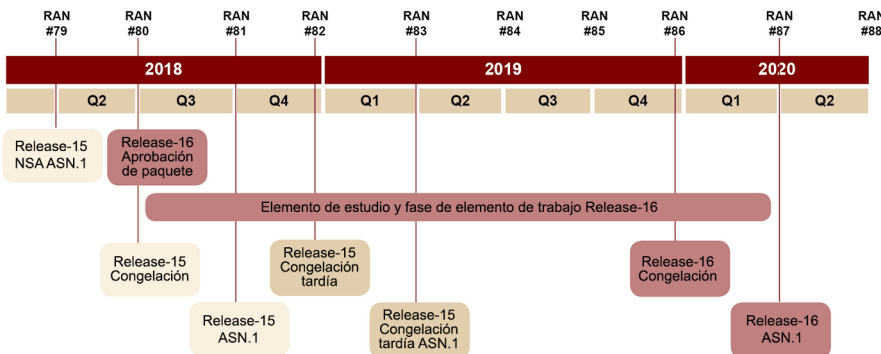
Nota

Para ampliar información, pueden consultar el documento "5G New Radio and System Standardization in 3GPP" en https://www.itu.int/en/itu-t/workshops-and-seminars/201707/documents/eric_guttman_5g%20New%20Radi%20*and%20*System%20*Standardization%20*in%203GPP.pdf

La Release 15 también da comienzo a la segunda fase para la estandarización de la 5G, que se concluirá con la Release 16, en la cual está enfocada la 3GPP actualmente. Esta llevará a la definición completa de la 5G, para ser sometida al IMT-2020. Aunque todavía deben determinarse los objetivos finales, existen ya diferentes estudios en marcha que se centran en aspectos como el V2X (*Vehicle-to-everything*), acceso satélite 5G, compatibilidad de la 5G con redes LAN, posicionamiento y localización, seguridad, *network slicing* o IoT.

En esta segunda fase de la 5G se continuará evolucionando el servicio de *mobile broadband* ya contemplado en la primera fase, pero se hará hincapié especialmente en los otros dos servicios centrales de la 5G, como son la conexión de múltiples dispositivos a Internet (*massive IoT*) y las aplicaciones críticas que trabajan con muy baja latencia. Este último servicio, de gran complejidad técnica, será uno de los que requiere un mayor esfuerzo para ser puesto en marcha.

Figura 14. Release 15 y 16 (NR) Timeline.



Fuente: 3GPP

3.2.3. 3GPP2

Se trata de una asociación hermana del 3GPP formada por los mismos Miembros Organizativos que el 3GPP, pero sus estándares de telefonía 3G se centran en la tecnología CDMA2000.

Contribución del 3GPP2 a las redes NGN

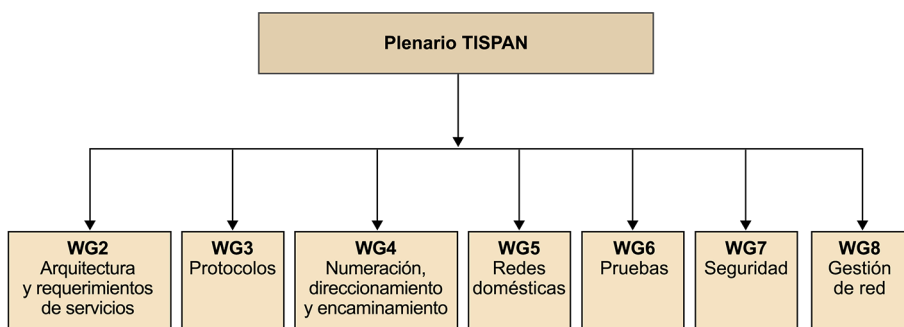
Al ser una organización paralela al 3GPP, su contribución es equivalente, solo que aplicada a la integración con el núcleo IMS y la red troncal IP de una red móvil basada en la tecnología CDMA 2000.

3.2.4. ETSI

En el 2003 la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) creó un comité técnico llamado TISPAN (*Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking*) fruto de la unión de TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) y SPAN (*Services and Protocols for Advanced Networks*). Su tarea se centra en la especificación de las redes fijas (por ejemplo, con tecnología ADSL) y su migración a las redes NGN.

TISPAN está formado por ocho grupos de trabajo, como vemos en la Figura 15:

Figura 15. Grupos de trabajo el ETSI-TISPAN.



Contribución del ETSI-TISPAN a las redes NGN

La contribución más clara de esta entidad estandarizadora es la adaptación de las redes de acceso fijas a un contexto NGN. En esta especificación se incluye IMS del 3GPP como capa de control de servicio, aunque también contempla los servicios que no están basados en SIP. Propone una arquitectura de referencia propia para la subcapa de control de transporte con una nueva distribución de bloques funcionales en la gestión de recursos de la red de acceso (RACS). La funcionalidad de los bloques y las interfaces (llamados puntos de referencia) entre las propuestas por TISPAN coinciden mayoritariamente con las propuestas en la arquitectura de 3GPP para la red de acceso inalámbrica (PCC), aunque guardan ligeras diferencias, sobre todo en puntos de referencia.

Esta nueva arquitectura de control de red de transporte se incluyó en el Release 1 del estándar (2005) que define las redes NGN según ETSI-TISPAN. En el Release 2 (2008) TISPAN aborda la especificación del servicio de IPTV tanto si está basado en IMS como si no. Además, incluye la definición de la arquitectura de la pasarela de red de cliente (*Customer Network Gateway*) y los puntos de referencia involucrados.

ETSI-TISPAN colabora estrechamente con 3GPP para combinar el trabajo de ambas entidades en un solo estándar. Esto se llevó a cabo en el Release 8 del 3GPP, donde se definió el llamado Common IMS.

Contribución del ETSI a la 5G y la NFV

Si bien gran parte del trabajo de estandarización corre a cargo del 3GPP, la ETSI colabora con esta desarrollando bloques del sistema 5G. Entre estas actividades, se encuentran aquellas relacionadas con el *edge computing* o la NFV, esta última una pieza clave para la virtualización de redes necesario para la implementación del *network slicing*.

En general, la ETSI participa en la estandarización de las tecnologías de las redes de acceso, así como en la arquitectura y núcleo de las redes 5G. a través de diferentes ISGs:

- ETSI ISG mWT (*mm Wave Transmission*)
- ETSI ISG RRS (*Reconfigurable Radio Systems*),
- ETSI ISG NFV (*Network Function Virtualization*)
- ETSI ISG MEC (*Multi-Access Edge Computing*).

3.2.5. ITU-T

La ITU (*International Telecommunication Union*) fue creada en 1947 por las Naciones Unidas como su agencia para las TIC. Está formada por tres divisiones principales:

- **ITU-R (*Radiocommunication*)**: gestiona el espectro de radiofrecuencia internacional así como los recursos orbitales de los satélites.
- **ITU-T (*Telecommunication standardization*)**: sector que se encarga de todas las estandarizaciones que genera el organismo. Este sector antiguamente (antes de 1992) se le conocía como CCITT (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique*).
- **ITU-D (*Development*)**: se encarga de ayudar a difundir el acceso equitativo y sostenible a las TIC.

Industry Specification Groups

Los ISG o *Industry Specification Groups* de la ETSI trabajan en paralelo con los comités de estandarización tradicionales en una área tecnológica específica.

La ITU-T produce una serie de estándares de carácter internacional que hacen llamar “recomendaciones”. Estas solo se convierten en obligaciones cuando forman parte de alguna ley de algún país. Así, la ITU-T se posiciona como el ente de estandarización global que no solo realiza sus propias contribuciones, sino que se encarga de aglutinar distintos estándares de otras organizaciones supranacionales para sintetizarlos en uno solo y darle carácter internacional.

El desarrollo de las recomendaciones es gestionado por Grupos de Estudio (SGs), los cuales están formados por expertos en telecomunicaciones de todo el mundo. La ITU-T está compuesta por los 11 grupos de trabajo siguientes:

- SG-2: aspectos operacionales de provisión de servicio y gestión de telecomunicaciones.
- SG-3: principios de facturación y tarificación incluyendo aspectos de políticas y económicos de telecomunicaciones.
- SG-5: cambio climático y entorno.
- SG-9: transmisión de sonido y televisión y redes de cable de banda ancha integradas.
- SG-11: requerimientos de señalización, protocolos y especificaciones de prueba.
- SG-12: rendimiento, QoS y QoE.
- SG-13: redes futuras incluyendo redes móviles y NGN.
- SG-15: redes de transporte ópticas e infraestructuras de redes de acceso.
- SG-16: codificación multimedia, sistemas y aplicaciones.
- SG-17: seguridad.
- SG-20: IoT, ciudades y comunidades inteligentes (*smart cities & communities*)
- TSAG: grupo de asesoramiento de estandarización de telecomunicación.

Contribución del ITU-T a las redes NGN

La ITU-T, como entidad global de estandarización, ha sido quien ha introducido el concepto de NGN genérico tal y como se ha explicado en este módulo. La actividad estandarizadora acerca de las redes NGN en la ITU-T se focaliza principalmente en el SG-13.

La ITU-T aportó los dos primeros documentos donde se definía el concepto de redes NGN (el Y.2001 y el Y.2011) y donde se abordaban requerimientos funcionales, modelo de referencia general y arquitectura, así como su evolución futura.

Actualmente, las empresas, así como otras organizaciones, sacan nuevos productos con sus particulares adhesiones a la NGN. ITU-T intenta armonizar los diversos estándares regionales vigentes y anticiparse, con normas consensuadas, a las soluciones propietarias que imponen las empresas mediante el dominio del mercado.

Contribución de la ITU a las redes 5G y NFV/SDN

El último grupo de trabajo de la agencia, el SG-20, está enfocado al IoT, relacionado con uno de los servicios básicos de la 5G (*massive IoT*). Actualmente trabaja en los requisitos de estandarización de las tecnologías subyacentes al “Internet de las cosas”, así como sus aplicaciones en las conocidas como ciudades y comunidades inteligentes.

Asimismo, elabora las normas internacionales para el desarrollo de las comunicaciones M2M y las redes de sensores ubicuos. Uno de los aspectos más importantes en los cuales se enfoca el SG-20 es en la estandarización de las *arquitecturas end-to-end* para IoT, así como los mecanismos para la interoperabilidad de las aplicaciones relacionadas.

Con el objetivo de proporcionar una especificación internacional para la 5G a nivel global, la ITU y sus socios han desarrollado el IMT-2020, un término que engloba la visión de las comunicaciones móviles internacionales (*International Mobile Communications*) para 2020. El proceso de estandarización del IMT-2020 empezó en 2012, y sigue la misma estructura evolutiva que los anteriores IMT-2000 (para 3G) y IMT-Advanced (para 4G). Las primeras fases se centraron, entre otros aspectos, en la definición de dicha visión y en el plan de desarrollo, así como los requisitos para las prestaciones técnicas y los criterios de evaluación. Los siguientes pasos se orientan en la definición de la tecnología, incluyendo la gestión del espectro y la definición de las especificaciones del acceso radio para la 5G.

Figura 16. Proceso de estandarización del IMT-2020.



Fuente: ITU

Objetivos de SG

Los objetivos de la Comisión de Estudio o *Study Group* (SG) 20 pueden consultarse en <https://5g-ppp.eu/white-papers/>.

ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things

De hecho, la ITU lleva ya tiempo trabajando con el IoT. En 2005 publicó la última edición de su informe de referencia “The Internet of Things” (<https://www.itu.int/pub/S-POL-IR.IT-2005/e>).

Resolución 77 de la ITU-T

La *Resolución 77 de la ITU-T* puede consultarse en https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/res/T-RES-T.77-2012-PDF-E.pdf.

IMT-2020

Más información sobre el iMT-2020 en <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>.

En 2017, la ITU, en colaboración con diversas instituciones de investigación, completó un conjunto de estudios enfocados a las tecnologías clave para la 5G y los requisitos de eficiencia para el IMT-2020. Algunas de las especificaciones mínimas clave son:

- Ancho de banda mínimo de 100 MHz, y de hasta 1 GHz para bandas de alta frecuencia (por encima de 6 GHz)
- Transferencias “típicas” de 100 Mbps en bajada y 50 Mbps en subida
- Picos de transferencia de hasta 20 Gbps en bajada y 10 Gbps en subida.
- Capacidad de conexión con una densidad de 1 millón de dispositivos por km² (IoT).

En cuanto a las SDN, el SG-13 lleva años involucrado en el estudio de las redes definidas por *software* y la estandarización de su arquitectura. Tal como destaca en su Resolución 77 (*Standardization work in ITU-T for software defined networking*), las SDN seguirán cambiando el panorama de industria de la ICT (*Information and Communication Technology*) durante los próximos años, y la ITU-T debe desempeñar un papel activo en su estandarización.

3.2.6. 5G-PPP

La 5G-PPP (*5G Infrastructure Public Private Partnership*) es una iniciativa conjunta entre la Comisión Europea y la industria ICT (*Information and Communication Technologies*) europea, que incluye a fabricantes, operadores de telecomunicaciones, proveedores de servicio, PYMES e instituciones de investigación.

Dispone de numerosos grupos de trabajo encaminados a promover el desarrollo y la implementación de la 5G, así como participar en su estandarización, con el objetivo de situar a Europa entre los pioneros de la nueva generación de redes celulares.

Podemos destacar su papel activo en la estandarización de los aspectos de seguridad y privacidad para la 5G, con más de 40 contribuciones presentadas al 3GPP y la ETSI, además de sus colaboraciones con el ITU-T para las primeras fases de la 5G.

Asimismo, la 5G-PPP ha publicado numerosos *white papers* sobre diferentes aspectos de la 5G, relacionados con su arquitectura, la automoción o las redes definidas por *software*. A destacar el documento "*5G PPP use cases and performance evaluation models*" (2014), que proporciona una visión de conjunto de los casos de uso y modelos desarrollados para evaluar los diferentes conceptos de la red de acceso 5G en sus primeras fases.

Los *white papers* publicados por la 5G-PPP

Podemos consultar los *white papers* publicados por la 5G-PPP en <https://5g-ppp.eu/white-papers/>.

"5G PPP use cases and performance evaluation models"

El *white paper* "5G PPP use cases and performance evaluation models" puede consultarse en https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-use-cases-and-performance-evaluation-modeling_v1.0.pdf.

3.2.7. NGMN

La NGMN (*Next Generation Mobile Networks*) Alliance es una asociación de telecomunicaciones móviles formada por operadores móviles, fabricantes, proveedores e institutos de investigación fundada en 2006 para desarrollar un punto de vista común para las soluciones de la siguiente evolución de las redes móviles. Se encarga también de dar soporte a las organizaciones de estandarización (como el 3GPP, la ITU o el IEEE).

En 2010, la NGMN publicó un conjunto de recomendaciones sobre aspectos operacionales de las redes de nueva generación, haciendo hincapié en la creciente complejidad y coste de las operaciones en las redes heterogéneas, que no podían adaptarse eficientemente a las demandas del mercado. La necesidad de ofrecer una operatividad más flexible y sus posibles soluciones fueron algunas de las contribuciones de estas recomendaciones.

En 2014, la asociación decidió enfocar sus actividades a la definición de los requisitos *end-to-end* para la 5G. A principios de 2015 publicó el *5G White Paper* donde se detallaban los requisitos para los operadores para la estandarización y desarrollo de la 5G, y se introducía también el concepto de *network slicing*, un aspecto clave para la flexibilización de las redes.

3.2.8. GSMA

La GSMA (*Global System for Mobile Communications*) es una asociación que representa los intereses de los operadores de redes móviles a nivel mundial. Constituida en 1995 bajo el nombre original de *Groupe Spécial Mobile*, en la actualidad incluye unos 800 operadores y unas 300 compañías afines. Su actividad se centra en grupos de trabajos y programas en la industria del sector. La GSMA se encarga, asimismo, de organizar anualmente el MWC.

Sus programas se centran en tres campos: “redes futuras” (promoviendo estándares como RCS y VoLTE), “identidad” y “IoT”. Este último aspecto está relacionado con uno de los servicios básicos en torno a los cuales se centrará la futura 5G, diseñado para permitir la conexión simultánea de un gran número de dispositivos (*massive IoT*).

La GSMA también es uno de los actores que participa en la definición del *Network slicing* y está trabajando con operadores y proveedores para definir un *Generic Slice Template* (GST) que facilite a estos operadores gestionar los *Service Level Agreements* (SLA) con los mercados verticales, así como para habilitar la interoperabilidad y la itinerancia.

El NGMN 5G White Paper

El NGMN *5G White Paper* puede consultarse en https://www.ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/downloads/Technical/2015/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf.

Ampliación concepto *network slicing*

El concepto del *network slicing* sería ampliado por la NGMN en un artículo específico titulado “*Description of Network Slicing Concept*”.

MWC

El MWC (*Mobile World Congress*) es el congreso más importante de la industria móvil, que se celebra anualmente para reunir a los actores más relevantes del sector.

Informe de *network slicing* del GSMA

Más información en el informe de *network slicing* del GSMA: <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2017/09/5G-Network-Slicing-Report.pdf>

Resumen

El mundo de las telecomunicaciones ha sufrido un cambio muy importante con respecto a los servicios y a su arquitectura de referencia. Entre mediados y finales del siglo XX las infraestructuras de telecomunicaciones se caracterizaban por servir a un único servicio: la voz. Toda la red, desde la provisión del servicio hasta el terminal de usuario, pertenecía a un solo dominio administrativo o empresa. A medida que surgían nuevos servicios de comunicaciones, como el fax o las líneas digitales de datos, requerían en la mayoría de los casos nueva infraestructura dedicada. En resumen, se tenía una estructura de “un servicio, una red”. Desde el punto de vista de las operadoras, esto afectaba a la escalabilidad de la red y sobre todo a cierta ineficiencia en costes de mantenimiento.

Con el paradigma introducido por las NGN (*Next Generation Networks*) se pasa a una red multiservicio en la que se consigue total independencia de los servicios prestados con la tecnología de red de transporte y con garantía de calidad de servicio extremo a extremo. Esto a su vez permitía la proliferación futura de nuevos servicios multimedia agnósticos del tipo de terminal empleado por el usuario.

El factor que abrió la puerta a la introducción del concepto de redes de próxima generación fue la implantación de la telefonía de tercera generación (UMTS) definida por la organización estandarizadora 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), que posteriormente definió en su Release 5 lo que se considera el primer paso en la definición de las redes NGN: IMS. Inicialmente orientado a las redes de telefonía móvil, IMS (*IP Multimedia Subsystem*) pretendía proporcionar un nuevo entorno en el que todos los servicios multimedia (llamadas de voz, videoconferencia, mensajería instantánea e intercambio de archivos) estuvieran basados en el protocolo IP íntegramente.

Por otro lado, la 5G (definida en la Release 15 del 3GPP) supone un nuevo cambio de paradigma en el mundo de las redes de comunicaciones móviles, pues retoma parte de los conceptos vistos en las redes NGN y añade nuevos elementos para hacer frente a las nuevas demandas y servicios, que incluyen todavía velocidades de transferencias más rápidas (*mobile broadband*) y latencias más pequeñas para aplicaciones críticas (*low latency & ultra reliability*), así como la posibilidad de conectar grandes cantidades de dispositivos (*massive IoT*). Para ello, la 5G pone el énfasis en la flexibilidad de la red, a partir de la segmentación (*network slicing*) en combinación con la virtualización de las funciones de red (NFV) y las redes definidas por *software* (SDN).

Ejercicios de autoevaluación

1. Situarnos en el siguiente escenario: hay un usuario A con un *smartphone* 4G con *software* IMS integrado en el firmware (Joyn) que quiere establecer una llamada con otro usuario en la red RDSI. Hay otro usuario B que tiene otro *smartphone* 3G con una aplicación de VoIP equivalente (Skype) y quiere establecer otra llamada con otro usuario con el mismo *software* en Internet. Ahora responded a las siguientes preguntas:

a) Las celdas desde donde se conectan el usuario A y el usuario B no están congestionadas. ¿Qué QoE se espera tener para usuario A y B?

b) Las celdas ahora están congestionadas. ¿Cómo cambia la QoE para ambos usuarios? ¿Cómo se justifica dicho cambio de QoE?

2. Una empresa A quiere convertirse en un proveedor de servicios de multiconferencia en redes NGN. Se sabe que su servicio requiere tener un control de presencia de los suscriptores, un control de grupos así como que la red de transporte garantice la QoS de cierto tráfico relacionado con el servicio. Responded a las siguientes preguntas:

a) ¿Qué opciones podría contemplar esta empresa para poder implantar este servicio?

b) ¿Qué opción garantiza un mínimo CAPEX?

c) ¿Qué debe implementar esta empresa para garantizar la QoS extremo a extremo?

3. Un operador de una red de acceso satélite que soporta la transmisión de paquetes IP necesita soportar servicios IMS y quiere migrar e integrar su red a un contexto NGN. ¿Qué aspectos debe cumplir la red de acceso a nivel tecnológico para poder ser integrada en un contexto NGN y conseguir la convergencia con otras redes heterogéneas?

Solucionario

1.

a) Es de esperar que tanto el usuario A como el B gocen de una buena calidad apreciada en el servicio de VoIP sin retrasos en la voz ni sonido entrecortado. Hay suficientes recursos en ambos sentidos para que los paquetes de VoIP vayan y vengan sin congestiones.

b) Para este caso, se aprecia un cambio sustancial entre el usuario A y el usuario B. Para el usuario A, al tener un cliente IMS instalado, utiliza el protocolo SIP para el establecimiento de la llamada. Esta señalización es procesada por el componente de servicios multimedia en la capa de control de servicio, el cual detecta que se ha de proceder en la reserva de recursos en la capa de transporte y se dispara el procedimiento de garantía de QoS extremo a extremo. Con lo cual la calidad de la llamada experimentada por el usuario será siempre satisfactoria. En el caso del usuario B, al utilizar una aplicación que no está integrada en la red NGN para la reserva de recursos, la calidad de la llamada de voz se verá comprometida, ya que el tráfico de VoIP no será tratado para garantizar ninguna QoS en la red de acceso (será tratado como tráfico de Internet al igual que el tráfico de www).

2.

a) La primera opción sería la de crear su propio *software* cliente y usar un protocolo propietario específicamente diseñado para dicho servicio. Referente a la gestión de presencia y grupos, se podrían también implementar y concentrarlo todo en el propio servidor de multiconferencia, aglutinando todas las funcionalidades en un solo punto completamente administrado y controlado por el propio proveedor de servicio.

La segunda opción sería aprovechar la infraestructura, los protocolos y las funcionalidades que ofrece la subcapa de soporte a las aplicaciones y servicios. Estas funcionalidades serían ofrecidas por terceros a los cuales contrataríamos los servicios de presencia y grupos. Con respecto al protocolo SIP (IMS), podría cumplir con las expectativas. Simplemente la empresa A debería implementar el servidor de multiconferencia. El núcleo IMS (operado por un tercero) se encargaría de autenticar y registrar a los clientes antes de encaminar los inicios de sesiones hacia nuestro servidor. Con lo cual tenemos dos opciones, una basada en IMS y otra que no lo está.

b) La opción basada en IMS, ya que la única inversión en términos de implementación recae en el servidor de multiconferencia. El resto de servicio (señalización, presencia y grupos) son subcontratados a terceros.

c) Para cualquiera de las dos opciones planteadas, algún elemento que controle el establecimiento de sesiones con el servidor de multiconferencia debería implementar una interfaz abierta para poder solicitar reserva de recursos a la red de acceso desde donde el cliente se conecta. En el caso de la primera opción, el elemento que realiza dicha solicitud sería el propio servidor de multiconferencia y en la segunda opción (la basada en IMS) sería el núcleo IMS.

3. El primer requisito ya lo cumple, que es que soporte la transmisión de paquetes IP. Le sigue la necesidad de mapear los requerimientos de QoS a nivel de servicio a parámetros equivalentes de QoS dependientes de la tecnología de la capa de transporte y que garantice la QoS en el ámbito de la red de acceso. La tercera es proporcionar una interfaz abierta con la capa de control de servicio para poder recibir solicitudes de sesiones de servicio que afectan a usuarios registrados en la red de acceso. Finalmente, a nivel de adhesión a la red, se ha de permitir la definición de perfiles de usuario acordes a la especificación de la ITU-T para permitir la itinerancia de otros usuarios en la red de acceso.

Glosario

3GPP *Third Generation Partnership Project*. Entidad estandarizadora de tecnología móvil. Entre otras, UMTS y LTE así como IMS.

3GPP2 *Third Generation Partnership Project 2*. Entidad estandarizadora de tecnología móvil especializada en la tecnología CDMA.

AAA *Authentication, Authorization and Accounting*. Protocolo de seguridad en redes IP.

ADSL *Asymmetric Digital Subscriber Line*. Tecnología de la familia xDSL en la cual la capacidad del enlace ascendente es inferior que la capacidad del enlace descendente.

ANSI La *American National Standards Institute* es una organización sin ánimo de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos.

ARIB Responde a las siglas de *Association of Radio Industries and Businesses*.

ATIS La *Alliance for Telecommunications Industry Solutions* es una organización estandarizadora americana especializada en la industria de las comunicaciones y que genera estándares para la ANSI. <http://www.atis.org>

CAPEX *Capital Expenditure*. Gastos de capital.

CCSA Responde a las siglas de *China Communications Standards Association*.

DIAMETER Evolución del protocolo RADIUS

DiffServ Servicios Diferenciados. Arquitectura de QoS en IP basada en dar un trato diferenciado a los paquetes según unas clases de servicio previamente fijadas.

ETSI La *European Telecommunications Standards Institute* es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.

GPRS *General Packet Radio Service*. Es una extensión del GSM para la transmisión por paquetes que permite velocidades de transferencia de 56 a 144 kb/s.

GSM *Global System for Mobile communications*. Estándar de telefonía móvil de segunda generación.

GSMA *GSM Association*. Es la asociación que aglutina a las principales operadoras de telefonía móvil así como los fabricantes de terminales y fabricantes de equipos.

HSDPA *High Speed Downlink Packet Access*. Mejora de la tecnología espectral UMTS/WCDMA que permite hasta 14 Mb/s en canal de bajada.

IAB *Internet Architecture Board* (Dirección de Arquitectura de la Internet). Es al mismo tiempo un comité de la IETF y un cuerpo consultivo del la Internet Society (ISOC).

IESG *Internet Engineering Steering Group*. Es un grupo voluntario bajo la ISOC que se encarga de considerar los estándares propuestos por el IETF.

IETF *Internet Engineering Task Force*. Es una entidad de estandarización abierta responsable de la mejora de los protocolos y los estándares que definen la tecnología de Internet.

IMPI *IP Multimedia Private Identity*. Representa la identidad privada de un usuario.

IMPU *IP Multimedia Public Identity*. Representa la identidad pública de un usuario.

IMS El *IP Multimedia Subsystem* es el estándar definido por el 3GPP para la provisión de servicios multimedia en telefonía móvil basado en los protocolos definidos por IETF, como SIP, RTP o DIAMETER.

IntServ Servicios Integrados. Arquitectura de QoS en IP basada en la reserva de recursos individualizada por cada servicio.

IP *Internet Protocol*.

IPTV *IP Television*. Servicio de televisión basado en el protocolo IP.

IRTF *Internet Research Task Force*. Es un grupo hermano del IETF formado para promover la investigación de la importancia de la evolución de futuro de Internet.

ISDN *Integrated Services Digital Network* o Red Digital de Servicios Integrados.

ISIM *IMS Subscriber Identity Module*. Es una tarjeta smart card con información sobre la identidad de un usuario IMS.

ISOC En la *Internet Society* es una organización no gubernamental y sin ánimo de lucro, constituida como la única organización dedicada exclusivamente al desarrollo mundial de Internet.

ITU-T *International Telecommunications Union-Telecommunication*. Sector de normalización de las telecomunicaciones de la ITU en que se establecen normas que comprenden desde la funcionalidad básica de la red y la banda ancha hasta los servicios de las redes de próxima generación.

LTE *Long Term Evolution*. Se considera la evolución de la segunda y tercera generación de la telefonía móvil (definida por el 3GPP).

MPLS *Multi-Protocol Label Switching*. Tecnología que combina las ventajas del encaminamiento de nivel 3 con la rápida conmutación de nivel 2, utilizando la conmutación de paquetes para una etiqueta de longitud fija.

NGN *Next Generation Networks*. Es como se denominan las redes de próxima generación.

OPEX *Operational Expenditure*. Gastos de operatividad.

PSTN *Public Switched Telephone Network* significa lo mismo que RTC

QoE Término que califica la calidad de experiencia o *Quality of Experience*.

QoS Término que califica la calidad de servicio o *Quality of Service*.

RADIUS *Remote Authentication Dial-In User Server*. Es un protocolo definido por el IETF de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP.

RDSI Red Digital de Servicios Integrados

RFC Responde a las siglas de *Request For Comment* y es donde se plasma por escrito los estándares que define la IETF. RTC Red Telefónica Conmutada.

SIP *Session Initiation Protocol*. Es un protocolo definidos por el IETF para el establecimiento y negociación de sesiones de servicios multimedia.

SLA *Service Level Agreement*. Define las características del servicio para un usuario que es suscriptor.

TDT Televisión Digital Terrestre.

TISPAN Responde a las siglas de TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) y SPAN (*Services and Protocols for Advanced Networks*). Es una organización fundada por la ETSI para la estandarización de redes fijas y convergencia con Internet.

TTA *Telecommunications Technology Association*

TTC Responde a las siglas de *Telecommunication Technology Committee*.

UMTS *Universal Mobile Telecommunications System*. Sistema universal de telecomunicaciones móviles de tercera generación de la ITU, sucesor del sistema GSM. URI Uniform Resource Identifier. Esquema de identificación de usuario.

VoIP *Voice over IP*. Servicio de voz que se ofrece sobre una red de conmutación de paquetes basada en el protocolo.

WCDMA *Wideband Code Division Multiple Access*. Acceso Múltiple por división de código de banda ancha. Tecnología de acceso móvil en la cual se basa el sistema UMTS, que, además, es un estándar europeo de tercera generación (3G) para los sistemas inalámbricos.

WiMAX *Worldwide interoperability for Microwave Access*. Conjunto de estándares de redes metropolitanas inalámbricas de la familia IEEE 802.16.

Bibliografía

ITU-T Recomendación Y.2001 (diciembre 2004). *General overview of NGN*

ITU-T Recomendación Y.2011 (octubre 2004). *General principles and general reference model for Next Generation Networks*

ITU-T Recomendación Y.2012 (abril 2010). *Functional requirements and architecture of Next Generation Networks*

GSMA (2017). *An Introduction to Network Slicing*. <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2017/11/GSMA-An-Introduction-to-Network-Slicing.pdf>

NGMN (2016). *5G White Paper*. https://www.ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/downloads/Technical/2015/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf

