
NGN i el camí cap a la 5G

PID_00265729

Víctor Huertas García
Rafael Gallego Terris

Temps mínim de dedicació recomanat: 5 hores



**Víctor Huertas García**

Enginyer de Telecomunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya. Actualment treballa com a enginyer de *networking* i expert en NGN/IMS al Departament d'Equips de Comunicació de la multinacional Indra Sistemas. Ha participat en nombrosos projectes de recerca de l'ESA (Agència Espacial Europea) sobre l'aplicació de la tecnologia IP en xarxes satèl·lit. Recentment ha participat en projectes d'integració d'IMS a les xarxes satèl·lit per aconseguir la convergència amb xarxes terrestres.

**Rafael Gallego Terris**

Enginyer Superior en Telecomunicacions per la Universitat Politècnica de Catalunya i Màster en Comunicacions Digitals per Télécom Brest, ha treballat com a Enginyer de Recerca en la indústria de les Comunicacions Mòbils a Wavecom/Sierra Wireless (París) i com a Enginyer de Desenvolupament, Proves i Sistemes en el sector de les Comunicacions per Satèl·lit a Indra (Barcelona). Imparteix també docència com a professor Associat a la Universitat Autònoma de Barcelona, en el departament d'Enginyeria de Sistemes.

L'encàrrec i la creació d'aquest recurs d'aprenentatge UOC han estat coordinats pel professor: Víctor García Font (2019)

Segona edició: setembre 2019

Autoria: Víctor Huertas García, Rafael Gallego Terris

Llicència CC BY-NC-ND d'aquesta edició, FUOC, 2019

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Realització editorial: FUOC



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	5
Objectius	7
1. Què són les xarxes de propera generació?	9
1.1. Definició d'una xarxa de propera generació (NGN)	9
1.2. Característiques fonamentals de les NGN	9
1.2.1. Xarxa basada en paquets IP	10
1.2.2. Independència total entre la provisió del servei i la tecnologia de transport	10
1.2.3. Garantia de qualitat d'experiència (QoE) i qualitat de servei (QoS) d'extrem a extrem	11
1.2.4. Convergència entre xarxes fixes i mòbils	12
1.2.5. Interacció amb serveis de xarxes heretades via interfícies obertes	13
1.2.6. Mobilitat	13
1.2.7. Adreçament i identitat de l'usuari	14
1.2.8. Compliment de la reglamentació vigent en telecomunicacions	14
1.2.9. Definició de nous serveis futurs	15
1.3. L'evolució del concepte de les NGN a 5G	15
1.3.1. Definició concepte <i>network slicing</i> segons la ETSI	16
1.3.2. <i>Network slicing</i> i virtualització de xarxes	17
2. L'arquitectura de referència en les NGN i l'evolució de les xarxes cel·lulars a 5G	19
2.1. El gran canvi de filosofia respecte de l'arquitectura de xarxes heretades	19
2.2. L'arquitectura de referència que proposen les NGN	21
2.3. IMS (<i>IP multimedia subsystem</i>)	24
2.3.1. El paper de l'IMS en l'arquitectura de referència de NGN	24
2.3.2. Dos perfils d'usuari: xarxa d'accés i IMS	25
2.3.3. Què aporta a cada actor?	25
2.4. Evolució futura de l'arquitectura 5G	31
3. Organismes que impulsen l'estandardització de les NGN i la 5G	35
3.1. Evolució en el món de l'estandardització de l'arquitectura NGN i 5G	35
3.2. Entitats d'estandardització involucrades	38

3.2.1.	IETF	38
3.2.2.	3GPP	41
3.2.3.	3GPP2	43
3.2.4.	ETSI	44
3.2.5.	ITU-T	45
3.2.6.	5G-PPP	48
3.2.7.	NGMN	48
3.2.8.	GSMA	49
Resum		50
Exercicis d'autoavaluació		51
Solucionari		52
Glossari		53
Bibliografia		56

Introducció

Amb l'aparició d'internet com a servei de lliure accés al públic a la fi del segle XX, es va introduir un nou concepte i va començar una nova era en la provisió de serveis. La capacitat de poder digitalitzar qualsevol contingut o informació a transmetre (la veu i el vídeo inclosos) va fer que la tecnologia IP es convertís en poc temps en la pedra angular al voltant de la qual proveir tot un ventall de serveis multimèdia.

Així, doncs, amb els anys internet va evolucionar ràpidament i va passar de ser un servei gairebé exclusivament d'accés a continguts (WWW, transferència de fitxers, etc.) i intercanvi de correu (correu electrònic) a ser una plataforma de serveis multimèdia (VoIP, videoconferència) amb requeriments de garantia de qualitat de servei i seguretat (IPsec).

Internet ja forma part de la nostra vida i s'ha convertit en una eina indispensable tant en l'àmbit domèstic (oci) com en el professional (comunicacions corporatives). Ha eliminat qualsevol frontera aconseguint que les comunicacions siguin globals i permetent la compartició d'informació amb un gran nombre de persones.

Les grans operadores de telecomunicacions van veure internet com un marc ideal per a desenvolupar un nou model de negoci que ha anat creixent exponencialment amb el temps, oferint nous serveis o fins i tot serveis que ja oferien, però migrats a la tecnologia IP per donar valor afegit.

Amb el pas del temps, es necessitaran més i nous serveis i més velocitat de connexió i mecanismes de garantia de qualitat de servei que satisfacin els seus requeriments.

Però quins serveis necessitarem en el futur? Ara mateix no ho sabem, però tant les grans operadores com les entitats governamentals d'estandardització arreu del món han comprès que les xarxes de comunicació han d'anar un pas més endavant i evolucionar cap a alguna cosa nova.

Ara és la xarxa de comunicacions la que evoluciona primer per fomentar l'arribada de nous serveis sense necessitat de tornar a començar des de zero i assegurant un entorn obert, eficient i interoperable que garanteixi la viabilitat del negoci i ofereixi marge perquè aquest evolucioni.

La propera generació de telefonia mòbil, la 5G, cerca ser una solució d'una part d'aquestes demandes noves i futures. Les últimes versions del 3GPP se centren a definir els estàndards associats. Els primers passos passen per implementar la denominada 5G NR (*new radio*) d'accés al mitjà per a consolidar posteriorment el nucli de xarxa 5G.

En aquest aspecte, s'estan fent grans esforços d'estandardització. La 5G-PPP, formada per entitats tant públiques com privades, ja ha definit quins han de ser els serveis bàsics sobre els quals s'ha de centrar la 5G, i així poder donar resposta a aquestes exigències.

Objectius

Els continguts d'aquest mòdul han de permetre als estudiants:

- 1.** Conèixer el canvi de paradigma en les xarxes de comunicació de propera generació.
- 2.** Conèixer la història d'aquesta evolució i què ha motivat aquest canvi.
- 3.** Entendre l'arquitectura de referència a alt nivell de les xarxes de propera generació.
- 4.** Saber quin és l'estat actual de l'especificació i l'evolució de les xarxes de propera generació del futur immediat.
- 5.** Conèixer la influència que ha tingut IMS en l'especificació de les xarxes de propera generació.
- 6.** Comprendre els beneficis que comporta la migració a una nova arquitectura de referència per als diferents actors: usuari final, proveïdor de servei i operadora.
- 7.** Conèixer el treball de les principals organitzacions d'estandardització involucrades en l'especificació de les xarxes de propera generació i com es coordinen entre elles.

1. Què són les xarxes de propera generació?

A continuació, definirem què són les xarxes de propera generació i en descriurem les característiques més importants segons l'ITU-T. Seguidament, explicarem l'evolució històrica de les xarxes de telecomunicacions per justificar el plantejament de les xarxes de propera generació, i els punts que aquestes xarxes han d'afrontar per a garantir la seva implantació en el mercat de les telecomunicacions.

També veurem el paper que tindrà la futura generació de les xarxes mòbils, que farà evolucionar el concepte de flexibilitat gràcies a les xarxes virtuals, per a complir els futurs requisits de qualitat, especialment els relacionats amb els serveis de molt baixa latència, un dels punts en què s'està treballant més en la 5G.

1.1. Definició d'una xarxa de propera generació (NGN)

L'ITU-T, principal impulsora a escala global de l'estandardització de les xarxes de propera generació (*next generation networks*, NGN), defineix l'NGN de la manera següent en el document «Visión general de las redes de próxima generación Y.2001» (any 2004):

«Xarxa basada en paquets que permet prestar serveis de telecomunicació, en la qual es poden utilitzar diverses tecnologies de transport de banda ampla propiciades per la QoS, i en la qual les funcions relacionades amb els serveis són independents de les tecnologies subjacents relacionades amb el transport. Permet als usuaris l'accés sense traves a xarxes i a proveïdors de serveis i/o serveis de la seva elecció. Suporta una mobilitat generalitzada que permetrà prestar serveis als usuaris de manera coherent i ubíqua.»

«Visión general de las redes de próxima generación Y.2001» (any 2004)

Aquesta breu definició ja ens dona una idea de a què ens referim quan parlem de xarxes de propera generació, però mirem de desglossar aquest paràgraf en característiques ben definides que ens ajudin a comprendre exactament el que vol dir.

1.2. Característiques fonamentals de les NGN

A partir de la definició que la ITU-T dóna sobre les xarxes NGN, en les següents seccions desglossarem les principals característiques que les defineixen per separat.

1.2.1. Xarxa basada en paquets IP

Es pot considerar que el protocol IP és, tecnològicament parlant, la base de les NGN. Tota la informació que circula per aquestes xarxes, de trànsit útil d'usuari, de senyalització de servei o de control de qualitat de servei (*quality of service*, QoS), es transporta en paquets IP.

Així, doncs, qualsevol element que conformi la xarxa haurà de suportar el processament i l'encaminament de paquets com a condició indispensable per a poder anomenar-se xarxa NGN.

1.2.2. Independència total entre la provisió del servei i la tecnologia de transport

Els conceptes de *servei* i de *transport de trànsit* se separen per complet fent que la tecnologia del primer no condicioni el segon, i viceversa.

Els usuaris usen uns serveis dels quals són subscriptors. Per a proveir aquests serveis, s'utilitzen funcions de control dedicades i totalment independents de la tecnologia usada en les xarxes de transport. Això ofereix a l'usuari un accés sense restriccions tant a xarxes com a proveïdors de serveis, i també a qualsevol servei que triïn.

En aquesta separació de funcionalitats hi ha tres parts clarament diferenciades:

- 1) Les **aplicacions i els serveis** que estan a disposició dels subscriptors.
- 2) Els elements que controlen les **sessions o trucades** que els usuaris estableixen amb aquestes aplicacions.
- 3) Els elements que proporcionen els **recursos per a possibilitar el transport** de tota la informació entre els usuaris i els dos elements esmentats anteriorment.

Cadascun d'aquests elements disposarà de la seva pròpia infraestructura, que dimensionarà els seus propis requisits de manera independent i eficaç. Per a aconseguir la màxima coordinació en la provisió dels serveis, hi ha interacció i intercanvi d'informació entre ells.

Aquesta interacció es duu a terme amb interfícies basades en **protocols oberts i especificats degudament**. De fet, són aquestes interfícies les que proporcionen la independència entre *servei* i *transport*.

1.2.3. Garantia de qualitat d'experiència (QoE) i qualitat de servei (QoS) d'extrem a extrem

Aquest és un dels punts als quals es dona més importància en les NGN. La garantia de la QoS d'extrem a extrem de qualsevol servei que es requereixi és crucial per a garantir una bona qualitat d'experiència (*quality of experience*, QoE) per part de l'usuari, i per a això cal tenir en compte el requeriment ja esmentat de la independència tecnològica de les xarxes de transport pel que fa al servei. Les xarxes de transport són les encarregades de proporcionar els mecanismes en l'àmbit de paquet per a aconseguir una determinada QoE. Això implica manipular els paquets IP de trànsit d'usuari d'acord amb unes polítiques de QoS que a vegades es negocien i s'executen en el mateix instant en què aquest servei és invocat per l'usuari.

El camí que un paquet IP recorre fins a arribar a la seva destinació pot ser heterogeni, ja que les xarxes de transport no són tecnològicament iguals en tot el seu recorregut i, consegüentment, els mecanismes per a garantir aquesta QoS no seran els mateixos. No obstant això, la qualitat global del servei ha de ser l'esperada per l'usuari (representada per la QoE) d'extrem a extrem.

Diferència entre QoE i QoS

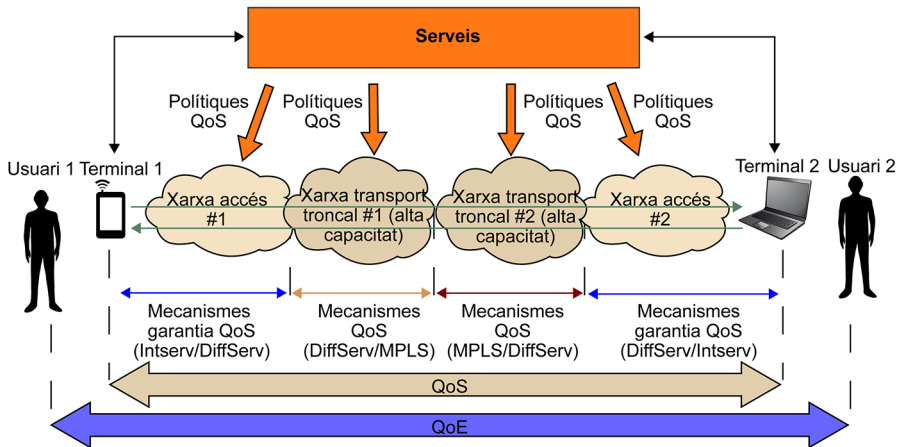
La qualitat d'experiència i la qualitat de servei, encara que estan molt relacionades, són dos conceptes que cal diferenciar clarament. La QoE és una mesura purament subjectiva de la percepció general d'un servei proporcionat que un usuari pot tenir (en un servei de veu, miraria si aquesta s'entretalla, si se sent ressò o si se sent amb massa retard). La QoS defineix els atributs que ha de complir un servei en concret, però des d'un punt de vista de comportament de la xarxa (en el mateix exemple d'abans es traduiria per tot el recorregut en un retard màxim de paquet de 70 ms i una taxa de pèrdua global inferior a 0,1%). Aquests atributs per complir hauran de ser aplicats al llarg de tot el camí que el trànsit d'usuari recorre: el propi terminal, la xarxa d'accés i, posteriorment, la xarxa troncal de transport.

Cada secció de la xarxa de transport pot pertànyer a un domini administratiu diferent i aplicar un mecanisme de QoS diferent. Per exemple, en la secció que afecta la xarxa d'accés, es podria aplicar un model Intserv i, a continuació, en la xarxa troncal, un mecanisme DiffServ o MPLS. La configuració de cada secció en QoS ha de ser coherent al llarg de tot el camí. En la Figura 1 podeu veure un exemple d'això.

Diferència entre Intserv, DiffServ i MPLS

Intserv és un model basat en fluxos IP que garanteix la QoS (i recursos) al llarg de tot un camí. Per a això s'utilitza el protocol RSVP, que proporciona una configuració QoS particular per a cada grup de fluxos IP (caracteritzats per regles de classificació de trànsit amb IP d'origen i destinació, a més dels ports TCP/UDP). La inconveniència d'Intserv és que és poc escalable. Per contra, DiffServ no particularitza la QoS per fluxos IP que pertanyin a un usuari en concret, sinó que aplica una prioritització *grosso modo* mitjançant la marcadura de paquets per tipus de servei (ToS) sense distingir a quin usuari o flux IP pertany. El model DiffServ és configurat salt per salt i no al llarg de tot un camí. MPLS s'utilitza en xarxes d'alta capacitat per a emular connexions de circuits amb amplada de banda garantida a fluxos IP concrets, encara que no necessàriament han d'estar personalitzats a un usuari.

Figura 1. Mecanismes de QoS d'extrem a extrem.



Hi ha dues perspectives en l'aplicació dels mecanismes de QoS:

- a) El servei, considerat com una entitat abstracta per sobre de la xarxa de transport que usa els seus recursos, aplica «verticalment» els paràmetres de QoS que el caracteritzen al llarg de totes les seccions de la xarxa de transport.
- b) Els paràmetres que caracteritzen la QoS d'un servei es converteixen en una configuració independent de cada secció. Aquestes configuracions han de mantenir una coherència «horitzontal» perquè el servei compleixi amb una QoS d'extrem a extrem determinada (vegeu la Figura 1).

1.2.4. Convergència entre xarxes fixes i mòbils

Aquesta característica és una evolució imposada principalment pel mercat, que busca la màxima eficiència en l'ús de la xarxa, i és sens dubte un dels principals objectius de les xarxes NGN: com integrar diverses xarxes d'accés que ja han estat desenvolupades o optimitzades per a un ús concret amb una xarxa IP troncal comuna amb l'objectiu d'oferir serveis integrats.

Aquesta integració incideix positivament en diversos aspectes, com la gestió de recursos, els mecanismes de qualitat de servei i la facturació.

Aquesta característica de les NGN permet als operadors usar les seves pròpies xarxes d'accés per a connectar dos elements:

- Les xarxes troncales de transport de NGN.
- Els terminals d'usuari que proporcionen serveis finals.

No obstant això, cal mantenir una compatibilitat cap enrere per a no apartar d'aquesta xarxa d'accés els usuaris que encara usen serveis antics. Aquest fet dificulta la implementació de la convergència.

Un exemple de serveis antics és el servei de telefonia que usa infraestructura tradicional, inclòs el terminal d'usuari telefònic basat en tons de marcatge.

La independència entre la capa de sessió del servei i la capa de transport possibilita la convergència de xarxes d'accés heterogènies (de fibra òptica, sense fil, per satèl·lit, etc.). Perquè s'entengui millor, un usuari serà subscriptor d'una sèrie de serveis, els quals podran ser utilitzats amb qualitat garantida d'extrem a extrem independentment del terminal que utilitzi i per qualsevol xarxa d'accés amb la qual es connecti. Així, doncs, el proveïdor de servei (juntament amb el proveïdor de contingut) es torna totalment agnòstic pel que fa al tipus de terminal que l'usuari utilitza quan invoca el servei.

1.2.5. Interacció amb serveis de xarxes heretades via interfícies obertes

Relacionat amb la característica anterior, no hi ha dubte que les NGN hauran de conviure durant un temps amb xarxes antigues i hauran de donar la possibilitat als usuaris d'aquestes a interactuar amb els serveis equivalents de les NGN. Així, doncs, les NGN també preveuen la interconnexió mitjançant interfícies obertes amb aquestes xarxes heretades, encara en ús avui dia i que no cal que estiguin basades en transmissió de paquets com PSTN o ISDN.

PSTN i ISDN

PSTN és la sigla en anglès de la xarxa telefònica commutada (RTC) tradicional, i l'ISDN és la sigla en anglès de la xarxa digital de serveis integrats (RDSI).

1.2.6. Mobilitat

En les prestacions de les NGN s'inclou la mobilitat, la qual permet prestar els serveis als usuaris de manera consistent i ubiqua, incloent o no la capacitat de mantenir la continuïtat de servei en transferències tant per interconnexió IP com per sessió del servei. El grau d'accessibilitat del servei depèn de factors com les prestacions de la mateixa xarxa d'accés i l'acord de nivell de servei (SLA) entre la xarxa visitada i la d'origen.

Un **SLA** (*service level agreement* en anglès) defineix les característiques que un usuari espera per un servei pel qual paga. L'operador es compromet a oferir el servei contractat a l'usuari complint aquestes característiques acordades.

La mobilitat és un dels serveis disponibles per als usuaris finals. Això vol dir que les aplicacions o serveis estarien disponibles encara que l'usuari canviés de tecnologia de xarxa en moure's o fins i tot si canviés a una xarxa de domini administratiu diferent. Aquest procés comporta normalment canvis en les adreces IP. No obstant això, aquest problema no és realment important per a l'usuari final, ja que està més concentrat en les aplicacions. Per tant, les NGN proporcionen un marc que permet que els usuaris facin el traspàs de xarxa o transferència de manera transparent per diversos entorns tecnològics.

1.2.7. Adreçament i identitat de l'usuari

Les xarxes tradicionals servien a un únic servei i cada usuari havia de tenir una identificació diferent per cada xarxa. Ara els usuaris prefereixen tenir la mateixa identitat per a qualsevol servei o aplicació. En resposta a això, les NGN implementen el sistema d'identitat pública i privada per a l'usuari. La identitat privada s'utilitza per a autoritzar els usuaris a la xarxa, mentre que la identitat pública s'utilitza perquè altres usuaris o fins i tot aplicacions puguin arribar a aquells en l'establiment de sessions de servei. De fet, es permet que l'usuari disposi d'una o més identitats públiques i amb diferents formats.

Per exemple, del tipus SIP URI `usuari@domini.com`, numèric, o telefònic del tipus Tel URI o `E.164 698845632`, entre d'altres.

És igual l'identificador que s'usi i la xarxa d'accés en la qual estigui un usuari: sempre serà accessible almenys amb una de les identitats públiques que tingui.

El fet que les NGN integrin xarxes d'accés heterogènies implica que cadascuna té el seu propi sistema d'adreçament i identificació de terminal o fins i tot d'usuari dins del seu àmbit. La solució es basa en el fet que, a partir d'un identificador d'usuari per servei, aquest es pugui traduir a un altre identificador per xarxa de transport que identifiqui el terminal i que ajudi a mapar els recursos d'aquesta xarxa amb un usuari concret. Aquesta associació d'identitats usuari-terminal serà vigent mentre l'usuari que usa els serveis estigui en l'àmbit de la xarxa d'accés en qüestió.

1.2.8. Compliment de la reglamentació vigent en telecomunicacions

Molts governs han fixat dins de les seves normatives l'obligatorietat que qualsevol operador de xarxa al seu territori ofereixi una sèrie de serveis anomenats reguladors, i així aquests serveis han de ser heretats també en les NGN. Entre aquests serveis hi ha:

- **Trucades d'emergència.** Les NGN ofereixen aquests serveis mitjançant proveïdors de servei específics per a aquest tipus de trucades. Les NGN també s'encarreguen de proporcionar informació de localització de l'usuari (identificadors de terminal, identificadors de xarxa d'accés, informació de posicionament, etc.).
- **Seguretat i privadesa.** Igual que a internet, les NGN afronten aquest problema i proposen mecanismes inherents a la mateixa tecnologia de la xarxa d'accés que proporcionen seguretat per al trànsit al llarg d'aquesta xarxa (sia per IPsec o un altre mecanisme definit a la xarxa d'accés). Proposen una *generic bootstrapping architecture* (GBA) en què cada usuari disposi d'una targeta d'identitat personal i intransferible de tipus SIM. En aquesta targeta estaria emmagatzemada la identitat privada de l'usuari, que seria usada com a credencials perquè tant l'operador de la xarxa d'accés com

L'operador de la capa de control de servei puguin autenticar i autoritzar l'usuari en aquests àmbits. També hi hauria informació útil per a establir connexions xifrades amb una xarxa de destinació o aplicació (considerada segura) a la qual l'usuari es connectaria per una xarxa d'accés (suposadament insegura).

1.2.9. Definició de nous serveis futurs

Una de les característiques més representatives de les NGN és que l'arquitectura de referència que proposen no solament suporta tots els serveis tradicionals que hi ha avui dia, sinó que representen el marc perfecte per a desenvolupar futurs serveis que ara ni s'imaginem.

La inclusió d'aquests nous serveis no tindrà cap impacte en l'arquitectura gràcies a la separació entre la part de control de sessió i la de transport, i a la seva interacció amb el nou servei amb interfícies obertes.

Això es combina amb el fet que proporciona un únic marc d'identitats, adaptats per a itinerància. És a dir, un usuari té una única identitat i un únic perfil d'usuari, que és utilitzat per diverses aplicacions.

1.3. L'evolució del concepte de les NGN a 5G

Com hem vist, el principal canvi impulsat per les NGN és la independència total entre la tecnologia de transport utilitzada i els serveis usats per l'usuari, amb garantia de QoS. A més d'això, la mobilitat és un altre dels aspectes clau, ja que permet proveir ubiquament aquests serveis des de qualsevol lloc.

En aquest sentit, el paper de la futura generació de xarxes cel·lulars és determinant per a comprendre com han evolucionat les NGN. Si bé per a la 5G es mantenen els principis vistos per a les xarxes de nova generació, es preveuen nous serveis, entre els quals destaquen els marcats per una latència molt baixa i aquells en els quals es preveu un nombre massiu de terminals (IoT). L'heterogeneïtat dels requisits de QoS d'aquests nous serveis que la xarxa d'accés ha de suportar s'accentua.

És per aquest motiu que és necessari introduir un nou concepte molt important que influeix de ple en les xarxes 5G: la **flexibilitat** a la xarxa. Això es tradueix en el fet que una xarxa d'accés sencera pot convertir-se en diverses xarxes virtuals més reduïdes però totalment adaptades a les particularitats específiques de cada servei, i pot satisfer així els requeriments de QoS i QoE exigits. Aquest concepte es diu *network slicing* i en parlem a continuació.

1.3.1. Definició concepte *network slicing* segons la ETSI

La *network slicing*, que es podria traduir com la 'llesca de la xarxa', va ser introduïda en el *white paper* 5G de la Next Generation Mobile Networks (NGMN) Alliance i no té una definició comuna malgrat que ha estat definida des de llavors per diverses organitzacions d'estandardització.

En termes generals, consisteix en la segmentació d'una xarxa en diferents xarxes virtuals destinades a complir una funció específica concorde al servei que està destinada a prestar. D'aquesta manera, un operador de xarxa pot usar una mateixa infraestructura per a proveir diferents serveis als usuaris.

En la Figura 2 podem veure un exemple d'aplicació de la *network slicing*, en la qual una estructura física comuna es divideix en tres llesques, cadascuna orientada a gestionar un dels tres serveis bàsics entorn dels quals gira la 5G: gran banda ampla mòbil (*mobile broadband*), multitud de dispositius connectats a internet (*massive IoT*) i aplicacions crítiques amb molt baixa latència (com la conducció autònoma).

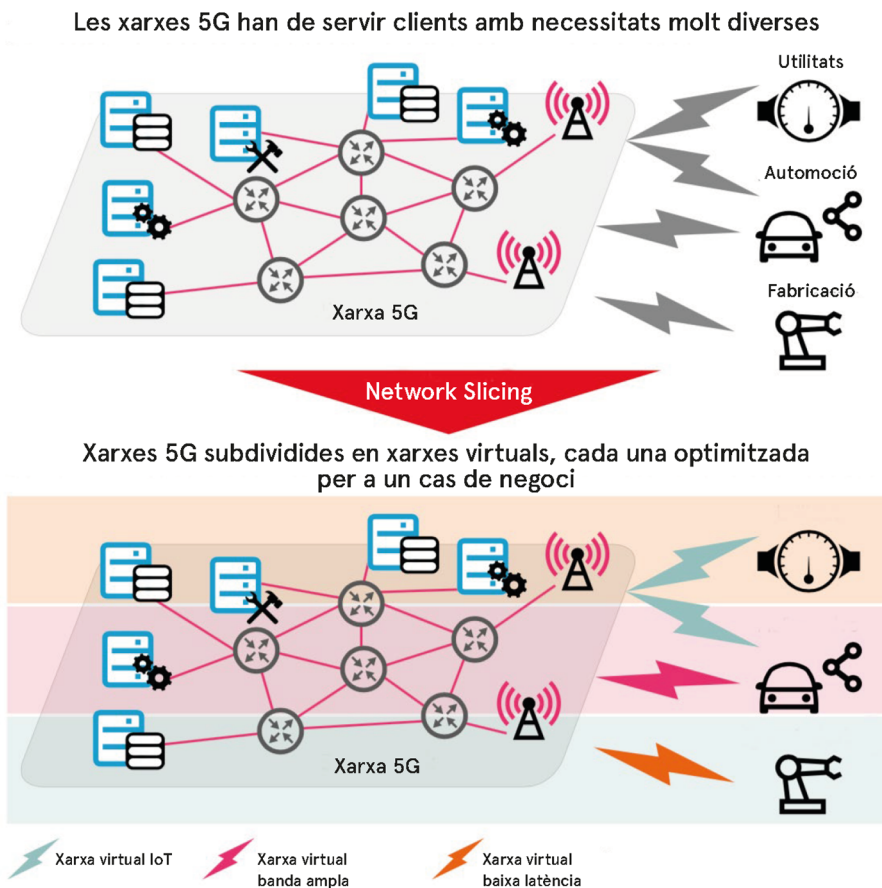
Introducció del concepte de *network slicing*

El *white paper* 5G de l'NGMN va introduir el concepte de *network slicing* al principi del 2015, i aquest concepte va ser ampliat per la mateixa entitat un any més tard en un article específic, titulat «Description of *network slicing* concept».

Definició de *network slicing*

L'ETSI defineix la *network slicing* en el seu 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).

**Network slicing ETSI NFV**

Per a més informació, vegeu <https://sdn.ieee.org/news-letter/december-2017/overview-of-etsi-nfv-network-slicing-report-network-slicing-support-with-etsi-nfv-architectural-framework>.

Network slicing 5G segons la GSMA

Per a més informació, vegeu el *white paper* *An introduction to 5G network slicing* (2017), del GSMA: <https://www.gsma.com/futurenetworks/5g/introduction-to-5g-network-slicing/>

Gràcies al *network slicing*, s'espera poder satisfer les demandes dels serveis previstos per a la 5G configurant les xarxes virtuals segons les especificitats pròpies de cadascun d'aquests serveis, i, conseqüentment, el concepte de *network slicing* és aplicable tant a xarxes d'accés com al nucli de la xarxa.

Per exemple, en un cotxe equipat amb un sistema d'entreteniment multimèdia, la reproducció de contingut en continu necessita una gran banda ampla (però no necessàriament una latència baixa). Però si aquest mateix cotxe és equipat amb un sistema de conducció autònoma, la tecnologia de xarxa usada no necessitarà tanta banda ampla, si bé sí que haurà d'oferir unes latències extremadament baixes.

La *network slicing* és clau, doncs, per a flexibilitzar les infraestructures de maquinari i optimitzar l'ús dels recursos de les xarxes 5G. A més, significarà un canvi de paradigma respecte a les xarxes cel·lulars de generacions anteriors, especialment pel que fa a la seva eficiència.

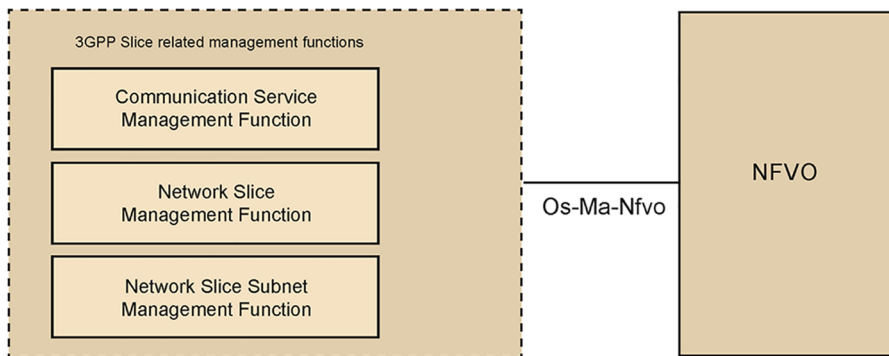
1.3.2. Network slicing i virtualització de xarxes

Els principis subjacents al concepte de *network slicing* són similars als que trobem en les xarxes definides per programari (SDN) i la virtualització de funcions de xarxa (NFV), usats per a flexibilitzar les xarxes fixes que ja vam introduir en el primer mòdul i dels quals parlarem en profunditat en altres mòduls. En l'informe de *network slicing* de l'ETSI es descriuen els casos d'ús d'aquest concepte i es relacionen amb els conceptes de NFV.

Segons el model descrit pel 3GPP, una *network slice* conté una o més subxarxes, cadascuna de les quals conté al seu torn diverses funcions de xarxa. Aquestes funcions poden ser virtualitzades com a VNF (*virtual network functions*).

Aquesta mateixa entitat defineix al seu torn tres funcions de gestió relacionades amb la *network slicing*: la *communication service management function* (CSMF), la *network slice management function* (NSMF) i la *network slice subnet management function* (NSSMF). Amb el punt de referència Os-Ma-Nfvo, es pot interactuar amb el NFVO-MANO, que s'encarrega de gestionar la virtualització de funcions de xarxa, tal com veurem detalladament en altres mòduls.

Figura 3. Gestió de la *network slice* en un entorn de treball NFV.



Font: ETSI

Com a principal conclusió, la *network slicing* està lligada intrínsecament a la virtualització de xarxes.

2. L'arquitectura de referència en les NGN i l'evolució de les xarxes cel·lulars a 5G

Una vegada definides les característiques més importants de les NGN, en els apartats següents estudiarem a fons l'arquitectura de referència que l'ITU-T proposa per a aquestes xarxes. Aquesta descripció de l'arquitectura és a un alt nivell, de manera que diferencia entre les diferents capes, sense entrar en un desglossament detallat de les funcionalitats internes. Posteriorment, descriurem l'evolució futura d'aquesta arquitectura tenint en compte l'especificació que la ITU-T va donar en el seu moment. Seguidament, ens endinsarem en el concepte d'IMS i el paper que exerceix en aquesta arquitectura de referència.

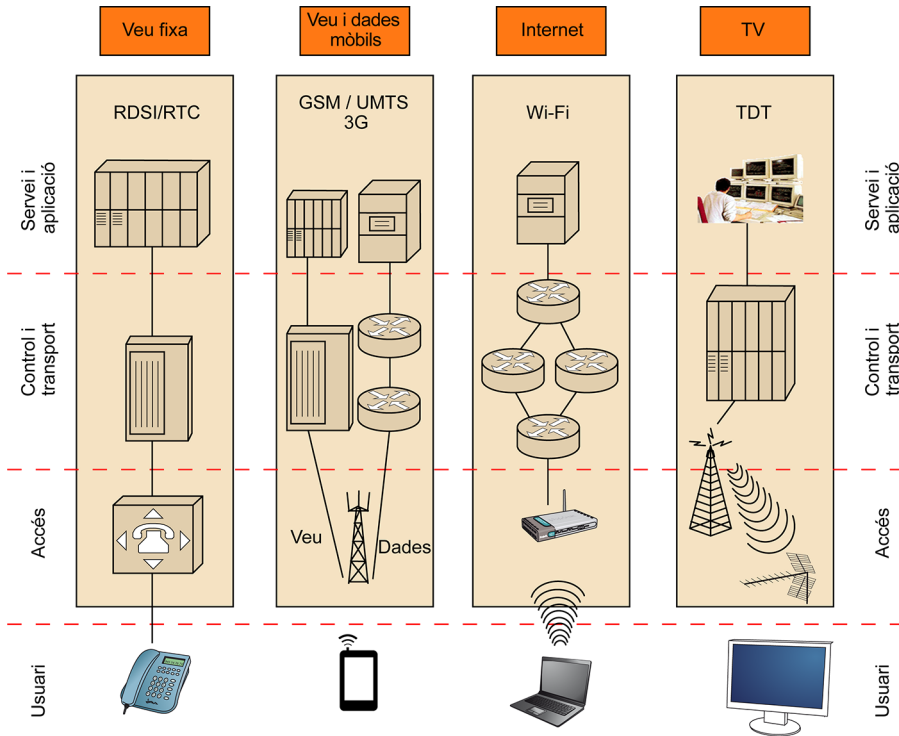
Com a colofó, parlarem del canvi de paradigma que comporta la incursió de la 5G, propera generació de xarxes cel·lulars. Per a donar resposta a la creixent demanda de dispositius connectats i les noves aplicacions tecnològiques, la 5G se centra en diferents casos d'ús (*use cases*) caracteritzats per respondre a uns requisits determinats. Alguns dels serveis prestats estaran orientats a oferir latències molt breus, mentre que uns altres necessitaran proporcionar connectivitat a diversos dispositius IoT. Com a conseqüència d'això, la 5G aposta per una flexibilitat de la seva xarxa per a adaptar-se a aquests diferents casos d'ús, a més d'aconseguir un millor aprofitament de recursos.

2.1. El gran canvi de filosofia respecte de l'arquitectura de xarxes heretades

En el món dels organismes que s'encarreguen de desenvolupar i definir les xarxes de telecomunicacions, les NGN són concebudes com una evolució o migració de les xarxes clàssiques cap a una convergència total, i això implica un canvi substancial en l'arquitectura de referència. Amb l'arribada de les xarxes 5G, aquesta arquitectura de referència tindrà més canvis, tal com veurem més endavant. Però per a entendre bé aquest canvi de paradigma, cal saber primer d'on prové.

Fins fa pocs anys, les xarxes i serveis de telecomunicacions que els usuaris podien utilitzar tenien una infraestructura dedicada que anava des del propi terminal d'usuari fins a la infraestructura que proveïa el servei. Això s'anomena estructura en forma de sitja, i cada xarxa d'accés ofereix solament un tipus de servei sense cap classe d'integració entre elles (en la Figura 4 es pot veure un exemple d'aquesta estructura). L'única manera de fer-les compatibles entre elles és mitjançant passarel·les dedicades tant a senyalització com a trànsit útil.

Figura 4. Arquitectura de referència en forma de sitja per a xarxes antigues.

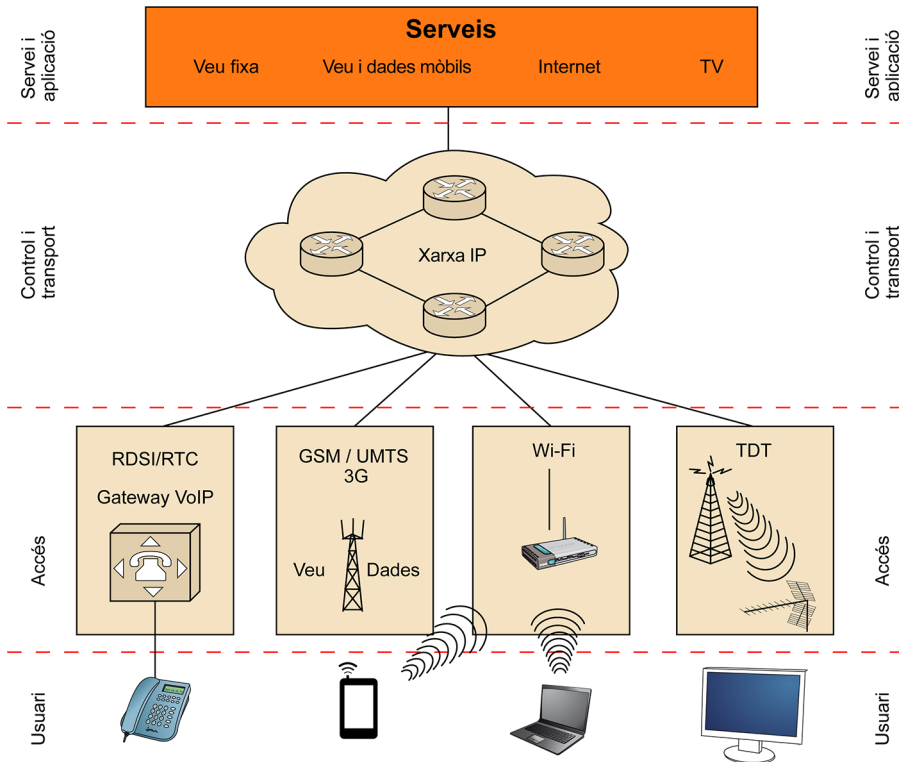


Aquesta arquitectura obligava a mantenir una infraestructura exclusiva per a cada servei, incrementant considerablement els costos de manteniment i operació de l'operador i proveïdor de servei.

En casos comptats, es produeix una lleu integració de dues xarxes d'accés en un mateix servei, com per exemple en el cas del servei de veu fixa i mòbil, les infraestructures del qual estan interconnectades per a permetre trucades de veu entre ambdues xarxes d'accés. Així i tot, la tònica general era un cert aïllament entre xarxes en tots els nivells (usuari, control i gestió). Aquest fet també afectava l'escalabilitat en l'oferiment de nous serveis, els quals requeririen la seva pròpia infraestructura en forma de sitja.

El canvi de paradigma introdueix el concepte d'«una sola xarxa per a molts serveis» (vegeu la Figura 5), en contradicció amb la filosofia de l'arquitectura de referència anterior, el concepte de la qual és «una xarxa per a un servei». D'aquesta filosofia provenen els conceptes ja esmentats en l'anterior apartat de convergència de xarxes i accés a serveis, independentment de la tecnologia de la xarxa d'accés.

Figura 5. Evolució cap a una arquitectura estratificada basada en tecnologia IP.



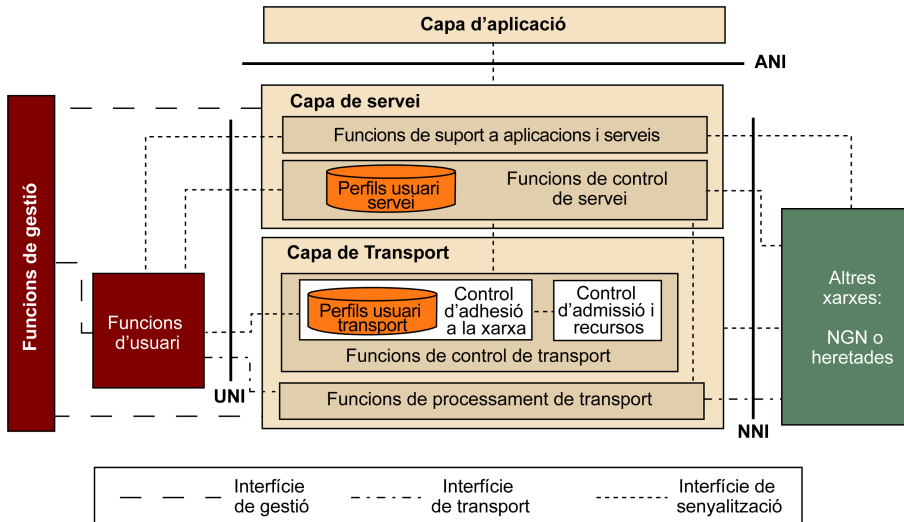
2.2. L'arquitectura de referència que proposen les NGN

Per a poder dur a terme aquest concepte d'«una xarxa per a diversos serveis», cal donar un primer pas molt important: la migració a IP tant dels serveis com de les xarxes d'accés i de transport. Recordeu que el protocol IP és la base en la qual recolzen les NGN.

No obstant això, cal donar un segon pas per a aconseguir realment aquest paradigma de xarxa multiservei. Es tracta de desacoblar la part de la xarxa que és estrictament de transport (i la tecnologia que proporciona connectivitat) del servei que s'executa per sobre d'aquest transport.

En la Figura 6 podem veure el diagrama de l'arquitectura de referència de les NGN. En concret, es tracta de l'arquitectura de referència de les NGN segons l'ITU-T en la seva versió 1. Es pot apreciar com l'estructura en sitja ha girat noranta graus i es passa a una estructura estratificada amb interfícies d'interconnexió entre capes obertes i estandarditzades.

Figura 6. Arquitectura de referència de les NGN segons l'ITU-T (versió 1).



S'identifiquen les interfícies estàndards següents que possibiliten la interconnexió i integració dels elements següents:

- **UNI (user-network interface).** Defineix una sèrie d'interfícies o punts de referència que interconnecten el terminal d'usuari a l'NGN en diferents nivells, des del mer transport de trànsit fins a l'intercanvi de senyalització en la invocació del servei amb la capa de servei.
- **NNI (network-network interface).** Defineix la interconnexió de dues NGN diferents tant en l'àmbit de les respectives xarxes de transport troncales (plànol de transmissió de dades) com en l'àmbit de control de servei. Una NNI també pot interconnectar la xarxa troncal d'un operador amb xarxes heretades, com la xarxa telefònica commutada (amb prèvia conversió del trànsit IP a trucada de veu tradicional mitjançant una passarel·la dedicada).
- **ANI (application-network interface).** Es tracta d'un únic punt d'interconnexió entre els proveïdors de servei i aplicacions i la capa de control de servei. La interacció entre aquests dos actors és solament en senyalització (pla de control).

Aquestes interfícies han de ser enteses com a punts de referència genèrics en NGN, els quals poden ser mapats en interfícies físiques concretes depenent de la implementació.

En aquesta arquitectura també s'identifiquen les entitats següents:

a) Funcions d'usuari. Reuneix el terminal d'usuari i tot el programari necessari per a invocar una multitud de serveis, dels quals l'usuari és subscriptor. Genera la senyalització necessària per a invocar-los i el trànsit útil. Aquest element pot ser gestionat remotament per l'operador de la xarxa d'accés.

b) Capa de transport. Comprèn els elements que conformen tant la xarxa d'accés com la troncal de transport. La xarxa d'accés és aquella per la qual l'usuari accedeix als serveis contractats i, normalment, la secció de xarxa més congestionada i, per tant, on és més crític aplicar polítiques de QoS. La xarxa troncal és una xarxa de més capacitat capaç d'aglutinar el trànsit de diverses xarxes d'accés dins del mateix domini administratiu (operador). La capa de transport se subdivideix en dues subcapes:

- **Funcions de control de transport.** Controla l'adhesió del terminal d'usuari a la xarxa d'accés i l'ús dels recursos d'aquesta. S'encarrega de configurar dinàmicament la subcapa de processament de transport per a instal·lar les polítiques de QoS necessàries per al servei invocat per l'usuari. S'hi emmagatzema el perfil d'usuari de transport que conté les característiques de QoS per tipus de flux IP (àudio, vídeo, control, etc.) en l'àmbit exclusiu de la xarxa d'accés.
- **Funcions de processament de transport.** Processa el trànsit útil del servei de manera que arribi a la destinació i aplica les polítiques que s'apliquen des de la subcapa de control per a complir els requeriments de qualitat per a cada servei invocat.

c) Capa de servei. Processa la senyalització que es genera en la invocació del servei que generen els usuaris finals. És on se situa precisament el nucli IMS, les funcions principals del qual explicarem en la secció 2.3. Es pot desglossar en dues subcapes:

- **Funcions de control de sessió o servei.** Inclou una sèrie de funcionalitats de servei, encamina els missatges de senyalització cap a la destinació, que pot ser la capa d'aplicació si el servei és d'accés a contingut o a un altre terminal d'usuari mitjançant altres capes de servei equivalents en altres NGN per a un servei conversacional. També inclou el control de recursos, el registre, l'autenticació i l'autorització en l'àmbit de servei. També pot controlar recursos de mitjans per al cas concret de passarel·les en l'àmbit de senyalització de serveis. S'hi emmagatzemen perfils d'usuari que defineixen les característiques d'accés als serveis.
- **Funcions de suport a aplicacions i serveis.** Inclou funcions com les de passarel·la, registre, autenticació i autorització en l'àmbit d'aplicació. Aquestes funcions estan disponibles tant per a la capa d'aplicació com per a les funcions d'usuari. Treballen en conjunció amb les funcions de control de servei per proveir els usuaris finals i les aplicacions de les funcions que necessiten. A manera d'exemple, s'hi inclou el servei de presència, que és utilitzat per les aplicacions per a donar valor afegit, i pels usuaris per a conèixer l'estat de presència d'altres usuaris si el servei ho exigeix.

d) Capa d'aplicació. S'encarrega de proveir servei. Rep les sol·licituds d'ús de servei dels usuaris des de la capa de servei mitjançant la interfície ANI.

e) Funcions de gestió. S'encarrega de fer funcions de configuració, monitoratge de paràmetres de comportament del trànsit des dels elements de la xarxa d'accés i fins als elements de la capa de servei. Aquesta capa és implementada en part per l'operador de la capa de servei i de la xarxa d'accés.

2.3. IMS (*IP multimedia subsystem*)

Tal com hem dit, l'IMS o *IP multimedia subsystem* va ser definit per l'organització 3GPP (Third Generation Partnership Project) en la versió 5 de la seva especificació com una evolució de la tecnologia UMTS per a proveir els usuaris de telefonia mòbil de serveis multimèdia basats en IP.

Inicialment, l'IMS va ser concebut per a assistir operadors mòbils en la provisió de serveis de propera generació interactius i interoperables, eficients en cost i sobre una arquitectura que proporciona la flexibilitat d'internet.

En els apartats següents es descriu la funcionalitat i la importància l'IMS en l'especificació de les NGN.

2.3.1. El paper de l'IMS en l'arquitectura de referència de NGN

El nucli IMS s'ha convertit en una de les pedres angulars de les NGN, ja que actua com a habilitador de serveis o *service enabler* tant per a usuaris com per a proveïdors de serveis. En l'arquitectura de referència de l'ITU-T el nucli IMS se situa en la subcapa de control de servei dins de la capa de servei.

L'IMS és un subsistema de control de sessió de servei que està basat en una evolució, proposada per 3GPP, del protocol SIP (originàriament definit per IETF). Basant-se en les característiques d'aquest protocol, el nucli IMS seria capaç de fer les funcions que s'associen a la subcapa de control de servei (inclòs l'emmagatzematge de perfils d'usuari en l'àmbit de servei i els mecanismes associats de registre, autenticació i autorització), i també la provisió de serveis que ofereix el component esmentat. En cas d'un servei amb negociació de prestacions (com els codificadors de veu i vídeo en establir una videoconferència), el protocol IMS recolza en el protocol de definició de serveis SDP.

El nucli IMS interactua directament amb l'usuari, el qual ha de tenir un client IMS integrat en el microprogramari de la seva terminal (o programari instal·lable equivalent), i amb la capa d'aplicació per redirigir la senyalització cap a ella i disparar la invocació del servei que ofereix l'aplicació. Aquestes interaccions es fan mitjançant interfícies obertes i estandarditzades per 3GPP.

2.3.2. Dos perfils d'usuari: xarxa d'accés i IMS

Un usuari disposa de dos perfils d'usuari, un per a cada àmbit en què es basen les NGN:

1) **Perfil d'usuari en l'àmbit de transport.** Es tracta de l'SLA, que afecta l'ús que un usuari fa dels recursos de transport de la xarxa d'accés on està. Aquest SLA regula trànsit per transferència de paquet IP de l'usuari dins d'aquest àmbit. Aquesta xarxa d'accés és administrada per un únic operador, el qual pot tenir cobertura o presència en tot un país. Aquest perfil d'usuari conté principalment la informació següent:

a) Identitat i credencials de l'usuari (per a autenticar el terminal en l'àmbit de la xarxa d'accés).

b) Perfil de QoS, que conté:

- Nom del proveïdor de servei o aplicació permesos.
- Amplada de banda màxima garantida en bits per segon, tant en canal de pujada com de baixada.
- Característiques en transferència de paquets IP.

c) Subperfil QoS (opcional), que conté la mateixa informació que l'anterior classificada per tipus de flux IP (àudio, vídeo, missatge, aplicació, control, etc.).

2) **Perfil d'usuari en l'àmbit de servei.** El contingut d'aquest SLA delimita els recursos en l'àmbit de servei que un usuari pot utilitzar. L'operador de la xarxa de servei no cal que sigui el mateix que el de la xarxa de transport ni el mateix que el proveïdor de servei (aquest últim en la capa d'aplicació). Aquest perfil emmagatzema bàsicament la informació següent:

a) La llista de serveis (i proveïdors de servei) que l'usuari és autoritzat a invocar (dels quals és subscriptor).

b) La informació de credencials de l'usuari (amb l'IMPI o identitat privada), que no cal que coincideixi amb les credencials de l'anterior perfil descrit, i que s'usa en el procés de registre del client en el nucli IMS.

c) Les identitats públiques (anomenades també IMPU), les quals pode ser una llista de més d'una identitat amb diferents formats (E.164, SIP URI, etc.).

Tots dos perfils (de transport i de servei) poden estar emmagatzemats en bases de dades diferents, sobretot en cas que es tractin de dos dominis administratius o operadores diferents per a la xarxa d'accés i per a la xarxa de servei. No obstant això, si es tracta d'un mateix operador, ambdues bases de dades poden ser en el mateix lloc.

2.3.3. Què aporta a cada actor?

Els beneficis que aporta l'IMS a cada actor (usuari final, operadora de xarxa accés i proveïdor de servei) són els que oferiria una xarxa NGN en general, tal com s'ha explicat fins ara. No obstant això, val la pena concentrar-nos en l'IMS, ja que es considera que ha estat el sistema pioner per a definir el que ara coneixem com les NGN. A més, molts serveis ja implantats (sobretot en telefonia 4G, com el servei VoLTE) estan basats en IMS.

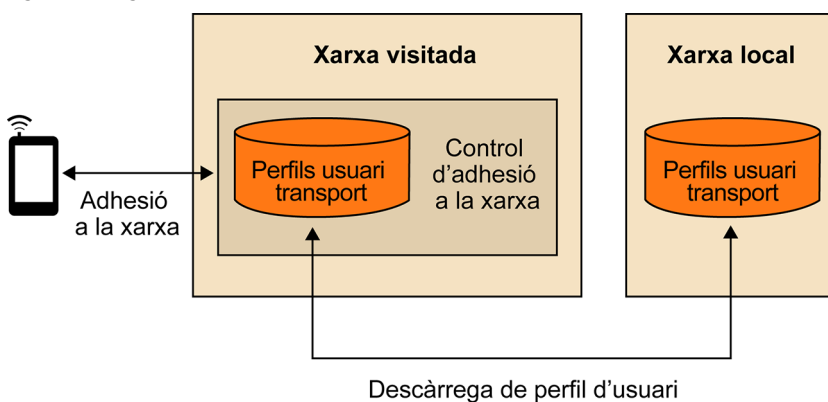
A continuació es veurà què aporta l'IMS a cada actor esmentat.

1) Punt de vista de l'usuari final

Per a entendre aquest concepte, ens situem en l'escenari hipotètic que l'usuari final disposa d'un terminal, el qual pot estar basat en una tecnologia d'accés concreta (per exemple, 4G), o fins i tot disposa de diverses tecnologies integrades en un mateix dispositiu (per exemple, 4G i Wi-Fi). Els beneficis per a l'usuari són els següents:

a) Itinerància en l'àmbit de terminal. En cas que l'usuari estigui en una xarxa d'accés d'un altre país, s'activarà el mecanisme d'itinerància en el qual la subcapa de control d'adhesió de la xarxa visitada connecta amb l'equivalent local de l'usuari (vegeu la Figura 7).

Figura 7. Diagrama d'itinerància de xarxa accés.



En aquest mecanisme, el perfil d'usuari es transferiria des de la base de dades de la xarxa local cap a la xarxa visitada. La xarxa visitada sabria on anar a buscar aquest perfil (adreça IP de la base de dades de destinació) gràcies al domini de la identitat de l'usuari (per exemple, amb format usuari@domini.com). Cal tenir en compte que el format del perfil és compatible entre ambdues xarxes, i per això hi ha la part de la convergència de xarxes que ja hem explicat.

El mecanisme d'itinerància a les NGN no solament es preveu en l'àmbit de l'adhesió a la xarxa, sinó també a nivell dels blocs de control d'admissió i recursos, els quals poden estar interconnectats per a sol·licitar-se recursos els uns als altres si l'escenari ho exigeix.

b) Convergència de xarxes d'accés-itinerància a nivell de servei. En l'àmbit de provisió de serveis, l'usuari disposa d'un sol perfil (emmagatzemat en el nucli IMS), del qual es deriva un SLA entre el proveïdor de serveis i el subscriptor (usuari final).

La independència total entre la capa de control de servei (representat pel nucli IMS) i la tecnologia de la xarxa de transport (tant d'accés com troncal d'alta capacitat) fa que aquest SLA es mantingui amb independència del lloc o dispositiu que l'usuari utilitzi per a accedir a aquest servei.

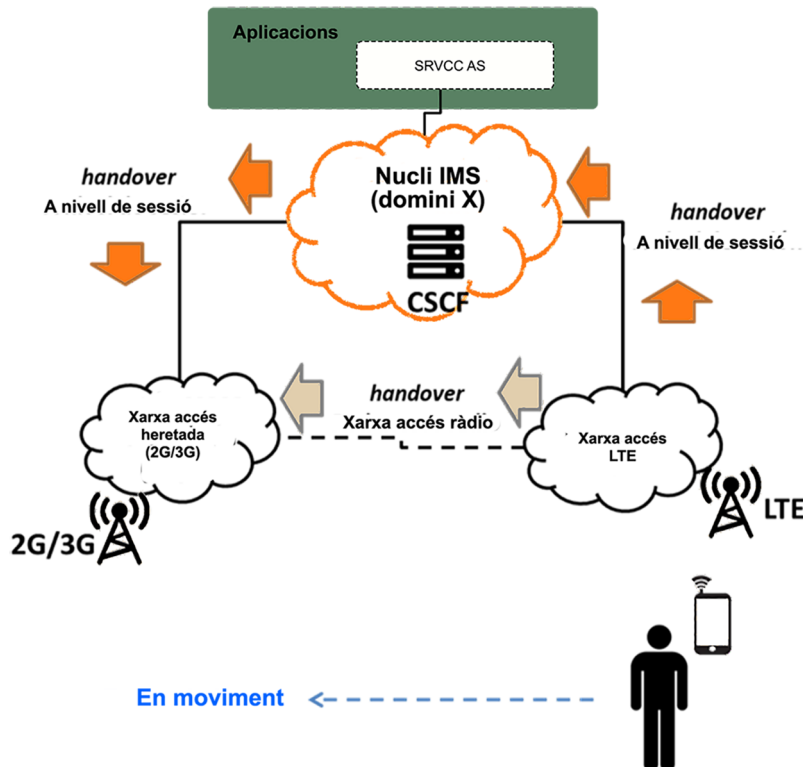
El nucli IMS és capaç de registrar un usuari des de diferents terminals o dispositius simultàniament. Per a cadascun, es podria registrar amb un IMPU diferent.

c) **Convergència de xarxes d'accés - continuïtat del servei transparent a l'usuari.** En l'apartat anterior hem vist que un usuari pot transferir la sessió d'un servei de manera voluntària d'un dispositiu a un altre sense que aquesta s'interrompi. Una evolució d'això és la continuïtat del servei a l'usuari de manera transparent (transferència automàtica de la sessió).

L'exemple més clar d'aquesta prestació és l'SRVCC (*single radio voice call continuity*), que 3GPP ha estandarditzat i que explicarem breument a continuació.

L'SRVCC (*single radio voice call continuity*) és un esquema que permet gestionar transferències (*handovers*) entre una trucada gestionada per un sistema de commutació de paquets (PS o *packet switched*), com una trucada VoLTE (*voice over LTE*), i una altra xarxa on la veu es gestiona mitjançant un circuit commutat (CS o *circuit switched*), com la xarxa 2G o 3G. Tal com indica el nom, es porta a terme mitjançant una única ràdio d'accés activa (donant a entendre que el terminal d'usuari té la limitació que solament pot accedir a una xarxa de ràdio alhora), i això permet un estalvi substancial pel que fa als esquemes que usen dues ràdios actives per a gestionar aquesta transferència.

Figura 8. Exemple de SRVCC.



En el servei SRVCC la transferència es fa en dues fases (tal com es pot veure en la Figura 8): transferència en l'àmbit de xarxa d'accés ràdio i sessió de trucada.

Per a garantir la qualitat del servei, és necessari usar un nucli IMS i fer diverses actualitzacions en els subsistemes d'ambdues xarxes (tant l'LTE com la seva interconnexió amb xarxes heretades o *legacy*). No obstant això, no es requereix cap actualització de la xarxa d'accés heretada (2G o 3G). En la capa d'aplicació podem trobar un servidor d'aplicacions específic per a SRVCC, que fa d'ancoratge de la trucada en l'àmbit de sessió.

El procediment d'una transferència SRVCC és el següent:

- La xarxa d'origen (LTE) inicia el procés fent una sol·licitud per a la transferència de sessió des del servidor de trucades del nucli IMS o CSCF (per exemple, a causa d'una caiguda de senyal en la xarxa LTE)
- La CSCF (*call session control function*) IMS respon simultàniament a la xarxa LTE i a la millor xarxa heretada (2G o 3G) disponible per a rebre la trucada, notificant que es tracta d'una sol·licitud SRVCC
- La xarxa LTE rep l'ordre de transferència per a la xarxa d'accés, que prepara el terminal d'usuari per a fer el salt a la xarxa que opera sota CS per a la trucada de veu
- La xarxa heretada de destinació rep una resposta de transferència de sessió per a acceptar la trucada des de la xarxa LTE (VoLTE)
- Una vegada acceptades totes les sol·licituds, la trucada és transferida d'una xarxa a una altra.

La clau està en el fet que el CSCF d'IMS continua mantenint el control de la trucada amb l'objectiu de garantir la qualitat de servei.

d) Serveis multimèdia enriquits i configurables. Els serveis basats en IMS permeten comunicacions de persona a persona i de persona a contingut, integrant en una sola sessió una gran varietat de formes (veu, text, imatge i vídeo, o una combinació de totes).

Això contribueix a més a una alta personalització d'aquests servei. Per exemple, podrà seleccionar el mitjà amb el qual prefereix comunicar-se en funció de la persona que truca (trucada de veu, missatgeria o videotrucada).

La gestió d'aquests serveis per l'usuari és més senzilla, més adaptada a les seves necessitats i fàcil utilitzar. Quant a preus, són més competitius i proporcionen una única factura.

SRVCC

3GPP va estandarditzar l'SRVCC en la versió 8, que va ser millorada en la 10 i posteriors, amb l'objectiu de minimitzar les interrupcions de les trucades de veu.

Informació SRVCC

Teniu més informació a <https://www.radioelectronics.com/info/cellular-telecomms/lte-long-term-evolution/srvcc-single-radio-voice-call-continuity.php>.

i) **Comunicacions segures.** L'IMS proporciona a l'usuari seguretat en els seus serveis si és requerida. Per defecte, i independentment dels requeriments de seguretat, l'usuari és autenticat doblement aplicant els dos perfils d'usuari que ja hem esmentat anteriorment. La primera vegada en l'àmbit de la xarxa d'accés per a obtenir després una adreça IP proporcionada per l'operador, i posteriorment en l'àmbit del servei (basat en el mètode REGISTER de SIP). L'autenticació, a més, és mútua, ja que és la xarxa la que també s'autentica davant l'usuari.

L'usuari de serveis IMS disposa d'un ISIM que conté informació de subscripció IMS, incloses les identitats privades i públiques.

La **UICC** (*universal integrated circuit card*) és la targeta intel·ligent usada en els terminals mòbils. En les xarxes GSM, conté l'aplicació SIM i en les xarxes UMTS conté l'aplicació USIM. A diferència dels SIM convencionals (on la part de maquinari i programari no estan dissociades), l'**USIM** (*universal SIM*) és solament una aplicació que funciona sobre un maquinari, que en aquest cas és la UICC. Aquesta pot contenir, per tant, altres aplicacions, com l'**ISIM** (*IP multimedia services identity module*), una aplicació que conté els paràmetres per a identificar i autenticar el subscriptor en l'IMS.

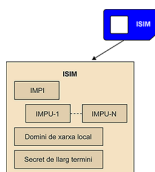
SIM

El **SIM** (*subscriber identity module*, mòdul d'identificació d'abonat) conté (de manera segura) l'**IMSI** (*international mobile subscriber identity*) i la clau associada, que serveix per a identificar i autenticar un subscriptor a la xarxa.

En la Figura 9 podem veure la informació que compon un ISIM:

- **IMPI.** És la identificació privada de l'usuari.
- **IMPU.** És l'SIP URI, que defineix la identificació pública de l'usuari.
- **Domini de xarxa local.** És el SIP URI, que expressa el domini de l'operador i dins del qual s'emmarca la subscripció. S'usa per a saber l'adreça del nucli IMS on l'usuari s'ha de registrar o autenticar.
- **Secret de llarg termini.** És usat per a autenticar i per a calcular el CK (usat pel terminal IMS per a xifrar els missatges SIP des del terminal fins al nucli IMS de la xarxa local) i l'IK (usat per a protegir els missatges SIP des del terminal fins al nucli IMS).

Figura 9. Components d'un ISIM.



Les **UICC** i les **SIM** tradicionals (de tipus mini-SIM, micro-SIM o nano-SIM) són capaces de gestionar un sol perfil i, a més, ocupen un espai considerable dins dels dispositius mòbils als quals van destinades.

La **eUICC** (*embedded UICC*) o l'**eSIM** (*embedded SIM*) proposa una solució a aquests inconvenients, ja que no es tracta d'un concepte maquinari, com en els primers SIM, lligat a un factor de forma determinat, sinó que és compatible amb qualsevol. A més, és capaç de gestionar diversos perfils, que poden ser configurats en funció de les necessitats de l'usuari.

No obstant això, amb la finalitat de reduir encara més el volum, la trucada **iSIM** (*integrated SIM*) (no el confongueu amb ISIM o IMS SIM), creada pel fabricant de processadors ARM (un dels actors principals en la indústria mòbil), elimina la necessitat d'usar un xip separat (eSIM) dedicat únicament a identificar el subscriptor a la xarxa i que s'integra directament en el mateix processador del dispositiu mòbil. Això és útil especialment per als dispositius IoT, les restriccions de volum dels quals són en general encara més grans; i això permet també abaratir el cost per raó de la integració del xip en el processador.

Del SIM a l'eSIM

Teniu més informació sobre l'evolució del SIM a l'eSIM a <https://daim.idi.ntnu.no/masteroppgaver/008/8540/masteroppgave.pdf>.

2) Punt de vista del proveïdor de servei

A l'altra banda, la del proveïdor de servei, també hi ha una sèrie de beneficis:

a) Habilitadora de serveis o *service enabler*. IMS, com que està basat en interfícies obertes, ofereix una plataforma ideal per a fer possible la creació de nous serveis multimèdia de manera molt fàcil, i això comporta estalvis importants en CAPEX i OPEX per a un proveïdor de servei qualsevol.

CAPEX i OPEX

CAPEX són despeses de desplegament del servei o inversió inicial de capital, i OPEX són despeses d'operació del servei una vegada fet el desplegament.

Els proveïdors de serveis reutilitzen diversos elements o blocs funcionals comuns que formen part de l'arquitectura IMS per afegir funcionalitats clau al servei. Aquests elements es diuen *service enablers* o habilitadors de serveis, i en l'arquitectura NGN estan englobats en la subcapa «Funcions de suport a aplicacions i serveis». Els habilitadors de serveis desenvolupats per a aplicacions d'èxit poden convertir-se en habilitadors globals, els quals són inclosos automàticament en noves aplicacions i serveis.

Hi ha un bon nombre d'habilitadors de serveis. A manera d'exemple, podem esmentar els de presència i els gestió de llista de grups.

- **Habilitador de servei de presència.** Permet a un grup d'usuaris ser informats sobre el grau de disponibilitat i mitjans de comunicació dels altres usuaris en el grup. En l'IMS, la presència és sensible a diferents tipus de mitjans, usuaris i preferències d'usuari (personalització de regles per a definir què fer visible a qui). A més, el servei de presència és conscient dels terminals o mitjans pels quals un usuari és accessible (telèfon mòbil, telèfon fix, correu electrònic, etc.).

- **Habilitador de servei de gestió de llista de grups.** Permet als usuaris crear i gestionar la definició de grups en xarxa per a ser usats per qualsevol servei desplegat a la xarxa. Hi ha mecanismes genèrics de notificació de canvis en la definició de grups. Exemples d'ús d'aquests habilitadors de serveis són: llistes privades d'amics, llistes negres, grups públics-privats (són útils en paquets de serveis orientats a VPN), llistes de control d'accés, grups de xat públics o privats i qualsevol aplicació en què es requereixi una llista d'identitats públiques.

A part d'aquests dos habilitadors, s'inclouen funcionalitats de directori, aprovisionament de clients, operació i gestió. Fins i tot en l'àmbit de la facturació, l'IMS ofereix una gran flexibilitat, ja que permet facturar a usuaris per servei utilitzat.

b) Temps mínim de desplegament del servei o *low time-to-market*. Totes les facilitats que l'IMS proporciona, com proveir d'una interfície estandarditzada entre el servidor d'aplicació i el nucli IMS, juntament amb el fet que el servei és independent de la tecnologia de la xarxa d'accés i el terminal d'usuari, fan possible que el temps que es requereix per a engegar un nou servei sigui molt baix.

3) Punt de vista de l'operadora de xarxa

El tercer i últim actor és l'operador de la xarxa de transport, el qual també és beneficiat pels avantatges següents:

a) Estalvi de costos de manteniment. La convergència de xarxes d'accés en una sola xarxa troncal de transport d'alta capacitat basada en IP redueix la complexitat d'aquesta xarxa. Aquest aprofitament de la infraestructura comporta un considerable estalvi de costos de manteniment (OPEX).

Tots els serveis fan ús de la mateixa infraestructura, afavorint l'escalabilitat de la xarxa i permetent estalvis en costos de desplegament (CAPEX) en cas de fer un redimensionament d'aquesta xarxa per a englobar altres serveis.

b) Xarxa orientada a usuari. Els usuaris accedeixen a serveis personalitzats per un punt d'accés estandarditzat, independent del tipus de servei, orientat a usuari i associat dinàmicament: la CSCF (*call session control function*). La CSCF és un element clau que forma el nucli IMS i és assignat dinàmicament a l'usuari en el moment en què es registra o quan rep una petició de trucada o establiment de sessió (tal com veurem amb més detall en altres mòduls). L'arquitectura és orientada a l'usuari i altament escalable.

2.4. Evolució futura de l'arquitectura 5G

Finalment, arriba el moment de saber quin és el pas següent en l'evolució de l'arquitectura de referència que hem vist en la secció 2.2, i per a això ens hem de fixar en la tasca que 3GPP fa en l'especificació de les xarxes 5G.

Cal dir que la filosofia introduïda pel paradigma de les NGN es continua mantenint en l'especificació de les xarxes 5G, ja que, com que es consideren una evolució de la tecnologia de la xarxa de transport (concretament de la xarxa

mòbil), aquesta es presenta com una nova xarxa d'accés en la capa de transport, amb l'excepció de la introducció del concepte de *network slicing*, ja explicat.

No obstant això, tenint en compte els tres tipus d'escenaris tinguts en compte per a definir els casos d'ús en 5G (uRLLC, eMMB i mMTC), es vol estendre el concepte de *network slicing* a altres xarxes que no tenen a veure amb la telefonia mòbil, com les xarxes satèl·lit, entre d'altres.

Podem afirmar que, amb les xarxes 5G, el concepte d'«una xarxa per a diversos serveis», que es plantejava com a canvi de paradigma de les NGN, rep una altra consideració de manera que la mateixa xarxa de transport s'adapta de manera molt més precisa als serveis. Tal com hem dit, una xarxa 5G ha de ser flexible i més oberta a tercers en els àmbits de gestió i configuració (via API lleugeres basades en serveis web).

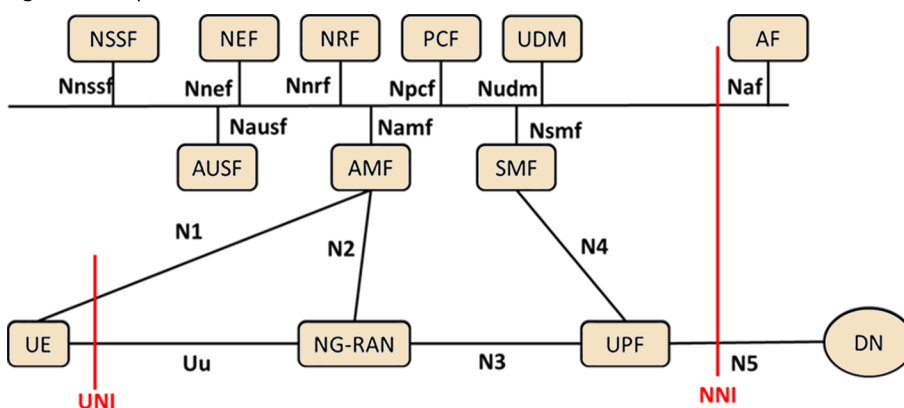
Aconseguir aquesta flexibilitat implicarà adoptar dues branques tecnològiques, ja presents avui dia:

- **Virtualització de xarxes**, on els conceptes de *Software Defined Networks* i *Network Functions Virtualization* seran molt importants.
- **Xarxes orientades a serveis**, en les quals la filosofia SOA (*Service Oriented Architecture*) i sobretot el concepte de **microserveis** (és a dir, petites aplicacions que fan una funció molt específica i aïllada però que poden ser combinades amb altres per a formar un servei o funcionalitat específica) tindran molta rellevància.

Aquest concepte de virtualització i arquitectura basada en serveis condiciona totalment l'arquitectura de referència de les xarxes 5G, com veurem a continuació.

Arquitectura 5G basada en serveis

Figura 10. Arquitectura 5G basada en serveis.



En la Figura 10 veiem diversos blocs funcionals que especifiquen l'arquitectura de referència d'un nucli de xarxa 5G (en el diagrama de la NGN de l'ITU equivaldria a la capa de transport), publicada per primera vegada en el document 3GPP TS 23.501 V15.0.0. Tal com veureu en altres mòduls, s'assembla molt a l'arquitectura del nucli de xarxa de LTE.

En la part inferior, on hi hauria la subcapa de processament de transport, podem veure un bloc que simbolitza la xarxa d'accés ràdio de nova generació de 5G (NG-RAN) i la UPF (*user plane function*) que fa el processament de trànsit IP que afecta els UE en l'àmbit de la xarxa d'accés.

No obstant això, la part superior (equivalent a la subcapa de control de transport en el diagrama de l'ITU) és una mica especial, ja que hi ha una sèrie de funcions o serveis (anomenats *network functions*) que implementen conjuntament el pla de control de la xarxa 5G. Aquestes funcions o, millor dit, aquests serveis estan interconnectats amb un «bus» en el qual cadascun publica als altres (via una API) les seves capacitats i funcionalitats a la resta. **D'aquí ve el concepte que és una xarxa orientada a servei.**

Penseu que cadascun d'aquests serveis pot ser replicat i instanciat tantes vegades com calgui i dimensionat com es calgui utilitzant tecnologia de virtualització de xarxa (en concret, VNF, que es veurà a fons en altres mòduls). Això possibilita no solament fer el *network slicing* per a instàncies de xarxa més petites, sinó reaccionar a increments de demanda sobtats de manera molt ràpida i senzilla.

Vegem per sobre quina funció fa cadascun d'aquests NF:

- ***Access and mobility management function (AMF)***. Gestiona i controla l'accés, connectivitat i mobilitat dels terminals (UE) en la xarxa d'accés ràdio.
- ***Session management function (SMF)***. Assigna l'adreçament IP als UE, gestiona les sessions que l'UE estableix en adherir-se a la xarxa d'accés i pot fer tasques de configuració de desviament de trànsit a la UPF.
- ***User plane function (UPF)***. Fa funcions de processament de trànsit IP com encaminament, inspecció de paquets, aplicació de polítiques de QoS. És l'element fronterer de la xarxa d'accés que connecta amb la xarxa de dades (*data network*).
- ***Policy control function (PCF)***. S'encarrega de fer el control d'admissió de sol·licituds de recursos i de crear les regles de polítiques de QoS si són autoritzades. Accedeix a informació de perfils de QoS en la capa de transport per a fer les tasques de control d'admissió.

- **Authentication server function (AUSF)**. Actua com a servidor d'autenticació.
- **Unified data management (UDM)**. Suporta la generació de credencials AKA, gestiona les identitats dels usuaris, i també autoritza l'accés d'aquests usuaris i engestiona les subscripcions.
- **Application function (AF)**. Simbolitza elements externs que sol·liciten recursos a la xarxa d'accés quan una sessió d'una aplicació ho requereix. Aquí és emplaçat el nucli IMS, que es comunica amb el PCF via una interfície oberta i estandarditzada.
- **Network exposure function (NEF)**. Únicament exposa capacitats i esdeveniments. Provisiona de manera segura informació provinent d'aplicacions externes a la xarxa 3GPP.
- **NF repository function (NRF)**. És un servei de descobriment de noves NF. Manté els perfils i les instàncies disponibles de totes les NF.
- **Network slice selection function (NSSF)**. Selecciona les instàncies de *network slice* que han de donar servei a l'UE. Determina el conjunt d'AMF a ser usat per a donar servei a l'UE.

3. Organismes que impulsen l'estandardització de les NGN i la 5G

A continuació, analitzarem la participació de les organitzacions d'estandardització a tot el món que han donat i continuen donant forma a l'especificació de les xarxes NGN i 5G. Però primer vegem-ne els antecedents i la història en l'especificació i estandardització de les NGN, i les entitats que participen en la definició de la 5G.

3.1. Evolució en el món de l'estandardització de l'arquitectura NGN i 5G

A la fi dels noranta, les operadores de telefonia mòbil van veure el potencial que tenia introduir el protocol IP com a pedra angular a les seves xarxes, tant en termes d'estalvi de costos de manteniment com de la provisió de nous serveis. Les organitzacions d'estandardització es van veure obligades a abordar el tema dels serveis multimèdia basats en IP.

Així, el fòrum industrial 3g.ip, creat en 1999, va ser el primer a fer el pas per a definir un marc per a estandarditzar el que es podria considerar la primera arquitectura propera a l'NGN, la precursora de l'IMS. Es va definir una xarxa central de control basada tota en IP que utilitzava el protocol d'establiment de sessió SIP de la IETF. Va ser definida per prestar serveis solament de VoIP, deixant la porta oberta a incloure qualsevol servei futur basat en IP. Es va definir la integració de les xarxes GSM i GPRS, i va ser adoptada posteriorment per l'organització 3GPP per generar l'any 2000 la versió 4 del seu estàndard. En aquesta versió es va adquirir aquest sistema «tot-IP» com a part de l'arquitectura de xarxa, anomenant-lo en aquella època *bearer independent core network*.

La implantació de la tecnologia UMTS en telefonia mòbil (definida també per 3GPP) va obrir la porta a la connectivitat a internet per banda ampla amb el mòbil. L'organització 3GPP va adoptar i definir l'IMS a partir d'aquesta versió preliminar «tot IP» basada en SIP com a part del seu treball d'estandardització dels sistemes de telefonia mòbil 3G. El 2002 aquesta aportació va quedar reflectida en la versió 5 de l'estàndard (va ser concebuda com a l'evolució de la 2G a 3G).

3GPP2, una organització d'estandardització de telefonia mòbil paral·lela, va desenvolupar les especificacions per a una altra tecnologia 3G basada en CD-MA, i va incloure la versió 5 de l'IMS de 3GPP en la definició de la seva CD-MA2000 MMD (*multimedia domain*).

En els primers anys del segle XXI l'ITU-T ja debatia com serien les xarxes i serveis en el futur des d'un punt de vista global. Fruit d'aquests estudis, el 2003 es va crear l'Study Group 13 amb l'objectiu de liderar qualsevol activitat d'especificació de les NGN, i es va decidir que continuaria el treball fet per l'NGN Start Group.

El 9 de juliol del 2003 aquest grup d'estudi, juntament amb l'Study Group 11 (especialitzat en protocols de senyalització), va convocar un taller a Ginebra per definir l'estratègia d'estandardització de les NGN. Aquest taller es considera internacionalment com el punt de partida de l'estandardització de les NGN tal com la coneixem avui.

No obstant això, el 2004 l'ITU-T no avançava al ritme necessari en aquesta estandardització. La pressió de les operadores, proveïdors, fabricants i organismes governamentals per tenir al més aviat possible uns estàndards que els permetessin accedir al mercat global basat en xarxes IP interoperables, en les quals inverteixen milions de dòlars, va obligar l'ITU-T a crear l'FGNGN (Focus Group on NGN) sota el paraigua de l'SG13 com a únic ens en l'organització per a coordinar les tasques d'estudi.

L'FGNGN anava a tenir una durada limitada i es va encarregar d'estudiar els aspectes a millorar de les NGN. Com a resultat, es va adoptar l'IMS (ja present llavors) com a part de l'NGN mentre s'estudiava també com compatibilitzar l'estàndard amb els sistemes i dispositius usats pels operadors de telecomunicacions d'aleshores, com els *softswitches*.

A la fi del 2004 l'FGNGN va elaborar les dues primeres especificacions de les NGN aprovades oficialment: *Y.2001 General overview of the NGN* i *Y.2011 General principles and general reference model for NGN*.

El taller del 2003 també va donar lloc a altres iniciatives d'estandardització. El setembre del 2003 es va crear el projecte europeu ETSI-TISPAN, en el qual es van iniciar els estudis d'una infraestructura de telecomunicacions de nova generació amb accés d'alta velocitat i banda ampla i que també acabaria aplicant l'IMS com a part de l'estàndard. La primera versió que ETSI-TISPAN va generar del seu estàndard NGN es va publicar el 2006.

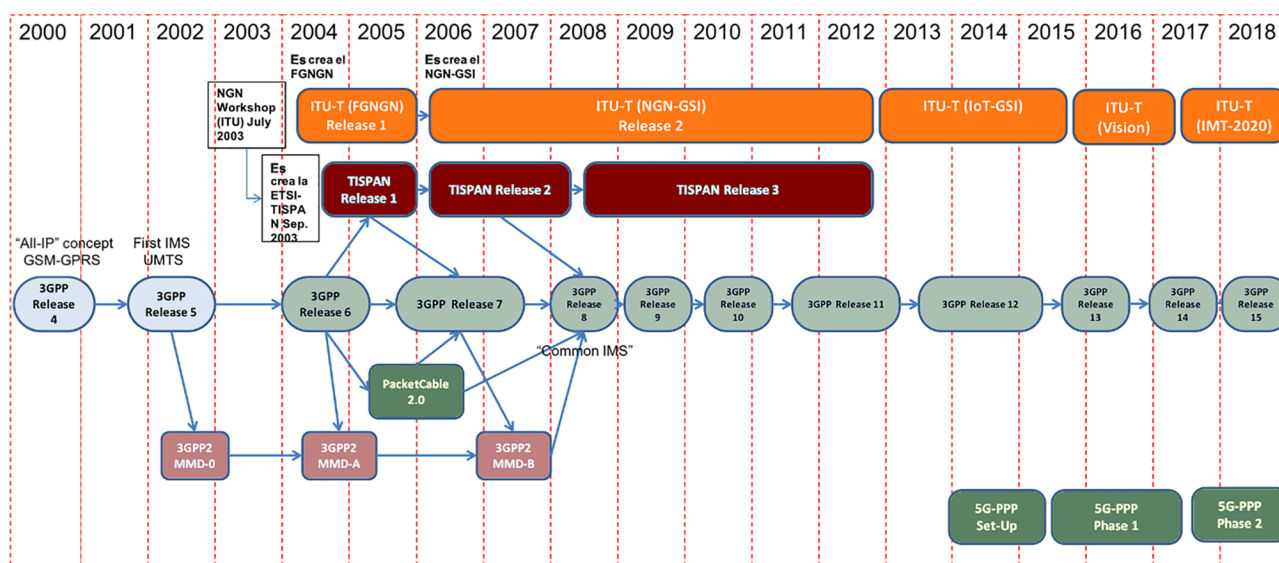
CableLabs va posar-hi el seu granet de sorra quan va especificar l'adaptació de les xarxes cablejades a l'IMS creant l'arquitectura PacketCable 2.0 el 2007.

Tornant a l'ITU-T, els resultats dels estudis fets per l'FGNGN van ser traspassats a l'SG13, el qual va dirigir els estudis subsegüents sobre l'estandardització de les NGN. Amb l'SG13, al juliol del 2006 es van iniciar les especificacions de la primera versió de l'estàndard de l'ITU-T que definia les NGN.

El 2005 l'FGNGN va ser dissolt i l'ITU-T va crear en el seu lloc un nou grup d'estudi centralitzat anomenat NGN-GSI (NGN-Global Standards Initiative), que continuaria el treball fet pel primer després de desaparèixer.

Actualment, l'ITU-T NGN-GSI s'encarrega de generalitzar el treball fet per altres organitzacions d'estandardització de les NGN (com l'ETSI-TISPAN, entre d'altres).

Figura 11. Cronologia en l'estandardització de les NGN i la 5G.



En la Figura 11 es pot apreciar un resum cronològic de les diferents aportacions fetes per les entitats d'estandardització 3GPP, 3GPP2, ETSI-TISPAN, CableLabs, ITU-T i 5G-PPP.

Cal remarcar les interaccions entre les diferents organitzacions d'estandardització al llarg dels anys. De vegades aquestes interaccions han donat com a fruit la integració d'especificacions entre organitzacions.

Per exemple, l'any 2008 es van integrar les aportacions d'ETSI-TISPAN, 3GPP2 i Packet-Cable, i donare com resultat la versió 8 de 3GPP, anomenada Common IMS en al·lusió a aquesta integració dels diferents vessants paral·lels.

La 5G-PPP, iniciativa publicoprivada conjunta entre la Comissió Europea i la indústria europea pretén ser el programa de recerca més important per a la 5G. Els seus primers passos van començar en 2014, i està involucrada en les entitats d'estandardització més importants, com 3GPP o l'ITU. Amb els diversos projectes de recerca i grups de treball dels què consta, el seu objectiu és proporcionar la tecnologia i estàndards necessaris per a poder ajudar a dur a terme la implantació i comercialització de la 5G a Europa.

3.2. Entitats d'estandardització involucrades

A continuació es mostra una llista de les entitats d'estandardització que han participat més activament en l'especificació de les NGN i la futura 5G en els seus àmbits respectius, i una breu descripció de l'aportació de cadascuna a aquesta especificació. Per exemple, hi ha entitats que es focalitzen en l'especificació de la capa de transport i la capa de servei, mentre que unes altres es focalitzen únicament en la capa d'aplicació.

3.2.1. IETF

La IETF (Internet Engineering Task Force) és una entitat d'estandardització oberta responsable de millorar els protocols i els estàndards que defineixen la tecnologia d'internet. Aquestes millores es proposen en els coneguts RFC, que de vegades continuen convertint-se en estàndards que ajuden a definir com funciona internet. El 16 de gener de 1986 es va formar a San Diego amb l'Internet Architecture Board. La componen administradors d'internet, dissenyadors, fabricants, investigadors i particulars interessats en l'evolució de l'arquitectura d'internet.

IAB (*Internet Architecture Board*)

La IAB (Internet Architecture Board, Direcció d'Arquitectura de la Internet) és al mateix temps un comitè de la IETF i un cos consultiu de la Internet Society (ISOC). Les seves responsabilitats inclouen la vigilància arquitectural de les activitats de la IETF, la vigilància i procés d'apel·lacions de l'Internet Standards Process i el nomenament de l'editor de l'RFC (*Request For Comment*). La IAB també és responsable de l'administració dels registres dels paràmetres protocolaris de la IETF.

La IETF concentra els seus estudis en els problemes tècnics i operacionals que presenta internet, proposant protocols i solucions arquitecturals i fent recomanacions als membres del comitè de l'IESG (*Internet Engineering Steering Group*). Una gran part del treball fet de la IETF és elaborat per diversos grups de treball (WG), cadascun especialitzat en un tema i liderat per un grup directiu concret. Aquest treball es documenta en els esmentats RFC.

A més, la IETF facilita la transferència tecnològica des de la *Internet Research Task Force* i proporciona un fòrum per a intercanviar informació entre els actors que conformen internet: fabricants d'equips, usuaris, investigadors i gestors.

IRTF (Internet Research Task Force)

L'Internet Research Task Force (IRTF, Grup Especial sobre Recerca d'Internet) és un grup germà de l'IETF. La seva missió principal és «promoure la recerca de la importància de l'evolució, a llarg i curt terminis, del futur d'internet amb grups i fer recerca sobre els assumptes relacionats amb els protocols, els usos, l'arquitectura i la tecnologia d'internet».

Quant al món de les NGN i IMS, la IETF hi té un paper molt rellevant, ja que contribueix al funcionament d'aquestes xarxes de manera molt important. A continuació descriurem les contribucions que ha fet en el desenvolupament de les NGN, contribucions que es concentren bàsicament en la definició de protocols.

Contribució de la IETF a les xarxes NGN

- **Protocol IP.** S'especifica en l'RFC 791 en la versió 4 i en l'RFC 2460 en la versió 6, i, tal com s'ha especificat, aquest és un protocol no orientat a connexió en la capa d'internet, que proporciona transmissió de paquets d'extrem a extrem per diverses xarxes IP.
- **Protocol SIP (Session Initiation Protocol).** S'especifica en l'RFC 3261 i se situa en la capa d'aplicació per sobre dels protocols de capa de transport: UDP i TCP. Guarda similituds amb el protocol HTTP (capçaleres del protocol expressades en text) i s'utilitza com a protocol d'establiment de sessió de servei. Per a això, crea diàlegs entre els dos extrems utilitzant missatges amb una funcionalitat concreta que permet controlar l'establiment i l'alliberament de la sessió. Aquests missatges s'anomenen mètodes, i s'hi inclouen REGISTER, INVITE, BYE, ACK, CANCEL, SUBSCRIBE, NOTIFY, PRACK, OPTIONS i MESSAGE. El 3GPP el va adoptar per a especificar l'IMS en la versió 5 proposant una extensió del mateix protocol SIP (RFC 4083), la qual ha estat integrada posteriorment en l'estàndard de SIP per la IETF en l'RFC 3455 i en l'RFC 5502.
- **Protocol Diameter.** S'especifica en l'RFC 3588 com a protocol orientat a proporcionar mecanismes d'AAA. També és un protocol de capa d'aplicació que pot basar-se en TCP o SCTP. S'utilitza en NGN perquè dues entitats funcionals sol·licitin informació rellevant que afecta la presa de decisions en l'establiment de les sessions. Els missatges es defineixen com a comandaments i aquests contenen un nombre variable de paràmetres anomenats AVP (Attribute-Value Pair), que contenen informació molt concisa sobre les característiques de la sessió establerta. Aquest protocol és molt utilitzat, per exemple, per a comunicacions de control entre els elements que

Diameter

Diameter és l'evolució del protocol Radius. Per això es diu que Diameter és dues vegades Radius.

formen el nucli IMS i entre aquest i la capa de control de transport per a sol·licitud de recursos.

- **Protocol Megaco o H.248.** Aquest protocol és definit en l'RFC 3525 com a fruit de la cooperació amb l'ITU-T (per aquest motiu té la nomenclatura alternativa típica de l'ITU-T). És un protocol del tipus client/servidor situat en la capa d'aplicació i basat en TCP. En NGN és utilitzat per a separar la lògica de control de trucada i la lògica del processament de fluxos multimèdia en una passarel·la. Aquest protocol serveix, per exemple, per a configurar remotament els ports UDP utilitzats en una traducció NAT de ports o en una passarel·la de VoIP amb PSTN.
- **Protocol RTP (*Real-time Transport Protocol*).** Està especificat en l'RFC 3550 i està basat en UDP. Serveix per a transportar fluxos multimèdia (continguts d'àudio i vídeo principalment) en temps real. En una trucada de veu, el protocol RTP transportaria les mostres comprimides de la veu segons el codificador utilitzat. Va de la mà d'un altre protocol: l'RTCP (*Real-time Control Protocol*), que proporciona informació de sincronització del flux multimèdia i estadístiques de monitoratge de paràmetres de transmissió i qualitat de servei.

Contribució a les xarxes 5G i NFV/SDN

Quant a la contribució de la IEFT a la 5G, aquest organisme treballa en nombroses tecnologies que interactuen (o interactuaran) amb aquesta última, com per exemple les relacionades amb l'autenticació EAP (RFC 3748, RFC 5448). També són importants els aspectes relacionats amb els mecanismes que asseguren retards determinístics per la xarxa (com la IEFT DETNET), ja que les aplicacions crítiques de molt baixa latència són un dels serveis clau de la 5G.

Pel que fa a l'NFV i l'SDN, el grup de treball NVO3 (Network Virtualization Overlays 3) desenvolupa un conjunt de protocols per a habilitar la virtualització de xarxa en els centres de dades basades en sistemes IP. Així mateix, l'IRTF diposa d'un grup de recerca (NFVRG, Network Function Virtualization Research Group) que treballa en l'arquitectura de les funcions de xarxa i en els nous entorns de treball de gestió i orquestració.

IEFT i 5G

En teniu més informació a <https://www.ietf.org/blog/5g-and-internet-technology/>.

3.2.2. 3GPP

3GPP és la sigla de *3rd Generation Partnership Project* i és fruit d'una col·laboració creada al desembre del 1998 per diverses associacions de telecomunicacions conegudes com a membres organitzatius. Aquesta associació és composta per sis membres d'Àsia, Europa i Amèrica del Nord:

- ARIB (Association of Radio Industries and Businesses), del Japó.
- ATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions), dels EUA.
- CCSA (China Communications Standards Association), de la Xina.
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute), d'Europa.
- TTA (Telecommunications Technology Association), de Corea de Sud.
- TTC (Telecommunication Technology Committee), del Japó.

El primer objectiu del 3GPP va ser crear una nova generació de telefonia mòbil evolucionada del GSM que fos compatible en tots els països i l'especificació de la qual estigués dins del projecte de l'ITU-T anomenat International Mobile Telecommunications-2000. Però aquest objectiu d'especificació va evolucionar cap a un sistema basat en tot-IP introduint una independència total entre la xarxa d'accés ràdio i la xarxa troncal: IP multimedia subsystem.

Pel camí es van definir sistemes intermedis entre GSM i IMS, com per exemple el GPRS i EDGE (considerats sistemes de telefonia de 2.5G), i UMTS (3G).

L'estandardització del 3GPP engloba tots els elements i zones de la xarxa, des de la tecnologia d'accés ràdio com la xarxa troncal de transport fins a l'arquitectura de servei.

Contribució del 3GPP a les NGN

És més que òbvia la contribució del 3GPP a l'especificació de les NGN. De fet, es considera que l'embrió del que l'ITU-T anomena avui dia NGN és l'IMS i la seva integració amb xarxes sense fil, tant mòbils (3G o LTE) com fixes (Wi-Fi).

La primera especificació de l'IMS va ser introduïda en la versió 5 de l'estàndard del 3GPP, i al llarg dels anys aquest estàndard ha anat evolucionant per incloure tot tipus de xarxes d'accés, com WiMAX, xarxes basades en cable, xarxes fixes cablejades (ADSL), sempre en col·laboració estreta amb l'ETSI per ampliar especificacions a altres xarxes d'accés com la IETF i fer evolucionar els protocols anteriorment esmentats.

Contribució del 3GPP a les xarxes 5G

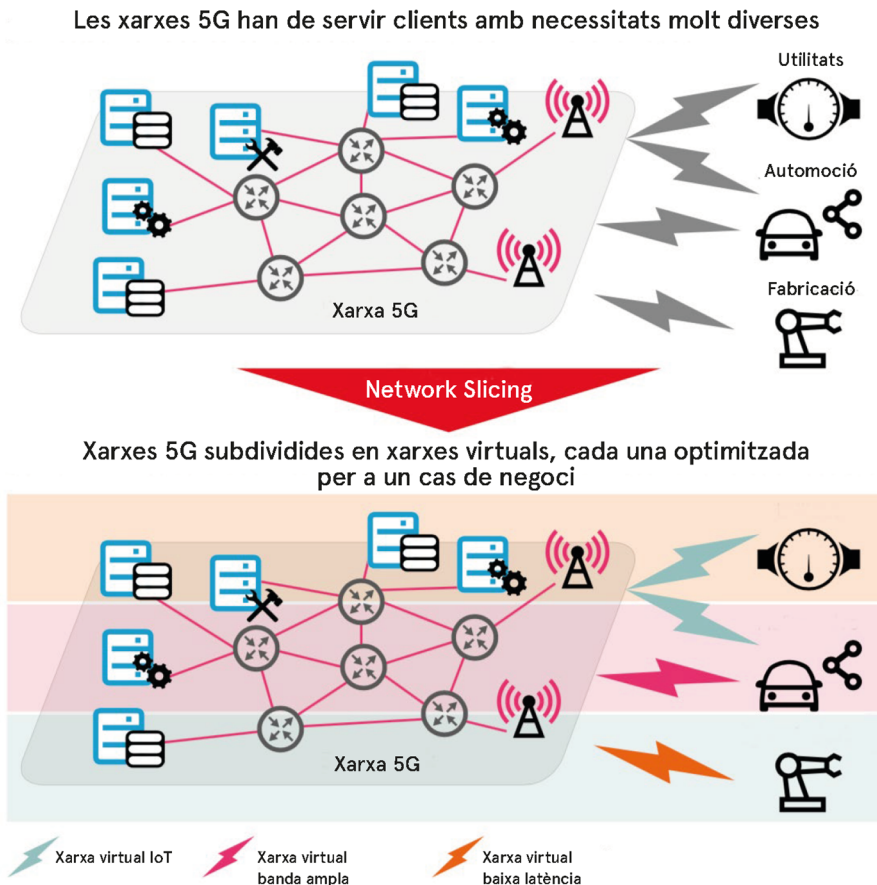
La Release 15 del 3GPP va donar pas a les primeres especificacions per a la 5G. També s'inclouen nous treballs sobre les especificacions de l'LTE-Advanced Pro, conegut de vegades com a pre-5G.

ETSI i 3GPP

Pot arribar a confondre-us el fet que l'ETSI estigui involucrada en el 3GPP, el qual genera els seus documents d'especificació, i que generi al mateix temps les seves pròpies versions en paral·lel. Això és perfectament possible en el món de les organitzacions d'estandardització governamentals. Mentre que l'equip de l'ETSI involucrat en el 3GPP se cenyeix a l'IMS i la tecnologia mòbil, el grup de l'ETSI-TISPAN intenta donar un enfocament més ampli en l'especificació ampliant la integració d'altres xarxes d'accés.

La Release 15 dona per finalitzada la primera fase de la 5G, que ja va començar amb la versió 14. En aquesta s'estableixen les característiques bàsiques i els serveis millorats per a *mobile broadband*, tant per als escenaris NSA com SA. A més, es tenen en compte els requisits per als serveis d'emergències que tot sistema ha de preveure d'acord amb la legislació vigent.

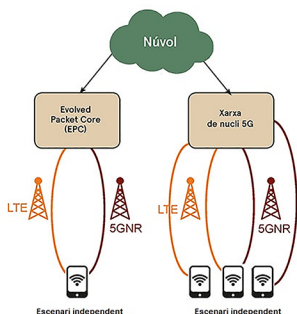
Figura 12. 5G NR (Release 15) Timeline.



Font: 3GPP

Es tenen en compte dos tipus d'escenaris. En l'escenari NSA (*non-standalone*) la nova xarxa d'accés 5G (New Radio) s'usa com un accés suplementari a la xarxa d'accés actual LTE. Aquesta és l'única part relacionada amb la 5G, ja que es continua usant en EPC (Enhanced Packet Core), el nucli de xarxa per a LTE. En l'escenari SA (*standalone*) es pot usar tant la xarxa d'accés LTE com la 5G NR, i en aquest cas es fa ús de la 5G CN (*core network*).

Figura 13. Comparació d'escenaris NSA/SA per a la 5G.



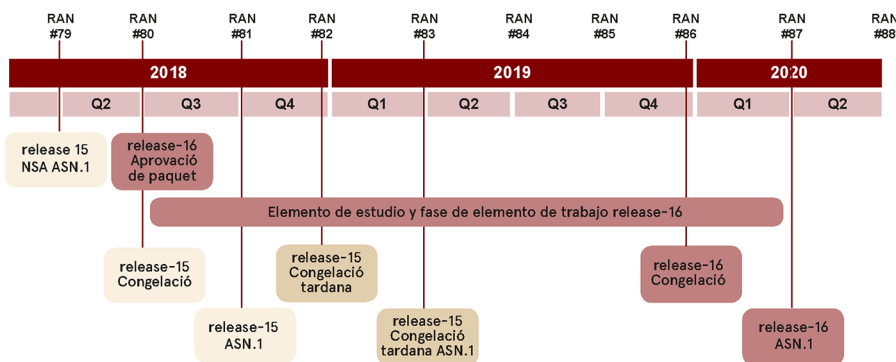
Nota

Per a ampliar informació, poden consultar el document "5G New Radi 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 també inicia la segona fase per a estandarditzar la 5G, que es conclourà amb la versió 16, en la qual és enfocat el 3GPP actualment. Aquesta versió portarà a definir completament la 5G per a ser sotmesa a l'IMT-2020. Encara que s'han de determinar els objectius finals, ja hi ha diferents estudis en marxa que se centren en aspectes com el V2X (*vehicle-to-everything*), l'accés per satèl·lit 5G, la compatibilitat de la 5G amb xarxes LAN, el posicionament i localització, la seguretat, la *network slicing* o la IoT.

En aquesta segona fase de la 5G es continuarà evolucionant el servei de *mobile broadband* ja previst en la primera fase, però es posarà l'accent especialment en els altres dos serveis centrals de la 5G, com la connexió de diversos dispositius a internet (*massive IoT*) i les aplicacions crítiques que treballen amb molt baixa latència. Aquest últim servei, de gran complexitat tècnica, serà un dels que requeriran un major esforç per a ser posat en marxa.

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



Font: 3GPP

3.2.3. 3GPP2

Es tracta d'una associació germana del 3GPP formada pels mateixos membres organitzatius que el 3GPP, però els seus estàndards de telefonia 3G se centren en la tecnologia CDMA2000.

Contribució del 3GPP2 a les NGN

Com que és una organització paral·lela al 3GPP, la seva contribució és equivalent, però aplicada a la integració amb el nucli IMS i la xarxa troncal IP d'una xarxa mòbil basada en la tecnologia CDMA 2000.

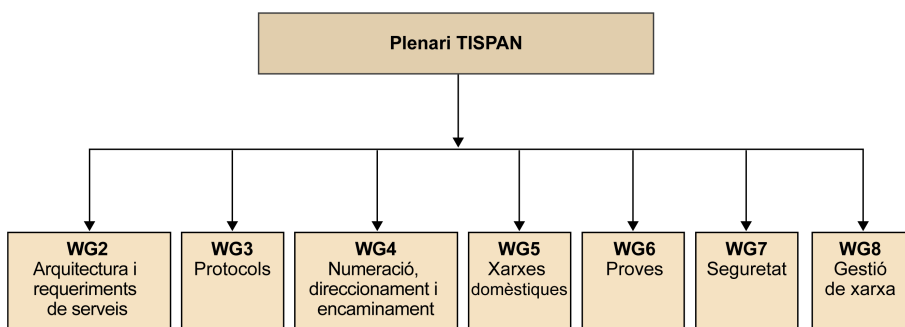
3.2.4. ETSI

El 2003 l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) va crear un comitè tècnic anomenat TISPAN (Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking), fruit de la unió de TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks) i SPAN (Services and Protocols for Advanced Networks).

La seva tasca se centra a especificar les xarxes fixes (per exemple, amb tecnologia ADSL) i la seva migració a les NGN.

TISPAN és format per vuit grups de treball, com veiem en la Figura 15:

Figura 15. Grups de treball ETSI-TISPAN.



Contribució d'ETSI-TISPAN a les xarxes NGN

La contribució més clara d'aquesta entitat d'estandardització és l'adaptació de les xarxes d'accés fixes a un context NGN. En aquesta especificació s'inclou IMS del 3GPP com a capa de control de servei, encara que també té en compte els serveis que no estan basats en SIP. Proposa una arquitectura de referència pròpia per a la subcapa de control de transport amb una nova distribució de blocs funcionals en la gestió de recursos de la xarxa d'accés (RACS). La funcionalitat dels blocs i les interfícies (anomenats punts de referència) proposades per TISPAN coincideixen majoritàriament amb les proposades en l'arquitectura de 3GPP per a la xarxa d'accés sense fil (PCC), encara que guarden lleugeres diferències, sobretot en punts de referència.

Aquesta nova arquitectura de control de xarxa de transport es va incloure en la versió 1 de l'estàndard (2005) que defineix les NGN segons ETSI-TISPAN. En la versió 2 (2008) TISPAN aborda l'especificació del servei d'IPTV tant si

està basat en l'IMS com si no. A més, inclou la definició de l'arquitectura de la passarel·la de xarxa de client (*customer network gateway*) i els punts de referència involucrats.

ETSI-TISPAN col·labora estretament amb 3GPP per combinar el treball d'ambdues entitats en un sol estàndard. Això es va dur a terme en la versió 8 del 3GPP, en la qual es va definir l'anomenat *common IMS*.

Contribució de l'ETSI a la 5G i l'NFV

Si bé una gran part del treball d'estandardització és a càrrec del 3GPP, l'ETSI hi col·labora desenvolupant blocs del sistema 5G. Entre aquestes activitats, hi ha les relacionades amb l'*edge computing* o l'NFV, peça clau per a la virtualització de xarxes necessària per a implementar el *network slicing*.

En general, l'ETSI participa en l'estandardització de les tecnologies de les xarxes d'accés, i també en l'arquitectura i el nucli de les xarxes 5G amb diferents ISG:

- ETSI ISG mWT (*millimetre wave transmission*)
- ETSI ISG RRS (*reconfigurable radio systems*),
- ETSI ISG NFV (*network function virtualization*)
- ETSI ISG MEC (*multi-access edge computing*).

Industry Specification Groups

Els ISG (Industry Specification Groups) de l'ETSI treballen en paral·lel amb els comitès d'estandardització tradicionals en una àrea tecnològica específica.

3.2.5. ITU-T

L'ITU (International Telecommunication Union) va ser creada en 1947 per les Nacions Unides com la seva agència per a les TIC. És formada per tres divisions principals:

- ITU-R (*radiocommunication*). Gestiona l'espectre de radiofreqüència internacional i els recursos orbitals dels satèl·lits.
- ITU-T (*telecommunication standardization*).. Sector que s'encarrega de totes les estandarditzacions que genera l'organisme. Antigament (abans de 1992), aquest sector es coneixia com CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique).
- ITU-D (*development*). S'encarrega d'ajudar a difondre l'accés equitatiu i sostenible a les TIC.

L'ITU-T produeix una sèrie d'estàndards de caràcter internacional que s'anomenen «recomanacions». Aquestes solament es converteixen en obligacions quan formen part d'alguna llei d'algun país. Així, l'ITU-T es posiciona com l'ens d'estandardització global que no solament fa les seves pròpies contribucions, sinó que s'encarrega d'aglutinar diferents estàndards d'altres organitzacions supranacionals per a sintetitzar-los en un de sol i donar-li caràcter internacional.

El desenvolupament de les recomanacions és gestionat per grups d'estudi (SGs), els quals estan formats per experts en telecomunicacions de tot el món. L'ITU-T està formada pels onze grups de treball següents:

- SG-2: estudia aspectes operacionals de provisió de servei i gestió de telecomunicacions.
- SG-3: estudia principis de facturació i tarificació, incloent aspectes polítics i econòmics de telecomunicacions.
- SG-5: estudia el canvi climàtic i l'entorn.
- SG-9: estudia la transmissió de so i televisió i les xarxes de cable de banda ampla integrades.
- SG-11: estudia requeriments de senyalització, protocols i especificacions de prova.
- SG-12: estudia el rendiment, QoS i QoE.
- SG-13: estudia xarxes futures, incloent xarxes mòbils i NGN.
- SG-15: estudia xarxes de transport òptiques i infraestructures de xarxes d'accés.
- SG-16: estudia codificació multimèdia, sistemes i aplicacions.
- SG-17: estudia seguretat.
- SG-20: estudia IoT, ciutats i comunitats intel·ligents (*smart cities & communities*)
- El TSAG és un grup d'assessorament d'estandardització de telecomunicació.

Contribució de l'ITU-T a les NGN

L'ITU-T, com a entitat global d'estandardització, ha estat qui ha introduït el concepte de NGN genèrica tal com s'ha explicat en aquest mòdul. L'activitat estandaritzadora sobre les NGN en l'ITU-T es focalitza principalment en l'SG-13.

L'ITU-T va aportar els dos primers documents, on es definia el concepte de NGN (el Y.2001 i el Y.2011) i s'abordaven requeriments funcionals, el model de referència general i l'arquitectura, i també la seva evolució futura.

Actualment, les empreses, com també altres organitzacions, treuen nous productes amb les seves adhesions particulars a l'NGN. ITU-T intenta harmonitzar els diversos estàndards regionals vigents i anticipar-se, amb normes consensuades, a les solucions propietàries que imposen les empreses mitjançant el domini del mercat.

Contribució de l'ITU a les xarxes 5G i NFV/SDN

L'últim grup de treball de l'agència, l'SG-20, és enfocat a l'IoT, relacionada amb un dels serveis bàsics de la 5G (*massive IoT*). Actualment treballa en els requisits d'estandardització de les tecnologies subjacents a l'«internet de les coses», i també en les seves aplicacions en les ciutats i comunitats intel·ligents.

Així mateix, elabora les normes internacionals per a desenvolupar les comunicacions M2M i les xarxes de sensors ubics. Un dels aspectes més importants en els quals s'enfoca l'SG-20 és l'estandardització de les *arquitectures end-to-end* per a IoT i els mecanismes per a la interoperabilitat de les aplicacions relacionades.

Amb l'objectiu de proporcionar una especificació internacional per a la 5G a escala global, l'ITU i els seus socis han desenvolupat l'IMT-2020, que engloba la visió de les comunicacions mòbils internacionals (*international mobile communications*) per al 2020. El procés d'estandardització de l'IMT-2020 va començar en 2012, i segueix la mateixa estructura evolutiva que els anteriors IMT-2000 (per a la 3G) i IMT-Advanced (per a la 4G). Les primeres fases es van centrar en la definició d'aquesta visió i el pla de desenvolupament i també els requisits per a les prestacions tècniques i els criteris d'avaluació, entre altres aspectes. Els passos següents s'orienten a definir la tecnologia, incloent la gestió de l'espectre i la definició de les especificacions de l'accés ràdio per a la 5G.

Figura 16. Procés d'estandardització de l'IMT-2020.



Font: ITU

En 2017, l'ITU, en col·laboració amb diverses institucions de recerca, va completar un conjunt d'estudis enfocats a les tecnologies clau per a la 5G i els requisits d'eficiència per a l'IMT-2020. Algunes de les especificacions mínimes clau són:

Objectius de SG

Els objectius de la Comissió d'Estudi (Study Group (SG) 20) es poden consultar a <https://5g-ppp.eu/white-papers/>.

ITU Internet Reports 2005: «The Internet of Things»

De fet, l'ITU ja fa temps que treballa amb l'IoT. En 2005 va publicar l'última edició del seu informe de referència: «The Internet of Things» (<https://www.itu.int/pub/s-pol-ir.it-2005/e>).

Resolució 77 de l'ITU-T

La Resolució 77 de l'ITU-T es pot consultar a https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/res/t-res-t.77-2012-pdf-e.pdf.

IMT-2020

Teniu més informació sobre l'IMT-2020 a <https://www.itu.int/en/itu-r/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/pages/default.aspx>.

- Ample de banda mínim de 100 MHz, i de fins a 1 GHz per a bandes d'alta freqüència (per sobre de 6 GHz)
- Transferències «típiques» de 100 Mbps en baixada i 50 Mbps en pujada
- Pics de transferència de fins a 20 Gbps en baixada i 10 Gbps en pujada.
- Capacitat de connexió amb una densitat d'1 milió de dispositius per km² (IoT).

Quant a les SDN, l'SG-13 fa anys que està involucrat a estudiar les xarxes definides per programari i l'estandardització de la seva arquitectura. Tal com destaca en la Resolució 77 (*Standardization work in ITU-T for software defined networking*), les SDN continuaran canviant el panorama de la indústria de l'ICT (*Information and communication technology*) durant els propers anys, i l'ITU-T ha d'exercir un paper actiu en la seva estandardització.

3.2.6. 5G-PPP

La 5G-PPP (5G Infrastructure Public Private Partnership) és una iniciativa conjunta entre la Comissió Europea i la indústria ICT europea, que inclou fabricants, operadors de telecomunicacions, proveïdors de servei, PIME i institucions de recerca.

Disposa de nombrosos grups de treball encaminats a promoure el desenvolupament i la implementació de la 5G, i a participar en la seva estandardització, amb l'objectiu de situar Europa entre els pioners de la nova generació de xarxes cel·lulars.

Podem destacar el seu paper actiu en l'estandardització dels aspectes de seguretat i privadesa per a la 5G, amb més de quaranta contribucions presentades a 3GPP i l'ETSI, a més de les seves col·laboracions amb l'ITU-T per a les primeres fases de la 5G.

Així mateix, la 5G-PPP ha publicat nombrosos *white papers* sobre diferents aspectes de la 5G, relacionats amb la seva arquitectura, l'automoció o les xarxes definides per programari. Cal destacar el document «5G PPP use cases and performance evaluation models» (2014), que proporciona una visió de conjunt dels casos d'ús i models desenvolupats per a avaluar els diferents conceptes de la xarxa d'accés 5G en les primeres fases.

3.2.7. NGMN

La Next Generation Mobile Networks (NGMN) Alliance és una associació de telecomunicacions mòbils formada per operadors mòbils, fabricants, proveïdors i instituts de recerca fundada en 2006 per desenvolupar un punt de vista comú per a les solucions de la següent evolució de les xarxes mòbils. També s'encarrega de donar suport a les organitzacions d'estandardització (com el 3GPP, l'ITU o la IEEE).

Els *white papers* publicats per la 5G-PPP

Podem consultar els *white papers* publicats per a la 5G-PPP a <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» es pot consultar a https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5g-ppp-use-cases-and-performance-evaluation-modeling_v1.0.pdf.

En 2010, l'NGMN va publicar un conjunt de recomanacions sobre aspectes operacionals de les xarxes de nova generació, posant l'accent en la complexitat creixent i el cost de les operacions en les xarxes heterogènies, que no podien adaptar-se eficientment a les demandes del mercat. La necessitat d'oferir una operativitat més flexible i les seves possibles solucions van ser algunes de les contribucions d'aquestes recomanacions.

En 2014, l'associació va decidir enfocar les seves activitats a definir els requisits *end-to-end* per a la 5G. Al principi del 2015 va publicar el *5G white paper*, on es detallaven els requisits per als operadors per a estandarditzar i desenvolupar la 5G, i s'introduïa també el concepte de *network slicing*, un aspecte clau per a flexibilitzar les xarxes.

3.2.8. GSMA

La GSMA (Global System for Mobile Communications Association) és una associació que representa els interessos dels operadors de xarxes mòbils a escala mundial. Constituïda en 1995 amb el nom original de Groupe Spécial Mobile, en l'actualitat inclou uns 800 operadors i unes 300 companyies afins. La seva activitat se centra en grups de treballs i programes de la indústria del sector. S'encarrega també d'organitzar anualment l'MWC.

Els seus programes se centren en tres camps: xarxes futures (promovent estàndards com RCS i VoLTE), identitat i IoT. Aquest últim camp està relacionat amb un dels serveis bàsics entorn dels quals se centrarà la futura 5G, dissenyat per a permetre la connexió simultània d'un gran nombre de dispositius (*massive IoT*).

La GSMA també és un dels actors que participa en la definició del *network slicing* i treballa amb operadors i proveïdors per definir un *generic slice template* (GST) que faciliti a aquests operadors gestionar els *service level agreements* (SLA) amb els mercats verticals, i també per habilitar la interoperabilitat i la itinerància.

L'NGMN 5G white paper

L'NGMN 5G white paper es pot consultar a https://www.ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/downloads/technical/2015/ngmn_5g_white_Paper_V1_0.pdf.

Ampliació del concepte de network slicing

El concepte de *network slicing* fou ampliat per l'NGMN en un article específic titulat «Description of network slicing concept».

MWC

L'MWC (Mobile World Congress) és el congrés més important de la indústria mòbil, que se celebra anualment per reunir els actors més rellevants del sector.

Informe de network slicing del GSMA

Teniu més informació en l'informe sobre *network slicing* de la GSMA a <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2017/09/5g-network-slicing-report.pdf>.

Resum

El món de les telecomunicacions ha sofert un canvi molt important pel que fa als serveis i la seva arquitectura de referència. Entre mitjan i final del segle XX les infraestructures de telecomunicacions es caracteritzaven per prestar un únic servei: la veu. Tota la xarxa, des de la provisió del servei fins al terminal d'usuari, pertanyia a un sol domini administratiu o empresa. A mesura que sorgien nous serveis de comunicacions, com el fax o les línies de dades digitals, requerien en la majoria dels casos una nova infraestructura dedicada. En resum, es tenia una estructura d'«un servei, una xarxa». Des del punt de vista de les operadores, això afectava l'escalabilitat de la xarxa i sobretot una certa ineficiència en costos de manteniment.

Amb el paradigma introduït per les NGN, es passa a una xarxa multiservei en la qual s'aconsegueix una independència total dels serveis prestats amb la tecnologia de xarxa de transport i amb garantia de qualitat de servei d'extrem a extrem. Això permetia al seu torn la proliferació futura de nous serveis multimèdia agnòstics del tipus de terminal emprat per l'usuari.

El factor que va obrir la porta a introduir el concepte de xarxes de propera generació va ser la implantació de la telefonia de tercera generació (UMTS) definida per l'organització d'estandardització 3GPP, que posteriorment va definir, en la seva versió 5, el que es considera el primer pas en la definició de les NGN: l'IMS. Inicialment orientat a les xarxes de telefonia mòbil, l'IMS pretenia proporcionar un nou entorn en el qual tots els serveis multimèdia (trucades de veu, videoconferència, missatgeria instantània i intercanvi d'arxius) estiguessin basats en el protocol IP íntegrament.

D'altra banda, la 5G (definida en la Release 15 del 3GPP) comporta un nou canvi de paradigma en el món de les xarxes de comunicacions mòbils, ja que reprèn una part dels conceptes vistos en les NGN i afegeix nous elements per fer front a les noves demandes i serveis, que inclouen velocitats de transferències encara més ràpides (*mobile broadband*) i latències més petites per a aplicacions crítiques (*low latency & ultra reliability*), i també la possibilitat de connectar grans quantitats de dispositius (*massive IoT*). Per a això, la 5G posa l'èmfasi en la flexibilitat de la xarxa a partir de la segmentació (*network slicing*) en combinació amb la virtualització de les funcions de xarxa (NFV) i les xarxes definides per programari (SDN).

Exercicis d'autoavaluació

1. Situeu-vos en l'escenari següent. Un usuari A que té un telèfon intel·ligent 4G amb programari IMS integrat en el microprogramari (Joyn) vol establir una trucada amb un altre usuari en la xarxa RDSI. Un usuari B que té un telèfon intel·ligent 3G amb una aplicació de VoIP equivalent (Skype) vol establir una trucada amb un altre usuari amb el mateix programari a internet.

a) Les cel·les des d'on es connecten l'usuari A i l'usuari B no estan congestionades. Quina QoE s'espera tenir per als usuaris A i B?

b) Ara les cel·les estan congestionades. Com canvia la QoE per a tots dos usuaris? Com es justifica aquest canvi de QoE?

2. Una empresa A vol convertir-se en un proveïdor de serveis de multiconferència en NGN. Se sap que el seu servei requereix tenir un control de presència dels subscriptors, un control de grups i també que la xarxa de transport garanteixi la QoS d'un cert trànsit relacionat amb el servei.

a) Quines opcions podria tenir en compte aquesta empresa per a poder implantar aquest servei?

b) Quina opció garanteix un CAPEX mínim?

c) Què ha d'implementar aquesta empresa per a garantir la QoS d'extrem a extrem?

3. Un operador d'una xarxa d'accés satèl·lit que suporta la transmissió de paquets IP necessita suportar serveis IMS i vol migrar i integrar la seva xarxa a un context NGN. Quins requisits ha de complir la xarxa d'accés en l'àmbit tecnològic per a poder ser integrada en un context NGN i aconseguir la convergència amb altres xarxes heterogènies?

Solucionari

1.

a) S'espera que tant l'usuari A com el B tinguin una bona qualitat apreciada en el servei de VoIP sense retards en la veu ni so entretallat. Hi ha suficients recursos en tots dos sentits perquè els paquets de VoIP vagin i vinguin sense congestions.

b) En aquest cas s'aprecia un canvi substancial de l'usuari A i l'usuari B. Per a l'usuari A, com que té un client IMS instal·lat, utilitza el protocol SIP per a establir la trucada. Aquesta senyalització és processada pel component de serveis multimèdia en la capa de control de servei, el qual detecta que s'ha de procedir a la reserva de recursos en la capa de transport, i es dispara el procediment de garantia de QoS d'extrem a extrem, i així la qualitat de la trucada experimentada per l'usuari serà sempre satisfactòria. En el cas de l'usuari B, com que utilitza una aplicació que no és integrada en l'NGN per a reservar recursos, la qualitat de la trucada de veu serà compromesa, ja que el trànsit de VoIP no serà tractat per garantir cap QoS en la xarxa d'accés (serà tractat com a trànsit d'internet igual que el trànsit de la WWW).

2.

a) La primera opció seria crear el seu propi programari client i usar un protocol propietari dissenyat específicament per a aquest servei. Referent a la gestió de presència i grups, també es podrien implementar i concentrar-ho tot en el propi servidor de multiconferència aglutinant totes les funcionalitats en un sol punt administrat i controlat completament pel propi proveïdor de servei.

La segona opció seria aprofitar la infraestructura, els protocols i les funcionalitats que ofereix la subcapa de suport en les aplicacions i serveis. Aquestes funcionalitats serien ofertes per tercers, als quals contractaríem els serveis de presència i grups. Pel que fa al protocol SIP (IMS), podria complir les expectatives. Simplement, l'empresa A hauria d'implementar el servidor de multiconferència. El nucli IMS (operat per un tercer) s'encarregaria d'autenticar i registrar als clients abans d'encaminar els inicis de sessions cap al nostre servidor, amb la qual cosa tenim dues opcions, una basada en IMS i una altra que no ho és.

b) L'opció basada en IMS, ja que l'única inversió en termes d'implementació recau en el servidor de multiconferència. La resta de serveis (senyalització, presència i grups) són subcontractats a tercers.

c) Per a qualsevol de les dues opcions plantejades, algun element que controlï l'establiment de sessions amb el servidor de multiconferència hauria d'implementar una interfície oberta per a poder sol·licitar reserva de recursos en la xarxa d'accés des d'on el client es connecta. En el cas de la primera opció, l'element que fa aquesta sol·licitud seria el propi servidor de multiconferència i en la segona opció (la basada en IMS) seria el nucli IMS.

3. El primer requisit, que és que suporti la transmissió de paquets IP, ja el compleix. El segueix la necessitat de mapar els requeriments de QoS en l'àmbit de servei a paràmetres equivalents de QoS dependents de la tecnologia de la capa de transport i que garanteixi la QoS en l'àmbit de la xarxa d'accés. La tercera és proporcionar una interfície oberta amb la capa de control de servei per poder rebre sol·licituds de sessions de servei que afecten usuaris registrats en la xarxa d'accés. Finalment, en l'àmbit d'adhesió a la xarxa, s'ha de permetre la definició de perfils d'usuari concordes a l'especificació de l'ITU-T per a permetre la itinerància d'altres usuaris en la xarxa d'accés.

Glossari

3GPP *Third Generation Partnership Project*. Projecte d'estandardització de tecnologia mòbil, entre d'altres, UMTS, LTE i IMS.

3GPP2 *Third Generation Partnership Project 2*. Projecte d'estandardització de tecnologia mòbil especialitzat en la tecnologia CDMA.

AAA *Authentication, Authorization and Accounting*. Protocol de seguretat en xarxes IP.

ADSL *Asymmetric digital subscriber line*. Tecnologia de la família xDSL en la qual la capacitat de l'enllaç ascendent és inferior a la capacitat de l'enllaç descendent.

ANSI *American National Standards Institute*. Institut d'Estàndards Nacional Estatinidenc. És una organització sense ànim de lucre que supervisa el desenvolupament d'estàndards per a productes, serveis, processos i sistemes als Estats Units.

ARIB *Association of Radio Industries and Businesses*.

ATIS *Alliance for Telecommunications Industry Solutions*. Organització d'estandardització nord-americana especialitzada en la indústria de les comunicacions i que genera estàndards per a l'ANSI.

CAPEX *Capital expenditure*. Despeses de capital.

CCSA *China Communications Standards Association*.

DIAMETER Protocol evolució del protocol RADIUS.

DiffServ *Differentiated Services* Arquitectura de QoS en IP basada a donar un tracte diferenciat als paquets segons unes classes de servei fixades prèviament.

ETSI *European Telecommunications Standards Institute*. Organització d'estandardització de la indústria de les telecomunicacions (fabricants d'equips i operadors de xarxes) d'Europa, amb projecció mundial.

GPRS *General Packet Radio Service*. Sistema extensió del GSM per a transmetre paquets que permet velocitats de transferència de 56 a 144 kb/s.

GSM *Global System for Mobile Communications*. Estàndard de telefonia mòbil de segona generació.

GSMA *GSM Association*. Associació que aglutina les principals operadores de telefonia mòbil i els fabricants de terminals i equips.

HSDPA *High speed downlink packet access*. Tecnologia, millora de l'espectral UMTS/WCD-DT, que permet velocitats de transferència fins a 14 Mb/s en canal de baixada.

IAB *Internet Architecture Board*. Direcció d'Arquitectura de la Internet. És al mateix temps un comitè de la IETF i un cos consultiu de la Internet Society (ISOC).

IESG *Internet Engineering Steering Group*. Grup voluntari sota la ISOC que s'encarrega de considerar els estàndards proposats pe la IETF.

IETF *Internet Engineering Task Force*. Entitat d'estandardització oberta responsable de millorar els protocols i els estàndards que defineixen la tecnologia d'internet.

IMPI *IP multimedia private identity*. Identitat privada d'un usuari.

IMPU *IP multimedia public identity*. Identitat pública d'un usuari.

IMS *IP multimedia subsystem*. Estàndard, definit per 3GPP, per a proveir serveis multimèdia en telefonia mòbil basat en els protocols definits per la IETF, com SIP, RTP o DIAMETER.

IntServ *Integrated Services*. Serveis Integrats. Arquitectura de QoS en IP basada en la reserva de recursos individualitzada per a cada servei.

IP *Internet Protocol*.

IPTV *IP Television*. Servei de televisió basat en el protocol IP.

IRTF *Internet Research Task Force*. Grup germà de la IETF format per promoure la recerca de la importància de l'evolució del futur d'internet.

ISDN *Integrated Services Digital Network*. Xarxa Digital de Serveis Integrats.

ISIM *IMS Subscriber Identity Module*. Targeta intel·ligent amb informació sobre la identitat d'un usuari IMS.

ISOC *Internet Society*. Organització no governamental i sense ànim de lucre constituïda com l'única organització dedicada exclusivament al desenvolupament mundial d'internet.

ITU-T *International Telecommunications Union-Telecommunication*. Sector de normalització de les telecomunicacions de l'ITU en què s'estableixen normes que comprenen des de la funcionalitat bàsica de la xarxa i la banda ampla fins als serveis de les xarxes de propera generació.

LTE *Long Term Evolution*. Estàndard de comunicació de dades evolució de la segona i tercera generacions de la telefonia mòbil.

MPLS *Multi-Protocol Label Switching*. Tecnologia que combina els avantatges de l'encaminament de nivell 3 amb la ràpida commutació de nivell 2 utilitzant la commutació de paquets per a una etiqueta de longitud fixa.

NGN *Next generation network*. Xarxa de propera generació.

OPEX *Operational expenditure*. Despeses d'operativitat.

PSTN *Public Switched Telephone Network*. Xarxa Telefònica Xommutada.

QoE *Quality of experience*. Qualitat d'experiència.

QoS *Quality of service*. Qualitat de servei.

RADIUS *Remote Authentication Dial-In User Server*. Protocol d'autenticació i autorització per a aplicacions d'accés a la xarxa o mobilitat IP definit per la IETF.

RDSI *Integrated Services Digital Network*. Xarxa Digital de Serveis Integrats.

RFC *Request For Comment*. Publicació a partir dels estàndards que defineix la IETF.

RTC Xarxa telefònica commutada.

SIP *Session Initiation Protocol*. Protocol definit per la IETF per a establir i negociar sessions de serveis multimèdia.

SLA *Service-level agreement*. Acord que defineix les característiques d'un servei per a un usuari que n'és subscriptor.

TDT Televisió digital terrestre.

TISPAN *Telecoms & Internet Converged Services & Protocols for Advanced Networks*. Organització per a estandarditzar xarxes fixes i convergència amb internet fundada per l'ETSI.

TTA *Telecommunications Technology Association*

TTC *Telecommunication Technology Committee*.

UMTS *Universal mobile telecommunications system*. Sistema universal de telecomunicacions mòbils de tercera generació de la ITU, successor del sistema GSM.

URI *Uniform resource identifier*. Identificador de recursos uniforme.

VoIP *Voice Over IP*. Servei de veu que s'ofereix sobre una xarxa de commutació de paquets basada en el protocol.

WCDMA *Wideband Code Division Multiple Access*. Accés Múltiple per Divisió de Codi de Banda Ampla. Tecnologia d'accés mòbil sobre la qual es basa el sistema UMTS. És un estàndard europeu de tercera generació per als sistemes sense fil.

WiMAX *Worldwide Interoperability for Microwave Access*. Interoperabilitat Mundial per a Accés per Microones. Conjunt d'estàndards de xarxes metropolitanes sense fil de la família IEEE 802.16.

Bibliografia

ITU-T: Recomanació Y.2001 (deseembre de 2004). *General overview of NGN*

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

ITU-T: Recomanació Y.2012 (abril de 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