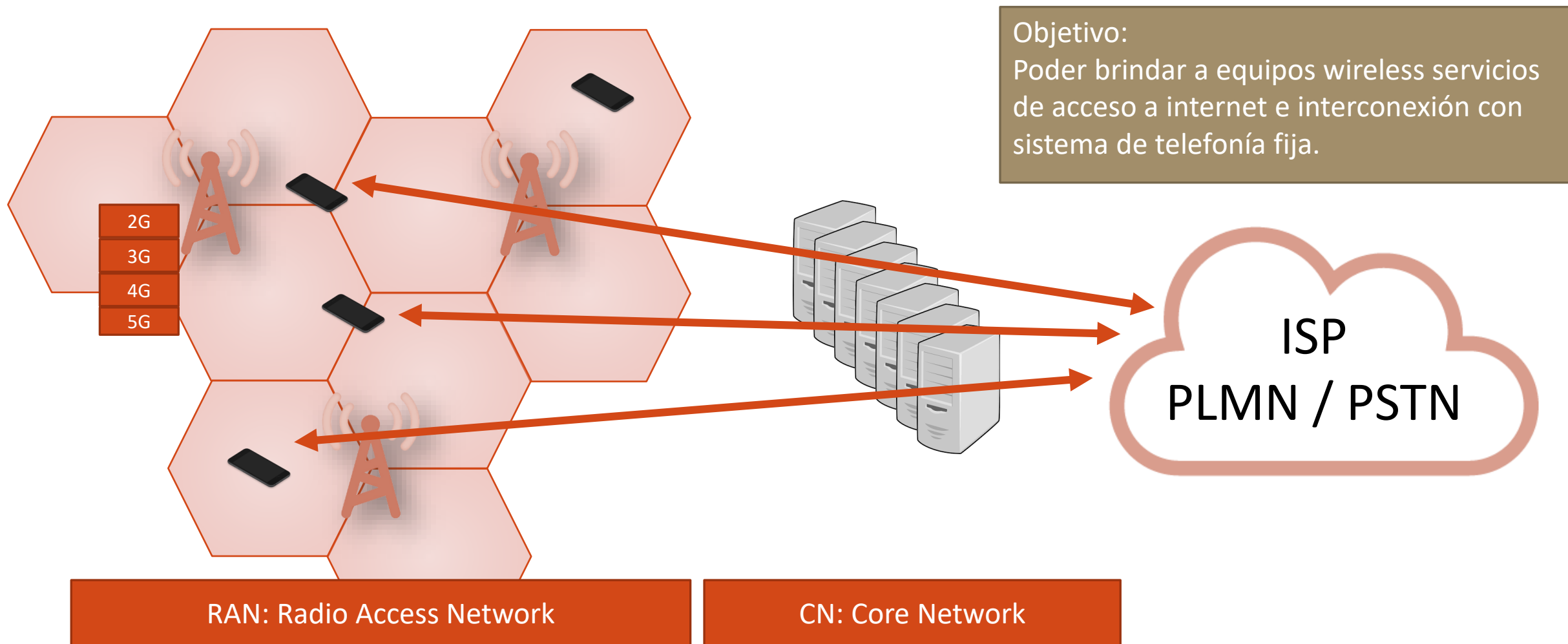


Núcleo de Red Móvil

Núcleo de Red Móvil

INTRODUCCIÓN

Introducción: ¿qué es la red de acceso móvil?



Introducción: ¿Por qué redes móviles?

Gran incremento de interés en redes de servicios móviles.

Personalización de los equipos.

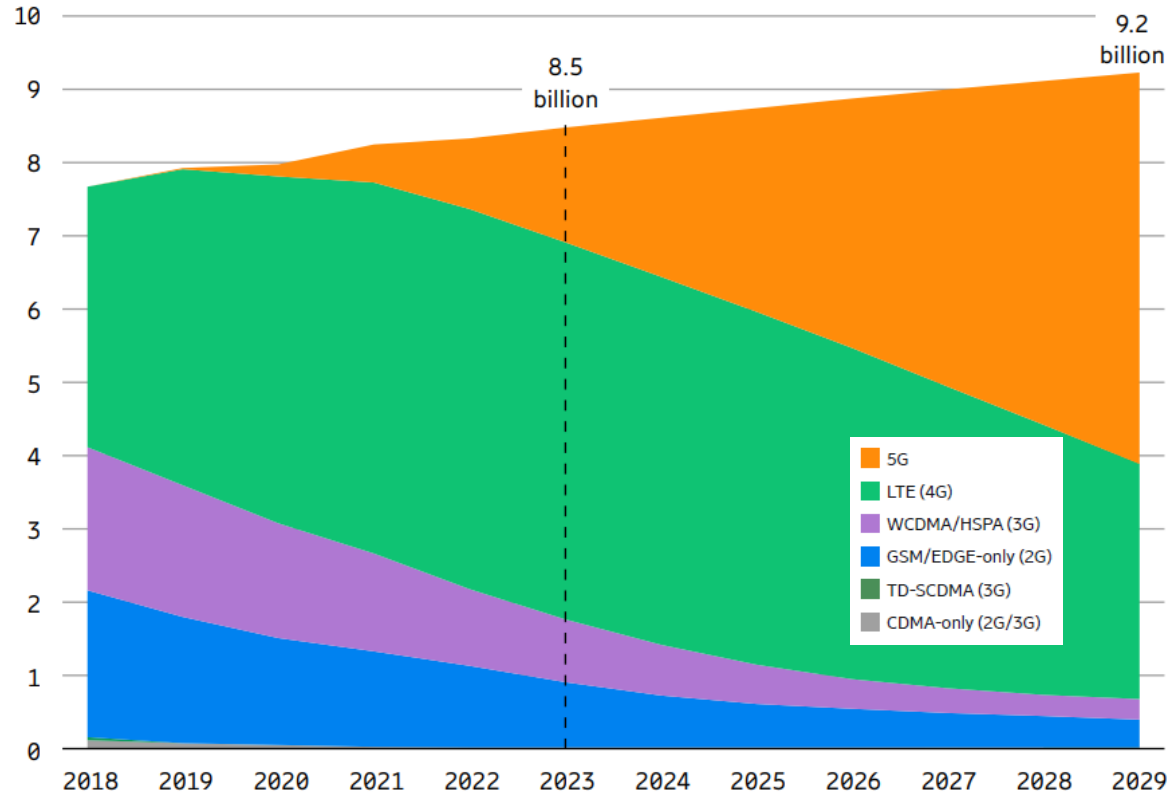
Portabilidad y flexibilidad.

Favorece la masividad de dispositivos.

Las cantidades de usuarios en la red se mantiene en crecimiento.

Introducción: ¿Por qué redes móviles?

Figure 1: Mobile subscriptions by technology (billion)

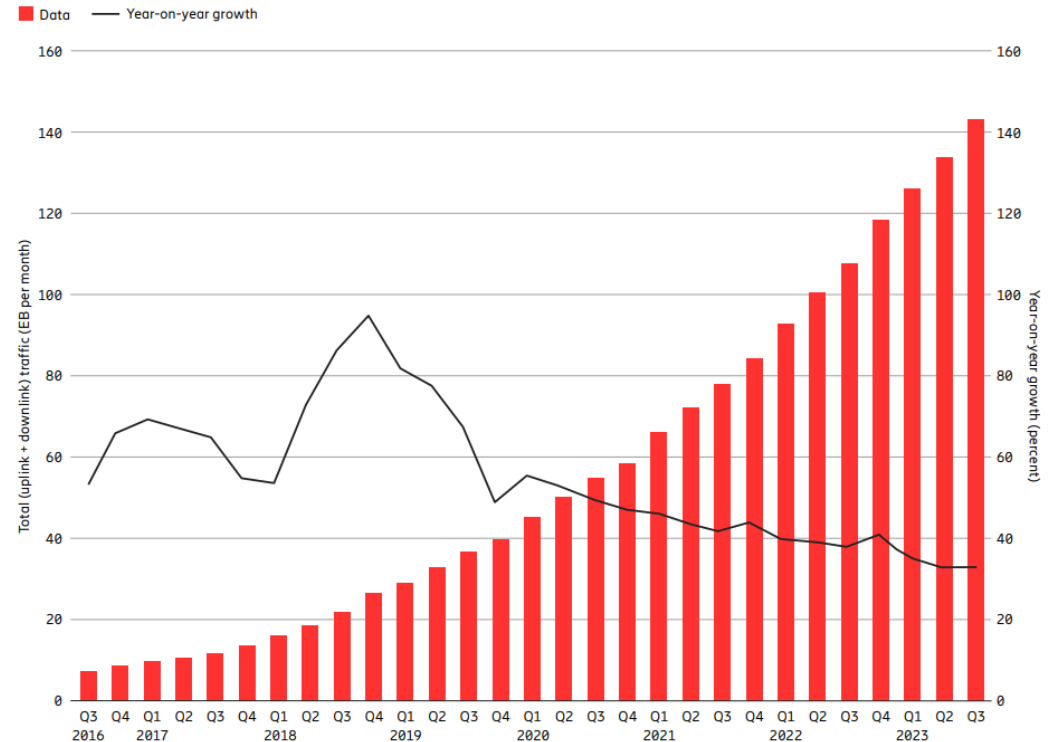


Ericsson Mobility Report Q4 2023

<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report>

La cantidad de usuarios y el tráfico vienen en aumento.

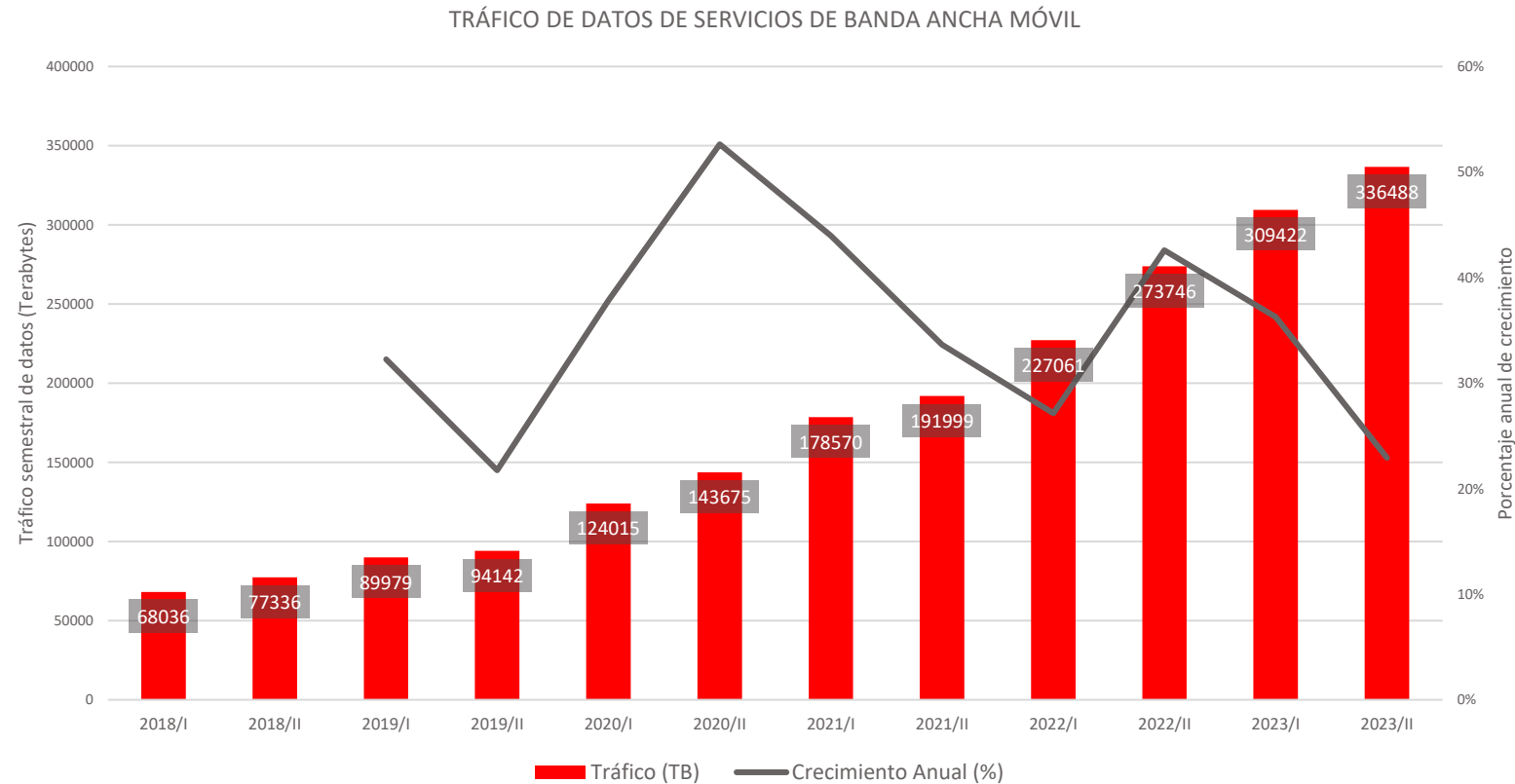
Figure 6: Global mobile network data traffic and year-on-year growth (EB per month)



Source: Ericsson traffic measurements (Q3 2023).

Note: Mobile network data traffic also includes traffic generated by Fixed Wireless Access services.

Introducción: ¿Por qué redes móviles?



En UY el crecimiento un poco por debajo, pero igualmente en persistente crecimiento.

Gráfica hecha con datos de Informe de mercado de telecomunicaciones – Dic 2023 (gub.uy)

<https://www.gub.uy/unidad-reguladora-servicios-comunicaciones/datos-y-estadisticas/estadisticas/informes-mercado-del-sector-telecomunicaciones>

Introducción: Generaciones de tecnologías móviles

1G: AMPS

- Analógica
- Servicios de voz

2G: GSM GPRS/EDGE IS-95

- Digital
- Inicialmente para voz
- También incorpora servicios de datos.

3G: UMTS HSPA CDMA2000 EVDO

- Mejoras en rendimiento espectral
- Mayores tasas de bits

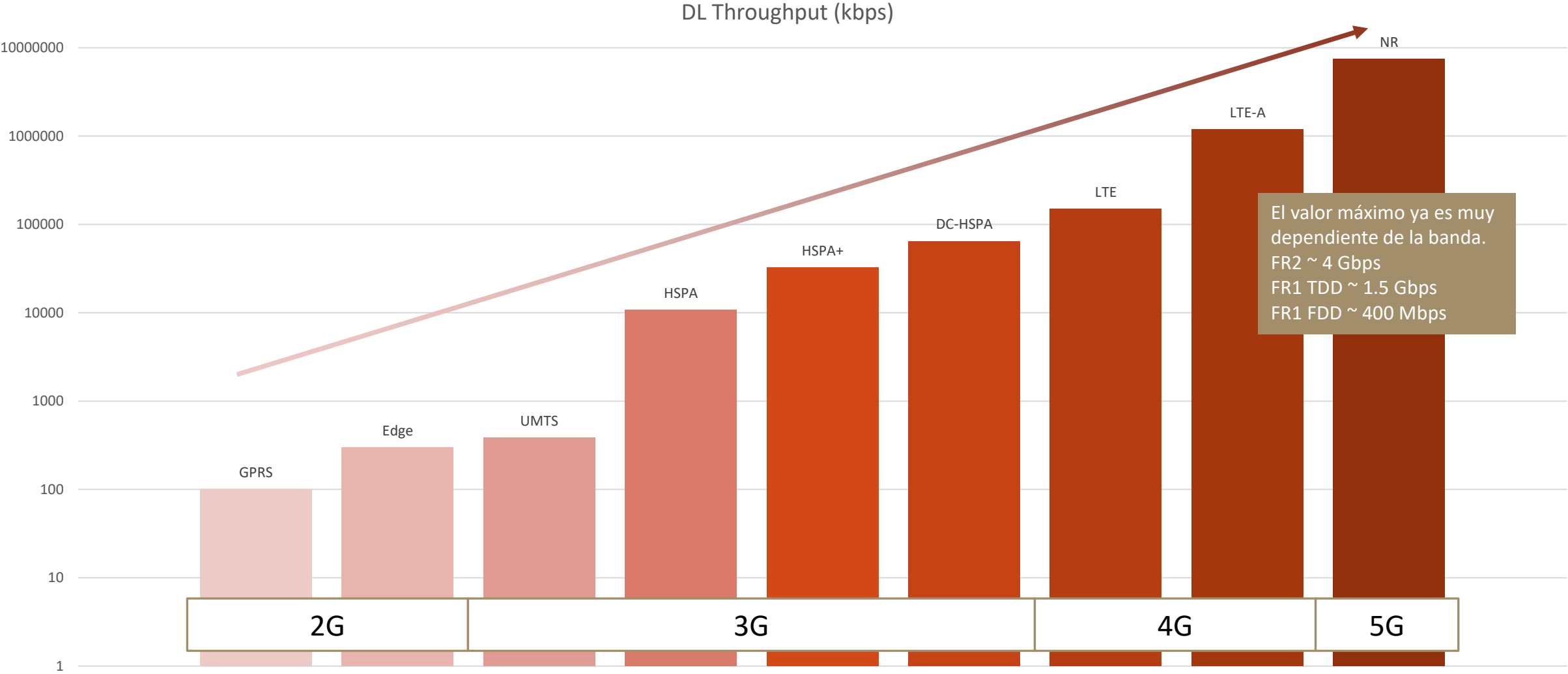
4G: LTE WiMAX

- Aún mayores tasas de bits.
- Orientado a servicios de paquetes.

5G: NR

- EMBB
- URLLC
- mMTC

Introducción: Generaciones de tecnologías móviles



Introducción: Generaciones de tecnologías móviles

En general el mayor cambio está en el acceso al medio.

Las redes móviles deben compartir el medio entre distintas tecnologías: radio, tv, móvil, wifi, otros. → Uso de espectro regulado.

El espectro es un recurso caro, el avance en las tecnologías busca un uso más eficiente.

Uso creciente de usuarios: debe soportar la creciente demanda de tráfico y usuarios. Servicios a personas y a dispositivos que necesitan interacción con la red.

Curso Red de Acceso

Información sobre utilización del espectro, modulación, acceso al medio, etc. está por fuera de los objetivos de este curso.

2do semestre: curso Red de Acceso.

- Tecnologías de acceso al medio fijas: cobre, fibra.
- Tecnologías de redes móviles:
 - GSM GPRS/EDGE
 - UMTS HSPA HSPA+
 - LTE LTE-A
 - 5G NR

Introducción: Mobile Core Network

Encargado de intercomunicación dentro de la Red de Acceso Móvil y hacia el resto de la red del operador u otros operadores.

Provee interconexión para servicios de voz y de datos.

Ha evolucionado a lo largo de los años con los cambios en tecnologías móviles.

Estudiaremos tres casos:

Core GSM/GPRS y UMTS, Evolved Packet Core en LTE, y el 5G Core.

Núcleo de Red Móvil

CORE GSM/GPRS Y UMTS

¿Por qué GSM?

GSM: Global System for Mobile Communications

Mejoras en eficiencia espectral respecto a su precursor analógico AMPS.

IS-95 también fue una tecnología 2G, digital y hasta mejor espectralmente.

GSM de todas formas ganó ampliamente en el mercado.

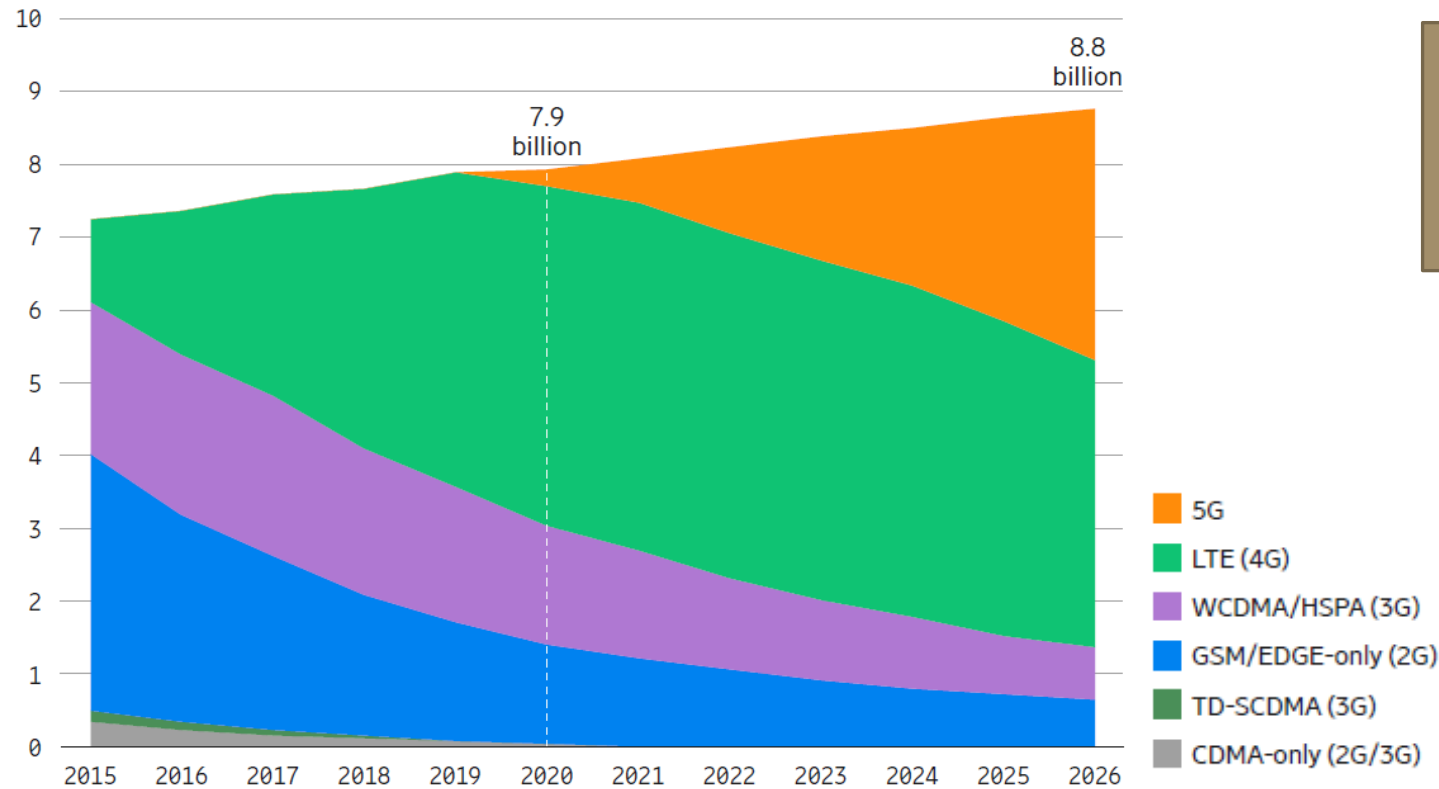
Estándar ETSI abierto y con servicios de roaming, lo que facilitó su globalización.

Separación entre equipo y usuario con introducción de SIM.

El curso estará entonces enfocado en Core GSM/GPRS.

¿Por qué GSM?

Figure 1: Mobile subscriptions by technology (billion)



La mayor parte de los usuarios se han volcado hacia GSM/GPRS y familia de estándares de 3GPP.

Ericsson Mobility Report Nov 2020

<https://www.ericsson.com/en/mobility-report/reports/november-2020>

¿Por qué GSM?

Las redes GSM se comienzan a apagar de a poco.

Mayo 2021:

“(...) en Uruguay Antel planea efectuar el apagón del 2G recién en 2023”

<https://ladiaria.com.uy/cotidiana/articulo/2021/5/antel-planea-apagar-la-red-de-cobertura-de-2g-en-2023/>

NO SUCEDIÓ!

Americas

Country	Operator	2G Sunset Date	3G Sunset Date
Antigua and Barbuda	Antigua Public Utilities Authority (APUA)	4/1/2018	4/1/2018
Argentina	Telecom Argentina S.A. (Personal)		12/31/2023
Bahamas	Be Aliv Limited	1/1/2015	
Bermuda	Telecommunications (Bermuda & West Indies) Ltd.	3/31/2023	
Brazil	Sercomtel S.A.	12/31/2016	
Canada	Bell Mobility Inc.	4/30/2019	
Canada	Bragg Communications Inc.	1/1/2015	
Canada	ECOTEL inc.	1/1/2015	1/1/2015
Canada	Freedom Mobile Inc	1/1/2015	
Canada	Keewaytinook Okimakanak		1/1/2015
Canada	SaskTel	7/1/2017	
Canada	TELUS	5/31/2017	

Global 2G and 3G Phase Out / Sunset
<https://onomondo.com/blog/2g-3g-sunset/>

Core GSM/GPRS y UMTS

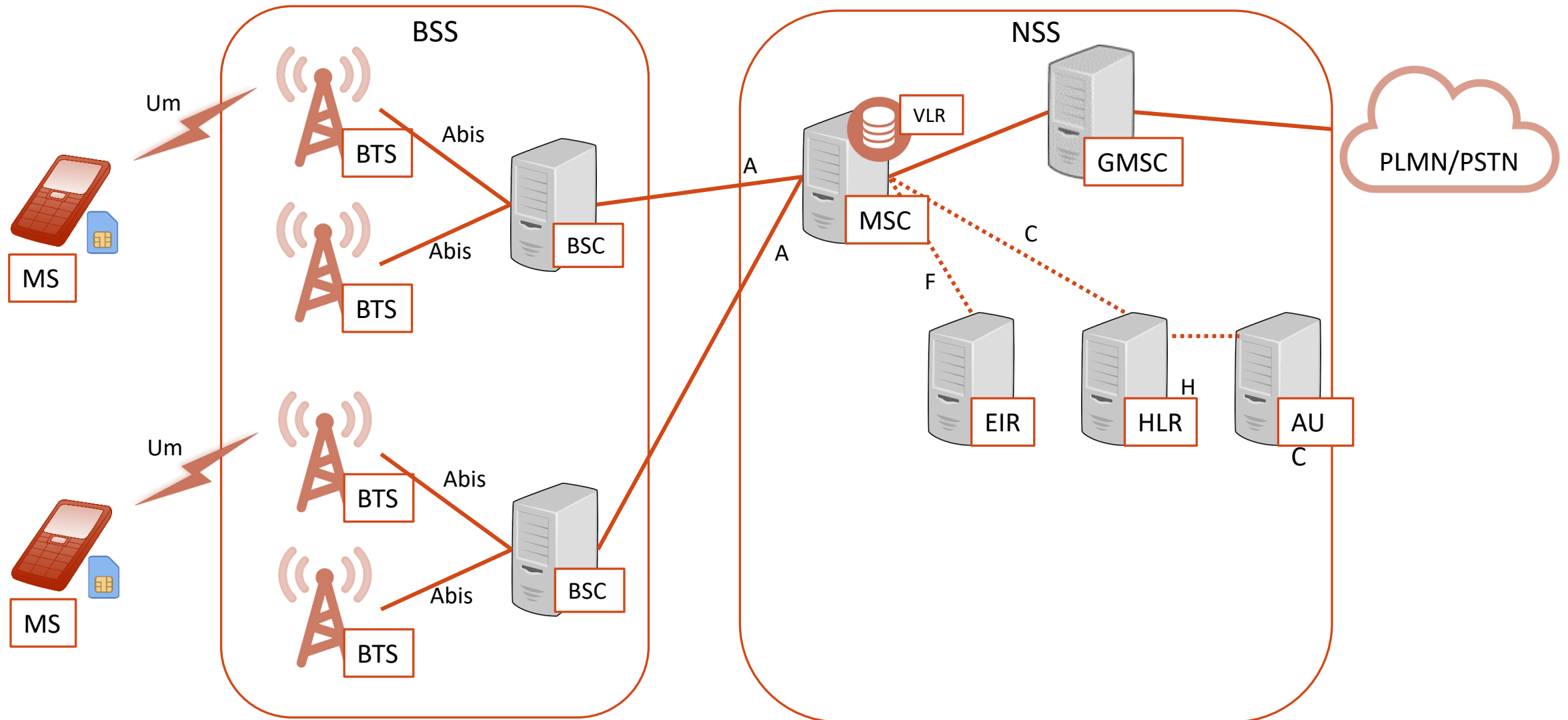
Arquitectura de la red GSM

Circuit Switched CN

Introducción de GPRS: Packet Switched CN

Evolución a UMTS

Arquitectura de la red GSM



Mobile Station

ME – Mobile Equipment

- Se identifica con el IMEI (International Mobile Equipment Identity).

SIM – Subscriber Identity Module

- Se identifica con el IMSI (International Mobile Subscriber Identity).
- MSISDN – Mobile Station International Subscriber Directory Number → Número “discado”.

Base Station Subsystem

Posteriormente denominado GERAN: Gsm Edge Radio Access Network

BSC – Base Station Controller

- Tiene varias radiobases a su cargo.
- Es la entidad encargada del manejo de las llamadas en la red de acceso.
- Asignación de recursos.
- Control de movilidad.
- Asociado a un MSC que puede tener más de un BSC.

BTS – Base Transceiver Station

- Transmisor y receptor.
- Punto de anclaje del MS a la red.

Network Switching Subsystem

Core Network (CN) de la red GSM

Ruteo de llamadas entre MS y la misma PLMN, otras PLMN, PSTNs.

Tarificación

Movilidad interBSC

Roaming

Autenticación

Servicios de Valor Agregado

Core GSM/GPRS y UMTS

Arquitectura de la red GSM

Circuit Switched CN

Introducción de GPRS: Packet Switched CN

Evolución a UMTS

Network Switching Subsystem

MSC – Mobile Switching Controller

- Enrutamiento de llamadas.
- Tarificación y autenticación.
- Control de BSCs a su cargo y movilidad interBSC.
- Ubicación del móvil: LAC → Paging.

GMSC – Gateway Mobile Switching Center

- Comunicación hacia otras PSTN o PLMN.
- Encargado de determinar red PLMN o PSTN de destino.

El MSC es encargado de la señalización, el plano de control (CP) de la llamada.

El plano de usuario en tráfico de voz (UP) es manejado por un Media Gateway (MGW).

Interfaz Mc para comunicación entre MSC y MGW a través de H.248

Network Switching Subsystem

HLR – Home Location Register

- Base de datos permanente de usuarios.
- Posee información de IMSI, MSISDN, VLR actual. Importante en ruteo de llamadas.
- Puede ser compartido por más de un MSC.

VLR – Visitor Location Register

- Base de datos local y temporal del MSC; generalmente integrada en HW.
- Toma información del HLR de aquellos usuarios ubicados en su área.
- Ubicación actual del MS.

Network Switching Subsystem

AuC – Authentication Center

- Se utiliza para autenticación de los usuarios de acuerdo al IMSI.
- Cifrado de la comunicación con el móvil.

EIR – Equipment Identity Register

- Base de datos de terminales inhabilitados en la PLMN a través del IMEI.
- Generalmente integrada al HLR.

Interfaces del NSS

Las interfaces del CN son implementadas con el protocolo MAP sobre SS7.

A

BSC – MSC

B

MSC – VLR

C

MSC – HLR

D

MSC – VLR

E

MSC – MSC

F

MSC – EIR

MAP: Mobile Application Part

Estandarizado en la TS 09.02 (v2, GSM) y TS 29.002 (v3, UMTS)

Actúa en capa de aplicación para comunicación entre los equipos del CN.

Opera como usuario de TCAP → utiliza redes SS7 como medio de transporte.

Sobre MAP actúa el control de la llamada, en el establecimiento, liberación y movilidad.

Core GSM/GPRS y UMTS

Arquitectura de la red GSM

Circuit Switched CN

Introducción de GPRS: Packet Switched CN

Evolución a UMTS

GPRS: General Packet Radio Service

Introducción de servicios orientados a paquetes sobre la red móvil.

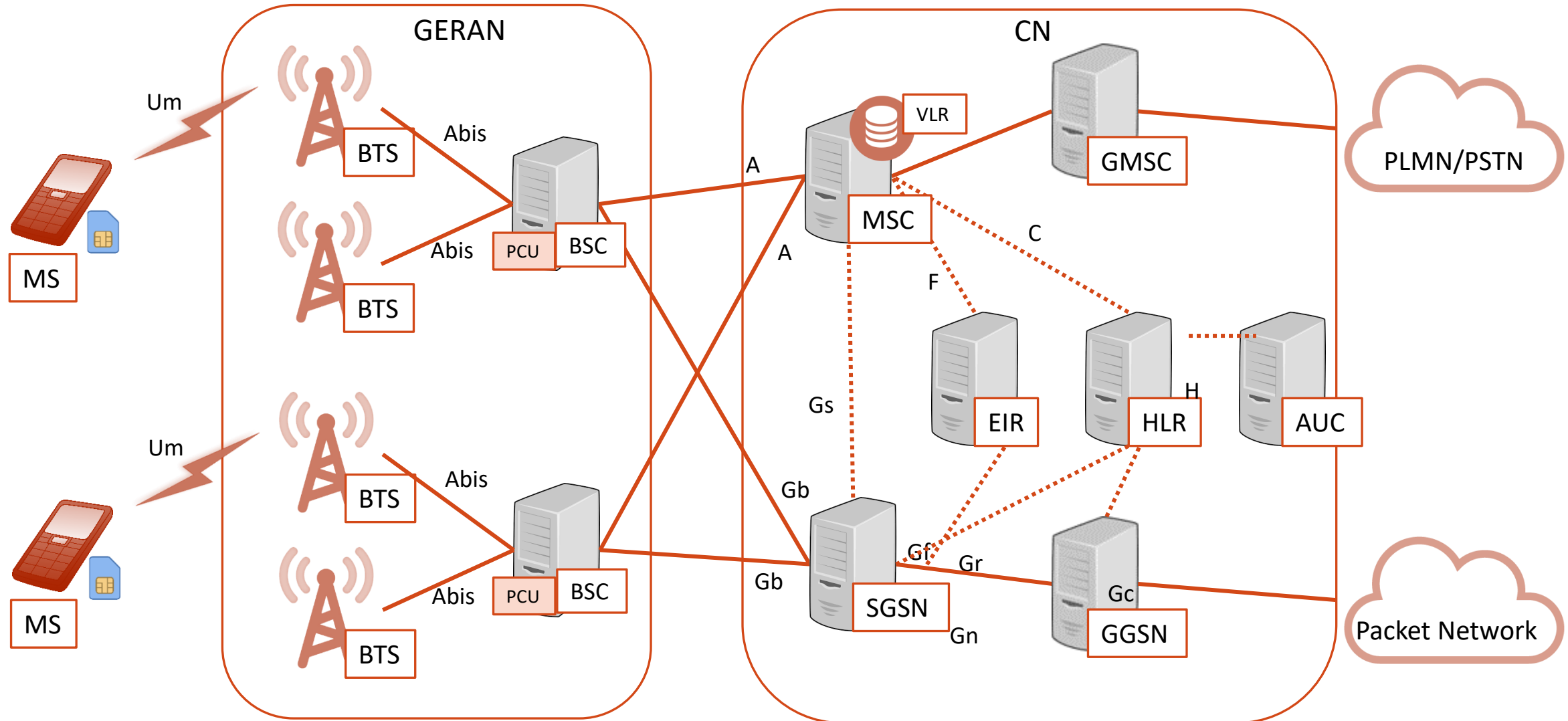
Reutiliza la red de acceso GSM ya existente lo que facilita su despliegue.

Nuevos elementos a nivel de CN para proveer los nuevos servicios.

Bajos bitrates en comparación con lo que es hoy en día, pero suficientes para distintos usos (web, mail, etc.). Alrededor de 100kbps, 300kbps con EDGE.

Nuevo sistema de tarificación (volumen de tráfico en lugar de duración de llamada).

Arquitectura de la red GPRS



Nuevos elementos en la red

PCU – Packet Control unit

- Trabajo análogo al del BSC pero para servicios de paquetes.
- Asinación de recursos.

SGSN – Serving GPRS Support Node

GGSN – Gateway GPRS Support Node

SGSN – Serving GPRS Support Node

Encaminamiento y transferencia de datos.

Gestión de movilidad.

Registro y autenticación de usuario

Tarificación.

Localización de usuario: Routing Area Code (RAC; análogo al LAC en Cs).

Interactúa con HLR para información de usuario (tipo de tarificación, servicio contratado, etc.)

Al igual que el MSC, también tiene un VLR asociado, generalmente junto al SGSN.

SGSN – Serving GPRS Support Node

El SGSN/VLR almacena información de ubicación, estado, y atributos del usuario.

Estado Activo (GMM Ready)

- El MS está registrado en la red GPRS, y es capaz de traficar datos
- La ubicación del MS es conocida por el SGSN a nivel de celda (CGI)

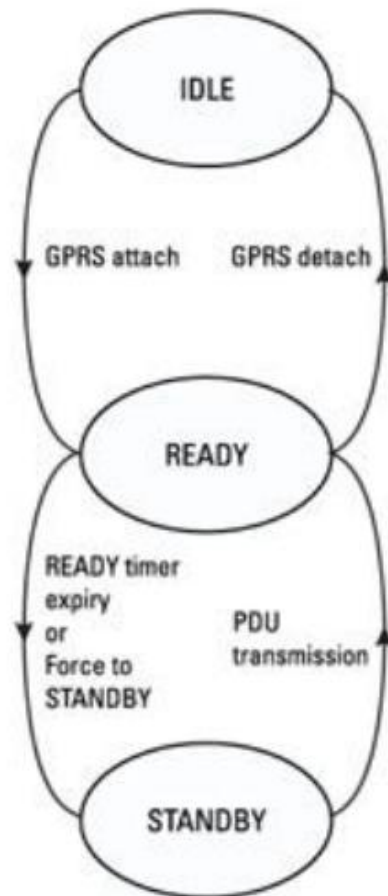
Estado Stand-by (GMM Stand-By)

- El MS está registrado en la red para servicios GPRS
- A diferencia del estado anterior, no se puede ite traficar datos
- Su ubicación es conocida a nivel de Routing Area (RA)

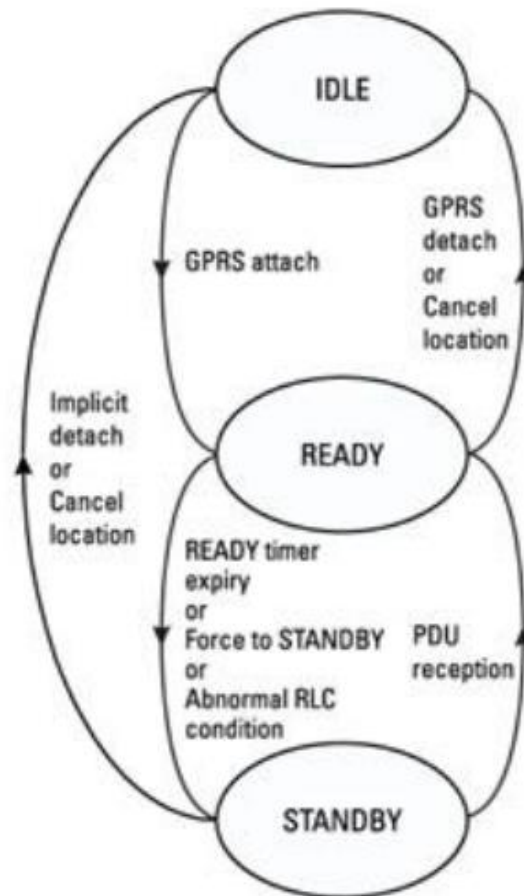
Estado Idle (GMM Idle)

- El MS está de-registrado respecto de servicios GPRS

GMM States



MM state model of MS



MM state model of SGSN

GGSN – Gateway GPRS Support Node

Interconexión entre el core GPRS y redes IP externas.

Servicio de NAT para intercomunicación entre el móvil y la PDN.

Gestión de pools de direcciones IP y QoS para la conexión.

Anclaje del usuario en movilidad inter-RAT (entre tecnologías).

Interfaces del GPRS CN

Interfaz Gn

- Entre dos GPRS support nodes (SGSN, GGSN) de la misma PLMN.
- Utiliza GTP sobre UDP.

Interfaz Gr

- SGSN – HLR/AuC.
- MAP/TCAP.

Interfaz Gi

- Entre GGSN y la red IP exterior.

Interfaz Gp

- Utilizada en roaming, entre Visited SGSN y GGSN.
- El GGSN es típicamente el de la Home PLMN.
- También GTP.

Interfaz Gb

- Entre el CN y BSC.

Interfaz Ga

- Entre un GPRS Support Node y un Charging Gateway.
- Almacenamiento de registros para tarificación.

GTP – GPRS Tunnelling Protocol

Protocolo de comunicación entre GSNs.

Separa streams de información en túneles.

Información encriptada.

Encapsulamiento de user plane.

GTP – GPRS Tunnelling Protocol

Utiliza UDP para transporte.

IPs de origen y destino corresponde a los GSNs involucrados.

A nivel de UDP el puerto utilizado identifica la versión y uso de GTP (GTP-U GTP-C GTP').

En el encabezado GTP se define el TEID.

TEID: Tunnel Endpoint ID. Permite diferenciar una comunicación en particular del resto.

Interfaces del GPRS CN

GTP-C

- UDP 2123.
- Control Plane. Señalización entre GSNs.
- Inicio de sesión desde el SGSN al GGSN en nombre de un usuario.
- Establecimiento y modificación de parámetros de la sesión.

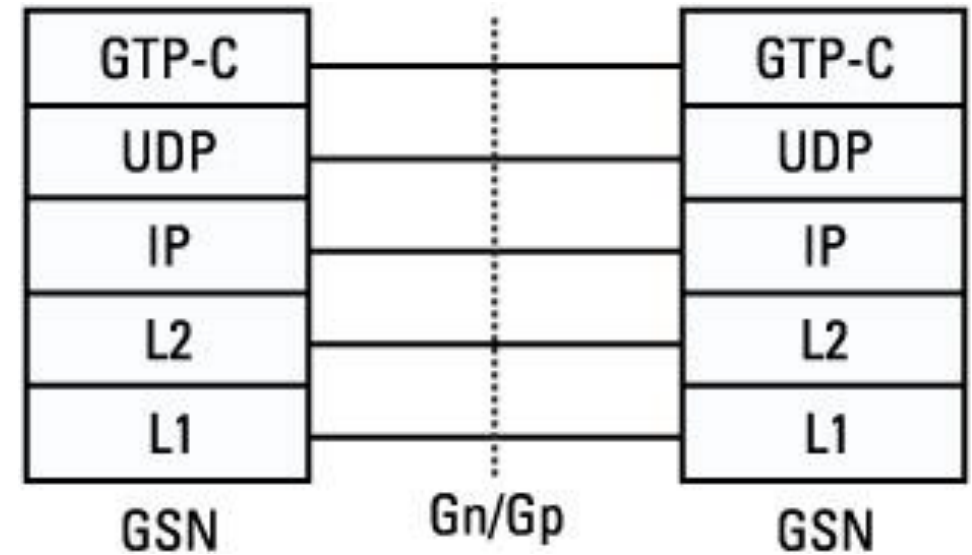
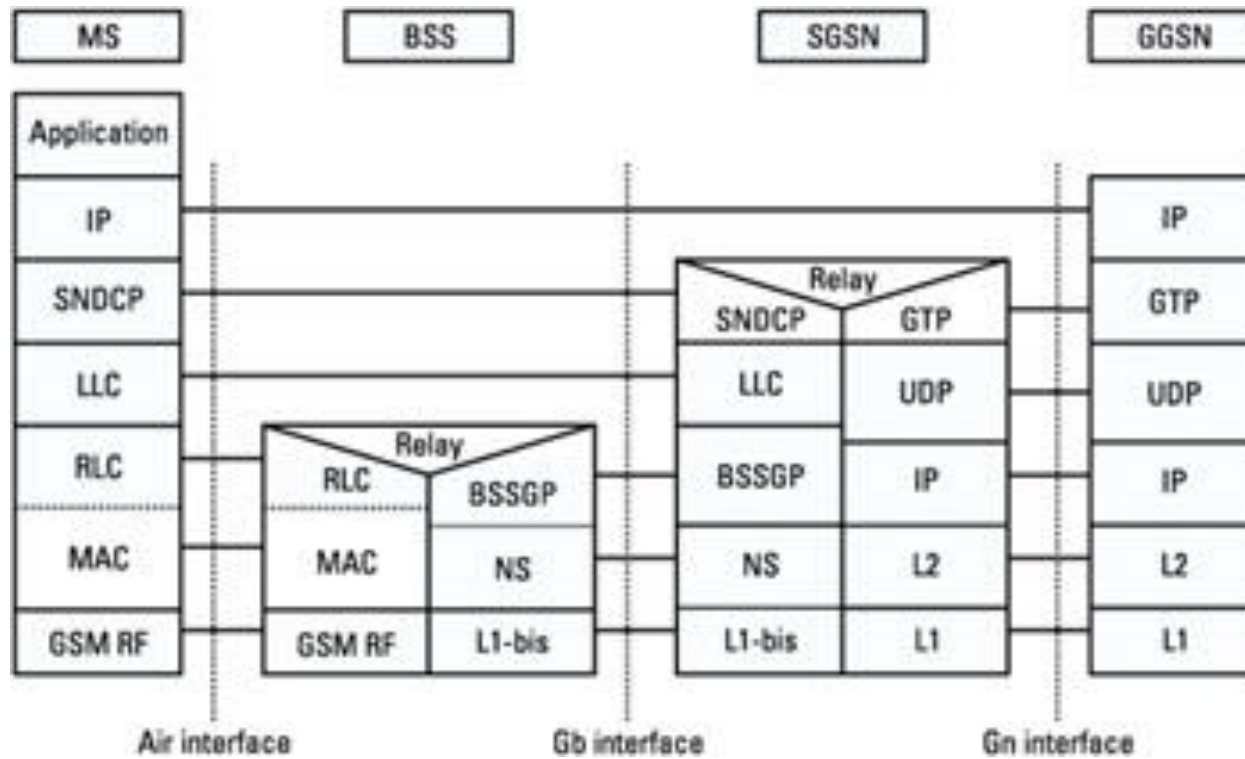
GTP-U

- UDP 2152.
- User Plane. Utilizado para túnel entre la red de acceso y el CN, y entre el SGSN y GGSN.
- A diferencia de Cs (que usa MGW para user plane), el tráfico de user plane está a cargo de los GSNs.

GTP'

- UDP 3386.
- Tiene como objetivo entregar información a los Charging Gateways que se encargan de consolidar los Charging Data Records (CDRs).

Stack de Protocolos GTP en GPRS



Access Point

Identifica a una Packet Data Network (PDN) accesible desde el CN y por tanto accesible para el MS.

Representa red IP externa accesible al móvil y su pool de IPs asociado al GGSN.

Conjunto de parámetros para conectividad (IP, máscara, QoS, DNSs).

El Access Point queda identificado con el APN.

Dentro del GPRS CN el APN apunta al GGSN que tiene asociada la PDN correspondiente.

PDP Context

PDP: Packet Data Protocol

PDP Context: Información de la sesión del suscriptor.

- Dirección IP
- IMSI
- TEID entre los GSNs.
- QoS
- APN
- GMM State

El GGSN es el encargado de interpretar los paquetes IP con destino al usuario en base a la información del PDP Context.

El GGSN a su vez debe ocultar la topología de la red móvil hacia el exterior.

Desde el exterior no se tiene visibilidad sobre los túneles GTP establecidos en la red móvil.

Cuando un móvil quiere traficar datos:

1. Transición a GMM Ready
 2. Activate PDP Context Request.
- Se asocia IP al usuario que sea alcanzable desde la PDN.
 - Se establecen los TEID a utilizar en el túnel entre los GSNs.

Core GSM/GPRS y UMTS

Arquitectura de la red GSM

Circuit Switched CN

Introducción de GPRS: Packet Switched CN

Evolución a UMTS

Evolución a UMTS

Universal Mobile Telecommunications System

Red móvil de 3a Generación

Mantiene servicios de voz al tiempo que mejora los bitrates en los servicios de paquetes.

Inicialmente bitrate de 384kbps. Con introducción de HSPA pasa los >10 Mbps.

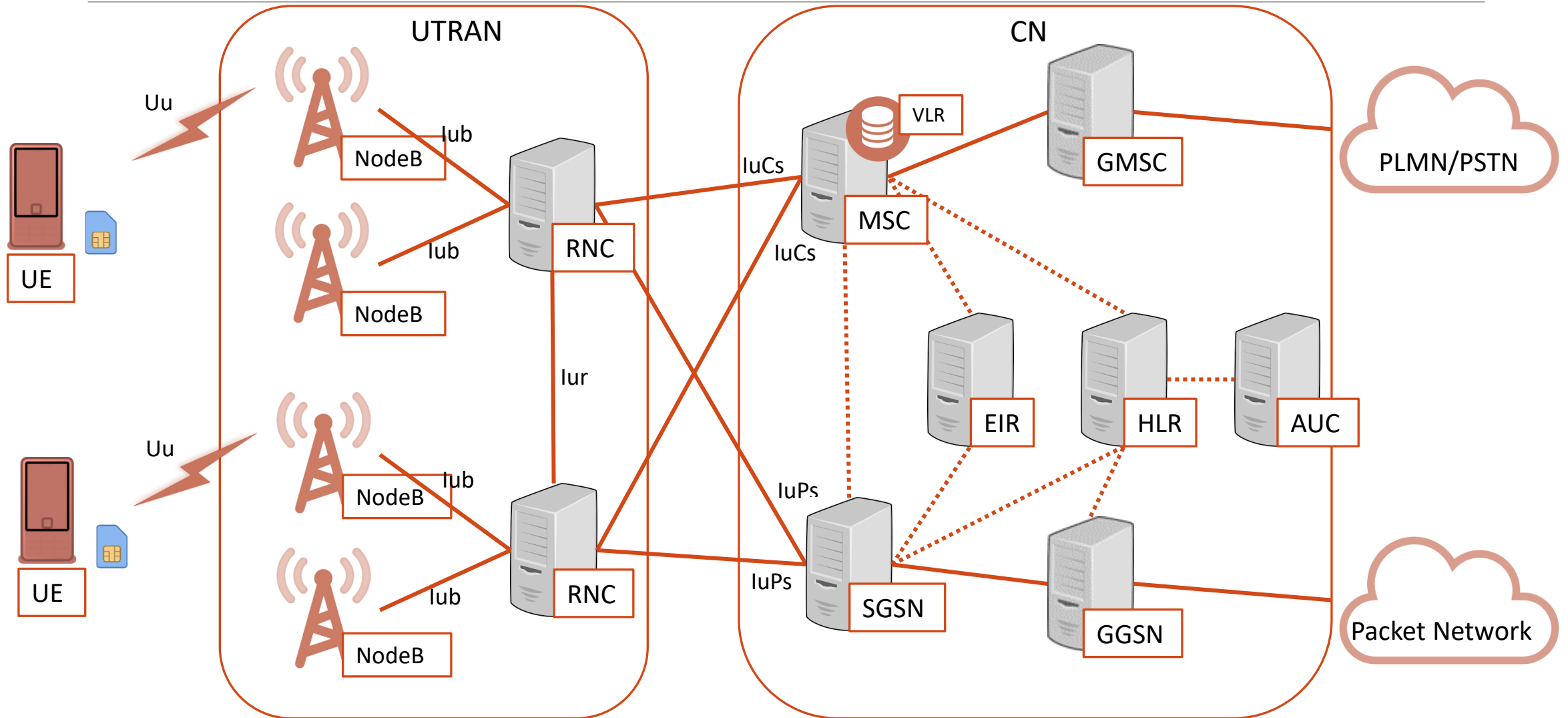
A nivel de radio cambia completamente el acceso al medio. GSM: FDMA/TDMA → UMTS: WCDMA.

Desarrollado como evolución del estándar GSM. Estandarizado por 3GPP en 1999.

Mantiene gran parte de la estructura de la red.

El CN mantiene los mismos elementos. No son necesarios equipos nuevos (si upgrade de software).

Arquitectura de la red UMTS



Arquitectura de la red UMTS

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

NodeB

- Análogo a BTS de GSM.
- Implementa la interfaz radio WCDMA.
- Modulación / demodulación, sincronización, recursos de radio, control de potencia.

RNC – Radio Network Controller

- Análogo a BSC de GSM.
- Control de recursos de radio.
- Asignación y liberación de servicios.
- Movilidad.
- Iur: Comunicación entre RNCs.

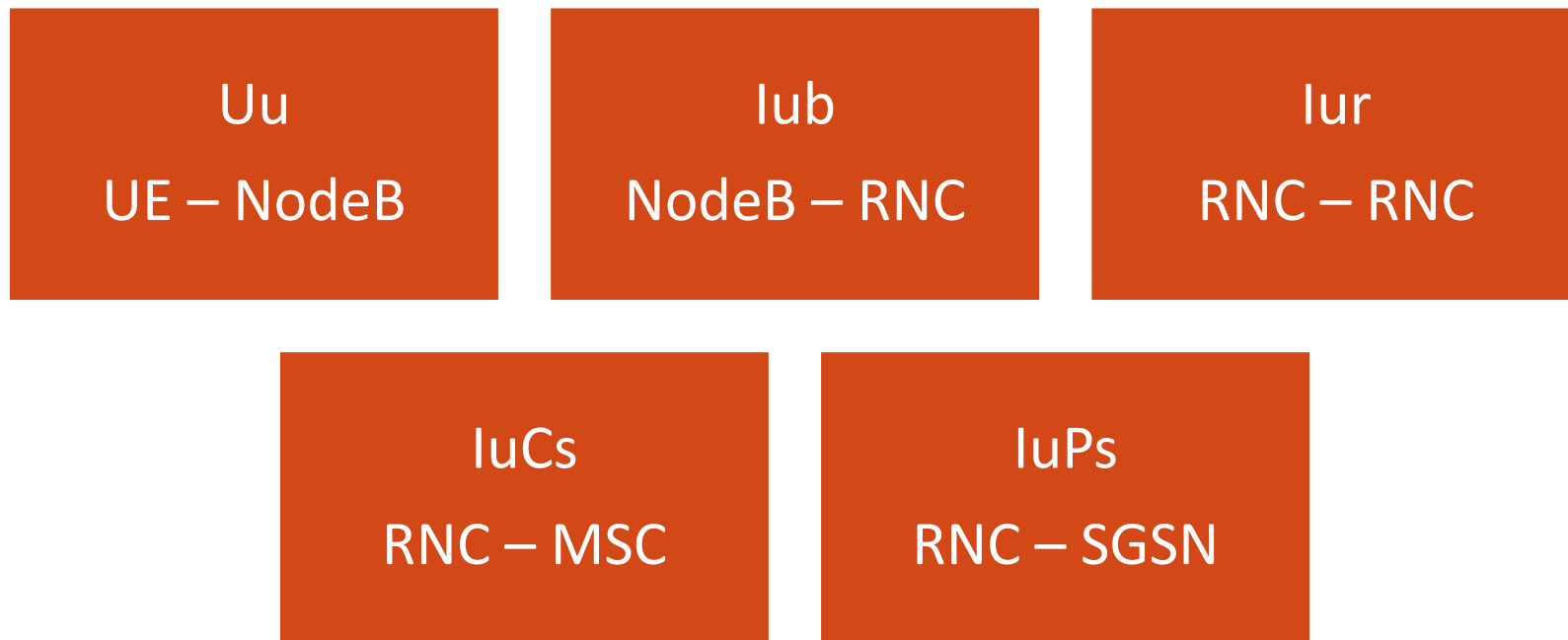
Interfaces

Las interfaces lu son implementadas sobre IP o ATM.

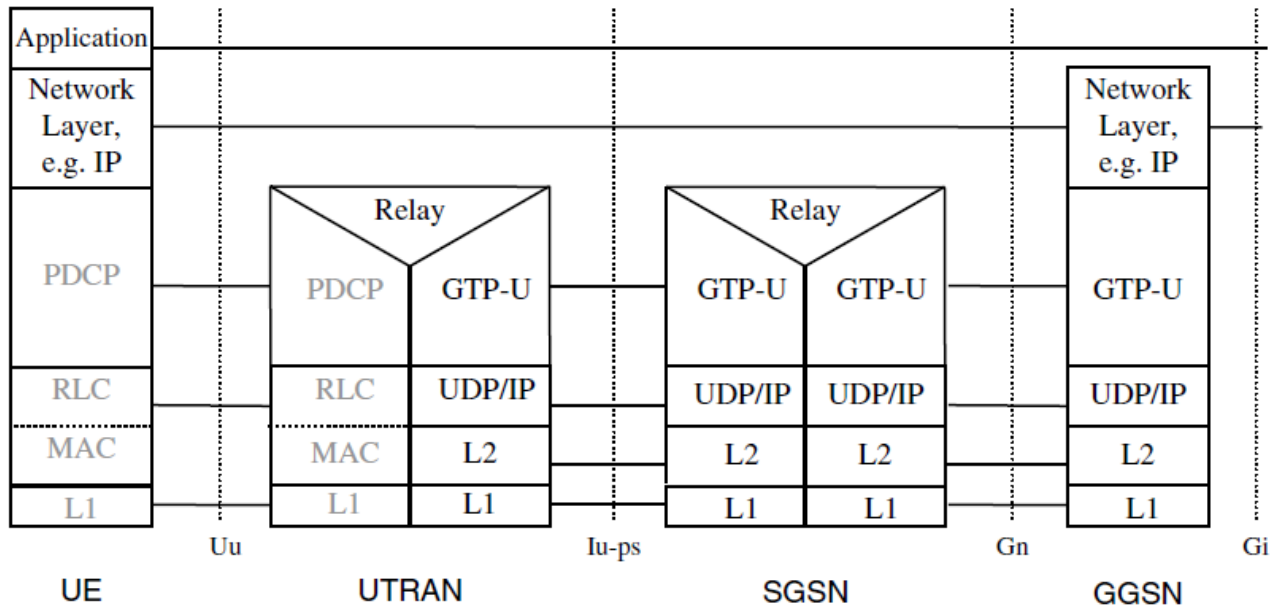
Para CP en las luCs y luPs se sustituye MAP por RANAP (Radio Access Network Application Part), también sobre SS7.

En el UP de la luPs se utiliza GTP-U.

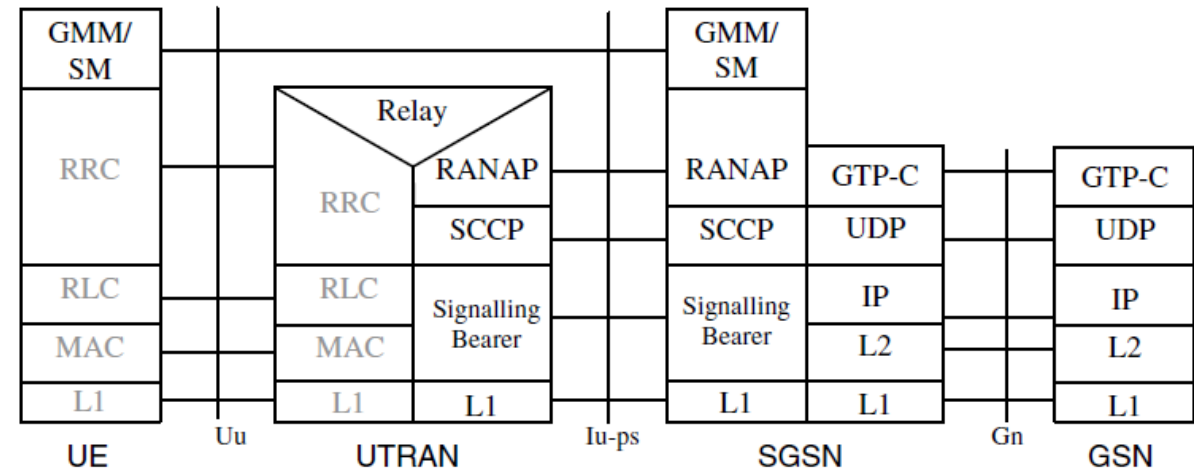
Uu corresponde a la interfaz de radio WCDMA.



Stack de Protocolos



User Plane



Control Plane

Núcleo de Red Móvil

LTE: LONG TERM EVOLUTION

LTE: Long Term Evolution

Red móvil de 4a Generación

OFDMA en la interfaz de radio DL. Aumento de throughput.

System Architecture Evolution: cambia la arquitectura de la red.

Más inteligencia en los nodos → no hay necesidad de controlador de RBS (RNC, BSC).

EPC: Evolved Packet Core. Core All IP únicamente para servicios Ps (sin Cs).

LTE: Long Term Evolution

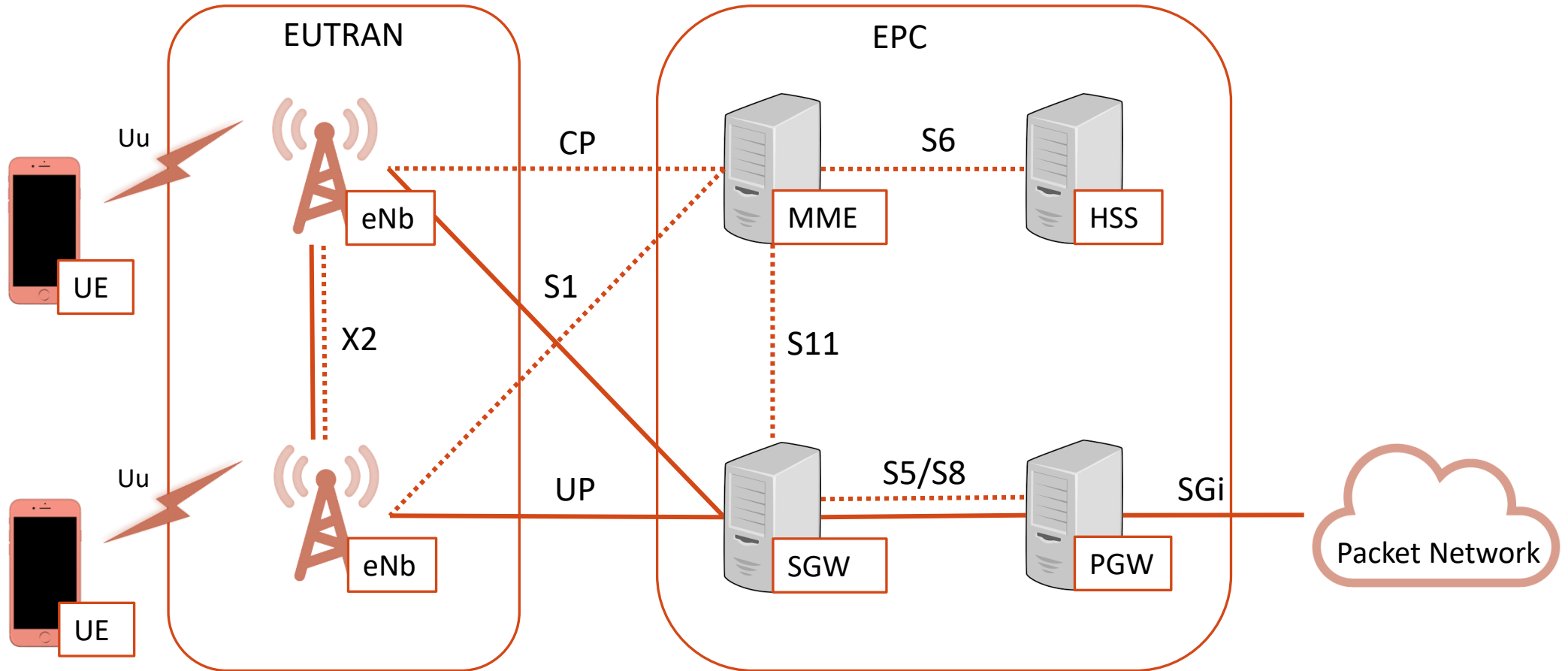
System Architecture Evolution

Interfaces y stack de protocolos en el EPC

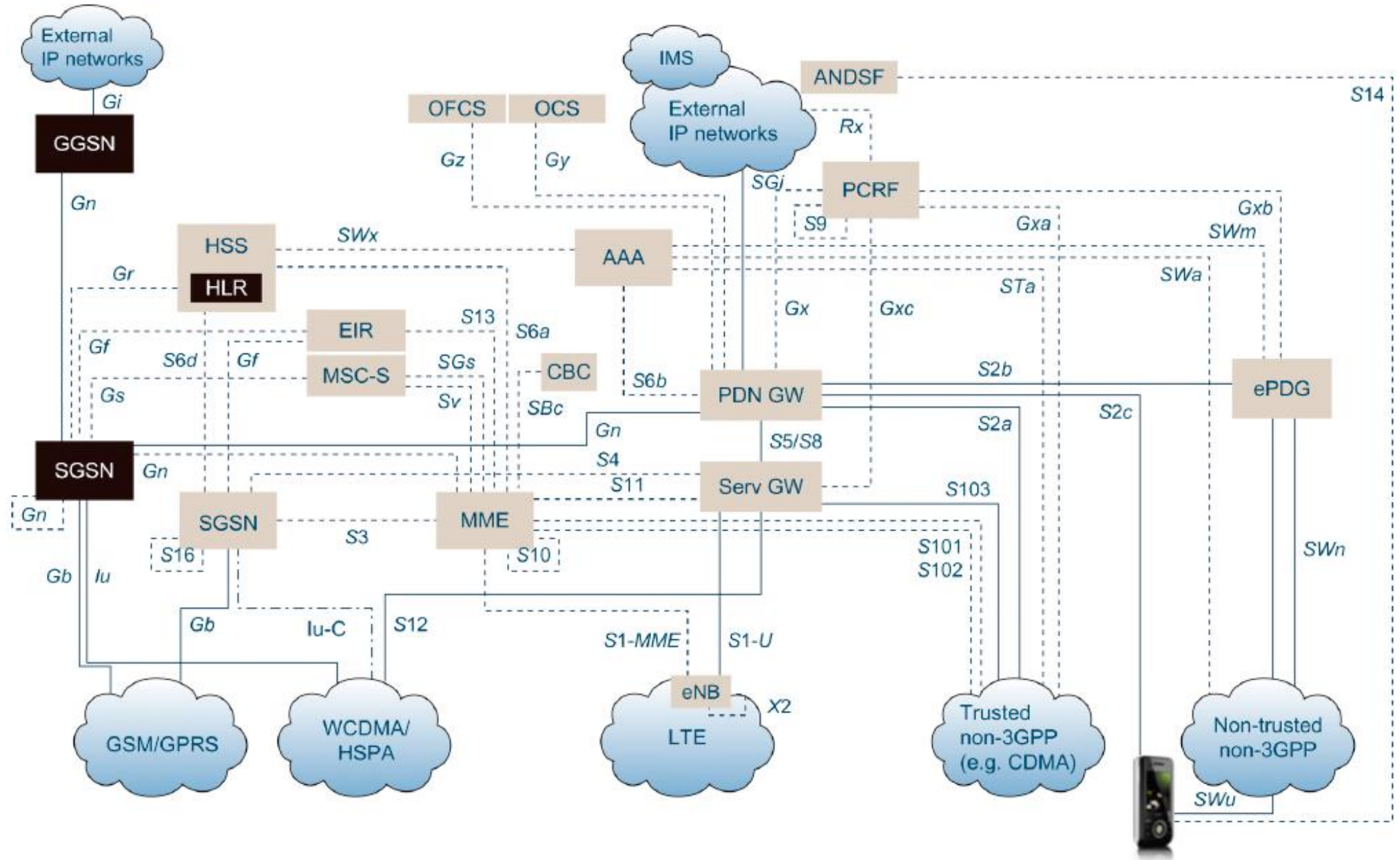
Servicios de voz en redes LTE

eMBMS

SAE: System Architecture Evolution



Una arquitectura general...



EPC – Evolved Packet Core

Desde un principio destinado únicamente a servicios de paquetes.

El SAE prevee interoperabilidad en varios escenarios.

Interconexión a otras RAN: GERAN y UTRAN.

Comunicación con redes non-3GPP: WIMAX CDMA2000 WLAN...

Servicios IMS para VoIP.

MBMS para broadcast.

EPC – Evolved Packet Core

MME – Mobility Management Entity

- Autenticación.
- Establecimiento de Bearers.
- Paging.
- Handover por S1.
- Movilidad iRAT.
- SMS y VoLTE.

HSS – Home Subscriber Server

- Análogo a HLR en GSM y UMTS. De hecho, en ocasiones se encuentran combinados.
- Comunicación con MME a través de S6a implementada con protocolo DIAMETER.
- IMSI, MSISDN, información de autenticación, actual MME id.

PCRF – Policy and Charging Rules Function

- Encargado de tarificación y gestión de políticas en forma dinámica.

EPC – Evolved Packet Core

SGW – Serving Gateway

- Manejo de UP. Control de túneles GTP hacia PGW.
- Punto de anclaje en movilidad inter eNb
- Controlado por MME a través de S11.

PDN-GW – Packet Data Network Gateway

- Gateway hacia internet. NAT.
- Asignación de Ips en el proceso de attach del UE.
- Mapeo de flujos IP con túneles GTP.
- Se conecta por túnel GTP en S5 con SGW.
- En el caso de Roaming, el visitor SGW se conecta al home PGW por S8.

LTE: Long Term Evolution

System Architecture Evolution

Interfaces y stack de protocolos en el EPC

Servicios de voz en redes LTE

eMBMS

Interfaces del EPC

S11: MME <> SGW

- Establecimiento y liberación de cada sesión con una PDN.
- Manejo de sesiones activas y movilidad.
- Utiliza GTP-C.

S5 / S8: SGW <> PGW

- Utiliza GTP-C / GTP-U o puede usar PMIP.
- S5 cuando no se está en roaming. SGW y PGW pertenecen a HPLMN (Home PLMN).
- En caso de estar en roaming el SGW de la VPLMN (Visited PLMN) establece una sesión con el PGW de la HPLMN a través de la S8.
- Establecimiento de servicios de usuarios para cada PDN solicitada.

S6: MME <> HSS

- Autenticación de usuario.
- Información de usuario y ubicación.
- Utiliza DIAMETER sobre SCTP o TCP: Authentication, Authorization and Accounting.

Interfaces del EPC

S1-C: eNB <> MME

- Establecimiento, movilidad, paging
- Transporte para comunicación NAS (Non Access Stratum).

S1-U: eNB <> SGW

- Utiliza GTP-U para encapsular tráfico de usuario.

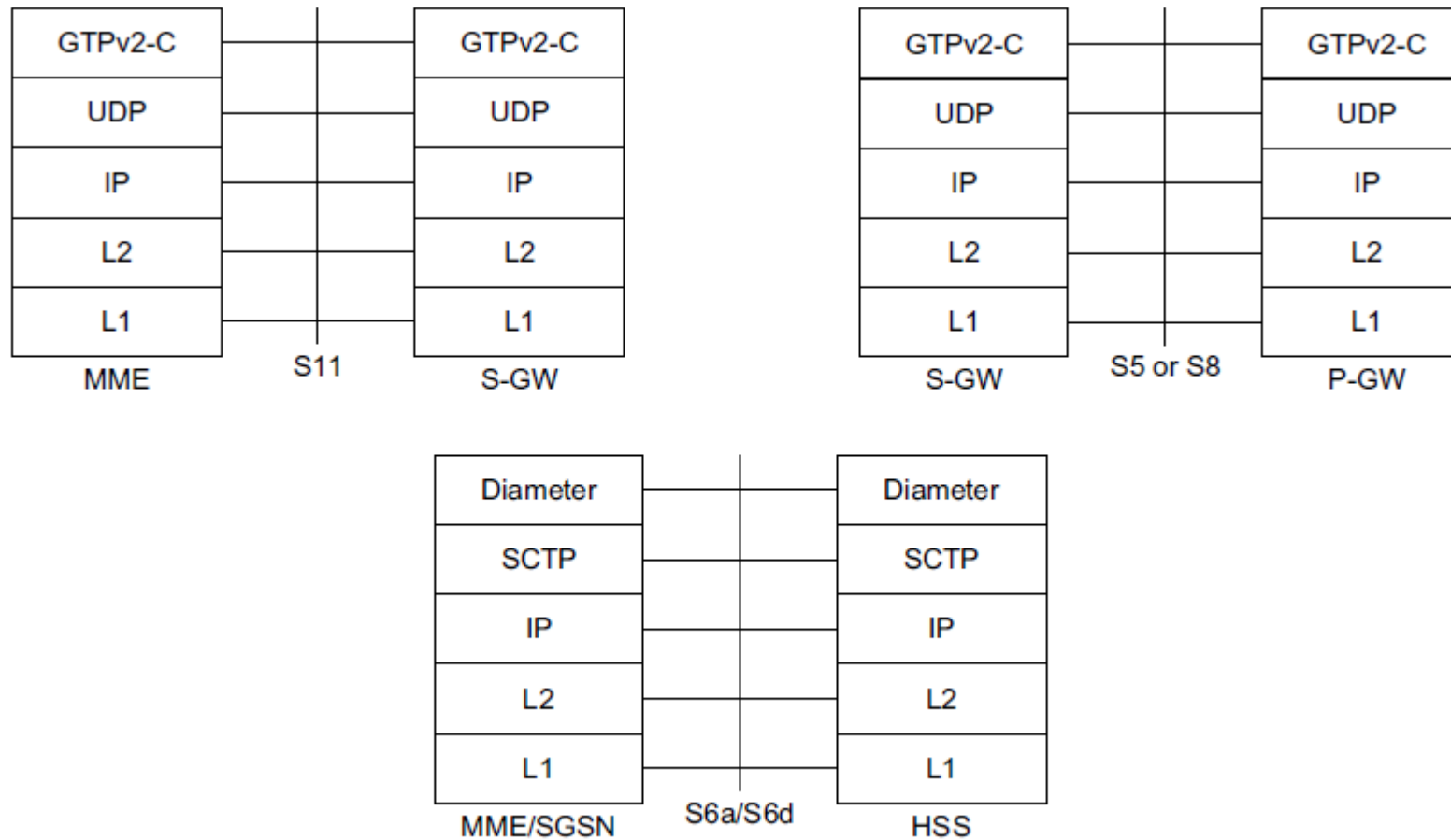
X2: eNB <> eNB

- Comunicación entre nodos.
- Fundamentalmente para movilidad. Puede tener otros usos (CoMP, eICIC).

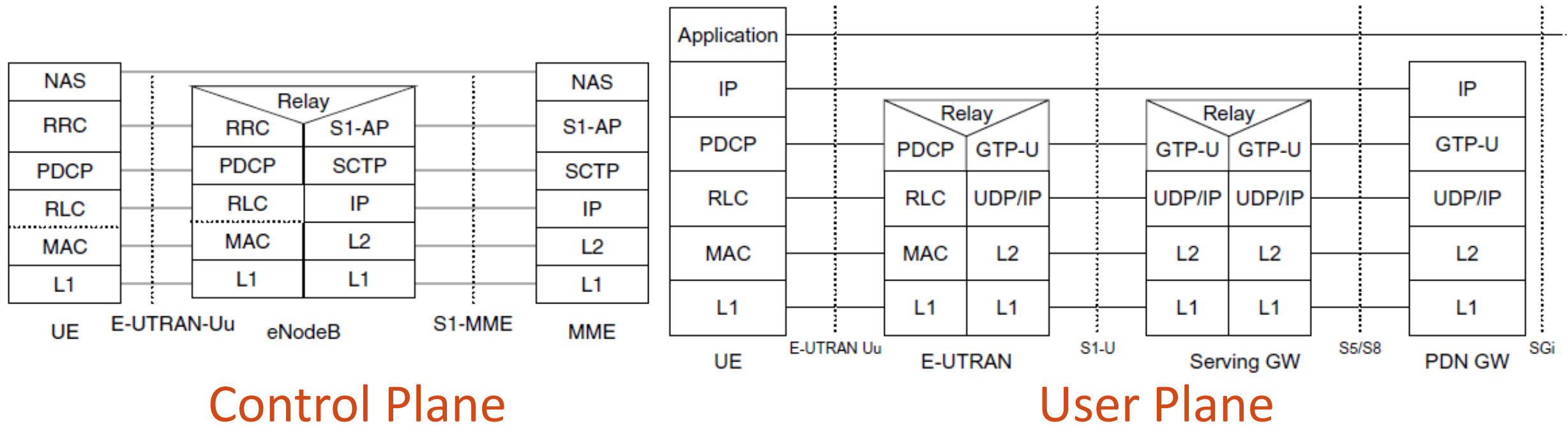
Uu: UE <> eNB

- Interfaz de aire OFDM / SC-FDMA.
- Señalización relativa a AS (Access Stratum). Radio Resource Management, handover, paging, etc.
- Transporte de mensajería NAS.

Stack de Protocolos en el EPC



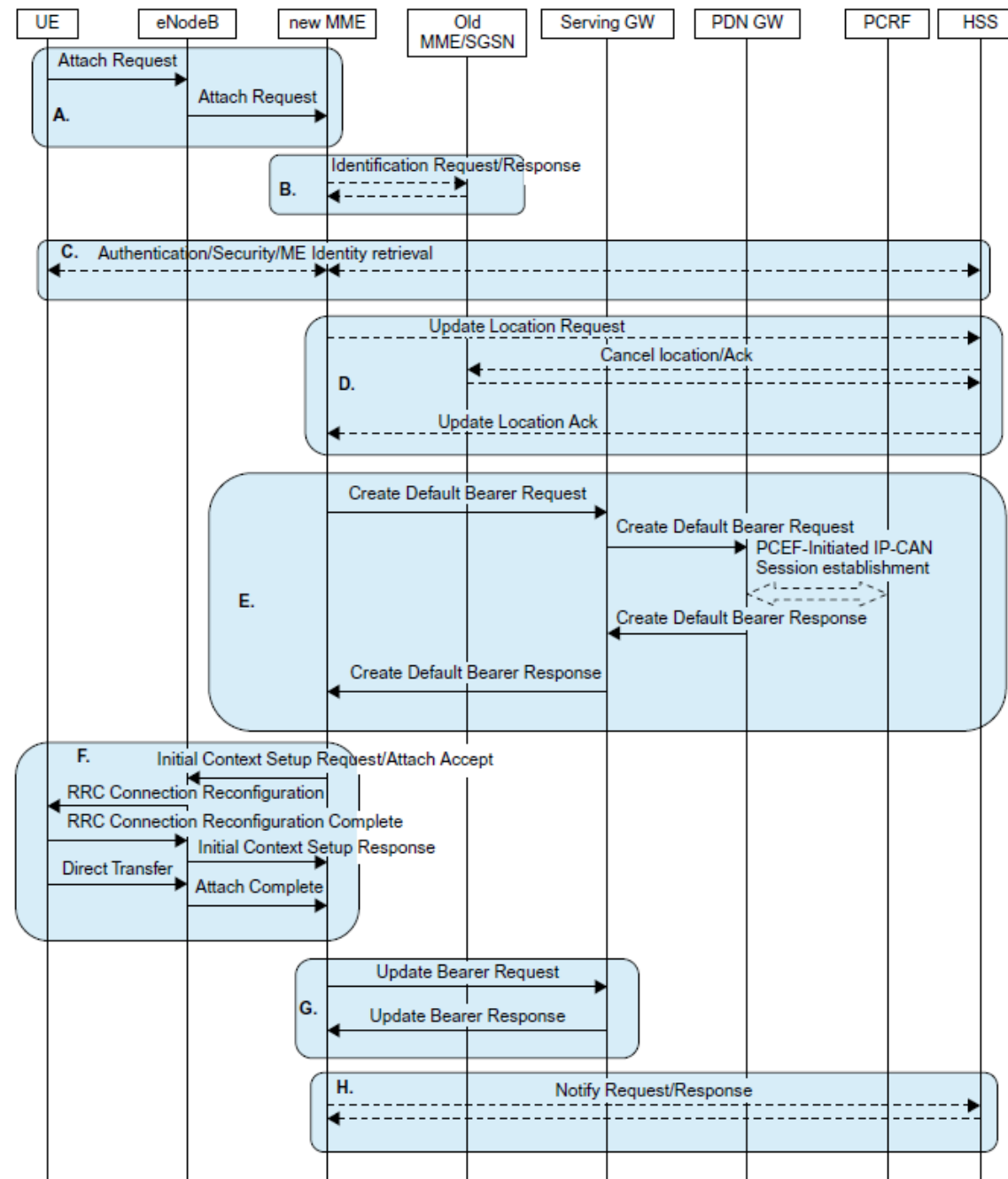
Stack de Protocolos – desde el UE



Ejemplo: attachment

- A. UE envía solicitud de attach a eNB, que reenvía a MME.
- B. Caso de ejemplo: MME nuevo. Solicita al viejo MME información de UE.
- C. Autenticación y encriptación. Solicitud a UE de identificación.
- D. Nuevo MME informa a HSS de nueva ubicación del UE y este informa al MME viejo.
- E. PCRF autoriza creación de default bearer que se establece entre SGW y PGW.
- F. Se establece el default bearer en la interfaz de radio.
- G. Se notifica attach accept. Se completa el establecimiento del default bearer y queda habilitado para tráfico de datos.
- H. MME informa a HSS sobre PGW utilizado.

Ejemplo tomado de LTE: SAE and the Evolved Packet Core Cap. 12.



LTE: Long Term Evolution

System Architecture Evolution

Interfaces y stack de protocolos en el EPC

Servicios de voz en redes LTE

eMBMS

Servicios de voz en redes LTE

El EPC únicamente provee servicios de paquetes.

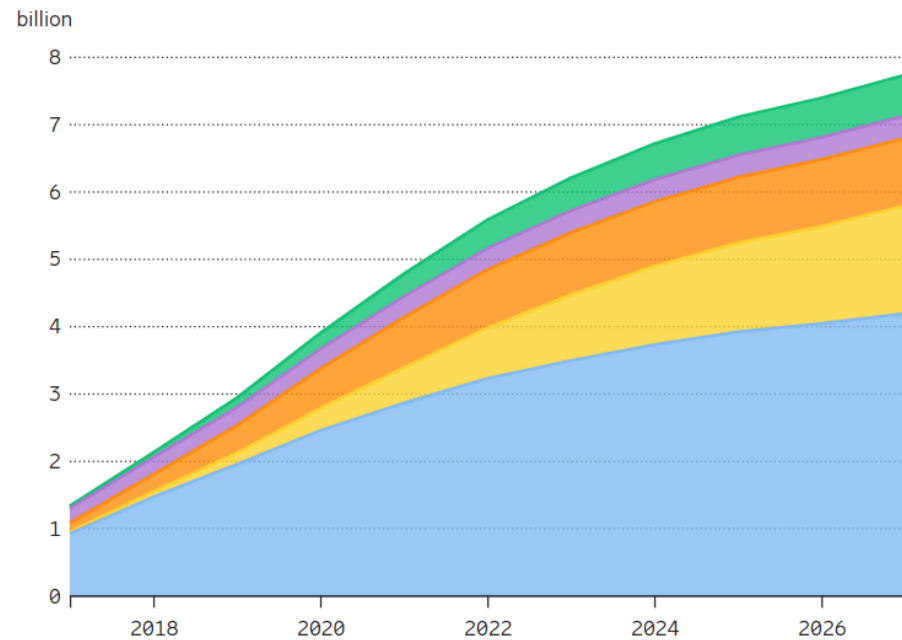
La solución por defecto para tráfico de voz es Cs Fallback (CSFB), redirigiendo el móvil hacia GSM o UMTS para la duración de la llamada, y volviendo luego de finalizada.

VoLTE: Voice over LTE. Implementación de servicios de voz sobre IP en la red LTE.

Se realiza a través de servidor IMS (que puede ser compartido con a servicios del ISP).

Servicios de voz en redes LTE

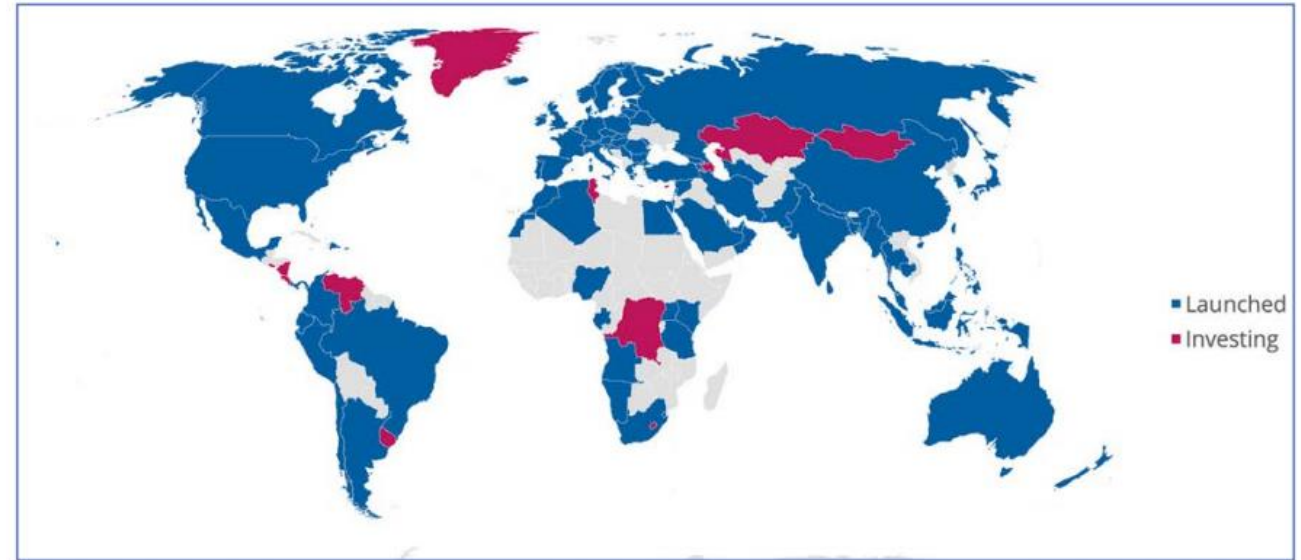
VoLTE subscriptions by region



Ericsson Mobility Report

<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/voice-services-outlook>

Figure 1: Countries/territories with VoLTE service - October 2020



GSA VoLTE Report Oct 2020

<https://gsacom.com/paper/volte-member-report-october-2020-global-update/>

Paulatino despliegue que ha comenzado a aumentar en los últimos años.

IMS

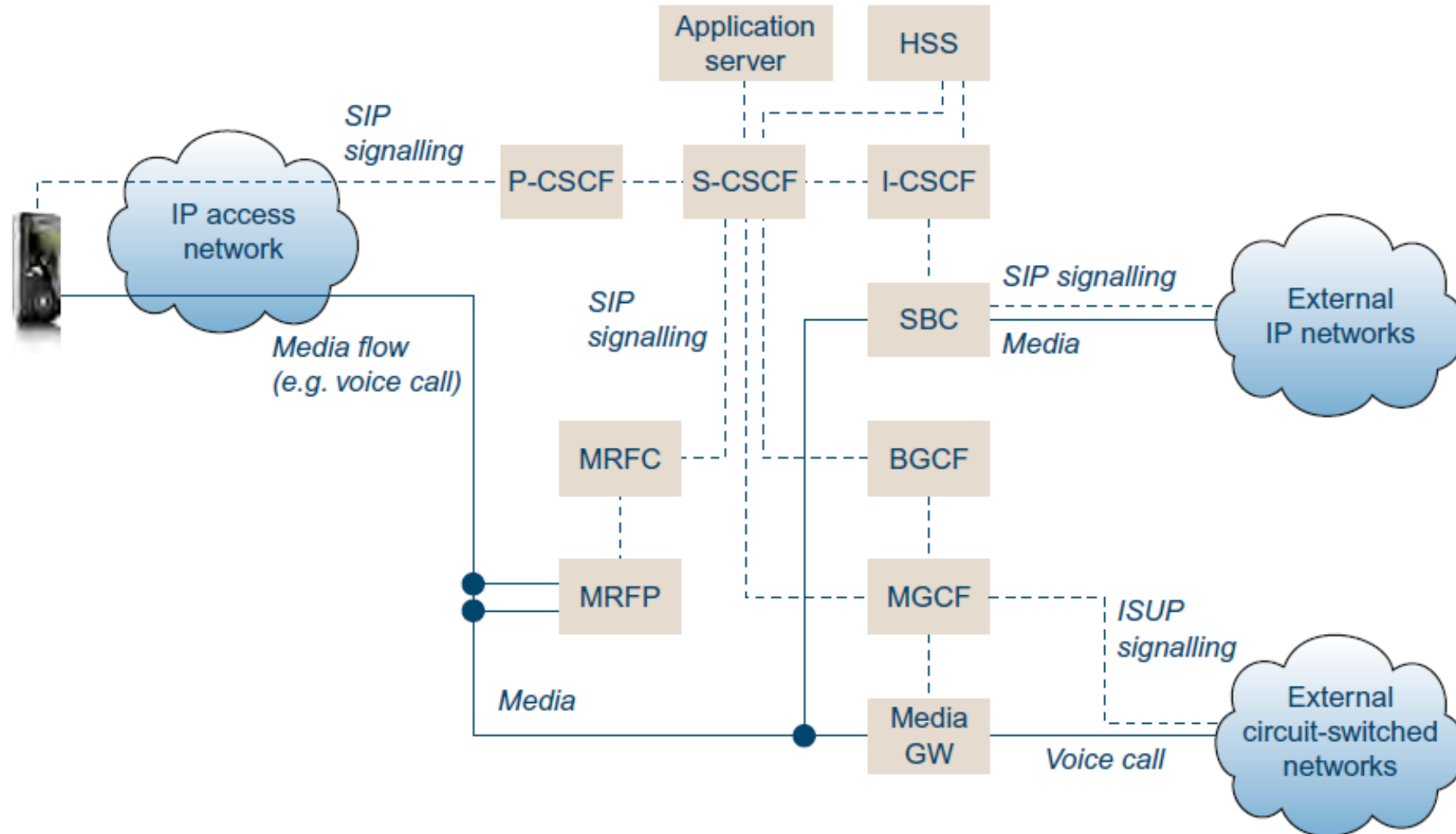
IP Multimedia Subsystem.

- Inicialmente desarrollado por 3GPP pero adoptado para servicios non-3GPP.
- Mismas especificaciones para fijo y para móvil.

Basado en señalización con protocolo SIP.

Más información sobre IMS en sección de NGN del curso.

IMS



Desafíos de VoLTE

La red LTE no está pensada para servicios de voz dedicados.

La interfaz de radio no tiene recursos dedicados.

- El canal es constantemente compartido entre todos los usuarios.
- Por tanto, adaptado en mejor forma para servicios de paquetes.
- A diferencia de GSM y UMTS, donde se tenían recursos dedicados y fijos para los UE en servicios de voz por lo que dure la llamada.
- Por más información, referirse a curso de Red de Acceso.

Al ser tecnología más joven, menor despliegue de LTE frente a UMTS o GSM.

- Pueden haber huecos de cobertura en LTE que no se tienen en UMTS o GSM.
- Se debe proveer continuidad de servicio con interconexión hacia redes 3G/2G > Inter-System HO.

Como vimos, el EPC solamente está dedicado a servicios de paquetes y sin servicio para Cs.

- Degradación en la calidad de voz relacionada con el transporte sobre redes de paquetes, como se vio en sección de calidad de audio del curso.

Manejo de QoS en red LTE

ERAB: EPS Radio Access Bearer

- Canal / túnel de comunicación entre móvil y core.
- Un usuario puede tener más de un erab, para distintos servicios.

QCI: QoS Class Identifier

- Clasificación del erab de acuerdo a servicio que provee. Permite manejo de colas con distintos pesos en scheduling del eNb.
- QCI 9 como default para tráfico best effort (por ej internet).
- QCI 5 para señalización con IMS.
- QCI 1 con Guaranteed Bit Rate (GBR) para tráfico de voz.

Si bien hay 9 QCIs, 1 y 5 son importantes para VoLTE.

- QCI 5 para señalización SIP con bajo packet loss, bajo delay y alta prioridad.
- QCI 1 para voz con bitrate garantizado.

QCI	Resource Type	Priority	Packet Delay Budget (NOTE 1)	Packet Error Loss Rate (NOTE 2)	Example Services
1 (NOTE 3)	GBR	2	100 ms	10^{-2}	Conversational Voice
2 (NOTE 3)		4	150 ms	10^{-3}	Conversational Video (Live Streaming)
3 (NOTE 3)		3	50 ms	10^{-3}	Real Time Gaming
4 (NOTE 3)		5	300 ms	10^{-6}	Non-Conversational Video (Buffered Streaming)
5 (NOTE 3)	Non-GBR	1	100 ms	10^{-6}	IMS Signalling
6 (NOTE 4)		6	300 ms	10^{-6}	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)
7 (NOTE 3)		7	100 ms	10^{-3}	Voice, Video (Live Streaming) Interactive Gaming
8 (NOTE 5)		8	300 ms	10^{-6}	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)
9 (NOTE 6)		9			

QoS en VoLTE

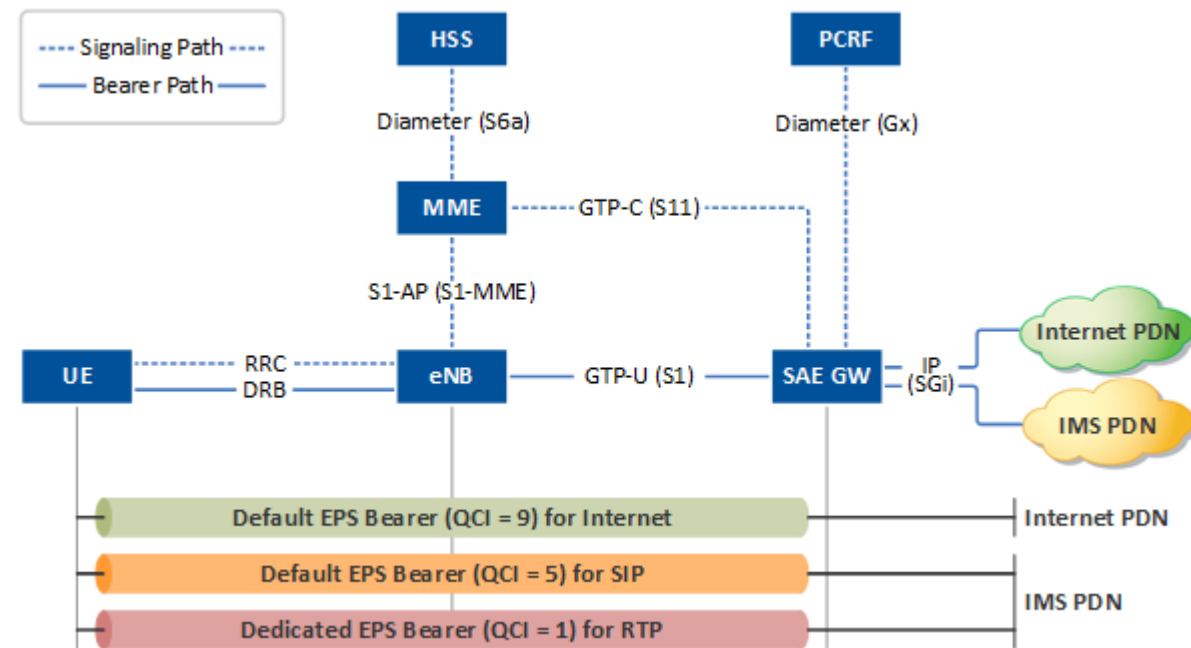
La implementación se realiza a través de servicio MMTel (Multimedia Telephony) sobre IMS.

Establecimiento de nuevos recursos de acceso (EPS bearers) para la sesión de voz.

Nueva sesión hacia PDN correspondiente al IMS para tráfico SIP. Definición de APN (pre-configurada en UE) acorde a ello para esta sesión.

Con mismo APN se establece una nueva sesión para tráfico RTP.

Esta sesión es independiente del tráfico “normal” de datos del usuario, que no necesariamente tendrá el mismo PGW como destino.



SRVCC

Single-Radio Voice Call Continuity

Single-Radio: la mayoría de los móviles no contemplan conexión dual a LTE y UMTS/GSM simultáneamente.

Se debe contemplar el pasaje desde LTE hacia redes 3G/2G.

- Debido a probables inconvenientes de cobertura de acuerdo a lo visto anteriormente.
- Debe ser imperceptible para el usuario. Sin demoras en el proceso.

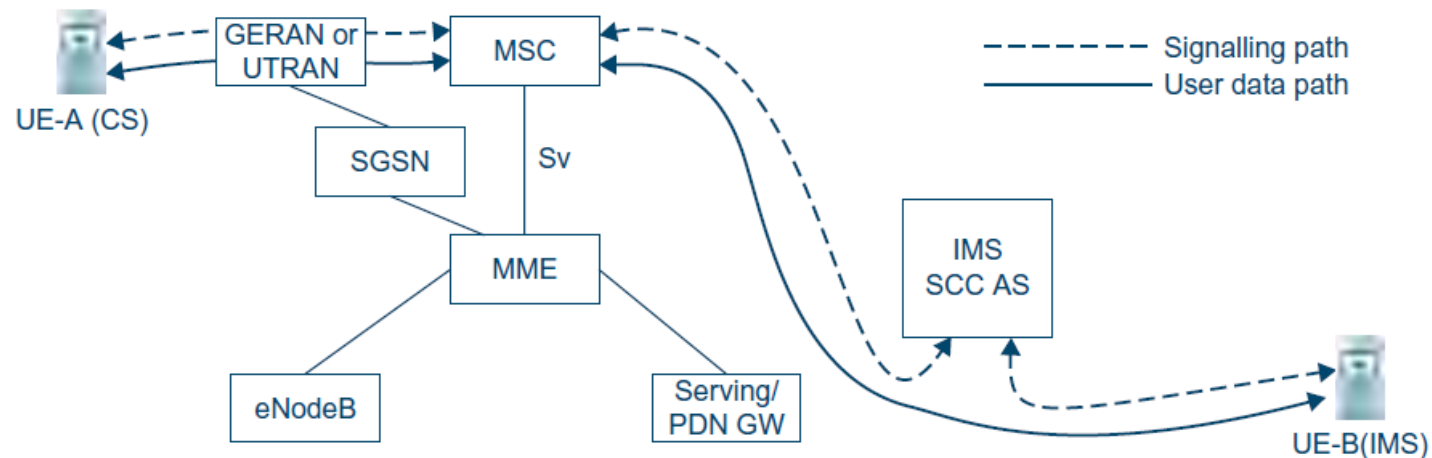
Solución basada en que el IMS se mantiene como prestador de servicios de voz antes y después del HO.

Dos opciones:

- Si las celdas 3G/2G están habilitadas para servicios VoIP, handover PS hacia el SGSN del core GPRS.
- En caso contrario, el MSC toma el servicio.

SRVCC

1. UE se mueve por fuera de cobertura LTE. UE notifica esto al eNB.
2. Se configuran gaps en la transmisión para medición de 3G/2G. El móvil reporta las medidas al eNB.
3. MME recibe del eNB el pedido de HO.
4. El MME solicita HO al MSC y le da información de aplicación de SC (Service Continuity) en el IMS.
5. MSC responde con información destinada al UE para poder hacer el HO.
6. El móvil realiza el HO y queda conectado por Core Cs de UMTS/GSM al IMS.



SMS y MMS

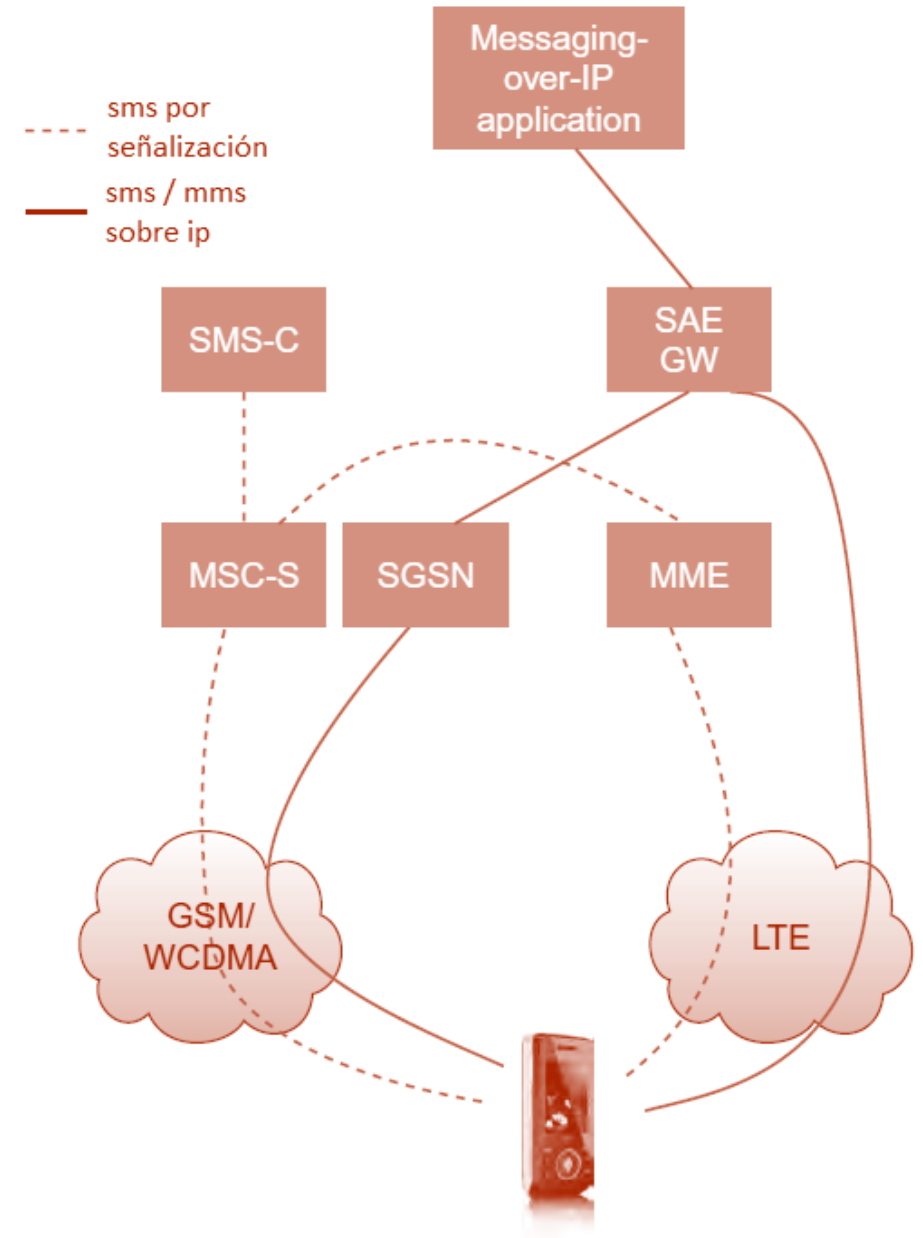
Short Messaging Service y Multimedia Messaging Service.

En redes UMTS y GSM se realiza a través de un servidor SMS-C conectado a MSC.

Hay dos opciones para SMS en LTE.

- SMS sobre IP.
- SMS vía señalización NAS entre MME y UE. Se aprovecha MSC existente ya de core GPRS.

Para MMS se debe hacer sobre IP.



LTE: Long Term Evolution

System Architecture Evolution

Interfaces y stack de protocolos en el EPC

Servicios de voz en redes LTE

eMBMS

eMBMS

Evolved Multimedia Broadcast Multicast Services

Contenido compartido por varios usuarios. Tráfico multicast independiente del tráfico unicast del usuario.

Permite un manejo más eficiente de la red.

- Se evita tener varias conexiones a través del EPC que recibirán el mismo tráfico.
- Optimización de la interfaz de radio. Un único canal para streaming de contenido multimedia frente a varios canales, uno para cada usuario.

Escenarios de uso que contemplan masividad de usuarios para un servicio.

En algunas bibliografías o publicaciones se hace referencia a LTE-B (Broadcast).

eMBMS

Localised Live Broadcast

- Acceso a multimedia relativa a un evento deportivo durante su transcurso (ej. repeticiones en un partido de fútbol).
- Streaming de video de distintas cámaras en conciertos.

TV Streaming

Audio Streaming > reemplazo de radios convencionales AM/FM

Software update

- Evitar que carga usuario tenga que descargar el update.
- Se realiza un update masivo a una hora planificada de antemano.

Location Specific Broadcasting. Información específica a la zona.

- Centros comerciales: ofertas, anuncios, etc.
- Lugares turísticos: guías turísticas, información sobre localidad, etc.

... entre otros.

Arquitectura de Red

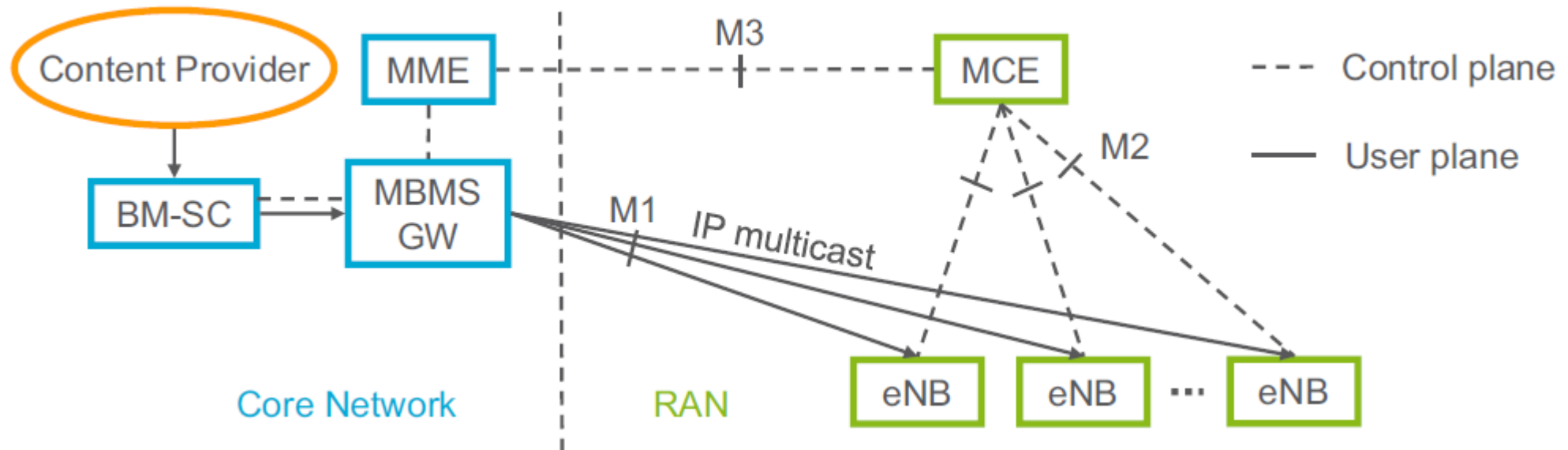
Content Provider o CDN. Fuente de contenido multimedia.

BM-SC: Broadcast Multicast Service Center. AAA de CDNs y manejo de tráfico IP hacia la red de acceso.

MBMS Gateway: multicast de paquetes IP a los nodos que lo requieran. Señalización con MME.

MCE: Multicast Coordination Entity.

- Sincronización y manejo de recursos de radios compartidos entre eNBs.
- Puede ser un elemento lógico dentro de los eNB.



Consideraciones y desafíos en eMBMS

Importancia de sincronismo entre eNBs.

- En caso de sincronismo, aprovecha transmisión de distintos eNBs para diversidad.
- En caso contrario, una celda interferiría a la otra, a pesar de tener que enviar la misma información.

Dimensionamiento de recursos de radio.

- eMBMS resulta eficiente cuando varios usuarios quieren acceder al mismo contenido.
- Igualmente, se deben dimensionar los recursos de radio correctamente para el servicio requerido.
- No asignar más recursos a canal multicast que lo que sea necesario, para evitar disminuir performance de tráfico unicast.

Movilidad: pasaje entre un área de servicio de eMBMS.

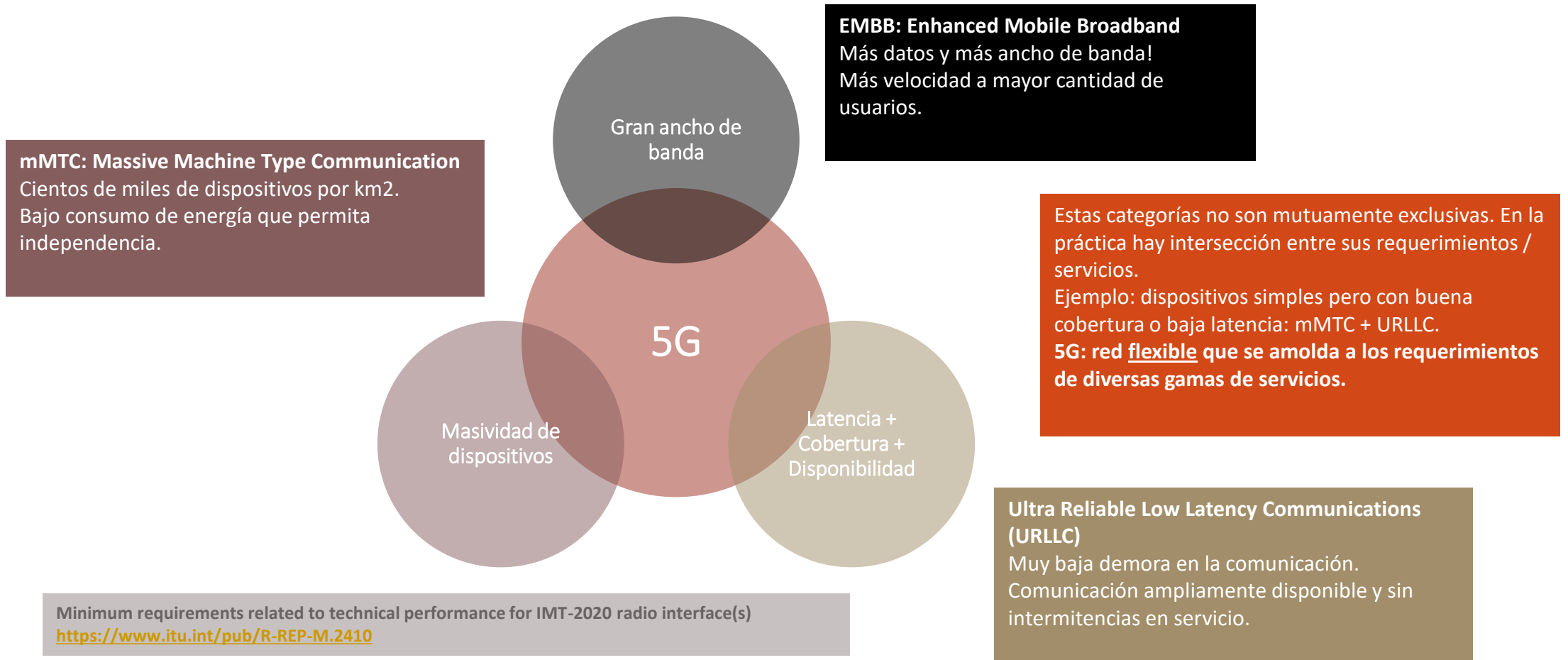
- No está contemplada una solución específica que contemple sesiones eMBMS.
- Se pueden tomar medidas (ejemplo, mayor prioridad a celdas eMBMS-capable), pero con afectación a servicios unicast.

Núcleo de Red Móvil

5G NR: NEW RADIO

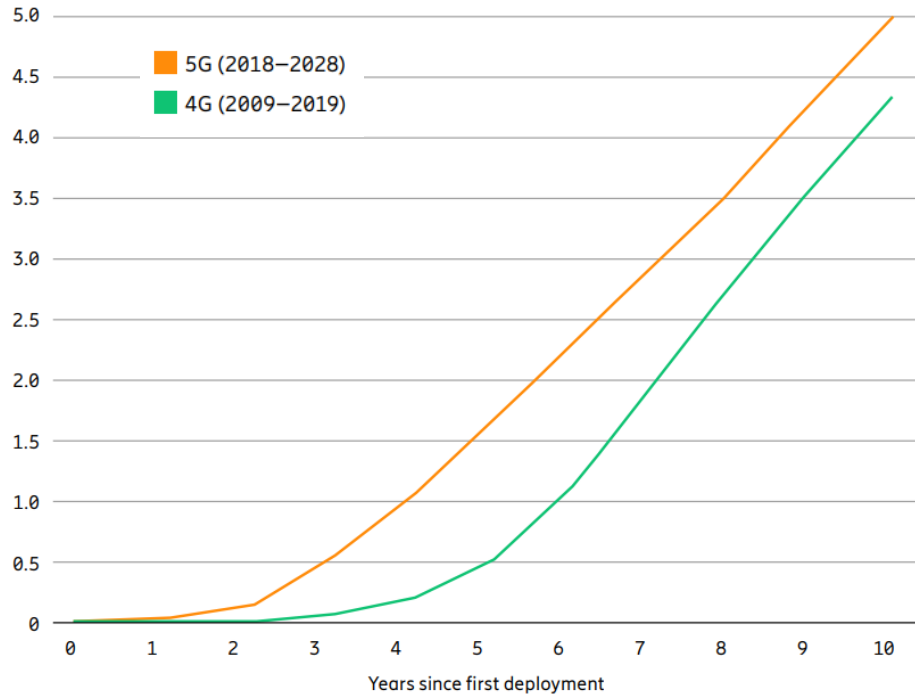
5G NR: New Radio

El estándar de 5G fue desarrollado con los siguientes objetivos o pilares:



Despliegues

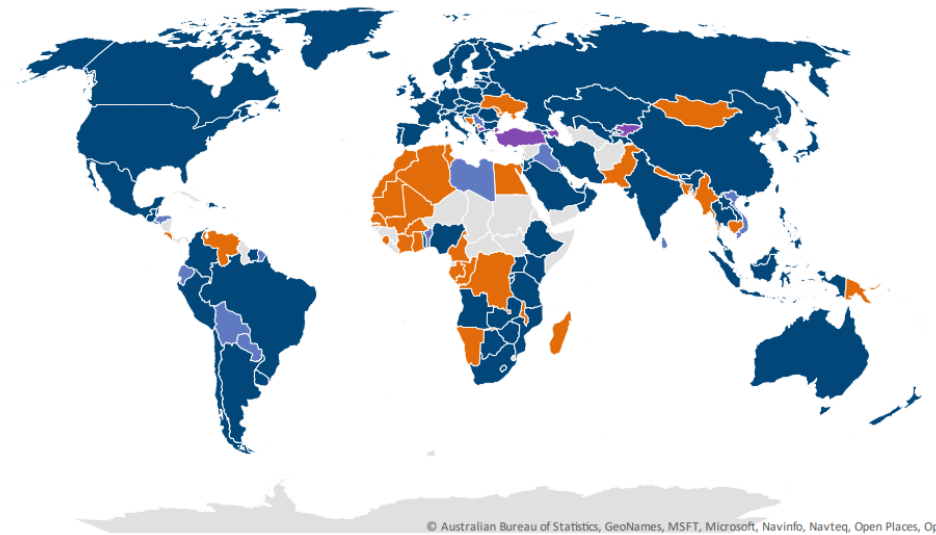
Figure 2: Comparison of 5G and 4G subscription uptake in the first years of deployment (billion)



Ericsson: Ericsson Mobility Report – 2022/11
<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report>

GSACOM: 5G Market Snapshot – 2024/5
<https://gsacom.com/paper/5g-market-snapshot-may-2024/>

■ 5G deployed in network, services launched ■ Planning/evaluating/testing/trialling ■ Deploying/deployed, precommercial ■ 5G deployed in network, soft launch



Aspectos claves

EMBB + URLLC + mMTC

FR1 & FR2

OFDM

**Massive MIMO +
Beamforming**

Dual Connectivity

Network Slicing

Bandas en 5G

5G amplía el rango de frecuencias en las que puede trabajar respecto a LTE.

Bandas bajas / medias-bajas

- 600 MHz – 2600 MHz
- En general las mismas bandas que usa LTE.
- Mayormente FDD.

Bandas medias

- 2400 MHz – 6000 MHz
- Nuevas bandas. Anchos de banda de hasta 100 MHz.
- TDD.

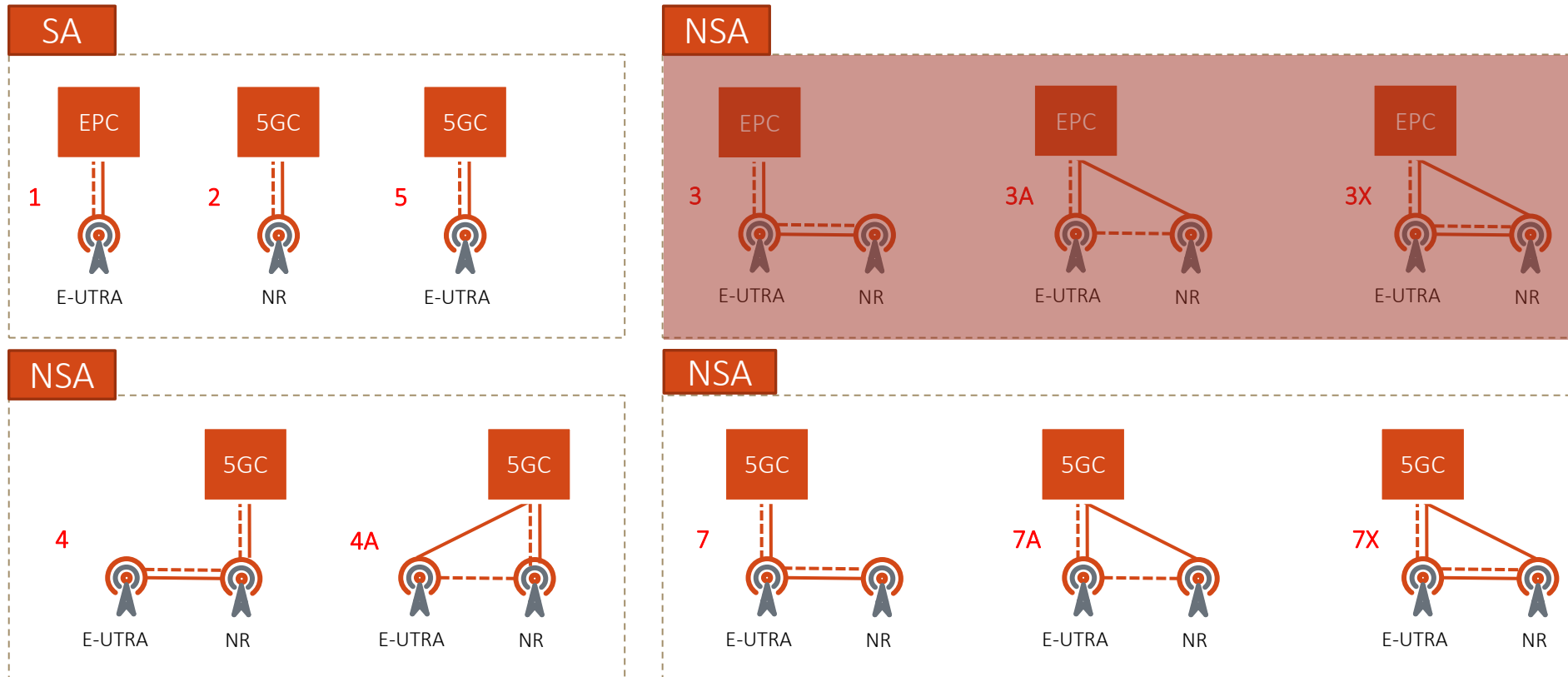
Bandas altas

- 26, 28, 39 GHz.
- Nuevas bandas. Anchos de banda de hasta 400 MHz.
- TDD.

FR1

FR2

Primeros despliegues



Primeros despliegues NSA y reutilizan EPC de LTE.
Más adelante se introducirá core 5G y versiones SA.

NSA vs. SA

NSA: Non Stand Alone

- Adopción más rápida de 5G. Opción utilizada en despliegues de 2018/2019 y más popular a la fecha.
- No preciso core 5G para su implementación levantar 5G.
- No me preocupo demasiado de que la llamada no caiga; siempre mantengo la señalización por LTE.

SA: Stand Alone

- Independencia de LTE. Caso de ejemplo de TMO en US con banda en 600 MHz para 5G.
- Adopción de nuevas features: estado RRC inactive importante para reducir latencia.
- Necesito core 5G.
- Recién se está comenzando a utilizar en 2020/2021.

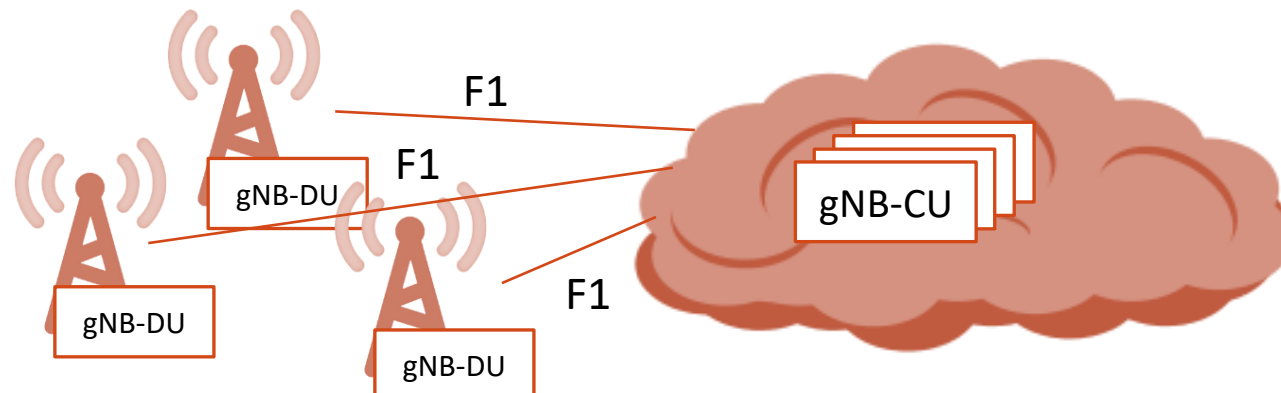
Cloud RAN vs *classical* deployment

Classical deployment

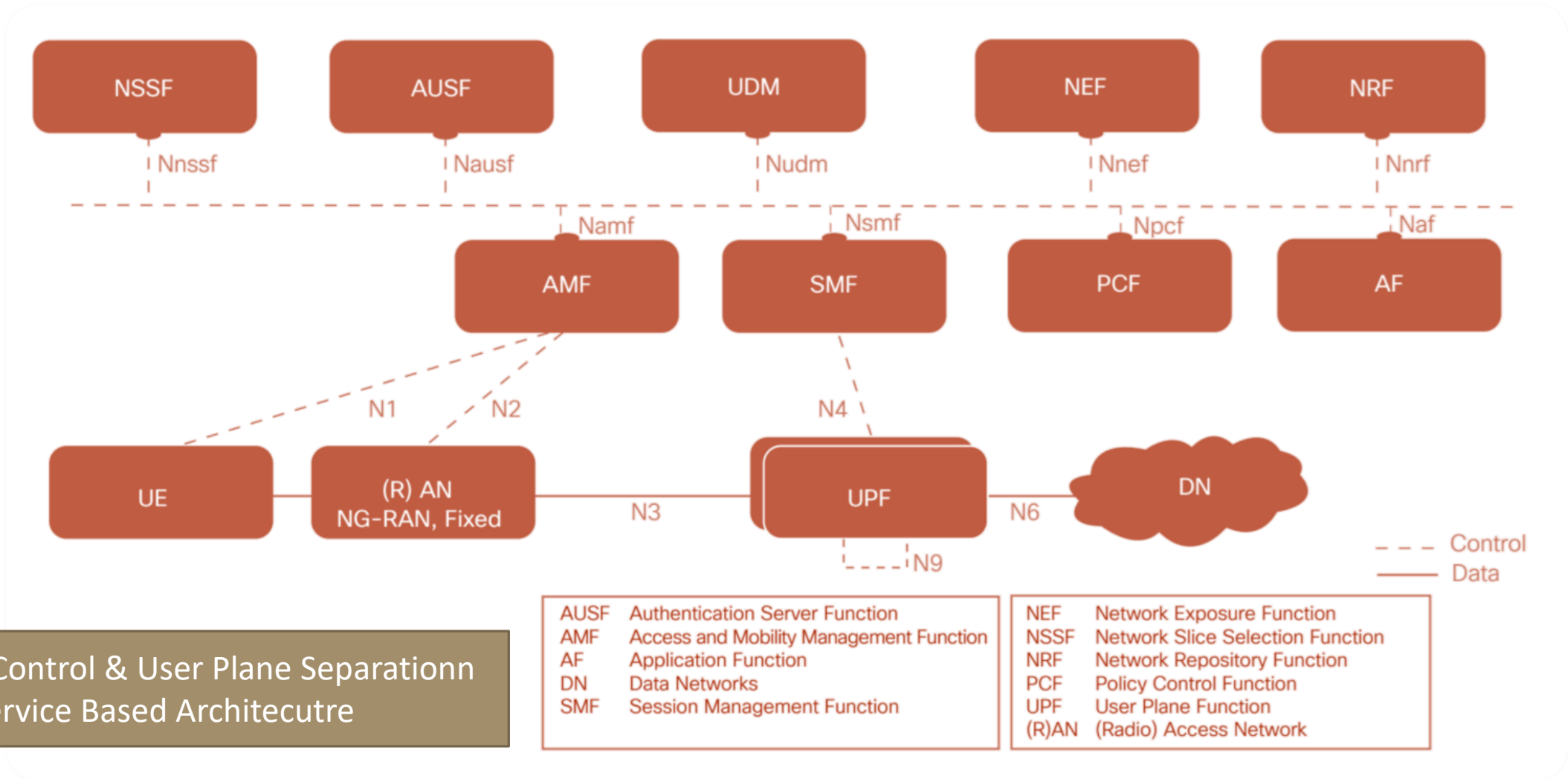
- Radiobases distribuidas.
- Todo el procesamiento relacionado a red de acceso se hace en la radiobase.

Cloud RAN

- Idea: llevar a la nube el procesamiento de la radiobase.
- Puntos radiantes distribuidos + procesamiento en *bandabase* centralizado.
- Datacenters centralizados con fibra hacia los radios.
- Desafíos de latencia y exigencias de ancho de banda.
- No es único a 5G; también aplica a LTE.
- En el marco de 5G se comienza a hablar más de arquitectura cloud y a estandarizar funcionalidades como interfaz F1.



5G Core



CUPS: Control & User Plane Separation
SBA: Service Based Architecture

5G Core

CUPS: Separación de Control Plane y User Plane.

- Permite flexibilidad en el despliegue del core.
- Por ejemplo, control plane centralizado pero salida a internet distribuida, con UPFs distribuidos.

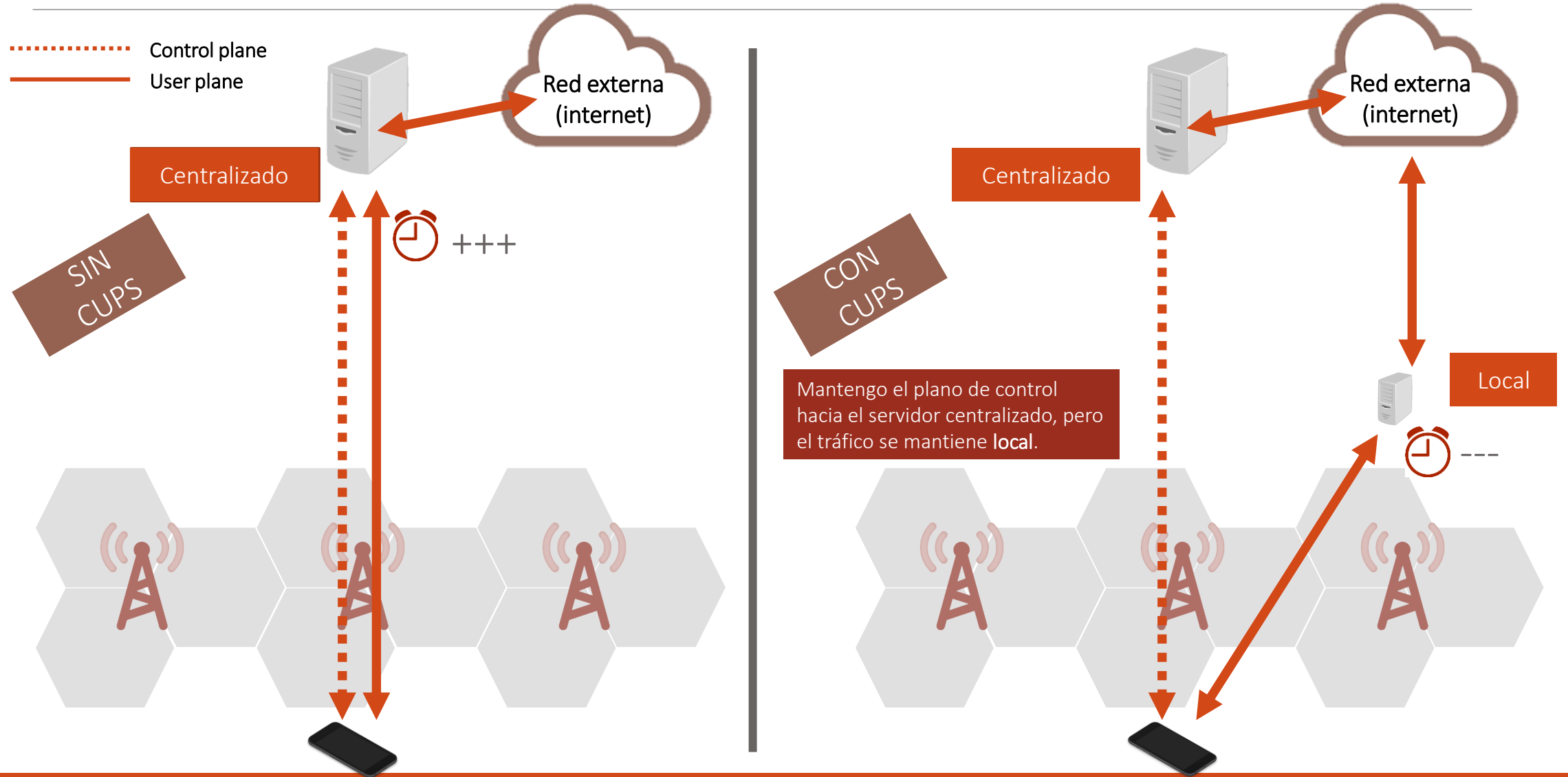
Cloud native

- Las funciones especificadas, tanto aquellas análogas a LTE como las nuevas, están pensadas para un ambiente cloud, con una estructura de SW sobre Hw COTS (Commercial Off The Shelf; de propósito general).
- Ya existen implementaciones de EPC sobre cloud, pero el core 5G predispone una arquitectura pensada para ser incorporada a un ambiente cloud.

SBA: Service Based Architecture

- Facilidad de escalabilidad y definición de nuevos componentes.
- Integración de Network Functions (NF) como servicios que se pueden agregar al core.
- Por ejemplo, una NF para comunicación con core sobre wifi, o para gestionar embms, o para manejo de notificaciones masivas.
- No hay una NF predefinida de antemano. El sistema predispone la flexibilidad de creación de NFs.

CUPS



Edge Computing

- El concepto de **edge computing** o cómputo sobre el borde de la red, es la idea de permitir el procesamiento cerca de la red de acceso.
- Es decir, no solamente la salida a internet la pongo más cerca de las radiobases, sino también pongo el procesamiento final cerca del usuario.
- Por ejemplo, una aplicación de control de drones que corre sobre un datacenter local, en el mismo donde se encuentra la salida a internet de la red de acceso.



5G Core: funcionalidades análogas a EPC

AMF: Access and Mobility Management Function

- Análogo al MME: NAS, autenticación, registro, encriptación, movilidad, paging

SMF: Session Management Function

- Funciones de CP de SGW+PGW Control Plane: asignación de IP, selección de UPF

UPF: User Plane Function

- Funciones de SGW+PGW User Plane: forwarding hacia red ip, natteo, firewall

UDM: Unified Data Management

- Análogo al HSS: base de datos de usuarios, tipos de servicios, QoS.
- Authentication a cargo de otro elemento, AUSF.

PCF: Policy Control Function

- LTE: PCRF

5G Core: nuevos elementos

NRF: Network Repository Function

- Repositorio de NFs disponibles.

NEF: Network Exposure Function

- exposure de capabilities de la red hacia 3rd parties. Permitir desarrollo de Apps Over The Top (OTT). API Gateway. En EPC ya había un SCEF.

NSSF: Network Slice Selection Function

- selección de slice (qos) en red 5G

AF: Application Function

- Application Server, por ej IMS. Comunicación con pcrf sobre utilización de aplicaciones. Por ejemplo P-CSCF en caso de IMS.

Bibliografía

- **LTE: SAE and the Evolved Packet Core**
Olsson, Sultana, Rommer, Frid y Mulligan
- 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband
Dahlman, Parkvall, Sköld
- LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based
Radio Access
Holma y Toskala
- LTE – The UMTS Long Term Evolution.
Sesia, Toufik y Baker
- LTE Handbook
sharetechnote.com
- UMTS Networks and Beyond
Cornelia Kapper
- From GSM to LTE
Martin Sauter
- Diapositivas sobre Mobile Core Network –
Núcleo de Red
Claudio Avallone – 2016
- Cisco Ultra 5G Packet Core Solution