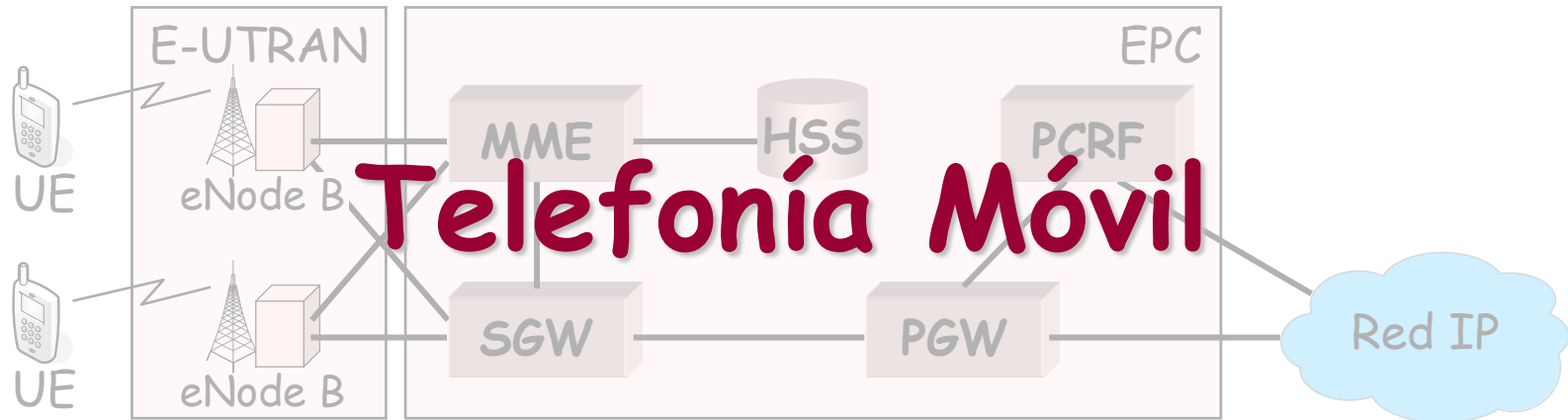




Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática



Sistemas de Conmutación



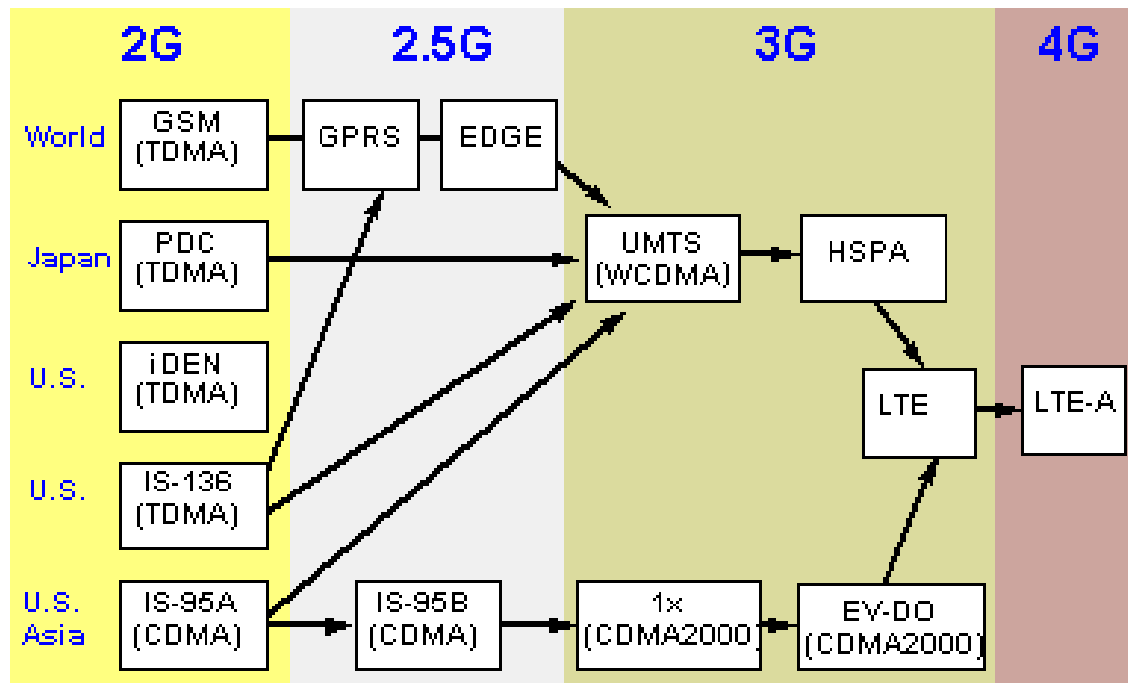
Dr. Ing. Álvaro Rendón Gallón
Ing. Julián Eduardo Plazas Pemberthy
Basada en (Hurtado y Martínez, 2010)
Popayán, octubre de 2016

Temario

- Introducción
- GSM (Global System for Mobile Communications)
- GPRS (General Packet Radio Service)
 - Generalidades
 - Arquitectura
 - Servicios
- 3G (UMTS)
- 4G (IMT-A) y ¿5G?

Introducción

- Los usuarios desean transmitir algo más que voz (2G).
- Surgen diversas tecnologías para transmisión de datos en redes móviles, que marcan el camino hacia 3G:
redes 2.5 G

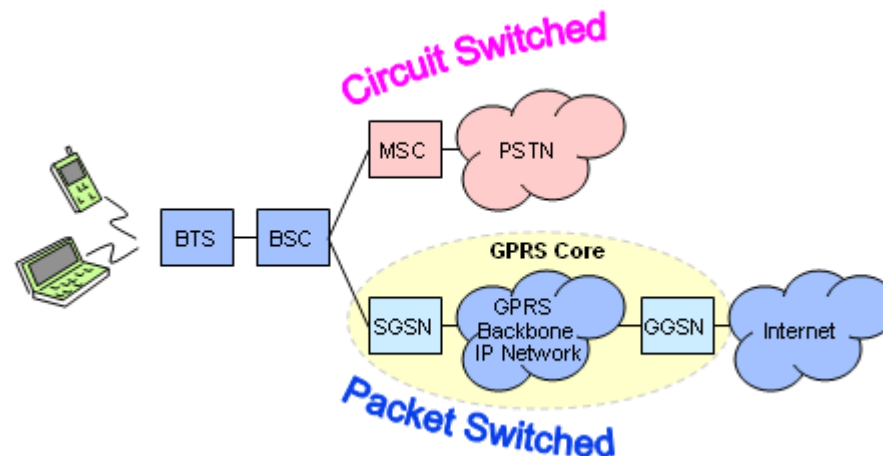


<http://computer.yourdictionary.com/gsm>

Introducción

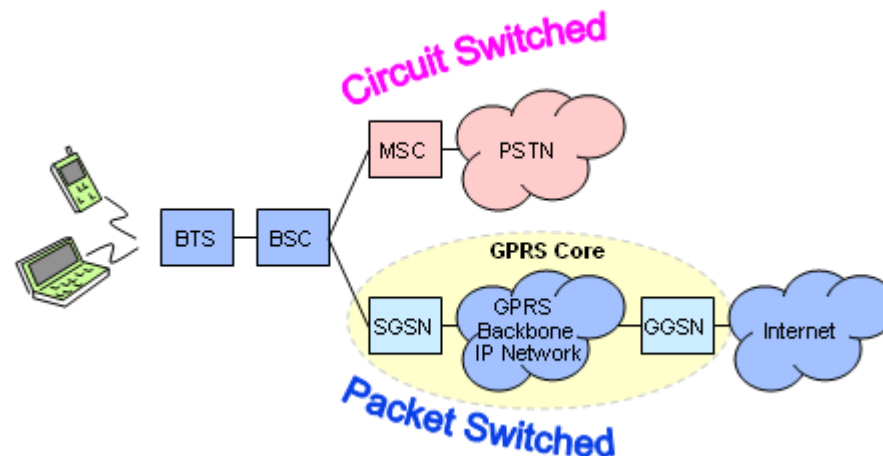
Compromisos:

- Envío y recepción de datos desde y hacia redes multiprotocolo
- Empleo de la infraestructura celular existente.
Movilidad
- Mayor cobertura
- No interferencia con el servicio de voz



General Packet Radio Service (GPRS)

- Estándar del Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones (ETSI)
- Red superpuesta a las redes GSM e IS-136 (TDMA)
- Se actualizan algunos nodos de las redes GSM/TDMA para prestar el servicio
- La interfaz aérea es de paquetes de datos
- El núcleo de la red es IP



General Packet Radio Service (GPRS)

Velocidad

- La velocidad de un canal (intervalo TDMA) depende del esquema de codificación (CS):
 - CS-1: 8 Kbps, es el más robusto
 - CS-2: 12 Kbps
 - CS-3: 14,4 Kbps
 - CS-4: 20 Kbps, es el menos robusto
- Se pueden combinar hasta ocho canales para mejorar la velocidad: 160 Kbps

General Packet Radio Service (GPRS)

Modos de operación

- **Clase A:** El terminal recibe servicio GSM (voz o SMS) y GPRS (datos) de manera simultánea.
- **Clase B:** El terminal puede estar registrado simultáneamente en las redes GSM y GPRS, pero solo puede tener activa una conexión al tiempo. El servicio GSM tiene prioridad sobre GPRS.
- **Clase C:** El terminal solo puede estar registrado a una de las redes. Normalmente son modems GPRS.

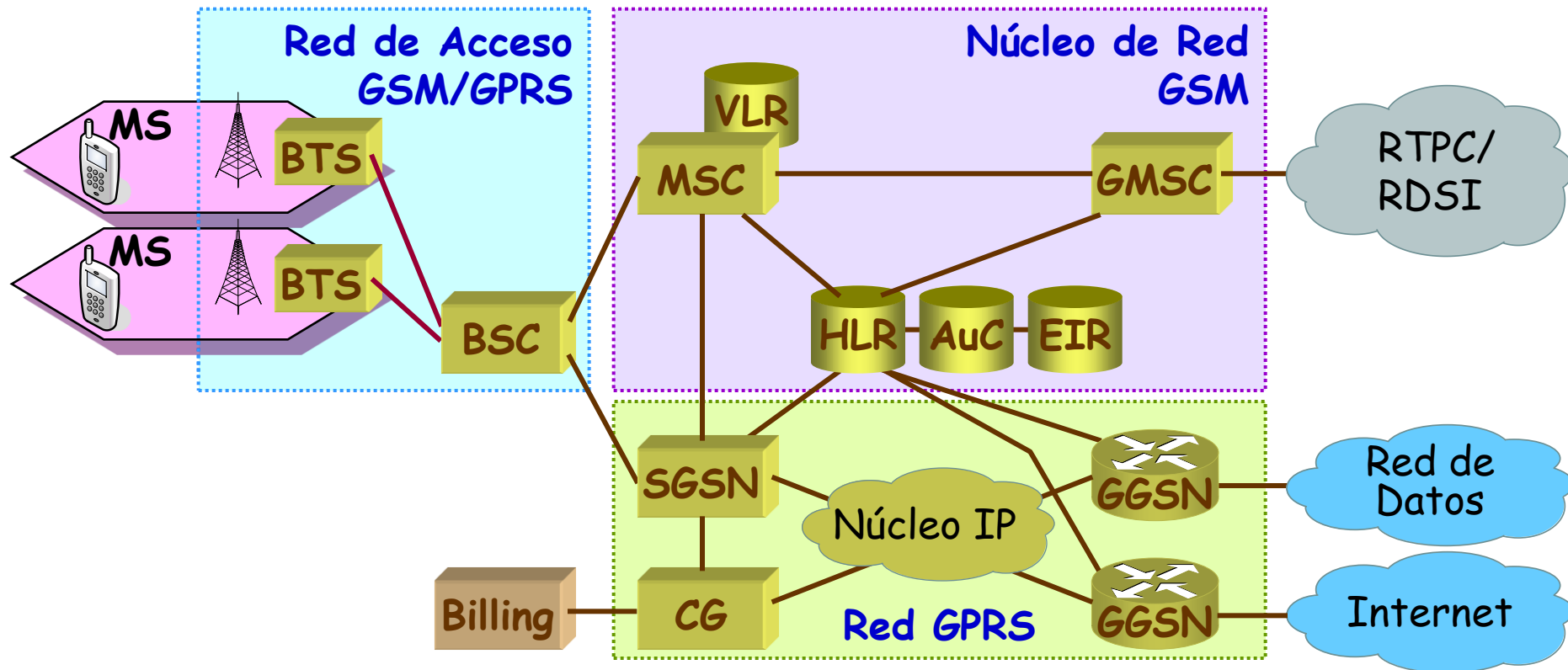




Actualización de la red GSM

Elemento de red GSM	Modificación o actualización para GPRS
Terminal de usuario	Se requiere un terminal totalmente nuevo para acceder a los servicios GPRS, compatibles con GSM para llamadas de voz.
BTS	Se requiere una actualización de software .
BSC	Se requiere una actualización de software , así como también de un nuevo equipo llamado PCU (Packet Control Unit) para dirigir el tráfico de datos hacia la red GPRS.
Núcleo de la red	Se requiere la instalación de nuevos elementos de núcleo de red llamados SGSN (Serving GPRS Support Node) y GGSN (Gateway GPRS Support Node).
Bases de datos (VLR, HLR y otras)	Todas requerirán actualizaciones para encargarse del nuevo modelo de llamadas y funciones introducidas por GPRS.

Arquitectura GPRS



SGSN - Serving GPRS Support Node
 GGSN - Gateway GPRS Support Node
 CG - Charging Gateway

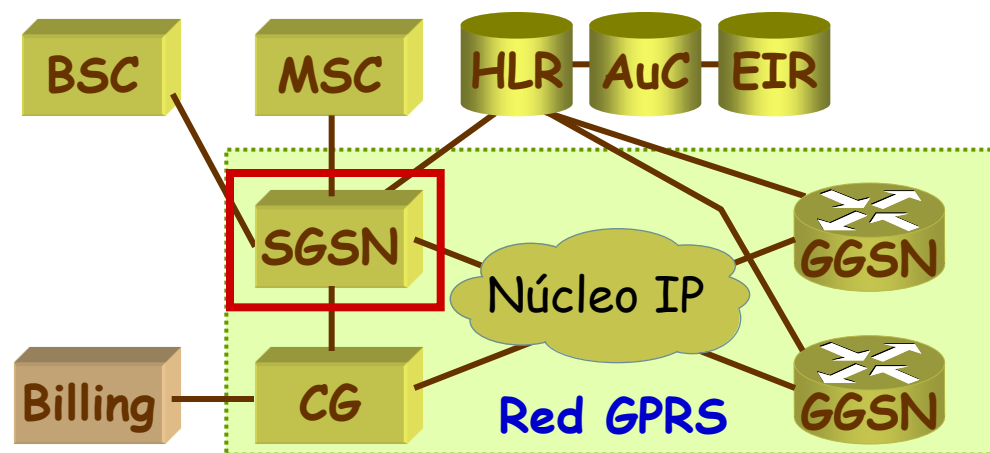
Arquitectura GPRS

SGSN: Serving GPRS Support Node

Es el enlace con la red GSM

Envía y recibe los paquetes de datos de las estaciones móviles y gestiona las siguientes funciones con el soporte de las bases de datos de GSM (HLR, VLR, EIR, AuC):

- Autenticación
- Registro
- Control de acceso
- Movilidad
- Recolección de info. para tasación del uso de la interfaz aérea

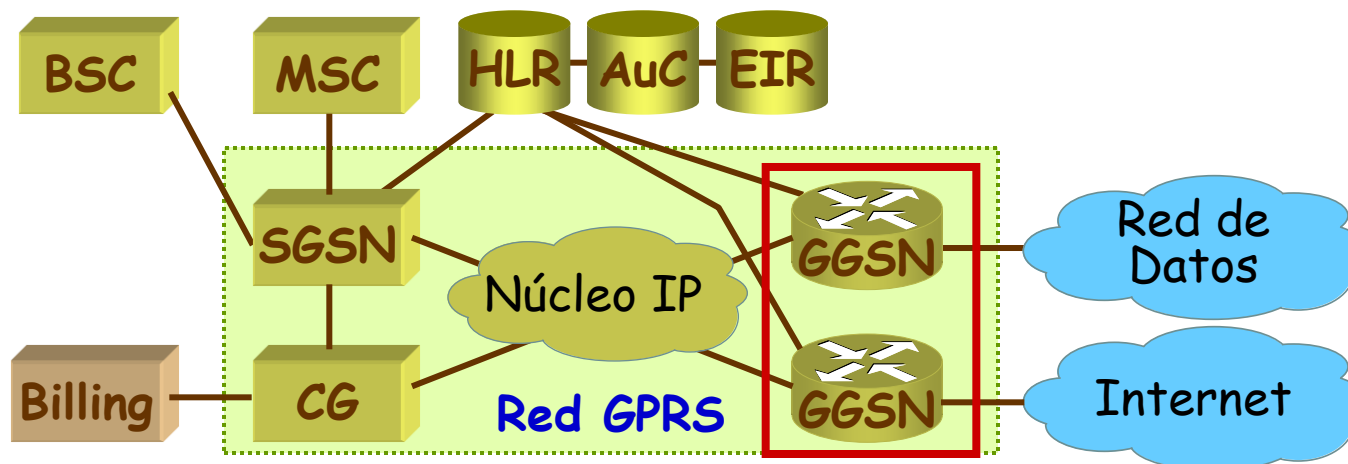


Arquitectura GPRS

GGSN: Gateway GPRS Support Node

Es el enlace con las redes de datos (enrutador)
Contiene la información de enrutamiento de las estaciones móviles registradas.

Recoge información para tasación del uso de redes de datos externas

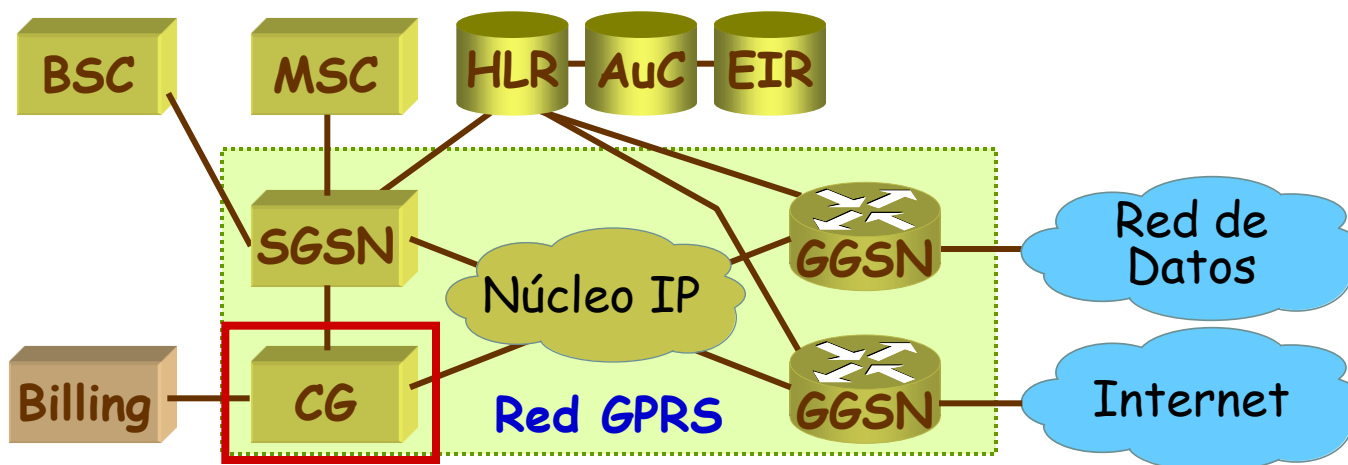


Arquitectura GPRS

CG: Charging Gateway

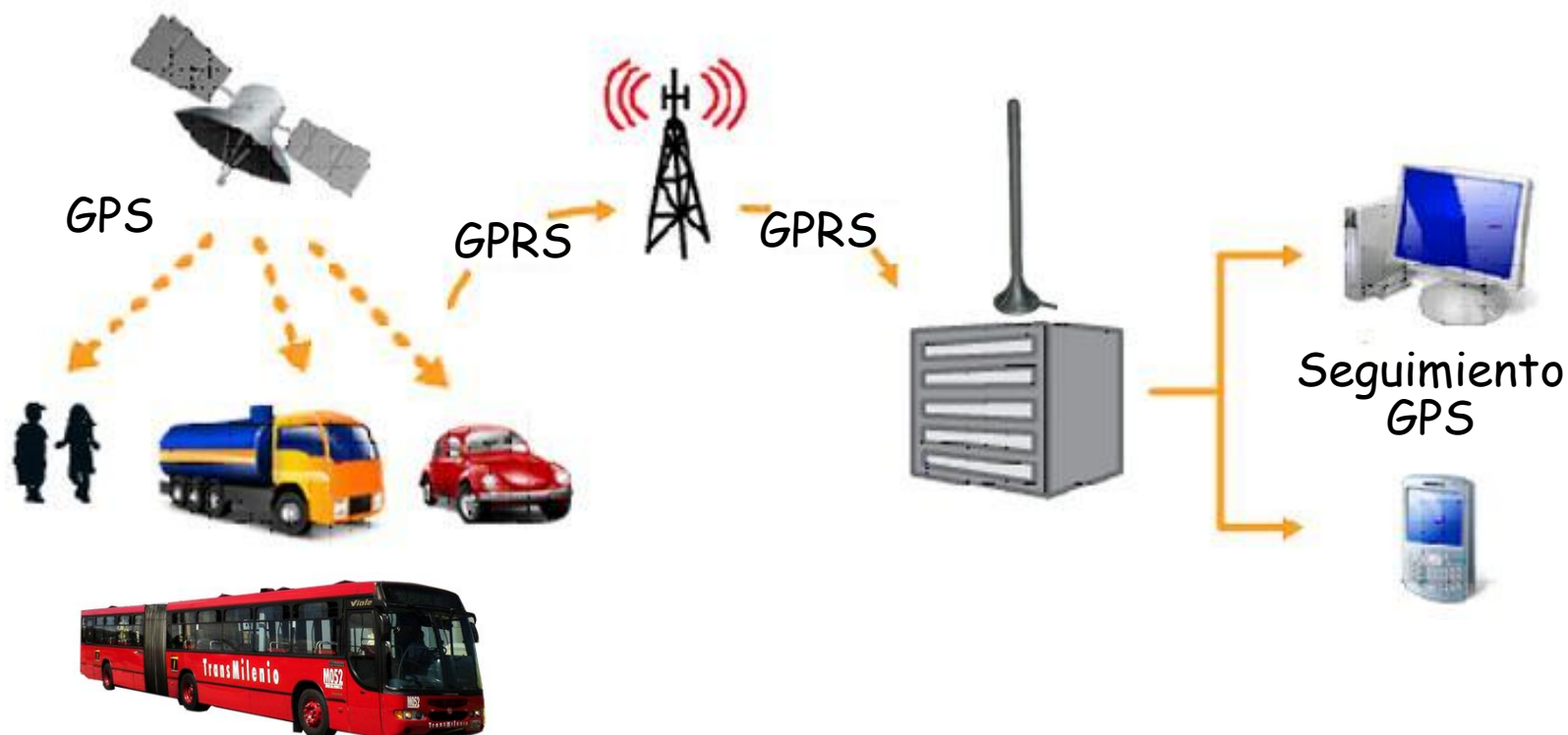
Transfiere información de tasación desde SGSN y GGSN al Sistema de Facturación

Esta funcionalidad puede implementarse en un equipo centralizado o en forma distribuida en SGSN y GGSN



Servicios

Localización de vehículos/Control de flotas



Servicios

Cajeros
Automáticos



Datáfonos
inalámbricos



Telemetría



Temario

- Introducción
- GSM (Global System for Mobile Communications)
- GPRS (General Packet Radio Service)
- 3G (UMTS)
 - Tercera Generación
 - UMTS
- 4G (IMT-A) y ¿5G?

Tercera Generación

Limitaciones de 2G

- Centrada en la voz
 - Diseñada para aplicaciones de telefonía
 - Esquema de conmutación de circuitos
 - BER (Bit Error Rate) alto
 - Baja velocidad de datos ($\leq 14,4$ Kbps)
- Demasiados estándares en el mundo
 - GSM, CDMA, PDC (Japón), PHS (Japón, China), ...
- Redes aisladas
 - Basadas en señalización MAP/SS7
 - Basadas en señalización IS-41/SS7
 - Dificultad para hacer itinerancia entre estas redes

Tercera Generación

Acciones iniciales:

- Desde 1985 se establecieron en la UIT grupos de trabajo para buscar solución a estas limitaciones
- La UIT impulsó un proyecto de amplia cooperación internacional conocido como **IMT-2000** o **Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000**, más adelante también conocidos como **Sistemas Móviles de Tercera Generación o 3G**



Tercera Generación

Aspectos claves:

- Alto grado de **uniformidad** de diseño a escala **mundial**
- Itinerancia (roaming) **mundial**
- Capacidad para aplicaciones **multimedia** y una amplia gama de servicios y terminales (ej. video y teleconferencia, Internet de alta velocidad, voz y datos de alta velocidad, datos hasta 2 Mbps)



Tercera Generación

Qué es 3G?

- Es la tercera generación de tecnologías para redes móviles, que sustituye a 2.5 G
- Permite a los operadores ofrecer servicios como **telefonía inalámbrica, videollamadas y datos inalámbricos de banda ancha** en un entorno móvil
- Provee velocidades de datos **de canal** de hasta 14,4 Mbps de bajada y 5,8 Mbps de subida
- Basada en la familia de estándares IMT-2000 de UIT
- **3GPP (3rd Generation Partnership Project)** continuó el trabajo definiendo un sistema que cumple el estándar: **UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**





Tercera Generación



3GPP (3rd Generation Partnership Project)

Acuerdo de colaboración entre organismos de estandarización de telecomunicaciones:

- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) (USA)
- Association of Radio Industries and Businesses/
Telecommunication Technology Committee (ARIB/TTC) (Japón)
- Telecommunication Technology Committee (TTC) (Japón)
- China Communications Standards Association (CCSA)
- Telecommunications Technology Association (TTA) (Corea del Sur)

Establecido en 1998 para producir especificaciones técnicas para sistemas 3G basados en IMT-2000.

En la actualidad trabaja en sistemas 4G.

Sus estándares se estructuran como Entregas (**Releases**)

Tercera Generación

Visión de 3G

- Espectro común en todo el mundo:
1.920-1.980 MHz y 2.110-2.170 MHz
- Amplia gama de nuevos servicios
- Centrado en los datos (como Internet) y orientado a multimedia
- Velocidades de datos de hasta 2 Mbps
- Itinerancia (roaming) global transparente
- Seguridad y rendimiento mejorados
- Soporte a una variedad de terminales (de PDA a PC de escritorio)
- Uso intensivo de tecnologías de Red Inteligente

Tercera Generación

Requisitos de transmisión de datos:

Fuente: Adaptado de UWCC

**Velocidad de datos
ambiente móvil**

Macrocelda:
muy alta velocidad
(<500 km/h), exteriores

144 Kbps

**Velocidad de datos
caminando**

Macro/microcelda:
velocidad de peatón o
moderada
(<120 km/h), exteriores

384 Kbps

**Velocidad de datos
ambiente interior**

Picocelda:
exteriores o interiores,
alcance corto

2 Mbps



Tercera Generación

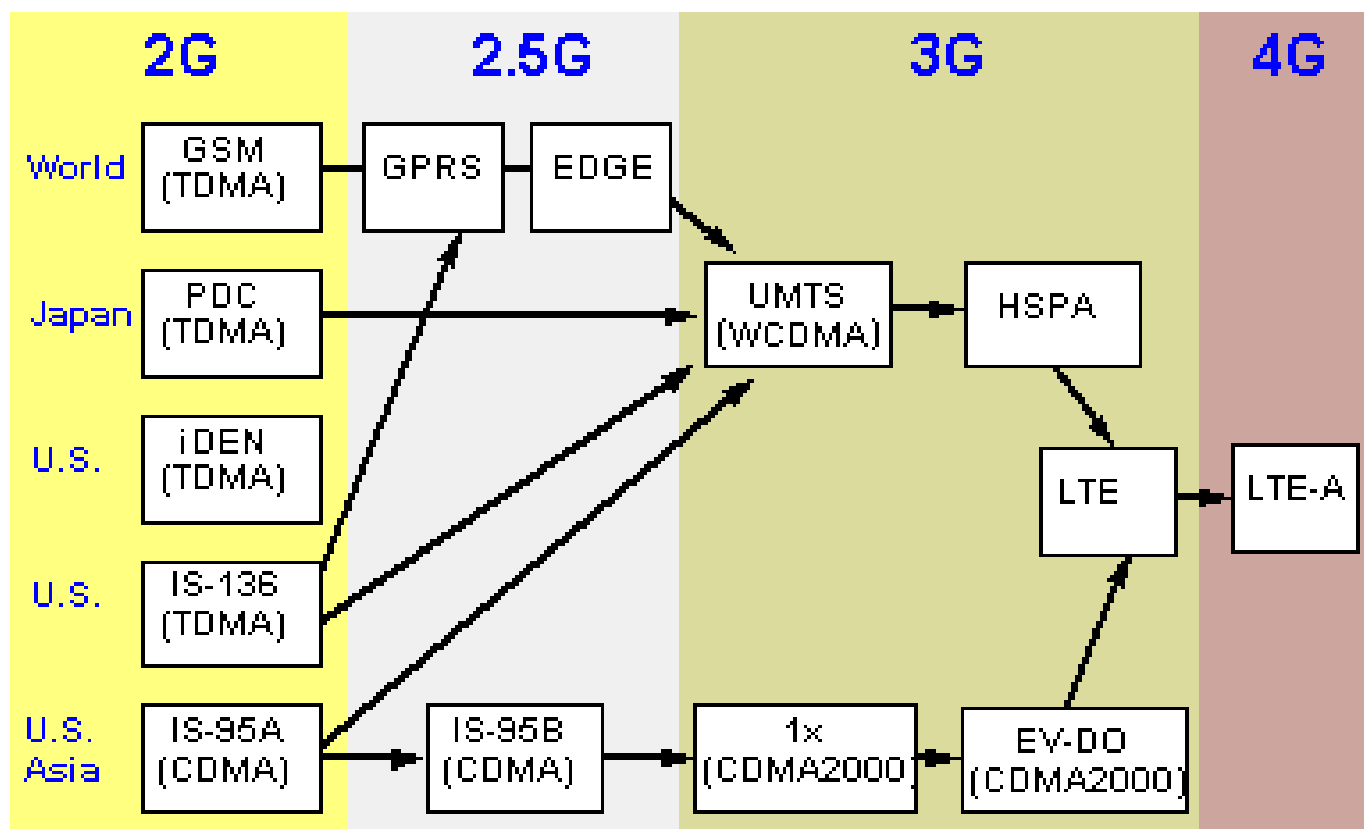
Aplicaciones

- Para el consumidor
 - Flujos de video, estaciones de TV
 - Videollamadas, videoclips: noticias, música, deportes
 - Juegos mejorados, chat, servicios de localización
- Para los negocios
 - Teletrabajo a alta velocidad, acceso VPN
 - Automatización de la fuerza de ventas
 - Videoconferencia
 - Información financiera en tiempo real



Tercera Generación

Evolución a 3G



<http://computer.yourdictionary.com/gsm>

Tercera Generación

EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution)

Básicamente es una actualización para las redes GSM/GPRS e IS-136/GPRS que opera sobre el mismo espectro

Está basado en la misma técnica de acceso (TDMA) y realiza procesos adicionales para optimizar la utilización del espectro y permitir tasas de transferencia de datos más altas: 384 Kbps

Tercera Generación

CDMA2000 (1X)

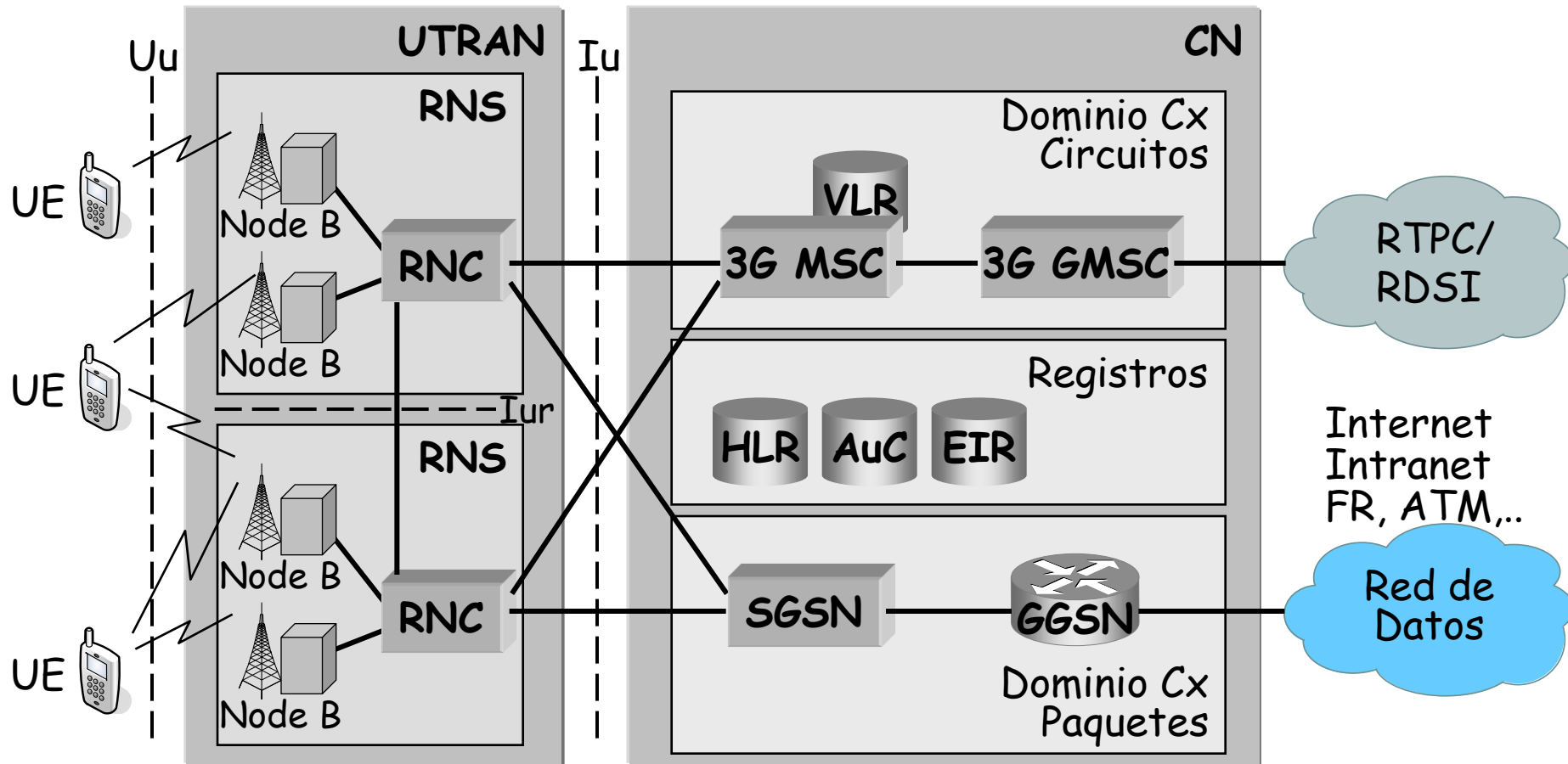
- Primera evolución de CDMA.
- Trabaja sobre el mismo espectro de CDMAOne (1.25 MHz).
- Permite obtener velocidades de hasta 144 Kbps.

UMTS

- Utiliza WCDMA en la interfaz aérea
- Especificado por 3GPP bajo el estándar IMT-2000
- Basado en los conceptos de GSM/EDGE
- Utiliza un espectro de 5 MHz (4 veces el de CDMA2000 y 24 veces el de GSM)

UMTS (3G)

Universal Mobile Telecommunications System Arquitectura de la Red



UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network CN: Core Network
 RNS: Radio Network Subsystem RNC: Radio Network Controller

UMTS (3G)

Dos componentes fundamentales:

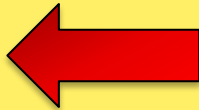
- Red de acceso (UTRAN - Universal Terrestrial Radio Access Network):

Establece las conexiones entre las estaciones móviles y el resto de la red. Se compone de:

- RNC (Radio Network Controller): Su función básica es controlar los recursos de radio: asignar frecuencias, controlar los niveles de potencia, gestión de códigos.
 - BTS node: Sirve una celda específica y es controlado por RNC
- Núcleo de la red (Core Network):

En líneas generales, mantiene la estructura de una red núcleo GSM con capacidades GPRS. Por lo tanto, es una red habilitada para servicios de voz y datos.

Evolución de 3GPP

2G	Phase 1 (1992) a Release 96 (1997): GSM
2.5G	Rel. 97 (1998): GPRS Rel. 98 (1998): EDGE
3G	Rel. 99 (2000): UMTS/WCDMA
3.5G	Rel. 5 (2002): HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) Rel. 6 (2005): HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)
3.9G	Rel. 7 (2007): HSPA+ (Evolved High Speed Packet Access) IMS (IP Multimedia Subsystem)  MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)
4G	Rel. 8 (2008): LTE (Long Term Evolution) Rel. 9 (2009): Interoperabilidad LTE/WiMAX Rel. 10 (2011): LTE Avanzada

Temario

- Introducción
- GSM (Global System for Mobile Communications)
- GPRS (General Packet Radio Service)
- 3G (UMTS)
- 4G (IMT-A) y ¿5G?
 - LTE (Previo a 4G)
 - IMT-A (International Mobile Telecommunications-Advanced)
 - ¿Cómo será 5G?

LTE (pre-4 G)

Long Term Evolution

- Es la **evolución** de 3G (UMTS) hacia 4G
- El 3GPP empezó a trabajar en LTE en 2004
- Fue estandarizada en la Release 8 (2008)
- Aunque no cumple los requerimientos establecidos por la UIT-R (IMT Avanzada), se promociona como 4G:
 - Velocidad pico de datos de hasta 1 Gbps
 - Funcionalidad e itinerancia (roaming) a nivel mundial (y entre redes de distinto tipo)
 - Compatibilidad de servicios
 - Interfuncionamiento con otros sistemas de acceso por radio (e.g. WiMAX)

LTE (pre-4 G)

Características

- Velocidad pico de datos
 - 100/50 Mbps DL/UL (ancho de banda de 20 MHz)
- Hasta 200 usuarios activos en una celda (5 MHz)
- Latencia en el plano de usuario de menos de 5 ms
- Optimizado para el dominio de datos por paquetes, soportando VoIP
- Movilidad (handover)
 - Optimizada para 0 - 15 Km/h
 - 15 - 120 Km/h soportada con alto rendimiento
 - Soportado hasta 350 Km/h
- Flexibilidad del espectro: 1,25 - 20 MHz
- Soporte mejorado para QoS terminal a terminal
- Celdas de hasta 100 Km

DL: Downlink
UL: Uplink

LTE (pre-4 G)

Tecnologías habilitantes

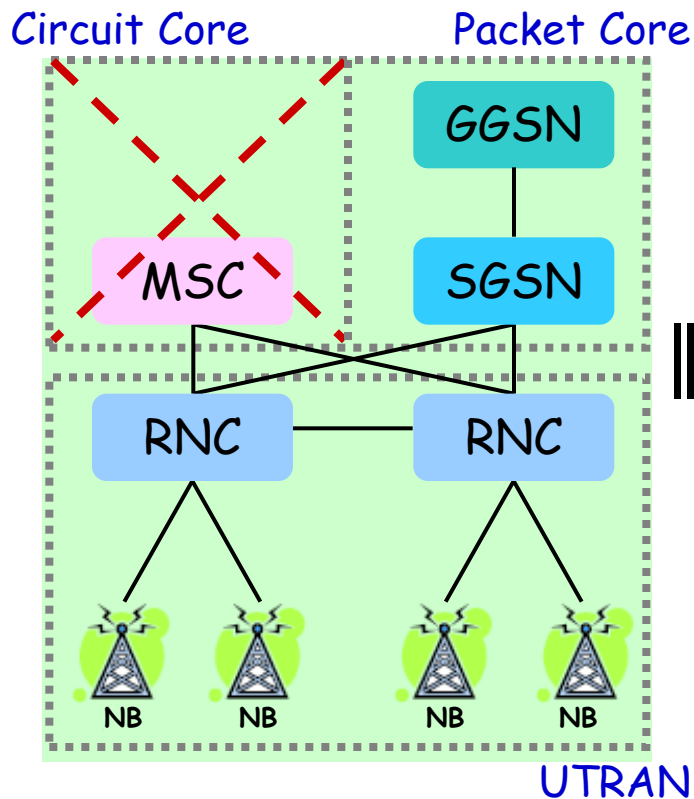
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing):
Usado en enlaces de bajada
- SC-FDMA (Single Carrier FDMA): Enlaces de subida
- Antenas MIMO (Multi-Input Multi-Output)
- Ecualización en el dominio de la frecuencia
- Planificación de recursos multiportadora dependiente de canal
- Reuso fraccional de frecuencias

LTE (pre-4 G)

Arquitectura de la red

Aplanada (RNC en eNB), completamente IP

UMTS



LTE

EPC



E-UTRAN

MME: Mobility Management Entity S-GW: Serving Gateway P-GW: Packet GW
EPC: Evolved PC E-UTRAN: Evolved UTRAN e-NB: E-UTRAN Node-B (BTS)

LTE (pre-4 G)

Arquitectura de la red

La evolución de UMTS se da en dos partes

- **En el Núcleo de la Red.** Responde al avance mundial hacia las aplicaciones de **paquetes de datos** (Internet) EPC soporta la **convergencia** de servicios basados en paquetes de tiempo real (VoIP) y no tiempo real
- **En la Red de Acceso.** Responde a las necesidades de **mayor ancho de banda inalámbrico**

E-UTRAN ofrece alta velocidad, baja latencia y un acceso de radio optimizado para paquetes

Vocabulario de 3GPP:

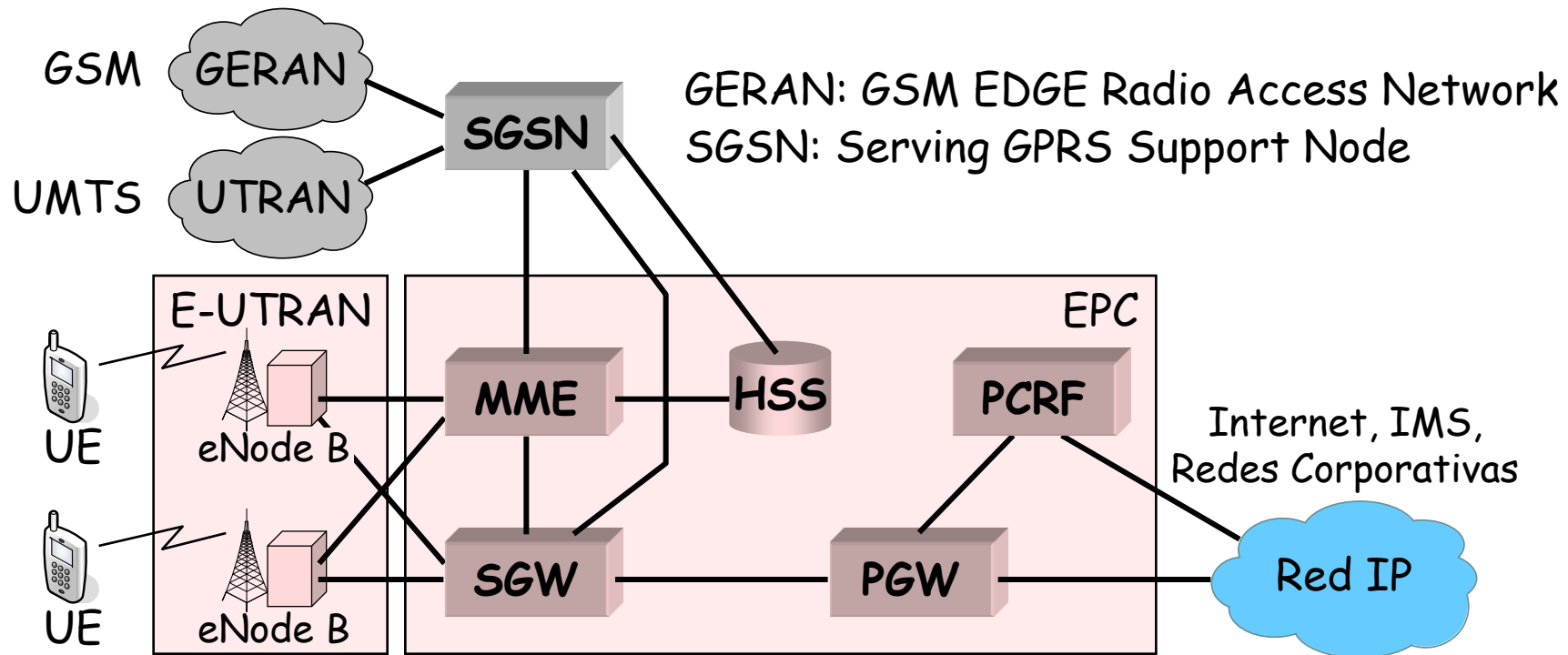
E-UTRAN es referido como LTE (Long Term Evolution)

EPC es referido como SAE (System Architecture Evolution)

La evolución de UMTS es referida como EPS (Evolved Packet System)

LTE (pre-4 G)

Arquitectura de la red



MME: Mobility Management Entity

S-GW: Serving Gateway (3GPP Anchor)

P-GW: Packet Data Network Gateway (SAE Anchor)

HSS: Home Subscriber Server

PCRF: Policy and Charging Rules Function

LTE (pre-4 G)

Arquitectura de la red

- **MME (Mobility Management Entity)**. Gestiona:
 - Procedimientos de seguridad (autenticación y cifrado)
 - Sesión Terminal-Red (establ. de conexiones y QoS)
 - Movilidad (localización del terminal)
- **S-GW (Serving Gateway)**. Terminación de la interfaz de paquetes de datos hacia E-UTRAN. Ancla el plano de usuario para movilidad entre el acceso LTE y los accesos 2G/3G.
- **P-GW (Packet Data Network Gateway)**. Terminación de la interfaz de paquetes de datos hacia Redes de Paquetes de Datos. Ancla el plano de usuario para movilidad entre los accesos de sistemas 3GPP y los accesos de sistemas no 3GPP.
- **HSS (Home Subscriber Server)**. Conjuga HLR y AuC.
- **PCRF (Policy and Charging Rules Function)**. Gestiona las reglas para determinar el acceso y uso de los recursos por el usuario, y su facturación.

VoLTE

Compatibilidad con las redes:

- **CSBF** (Circuit-Switched FallBack): Separar el sistema de datos (LTE) del sistema de voz (GSM / UMTS), no permite conexión simultánea.
- **SRVCC** (Single Radio Voice Call Continuity): Trabaja con CSBF y otros métodos de VoLTE para permitir la continuidad en las llamadas al entrar en redes no LTE.

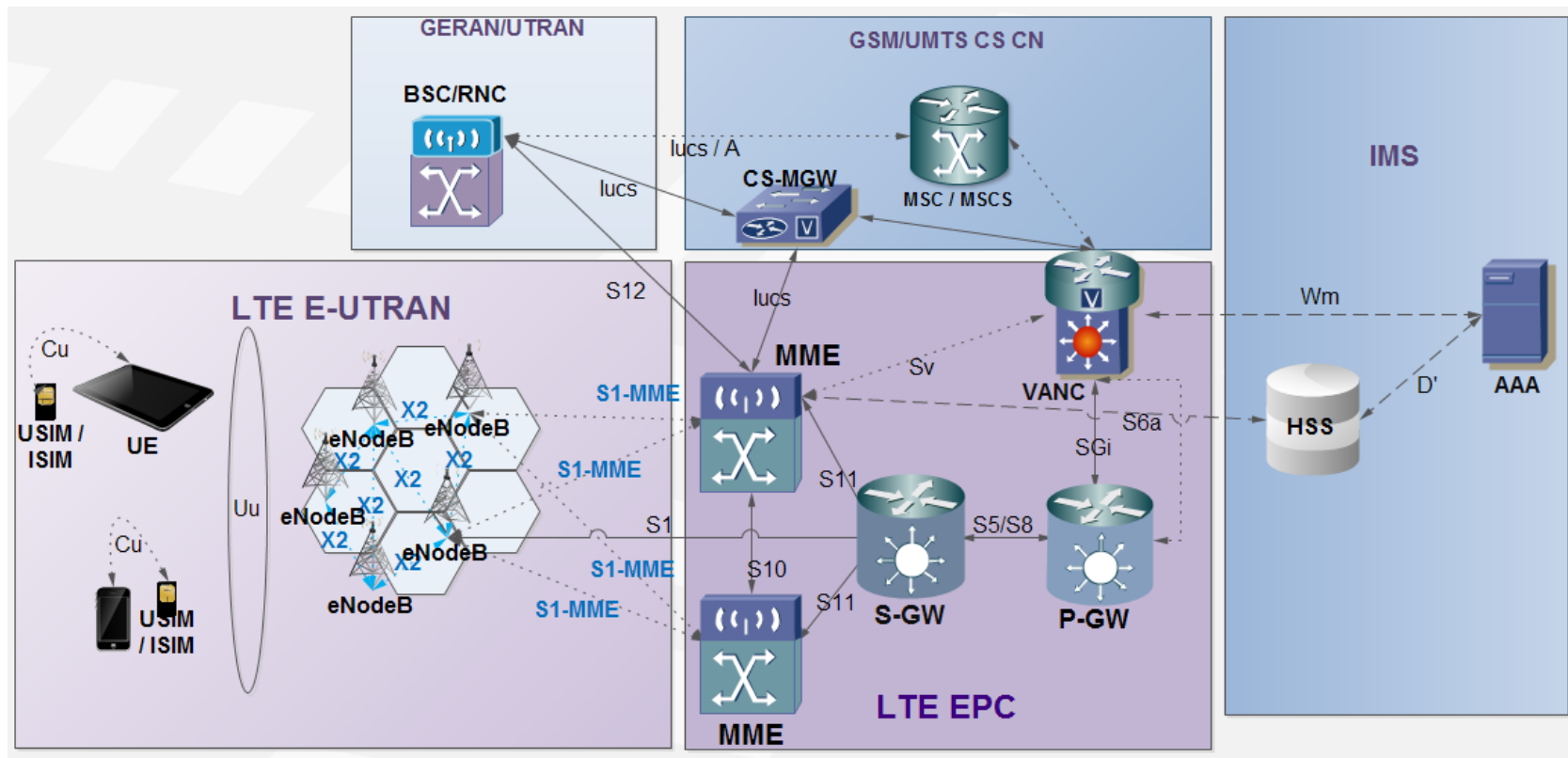
VoLTE

Compatibilidad con las redes:

- **VoLGA** (Voice over LTE Generic Access): El sistema de datos y de voz funcionan sobre la misma red, pero la interfaz aérea emula una red *GSM*, por lo que terminales LTE y no LTE se pueden conectar.

VoLTE

VoLGA



VoLTE

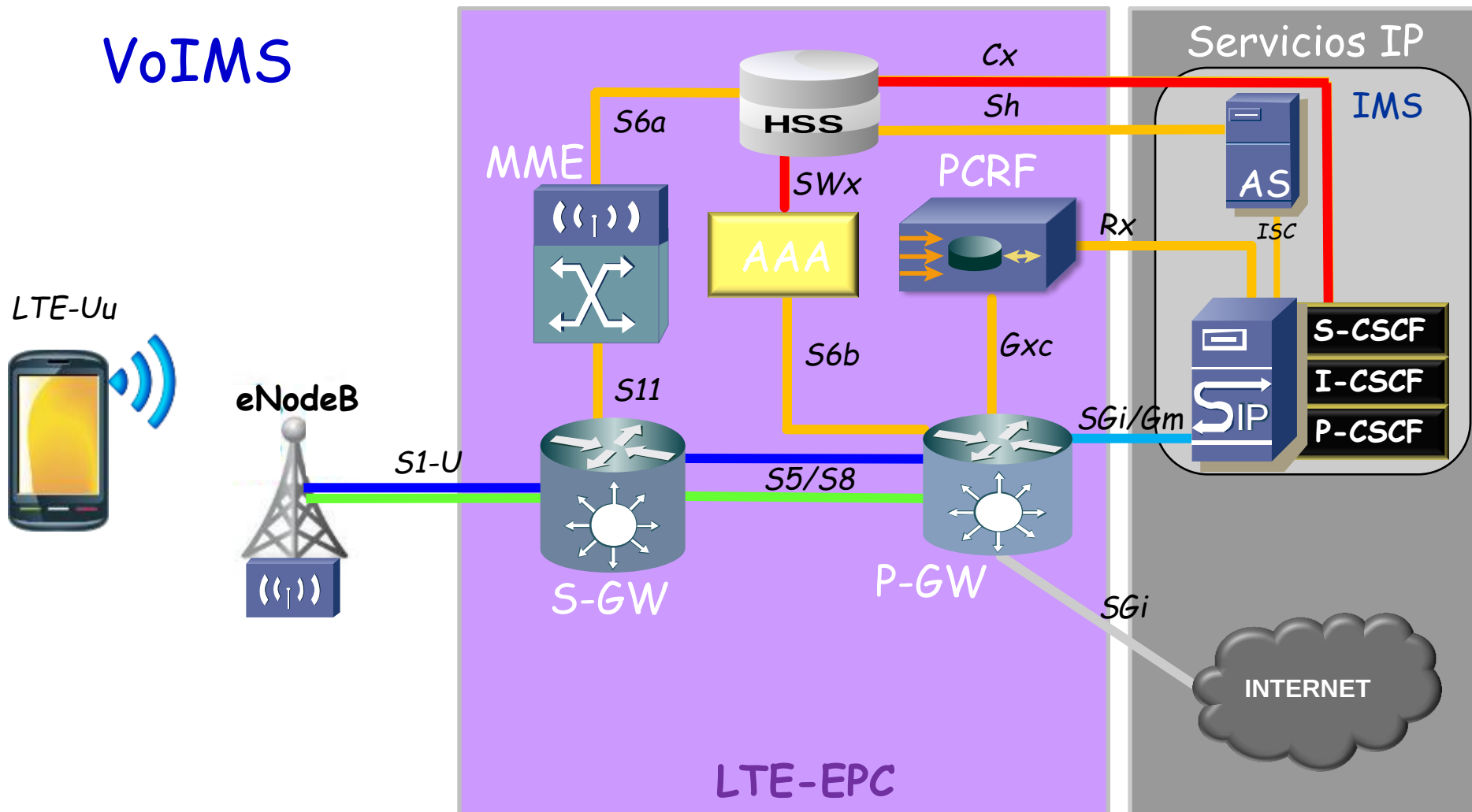
Compatibilidad con las redes:

- **VoIMS** (Voice over IMS): Permite ofrecer servicios de telecomunicaciones básicos y avanzados, además de datos, utilizando únicamente el EPC y el IMS, sin importar realmente el acceso (orientación NGN).

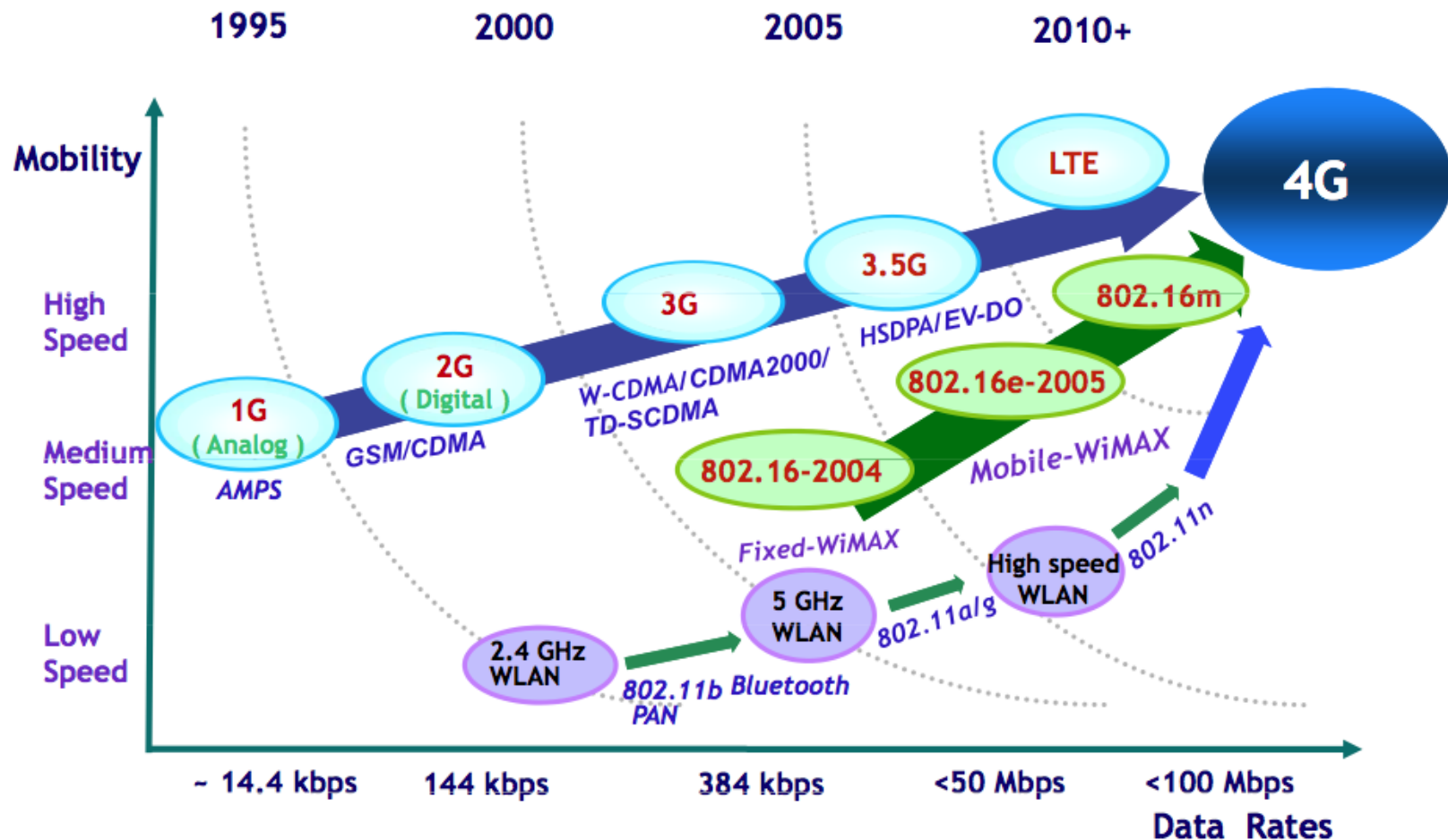


VoLTE

VoIMS



IMT-A (True 4G / 4.5 G)



IMT-A

Requerimientos específicos

- Basado completamente en IP (sólo conmutación de paquetes).
- Interoperabilidad con otros estándares.
- Transmisión de datos a 1Gb/s cuando se está quieto y a 100Mb/s cuando se mueve a altas velocidades.
- Asignación de recursos dinámica para soportar más usuarios simultáneos por celda.
- Canal de ancho de banda escalable (5-20 MHz).
- Eficiencia espectral de 15 - 6,75 bits/s/Hz en DL - UL.
- Alta compatibilidad con otros sistemas inalámbricos que permita la itinerancia a nivel global.
- Capacidad para ofrecer una QoS alta en servicios multimedia.

IMT-A

Tecnologías principales

- MIMO multi-antena y multi-usuario (MIMO cooperativo).
- Turbo-códigos con corrección automática de errores.
- Planificación basada en canales.
- Adaptación de enlace, o codificación y modulación adaptativa.

IMT-A

Predecesores directos

- LTE
- Mobile WiMAX
- WiBro
- Ultra Mobile Broadband
- Flash-OFDM
- iBurst

IMT-A

Candidatos

- LTE-Advanced
- WiMAX 2 (WiMAX-Advanced)

¿5G?

Pilares guía

- Acceso inalámbrico heterogéneo para la conformación de redes ultra-densas.
- Flexibilidad en la red definida por software.
- Sistemas de operación y gestión simplificados y centrados en el usuario.

¿5G?

Un ejemplo temprano:

Project fi, de Google

- <https://fi.google.com/about/network/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=7yIPiJipPDc>

Bibliografía

- B. Walke, R. Seidenberg and M. P. Althoff (2003). "UMTS: The Fundamentals". Ch. 4 "UMTS System Architecture". John Wiley & Sons, Chichester, U. K.
- Z. Aziz, S. Hussain, K. Kumar (2006). "3G And Beyond". Regional Telecom Training Centre Rajpura (RTTC), Rajpura, India.
- J. Eberspächer, H.-J. Vögel, C. Bettstetter, C. Hartmann (2009). "GSM: architecture, protocols and services", 3rd Ed., John Wiley & Sons, Chichester, U. K.
- GSMA (2010). "GSM World Coverage". GSM Association & Europa Technologies Ltd. http://www.coveragemaps.com/gsmposter_world.htm
- GSMA (2011). "Market Data Summary". GSM World. http://www.gsmworld.com/newsroom/market-data/market_data_summary.htm
- R. Herradón (2007). "Comunicaciones Móviles. GSM". OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid. <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales>
- J. A. Hurtado y F. O. Martínez (2010). "Redes Móviles". Transparencias. Universidad del Cauca.
- A. Kavak (2008). "Mobility Management, Call Routing & Security". GSM Systems, Lecture 5, Kocaeli University, Izmit, Turkey.
- P. Lescuyer and T. Lucidarme (2008). "Evolved Packet System (EPS): The LTE and SAE Evolution on 3G UMTS". John Wiley & Sons, Chichester, U. K.
- H. G. Myung (2008). "Technical Overview of 3GPP LTE". <http://www.scribd.com/doc/5539254/3gpp-LTE-Overview>

Bibliografía

- Moray Rumney, "IMT-Advanced: 4G Wireless Takes Shape in an Olympic Year", Agilent Measurement Journal, September 2008.
- Jose F. Monserrat, Irene Alepuz, Jorge Cabrejas, Vicente Osa, Javier López, Roberto García, María José Domenech and Vicent Soler, "Towards user-centric operation in 5G networks", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking (2016).