REDES DE QUINTA GENERACIÓN
NIVEL 1
Módulo 1

CePETel

Prof. José Luis Pellegrino

TEMARIO

MODULO 1
La evolución histórica de las redes móviles. 2G/3G/4G.
Rol de 3GPP en la standarización.
Redes 4: LTE y EPC.
Conceptos heredados de LTE. Conceptos específicos de 5G.

MODULO 2
Motivadores para el despliegue de una red 5G. Por dónde empezar.
Concepto de Dual Connectivity.
Los terminales: Bandas, road map, chipsets. Impacto en la estrategia de despliegue.
La red de Acceso: Bandas, aspectos de propagación, ancho de banda.
El Núcleo: arquitectura a alto nivel.

MODULO 3
Arquitectura NSA. Visión de alto nivel.
Opciones de interconexión.
Planificación de red 5G inicial. Casos de uso.
DSS.Conceptos, posibles aplicaciones.

MODULO 4
Arquitectura SA. Visión de alto nivel.
Principales Desafíos de SA..
Impacto de 5G en IMS y servicios de tiempo real.

LTE & EPC

CePETel Sindicato de los Profesionales de las Telecomunicaciones

SECRETARÍA TÉCNICA

IPEI

EVOLUCIÓN HISTÓRICA

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- UNA MIRADA AL PASADO Y AL FUTURO

48 años desde la primera llamada móvil

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- UNA MIRADA AL PASADO Y AL FUTURO

Hace 48 años, se cursaba la primera llamada celular de la historia.

El 3 de abril de 1973, en Nueva York, el ingeniero Martín Cooper, directivo de la empresa Motorola, realizó el primer llamado telefónico celular de la historia, al comunicarse con su rival tecnológico, Joel S. Engel, de la compañía Bell Labs.

Aquel día, desde la Sexta Avenida de Nueva York, Cooper se comunicó con Engel algunos minutos antes de ofrecer una conferencia de prensa en el Hotel Hilton, en la que anunció al mundo que la telefonía móvil ya era una realidad.

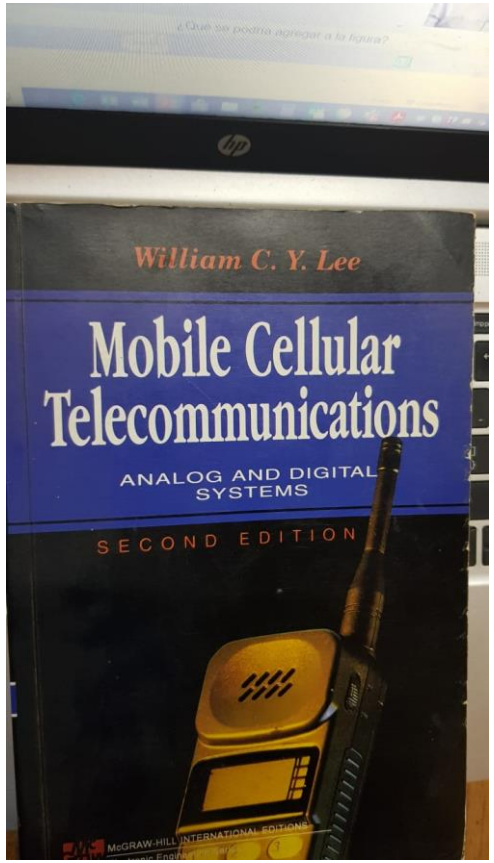
El histórico llamado fue cursado mediante el primer teléfono celular de la historia: un prototipo de Motorola Dyna TAC 8000x que medía 33 centímetros, pesaba más de un kilogramo y demoraba 10 horas en completar la carga de su batería.

Durante 1984, el Motorola Dyna TAC 8000x salió oficialmente al mercado con un precio de venta de 3.995 dólares. Aunque se trató de un artículo lujoso, que rápidamente adquirió simbología de estatus, en tan sólo un año se vendieron 300 mil unidades. https://latam.historyplay.tv/hoy-en-la-historia/2021-04-03

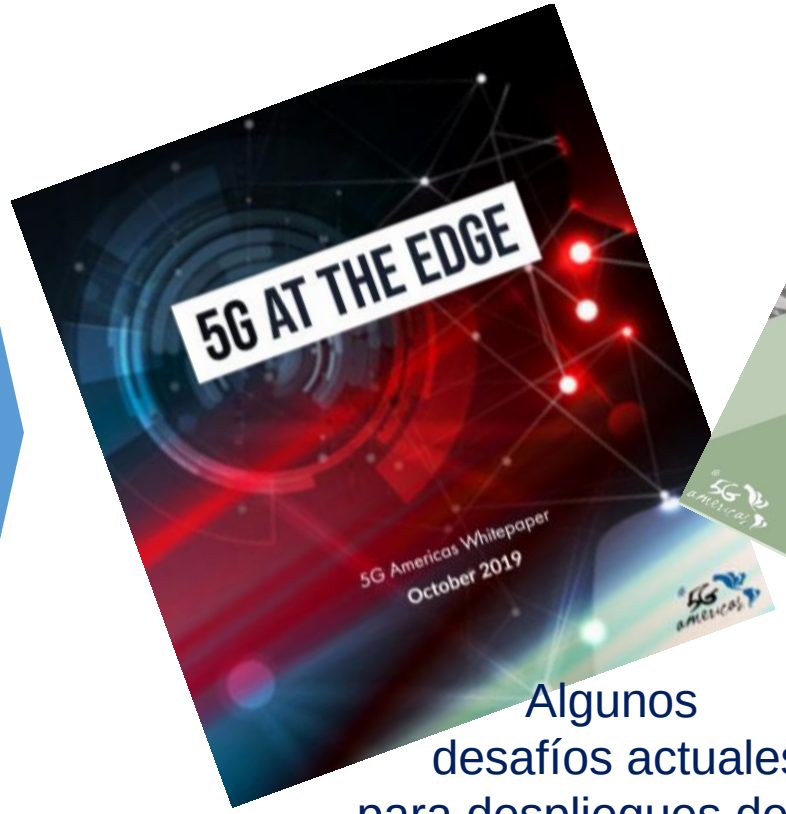
LA EVOLUCIÓN MÓVIL- UNA MIRADA AL PASADO Y AL FUTURO

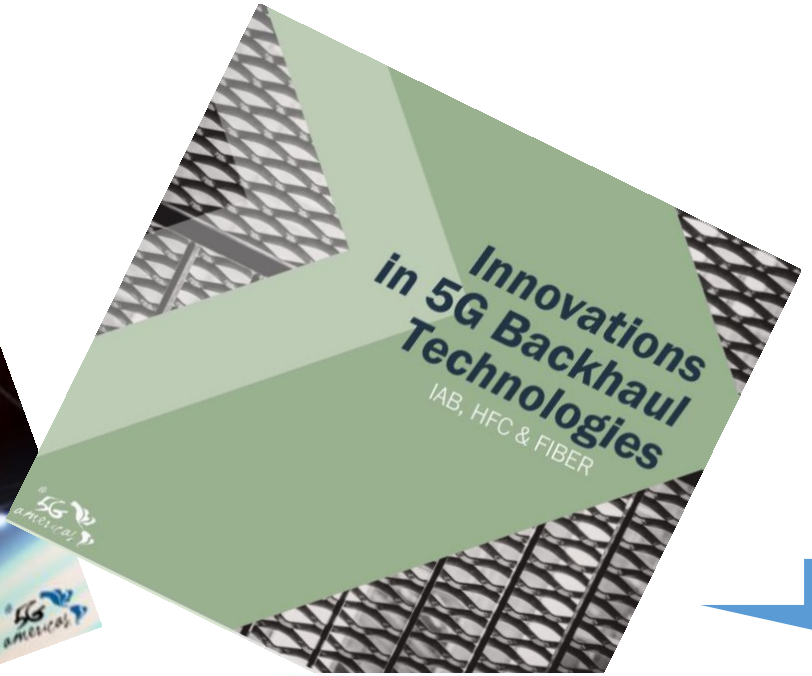
Viaje desde “Dyna TAC 8000x” a los dispositivos 5G

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- UNA MIRADA AL PASADO Y AL FUTURO



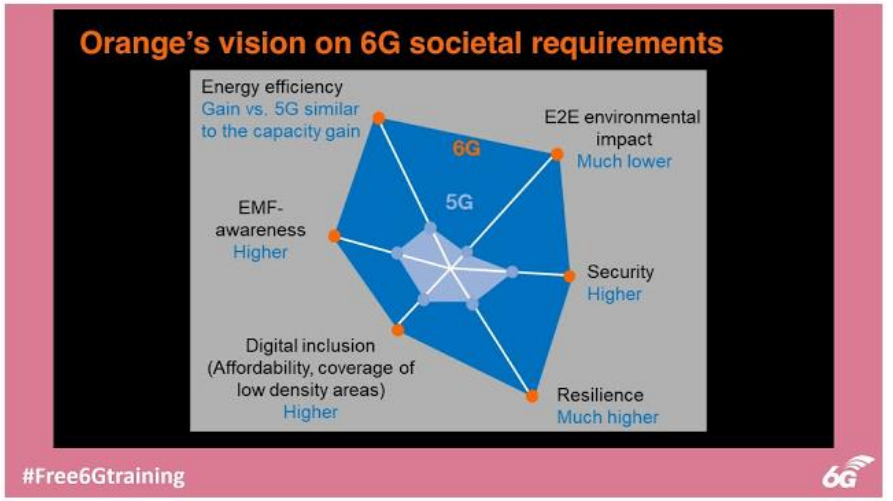
No hace tanto tiempo





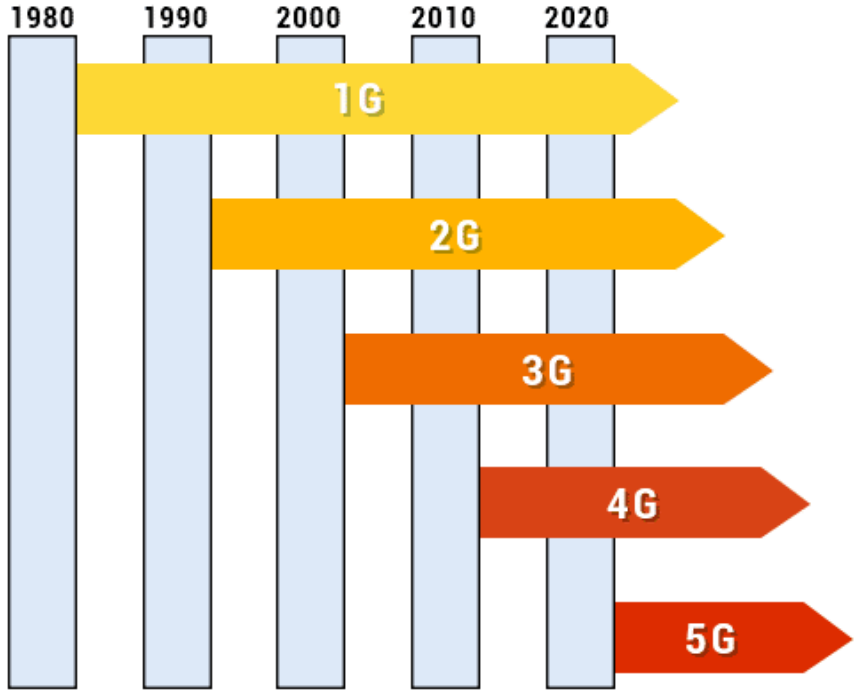
Algunos
desafíos actuales
para despliegues de 5G

Lo cimientos de 6G



LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Se suele asignar a cada etapa evolutiva de las redes móviles una letra “G” a la que antecede un índice. Cada generación ha traído cambios respecto de la anterior, tanto en la tecnología, las bandas usadas, los dispositivos así como las prestaciones y arquitecturas que subyacen detrás de las mismas.



Solo Voz, sistemas analógicos

Voz y datos de baja velocidad, sistemas digitales, dos dominios

Voz y datos de mayor velocidad, sistemas digitales, dos dominios

Voz y datos de alta velocidad, sistemas digitales, un solo dominio

Voz, datos, mayor velocidad, menor latencia, m2m, mmW, sistemas digitales, un solo dominio

¿Qué se entiende por dominio?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Antes de la Primera Generación (1G)

Antes de la era celular:

Sistema con un número mínimo de antenas.
Estaciones de gran potencia, terminales de gran potencia, tamaño y autonomía limitada

Telefonía celular:

Incremento en la capacidad de tráfico y mejora de la cobertura.
Número de frecuencias y canales limitados
Re uso de frecuencias a distancias razonables
Reducción de la potencia. La estación base y el equipo terminal a menor distancia uno de otro

PTT (Push to Talk)
MTS (Mobile Telephone System - Sistema de Teléfono MTS Móvil). asistido por operador en comunicaciones con la red fija
IMTS (Improved Movile Telephone System - MTS Mejorado). Dos canales / ya no operador
AMTS (Advanced Mobile Telephone System - Sistema de Telefonía Móvil de Avanzada). 900 MHz solo en Japón
OLT (Offering Landmobil Telefony ó Public Land Mobile Telephony). Noruega
MTD (Mobile Telephony system D - Sistema de Telefonía Móvil D). 450 MHz, Suecia desde 1971 hasta 1987
Autotel/PALM (Public Automated Land Mobile). Aparece señaliz digital, era rural, aún no era “telefonía Celular”
ARP (Autoradiopuhelin/”Car Radio Phone” - “Radio-Teléfono de Coche”) . Finlandia, primera red de telefonía

¿Qué le faltaba a esta “red” ?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Antes de la Primera Generación (1G)

*Algunos datos históricos de **MTS e IMTS** (Improved Movile Telephone System - MTS Mejorado).*

MTS 40 MHz 11 canales
IMTS MJ 150 MHz 11 canales
IMTS MK 450 MHz 12 canales

En 1976, la ciudad de New York tenía 6 canales asignados de MJ para 320 clientes y otros 6 canales MK para 225 clientes.

Cual era la probabilidad de bloqueo para esa cantidad de clientes y de canales?

El sistema de telefonía móvil, tenía severas limitaciones:

- -Capacidad limitada
  - Se requerían nuevas estrategias:
    - SSB (para mayor eficiencia de espectro)
    - Red Celular
    - Spread Spectrum
- -Baja performance (el ejemplo de NYC)
- -Uso ineficiente del espectro: núm máximo de clientes por canal (en el ej. de NYC era de 53 y 37 respectivamente)

SSB: Single side band

¿Cuál era la probabilidad de bloqueo vs duración de llamada en el modelo Erlang B?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Antes de la Primera Generación (1G)

- Evolución de los ***dispositivos***, desde los primeros radios o “Handies” hasta los actuales dispositivos MM.

- Evolución de la ***red***, desde el mas rudimentario esbozo de los años ‘50 hasta las redes actuales que corren en ambiente cloud.

En los años ‘40 Motorola lanzó al mercado su primer modelo de Handie Talkie, el H12-16, dispositivo que trabajaba 550 MHz, una “revolución” en las comunicaciones de esos días.
No era un dispositivo celular tal como lo concebimos hoy.

La red de radio: Bell Labs 1947 (AT&T), aparatos en autos de policía
Primer teléfono móvil, 1973, Martin Cooper, Motorola. John Engel, Bell Labs.
Primer teléfono comercial, NTT, 1979
Entre 1973 y 1979, la FCC autoriza a Illinois Bell Telephone Co, una red ***celular*** en Chicago (Sistema comercial de telefonía ***celular)***, luego en Washington D.C. y Baltimore a American Radio Telephone Service, Inc.

Proyecto DynaTAC 8000X, es presentado oficialmente en 1984.
DynaTAC 8000X, pantalla LED y casi 1 kg de peso, 33.02 x 4,445 x 8,89 cm, autonomía 1 hora de comunicación y ocho horas en stand-by.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Antes de la Primera Generación (1G)

DynaTAC 8000X,

Discutir la asignación de la banda de 800 MHz por parte de la FCC en los ´70. 75 /40/20.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de red móvil de Primera Generación (1G)

Radio Analógica

Tx TDM

Núcleo de Circuitos

Surgen ideas que hoy son comunes, como la asignación de bloques o bandas a mas de un operador.
Ya en esos días la FCC Reserva bloques de 20 MHz, lo cual posibilitaba 333 + 333 canales (30 KHz)

Primeros teléfonos móviles, gran tamaño y peso
Acceso analógico, solo voz (la mensajería instantánea era un futuro “muy lejano”)
Baja seguridad

¿Qué se destaca en la figura de arriba ?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Primera generación (1G)

La primera red móvil automatizada comercial fue lanzada por NTT en Japón en 1979. Luego en 1981 se produjo el lanzamiento del sistema de Telefonía Móvil Nórdica (NMT) en Suecia, Finlandia, Dinamarca, y Noruega en 1981.

Dos de los tres mayores suministradores del mundo, provienen de esos países.

- Año - 1970 - 1980
- Estándares – Aparece en Estados Unidos, ***AMPS (Advanced Mobile Phone System)***. Inglaterra (TACS y ETACS) o Japón (MCS-L1 ó JTAC).
- Servicios - Sólo voz
- Tecnología - analógica
- Multiplexación - FDMA
- Conmutación - conmutación de circuitos
- Core Network – *Muy similar en algunos aspectos a la PSTN*
- Frecuencia - 800- 900 MHz
- Ancho de banda de RF - 30 kHz. La banda tiene capacidad para 832 canales dúplex (en 25 MHz), entre los cuales 21 están reservadas para el establecimiento de llamada, y el resto para la comunicación de voz

Malas comunicaciones de voz y ninguna seguridad ya que las llamadas de voz se reproducen en las torres de radio.

Aparece el concepto de ***Hand Over***

¿Dónde se pone el acento en esta generación? ¿Cuál es la mayor aspiración?

¿Cuáles son los aspectos que no resuelve AMPS?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Primera generación (1G)

Otros standares

Hicap: Estándar desarrollado por NTT (Nippon Telegraph and Telephone). FDMA para el acceso, portadoras de 25KHz.

CDPC (Cellular Digital Packet Data - Paquetes de Datos Digitales de Celda): Banda de 800MHz a 900MHz. Velocidades de transferencia de hasta 19.2Kbps. Desarrollado en 1990, su implantación se vio mermada por su elevado coste frente a alternativas más económicas (y lentas) como son Mobitex y DataTac.

Mobitex: Estándar libre basado en el modelo de referencia OSI que comenzó a ser operativo en el año 1986. Creado a principios de los 80 por la sueca Televerket, y desarrollado a partir de 1988 por Eritel (colaboración Ericsson-Televerket), uno de sus objetivos fue asegurar comunicaciones seguras y fiables.

DataTac: Desarrollada por Motorola y desplegada en Estados Unidos bajo el nombre de red ARDIS. A mediados de los 90 también se desplegó en Australia una red basada en DataTac. En Canadá Bell Mobility usa esta tecnología para dar servicio de “beepers”. Banda de 800Mhz, 19.2Kbps sobre canales de 25Khz, red “a prueba de desastres” (sin indisponibilidad por sobrecarga de la red, como por ejemplo en el famoso 11S)

¿Qué queda pendiente a partir de AMPS? ¿Qué se puede decir de los Standares y Servicios?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Segunda Generación (2G)

Aparecen dos tecnologías: TDMA y CDMA (se pasa de telefonía analógica a Digital)

La primera tecnología en ofrecer voz, datos digitales y posibilidad de roaming fue GSM (TDMA).

•Año - 1980 -1990

•Tecnología - Digital

•Velocidad - 14kbps a 64 Kbps

•Banda de frecuencia - 850 - 1900 MHz (GSM) y 825 - 849 MHz (CDMA)

•Ancho de banda / canal - GSM divide cada canal de 200 kHz en bloques de 25 kHz El canal CDMA es nominalmente de 1,23 MHz

•Multiplexación / Tecnología de acceso - ***TDMA y CDMA***.

•Conmutación - Conmutación de circuitos (para la voz)

•Estándares - GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles), IS-95 (CDMA) - utilizado en América y partes de Asia, JDC (Celular Digital Japonés) (basado en TDMA), utilizado en Japón, iDEN (basado en TDMA) , **red de comunicación** propietaria utilizado por Nextel en los Estados Unidos.

•Servicios: Voz Digital, SMS, roaming internacional, servicios suplementarios (conferencia, llamada en espera, retención de llamada, transferencia de llamadas, bloqueo de llamadas, número de identificación de llamadas), grupos cerrados de usuarios (CUG), servicios USSD, autenticación, facturación basada en los servicios prestados a sus clientes, por ejemplo, cargos basados en llamadas locales, llamadas de larga distancia, llamadas con descuento, en tiempo real de facturación.

¿Dónde se pone el acento en esta generación? ¿Cuál es la mayor aspiración?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

GSM (Global System for Mobile Communications – Sistema Global para las comunicaciones Móviles)

Basado en TDMA
El estándar mas difundido de 2G
Nace en Europa pero llega a dominar el mercado mundial (> 80 % de la población mundial).
Compleja base de canales lógicos que permiten tanto transmisión de voz como de datos.
Bandas:

- GSM-1800: Principalmente en zonas urbanas de Europa.
- GSM-1900: Principalmente en zonas urbanas de Estados Unidos (ya que las otras frecuencias disponibles se utilizan con fines militares), Canadá y Latinoamérica junto con la modalidad GSM-850.
- GSM-900: En términos generales es el más utilizado en todo el mundo (más de 100 países han adoptado este estándar, pudiéndose así proporcionar un servicio a nivel internacional). El hecho de que en otros países haya proliferado el uso de los dos tipos de GSM anteriores, ha favorecido la aparición de los teléfonos denominados “tri-banda”.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

GSM (Global System for Mobile Communications – Sistema Global para las comunicaciones Móviles)

Dos bandas de 25 MHz: 890 – 915 MHz y 935 – 960 MHz.
Bandas se subdividen en subcanales de 200 KHz: ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Numbers)
Cada ARFCN, tiene un par de subcanales (forward y reverse) separados 45 MHz.

- Trama: 4615 µS (8 TS)
- TS: 576,92 µS (156,25 bits)
- Duración del bit: 3,692 µS
- Tasa de 1 ARFCN: (1000.000/4615)*8*156,25=270.833 Kbps

Comparar el ancho del bit /símbolo con el de LTE/NR

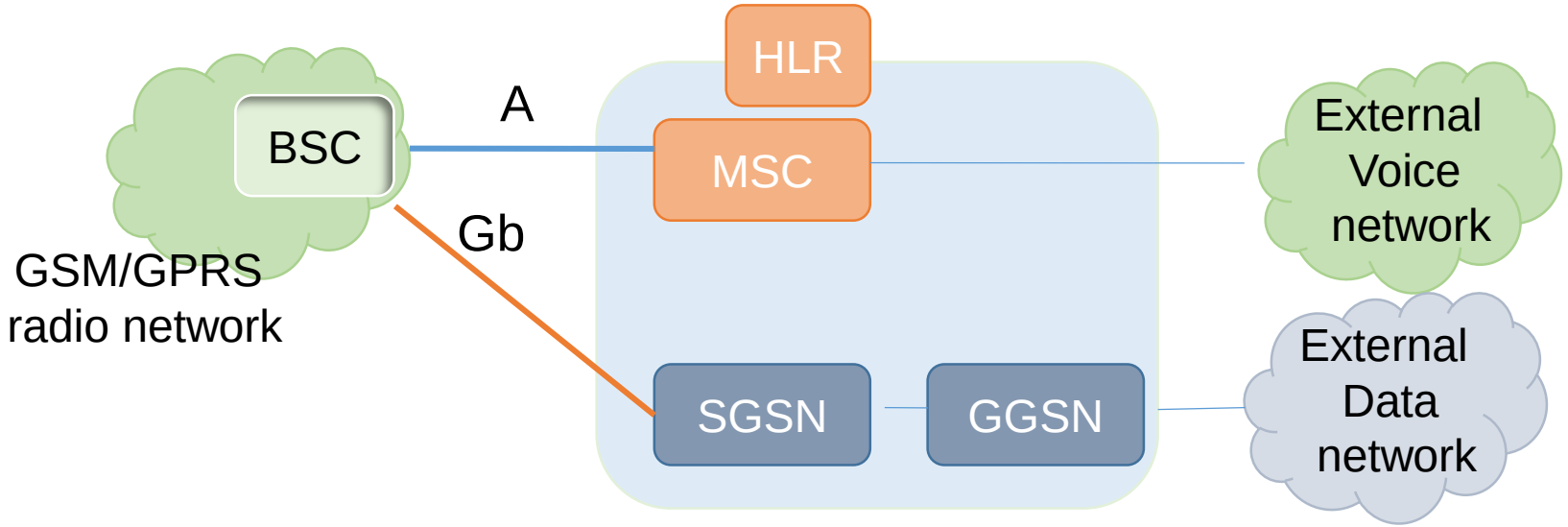
LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Segunda Generación (2G)

GSM (un éxito sin precedentes…….)

Desarrollado originalmente por **ETSI** en los ’80:1º 1991.
RAN : BSC /BTS
Core: basado en **TDM**: circuit switched telephony
MSC y HLR, interfaz “A”, solo telefonía

GPRS Core de paquetes: SGSN, GGSN, mediados de ‘90
interfaz “Gb”, modesta infraestructura de datos
UE muy limitados al comienzo. Solo Narrow Band



LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

HSCSD (Hi-Speed Circuit-Switched Data - Datos por Conmutación de Circuitos de Alta Velocidad)

Más que un protocolo distinto en sí, se trata de una actualización de GSM introducida en 1999 que mejora las velocidades de su antecesor basado en CSD (de 14kbps a 57kbps).

CDMA (Code Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Código)

Sistema de acceso múltiple muy utilizado en comunicaciones tanto móviles como por radio en general.
Todos los canales usan e mismo espectro a la vez (Spread Spectrum).
Se basa en la asignación de códigos únicos y ortogonales para separar cada canal.
IS-95 (CDMA One) es el estándar mas conocido. Si bien se utilizó para transmisión de voz, señalización y datos, esto último fue de forma muy limitada. No llegó a popularizarse en Europa.

¿Había realmente una red e2e de datos en la segunda generación?

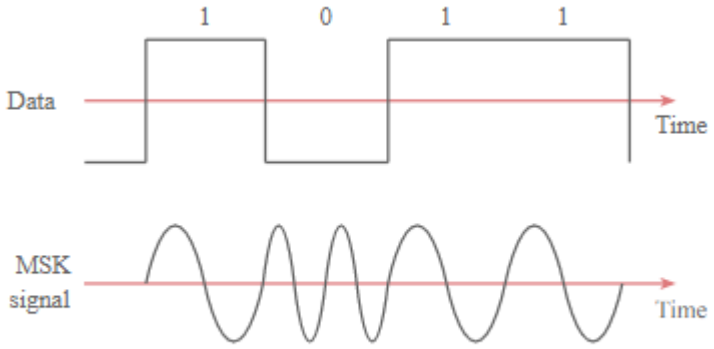
LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Generación 2.5
Introducción de la red de paquetes para proporcionar transferencia e Internet de alta velocidad de datos.
•Año - 2000- 2003
•Estándares - Servicio General de Paquetes de Radio (GPRS) y EDGE (Velocidades de datos mejoradas en GSM)
•Frecuencia: 850 -1900 MHz
•Velocidad - 115kpbs (GPRS) / 384 kbps (EDGE)
•Conmutación - Conmutación de paquetes para la transferencia de datos
•Multiplexación - desplazamiento mínimo gaussiano keying-GMSK (GPRS) y EDGE (8-PSK)
•Servicios - pulsar para hablar, multimedia, información basada en la web de entretenimiento, soporte WAP, MMS, SMS juegos móviles, búsqueda y directorio, acceso a correo electrónico, videoconferencia.

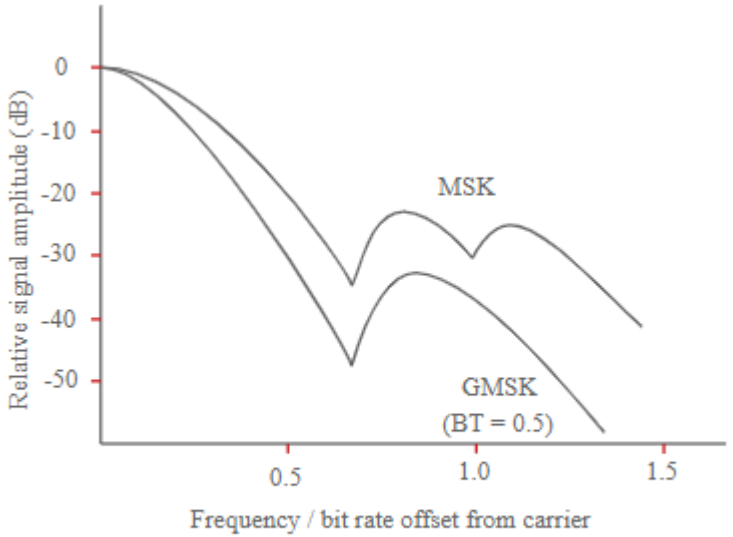
¿Cuáles serían las mejoras? ¿Cuál es la mayor limitación?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

MSK y GMSK



Concept of a minimum shift keying, MSK signal

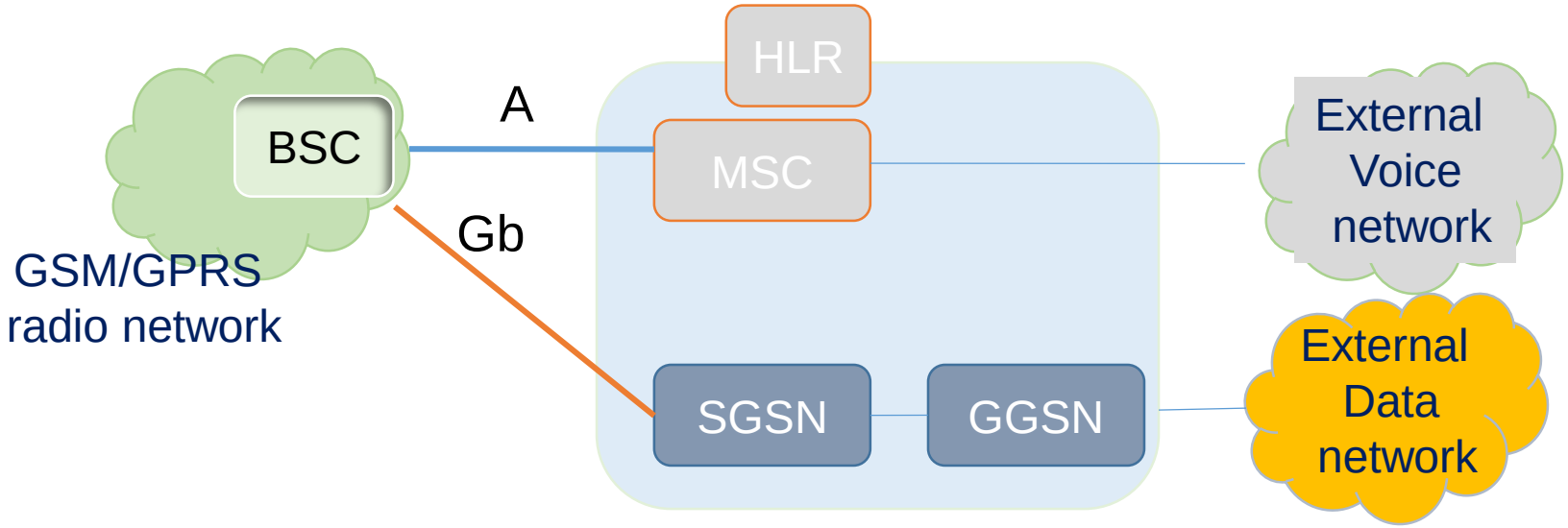


GMSK spectral density with offset from carrier

Keying-GMSK, ofrecía ventajas sobre Q-PSK ya que no hay saltos bruscos de fase y ello simplifica el diseño de filtros y permite achicar el ancho de banda ocupado.
Hay muy poca densidad espectral de potencia en los lóbulos laterales

¿Por qué era tan importante bajar la densidad espectral de potencia fuera de la banda?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN



GPRS (General Packet Radio Service - Servicio General de Radio por Paquetes)

La generación 2.5, incorporan algunas de las mejoras.

El protocolo más común en este tipo de celulares será GPRS

Conmutación de paquetes principalmente a las redes GSM basadas en tecnología 2G

GPRS permite poder asignar más de un canal a cada comunicación

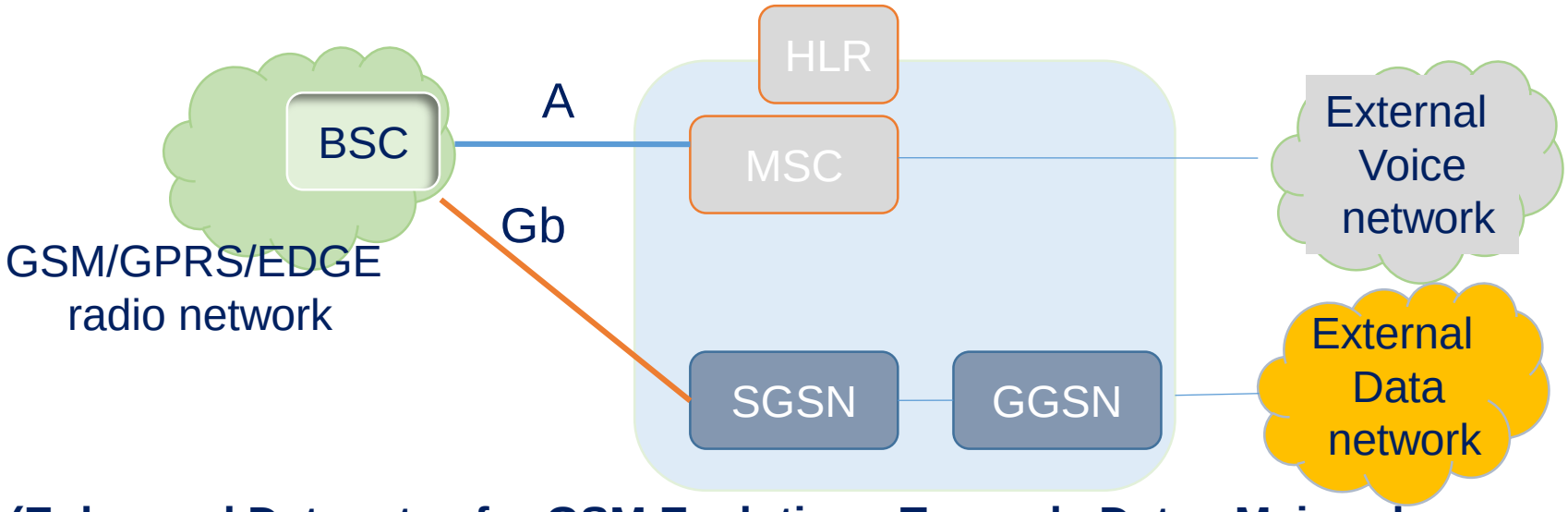
GPRS posibilita la tarificación por información cursada (no por tiempo de conexión)

Prepara la migración de una red GSM a otra UMTS, cambios mínimos de GSM a GPRS

Los dispositivos GPRS ya son un terminal de datos (además de voz)

¿Qué pasa con la voz? ¿Sigue siendo TDM? ¿Por qué?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN



EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution - Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM)

El último grado evolutivo de GPRS. Funciona sobre cualquier red GSM que posea GPRS.
Se triplica la capacidad de datos respecto a GPRS, la posibilidad de aumentar el número de usuarios de una operadora, o añadir capacidad extra al servicio de llamadas de voz.
Misma estructura de trama TDMA, mismo canal lógico y mismo ancho de portadora (200KHz) que para el estándar GSM. Solo agrega capacidad, usando **8-PSK**. La arquitectura de la red no cambia.
No hay nuevos servicios, sino una mejora de los existentes GPRS y HSCSD (High-Speed Circuit Switched Data – Conmutación de Circuitos de Datos de Alta Velocidad) mediante la introducción de una nueva capa física.

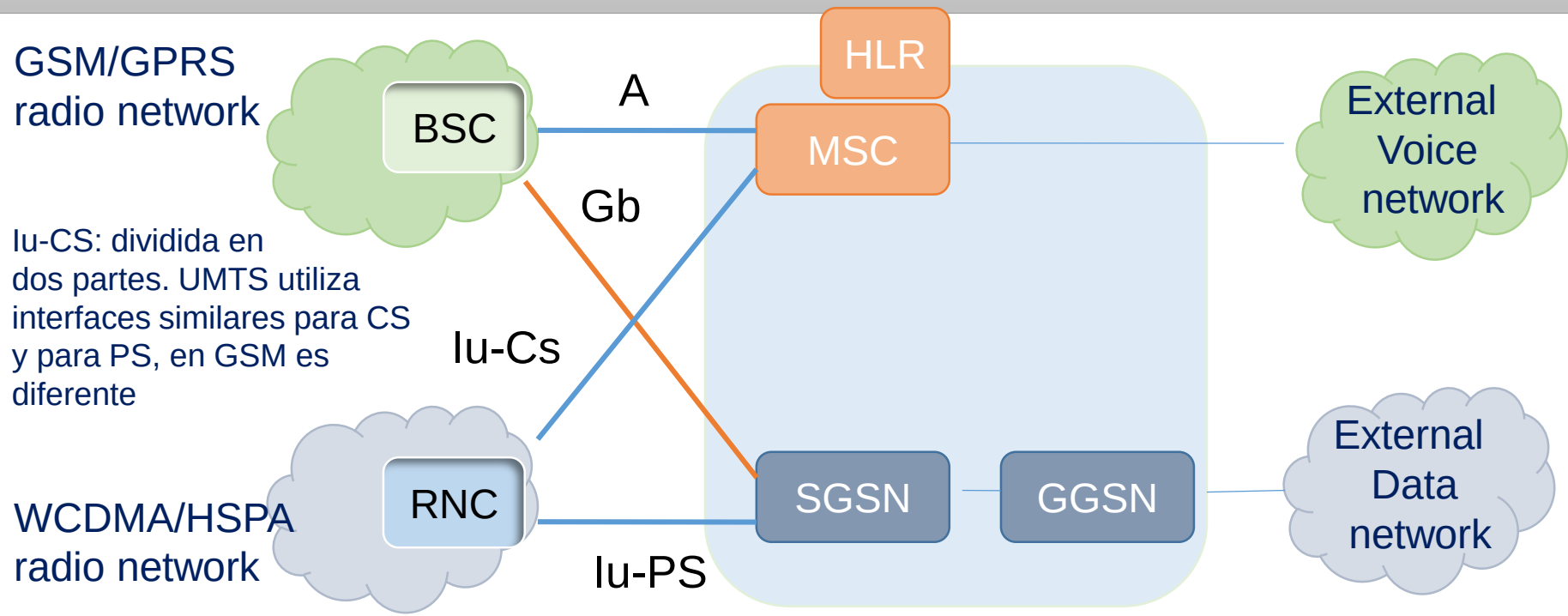
Separar aspectos de arquitecturas de los aspectos de radio. Por donde pasa la mejora aquí?

Arquitectura de Red móvil de Tercera Generación (3G)

Evolución de GERAN a UTRAN (GSM a UMTS): ► migrar de **ETSI** a **3GPP, *finales de '90***
3GPP se encargó de standarizar :

- UTRAN/WCDMA (RAN)
- Core para UTRAN/WCDMA
- creó **IMS** (para el soporte de servicios MM)

El cambio mas significativo fue la inclusión de dos nuevas interfaces entre la RNC (acceso) y la MSC y SGSN (Core), **Iu-CS y IU-PS**



LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Tercera Generación (3G)

Se mantiene el CS (Circuit Switching) para la voz, y se mejora el PS (Packet Switching) para obtener tasas de datos de mayor volumen

Año - 2000

•Estándares:

- **UMTS** (WCDMA) basado en GSM (Global Systems for Mobile) infraestructura del sistema 2G, estandarizado por el 3GPP.
- **CDMA 2000** basado en la tecnología CDMA (IS-95) estándar 2G, estandarizada por 3GPP2.
- interfaz de radio TD-SCDMA que se comercializó en 2009 y sólo se ofrece en China

•Velocidad: 384KBPS a 2Mbps

•Frecuencia: aproximadamente 800 a 2,5 GHz

•Ancho de banda: de 5 a 20 MHz

•Tecnologías de multiplexación y acceso

Interfaz de radio llamada WCDMA (Wideband Code División Multiple Access)

¿Cuál son los cambios mas importantes respecto de 2 G? ¿Cuál es la mayor aspiración?
¿Qué ocurre con los terminales?

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Tercera Generación (3G)
Ya no se circunscribe a teléfonos móviles.
Capacidades multimedia, mayores velocidades, comunicación audiovisual en tiempo real, conexión a Internet, codecs HD calidad similar a la de la red fija cableada.
Nuevos servicios

Marco normativo de radio
El marco para el desarrollo de esta tercera generación fue establecido por la ITU (International Telecommunication Union) en la llamada IMT-2000, que proporciona normas para el acceso inalámbrico mundial para 3G.

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Código de banda Ancha)
WCDMA, base de UMTS es desarrollado por 3GPP (3Tr Generation Partnership Project).

CDMA2000
Estandarizado por 3GPP2 así como sus sucesivas mejoras (CDMA2000 1x, CDMA2000 1xEV-DO, y CDMA2000 1xEV-DV), su desarrollo es producto de la evolución de el estándar norteamericano IS-95 (CDMA One) de 2G. Así los sistemas CDMA2000 utilizan la misma tecnología y espectro que CDMA One, siendo compatibles con su predecesora. Existen varias mejoras del estándar tales como CDMA 2000 1xEV y 1xEV-DO reconocidas por la ITU.

¿Se observa convergencia o divergencia en la dinámica de los estándares?
Caso Verizon

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

UMTS (continuación)

UMTS es un sistema global, que incluye componentes terrestres como satélites.
Los terminales son compatibles con sistemas 2G.
Nuevos servicios inherentes a las comunicaciones en IP.
Desarrollado por 3GPP – proyecto común en el que colaboran ETSI (Europa), ARIB/TIC (Japón), ANSI T-1 (USA), TTA (Corea), CWTS (China) – su primera versión se dio a conocer en 1999 y se va introduciendo a través de versiones anuales.
Interfaz radio se basa en el estándar WCDMA. Dicho interfaz es conocido con bajo el acrónimo UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access), y su objetivo es conseguir altas velocidades de transmisión de forma fiable.

¿Se observa convergencia o divergencia en la dinámica de los estándares?
Caso Verizon

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

- **HSPA (High Speed Packet Access** – Acceso de Paquetes de Alta Velocidad) es un actualización de W-CDMA que ofrece velocidades de 14,4 Mbit/s de bajada y 5,76 Mbit/s de subida.

- **HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).**

Ultimas versiones del estándar UMTS (release 5)
Incremento de la tasa de transferencia por usuario, mejora de la calidad de servicio, mejora de la eficiencia espectral, especialmente para los servicios de datos, asimétricos y con tráfico a ráfagas
Múltiples técnicas y algoritmos, como la modulación y codificación adaptativa (AMC), el ARQ híbrido y complejos mecanismos de scheduling (proceso a través del cual se decide cómo comprometer los recursos disponibles ante cierto número de tareas que los necesitan).
Alto nivel de interacciones entre los diversos protocolos que son potencialmente optimizables.

- **HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).**

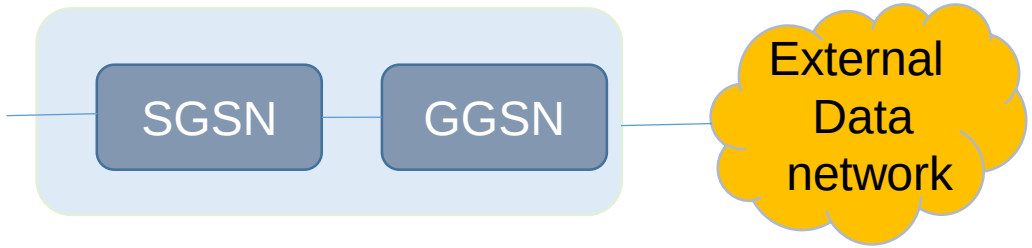
Se trata de otra vuelta de tuerca más para acercar la red de UMTS al 4G, y se considera como la generación 3.75 (3.75G ó “3.5G+”), desarrollado en el proyecto UMTS de 3GPP en su Release 6. HSUPA es un protocolo de acceso de datos para redes de telefonía móvil con alta tasa de transferencia de subida, pensado para mejorar el HSDPA potenciando la conexión de subida de UMTS/WCDMA. Con HSUPA se mitiga el efecto de la asimetría en las capacidades entre DL y UL (downlink y uplink), haciendo posible la oferta de servicios avanzados “P2P”. Para conseguirlo se requiere un nuevo canal dedicado para el enlace ascendente, el E-DCH (Enhanced Dedicated Channel), sobre el que se usaran métodos similares a los empleados para HSDPA

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Tercera Generación (3G) mejoras

•**HSPA +** puede proporcionar velocidades de datos pico teóricas de hasta 168 Mbit/s de bajada y 22 Mbit/s de subida.

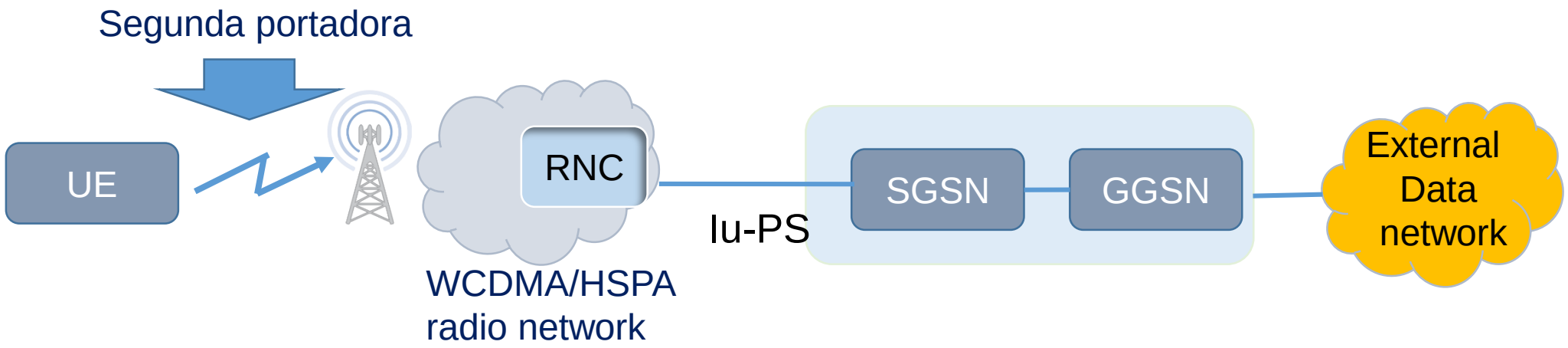
También conocido como Evolved HSPA, HSPA Evolution, I-HSPA o Internet HSPA, es el estándar de banda ancha definido en el Release 7 de 3GPP. Se espera conseguir con él un incremento significativo tanto en UL como en DL frente a los ya conseguidos con HSDPA y HSUPA, aunque el incremento teórico dista mucho del que realmente se consigue en casos prácticos (se consigue entorno a un 20% de incremento de capacidad de tráfico). HSPA+ introduce la posibilidad de utilizar una arquitectura totalmente IP. Las estaciones base se conectan a la red a través de una conexión Gigabit Ethernet al Proveedor de Servicios de Internet (ISP) que está a su vez conectado a Internet (o a otro ISP en modo peering). Con esto se consigue hacer la red más rápida, fácil de desplegar y más operativa. A pesar de que la arquitectura UMTS existente (NodoB – RNC – SGSN) puede seguir siendo utilizada, aparece la posibilidad de interconectar directamente la estación base (NodoB) con el GGSN (elemento que persiste con algunos cambios, en LTE-EPC).



LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

•Dual-Cell HSDPA (DC-HSPA)

También conocido como Dual-Carrier HSPA o Dual-Cell HSPA, es un estándar basado en HSPA y desarrollado en el UMTS Release 8 de 3GPP. Es la evolución natural de HSPA+ por medio de la adición de una segunda portadora. La idea de usar doble portadora es conseguir una mejor utilización de los recursos disponibles y una mejor eficiencia espectral a través de una distribución equitativa de la carga de tráfico entre las portadoras. Con esto se consiguen tasas de transmisión similares a las que se consiguen en una red HSPA+ en la que se usan técnicas de transmisión MIMO, pero sin necesidad de dichas técnicas y a costa de duplicar el ancho de banda utilizado. Esta especificación fue terminada por 3GPP en Diciembre de 2008.



LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Multi-Carrier HSPA (MC-HSPA)

Fue incluido en el Release 9 del UMTS 3GPP, el que comprende varias mejoras tecnológicas con base al DC-HSPA. Los puntos de mejoras eran los siguientes:

- Funcionamiento entre las portadoras de DC-HSPA
- DC-HSUPA
- Combinación de DC-HSDPA y MIMO
- MC-HSDPA (aumentar el número de portadoras, y con ello el ancho de banda utilizado)

UMTS-TDD (UMTS-Time Division Duplexing)

Se basa duplexación por división de tiempo. Es una versión del estándar UMTS en el que se utiliza el esquema UTRA-TDD para el acceso a la estación base (UTRA con diplexión en el tiempo), con lo que UL y DL pueden compartir el espectro. Una característica a tener en cuenta de este estándar es que no es compatible con el estándar UMTS tradicional, dado que un dispositivo diseñado para funcionar en uno de ellos no podrá hacerlo en el otro (a no ser que se diseñe para disponer de esta flexibilidad) por utilizarse diferentes tecnologías en el interfaz Uu (interfaz aire) y bandas de frecuencias distintas (recordar como el estándar UMTS original utilizaba FDD, es decir, distintas bandas de frecuencia para UL y DL).

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

UTRA-TDD HCR (UTRA-TDD High Chip Rate)
Es un estándar del 3GPP para acceso a canal basado en una combinación entre TDMA y CDMA (TD-CDMA), y ha sido diseñado para múltiples flujos de información o para el acceso de equipos con múltiples transceptores. Utiliza para cada portadora el típico ancho de banda de 5Mhz de UMTS. Las tramas tendrán una duración de 10ms y contendrán cada una 15 time slots asignados con porcentajes fijos a UL y DL.

UTRA-TDD LCR (UTRA-Low Chip Rate)
Es un estándar del 3GPP para acceso a canal basado en una combinación entre TDMA y S-CDMA (TD-SCDMA) que usa un ancho de banda de 1.6Mhz frente a los 5Mhz de otros esquemas. Es una alternativa a UTRA-TDD HCR para el interfaz Uu usada por UMTS-TDD.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Estándares basados en CDMA 2000

•CDMA2000 1X: Puede soportar tanto servicios de voz como de datos. La máxima velocidad de datos puede llegar a 153 kbps
También conocido como 1xRTT (1 Times Radio Transmision Technology), opera sobre dos portadoras duplex de ancho 1.25Mhz. Casi duplica la capacidad de voz sobre las redes IS-95 gracias a la adición de 64 canales de tráfico ortogonales a los 64 de que ya se disponían en el “Forward Link” (o “Downlink”), y a la modulación coherente que hace posible una señal piloto en el “Reverse Link” (o “Uplink”), y aunque es capaz de soportar altas velocidades de datos, la mayoría de desarrollos están limitados a una velocidad pico de 144 kbits/s. Hay también novedades sobre la capa de enlace de datos para permitir tanto el mejor uso de los servicios de datos IS-2000 como protocolos de control de accesos a enlaces y control QoS (calidad de servicio).

•CDMA2000 3x CDMA2000 3x Utiliza un par de canales de 3,75-MHz (p.ej., 3 X 1,25 MHz) para alcanzar mayores velocidades de datos. La versión 3x de CDMA2000 es algunas veces referidas como MultiCarrier o MC.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Estándares basados en CDMA 2000

•CDMA2000 1xEV- CDMA2000 1xEV-DO (CDMA2000 Evolution-Data Optimized)

Diseñado por Qualcomm en 1999s para ofrecer tasas superiores a los 2Mbps (revisión 0). Utiliza CDMA y FDD para maximizar las tasas de transmisión. Muy popular e Norteamérica, en países en los que CDMA One se había desplegado con éxito (no es el caso nuestro).

• Revisión A: Versión mas rápida UL y DL a través de la interfaz inalámbrica, que reduce la intermitencia y mejora las tasas de envío: además del incremento máximo en el enlace de bajada de 2.45Mbpss a 3.1Mbpss, cuenta con una mejora sustancial en el enlace de subida, de 153Kbps a un máximo de subida de 1.8Mbps. Este esquema ha sido desarrollado y comercializado en países como Nueva Zelanda, Japón, Estados Unidos, Canadá, República Checa, Ucrania, Rusia o Méjico.

• Revisión B Es la evolución progresiva de la revisión A. Mantiene las capacidades de ésta y provee las siguientes mejoras:

Más velocidad en los enlaces de bajada (hasta 4.9 Mbit/s por operador). Implementaciones típicas incluyen tres operadores para un pico teórico máximo de 14.7Mbps. - Provee mayores tasas de transferencia compactando múltiples canales, mejora la experiencia de usuario y provee nuevos servicios como streaming para video de alta definición. - Aprovecha más eficazmente el uso de la batería incrementando el tiempo de uso y de espera del terminal. - Menos interferencias entre el usuario y la celda mediante la Reutilización Híbrida de la Frecuencia. - Aumenta la eficiencia del soporte para servicios que tienen requerimientos asimétricos de transmisión como intercambio de archivos, navegación web y entrega de archivos multimedia por banda ancha.

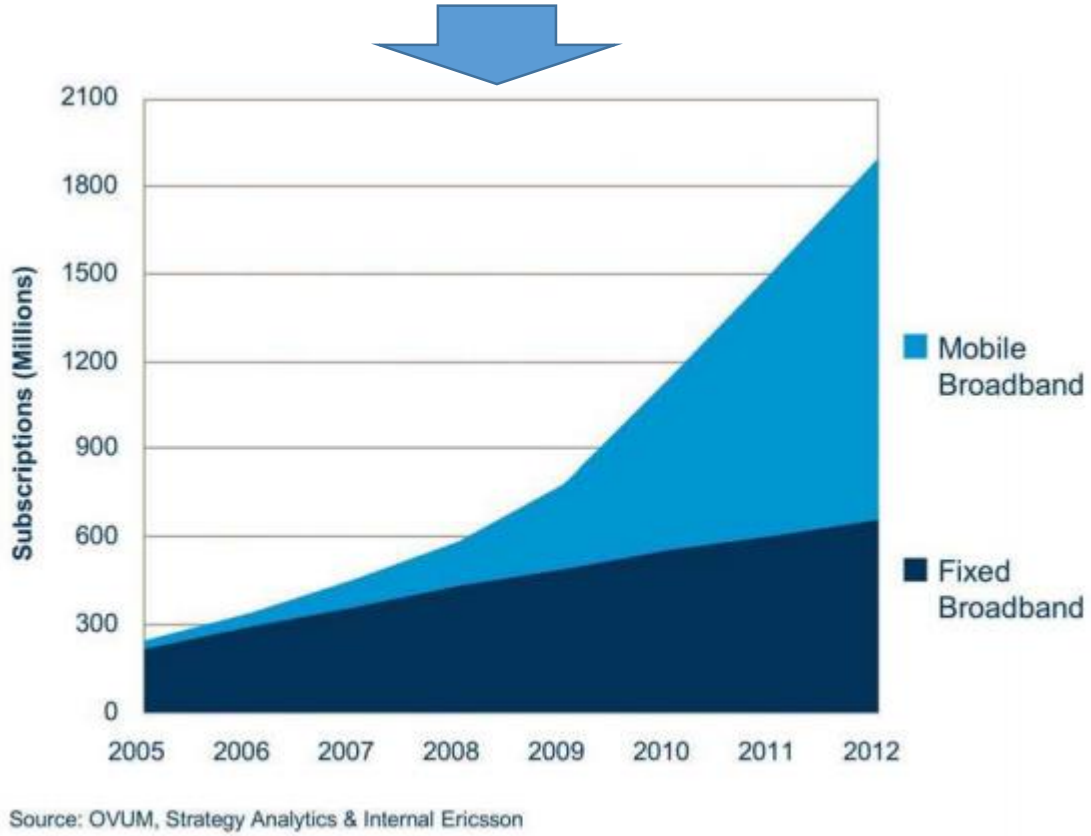
LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Estándares basados en CDMA 2000

•CDMA2000 1x EV- CDMA2000 1x EV-DV (CDMA2000 Evolution-Data Voice)

Soporta una velocidad de datos en el enlace de bajada en DL de hasta 3,1Mbps y una velocidad de datos en UL de hasta 1,8 Mbps. También puede soportar una operación concurrente con los usuarios de voz 1x, usuarios de datos 1x y usuarios de datos de alta velocidad 1xEV-DV en el mismo canal de radio. Su desarrollo no gozó de interés por parte de las operadoras, por lo que fue detenido por Qualcomm en 2005.

Previsiones de OVUM en 2005



¿Cuál es el próximo paso?
¿Cuáles son las ideas que empiezan a cobrar vida en aquellos días?

CePETel Sindicato de los Profesionales de las Telecomunicaciones

SECRETARÍA TÉCNICA

IPEI

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)

Altas expectativas por el crecimiento del tráfico de datos en la red móvil
Tráfico de datos supera al tráfico de voz en Mayo de 2007 (en parte debido a HSPA)
Idea de una nueva generación 4G sobrevuela desde hace tiempo la mente tanto de operadoras como de consumidores.
Se establece que 4G sea basada totalmente en IP. Una red de redes más que como un estándar único,
Pruebas iniciales Japón por NTT DoCoMo: Tasas de hasta 100 Mbps a 200Km/h – se esperan tasas de 100 Mbps en terminales en movimiento, y hasta de 1 Gbps en reposo

Panorama

Concepto OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)
MIMO y SDR (Software Defined Radios) se asocian al nuevo acceso radio
EUTRAN, ya no UTRAN basado en WCDMA de UMTS.
Red basada completamente en IP.
Tasas previstas de 100 Mbps en enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente con un ancho de banda en ambos sentidos de 20Mhz.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)

4G adopta LTE y se basa en IP. Mayor desafío en la movilidad y en el tratamiento de servicios de voz (CSFB y VoLTE).

•Inicio - años de 2010. En 2008, la UIT-R especifica los requisitos para los sistemas 4G

•Estándares - Long-Term Evolution Time-Division Duplex (LTE-TDD y LTE-FDD) estándar WiMAX móvil (802.16m estandarizado por el IEEE)

•Velocidad - 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps cuando se permanece inmóvil.

•Telefonía IP (VoLTE)

•Nuevas frecuencias, ancho de banda de canal de frecuencia más amplia.

•Tecnologías de multiplexación / acceso - OFDM, MC-CDMA, CDMA y LAS-Red-LMDS

•Ancho de Banda - 5-20 MHz, opcionalmente hasta 40 MHz

•Bandas de frecuencia: - LTE cubre una gama de diferentes bandas. En América del Norte se utilizan 700, 750, 800, 850, 1900, 1700/2100 (AWS), 2300 (WCS) 2500 y 2600 MHz (bandas 2, 4, 5, 7, 12, 13, 17, 25, 26 , 30, 41); 2500 MHz en América del Sur; 700, 800, 900, 1800, 2600 MHz en Europa (bandas 3, 7, 20); 800, 1800 y 2600 MHz en Asia (bandas 1, 3, 5, 7, 8, 11, 13, 40) 1800 MHz y 2300 MHz en Australia y Nueva Zelanda (bandas 3, 40).

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)

LTE - TERMINOLOGÍA

Nos referimos con LTE a la tecnología de **acceso**
utilizada para brindar servicios de 4G
LTE es una nueva tecnología de acceso inalámbrico móvil

LTE, fue el nombre que se asignó al proyecto lanzado por el 3GPP (Third Generation Partnership Proyect), a fines del 2004 con el objetivo de especificar una tecnología de acceso móvil de largo plazo que sucediera a UMTS

LTE es la abreviatura de Long Term Evolution y actualmente, identifica a esta nueva tecnología.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)

LTE - TERMINOLOGÍA

Dado que es evolución de UMTS conocido formalmente con las siglas UTRA y UTRAN, a LTE se lo nombra con E-UTRA y E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network).

La evolución va más allá del acceso, en paralelo con LTE se desarrolla el proyecto SAE (System Arquitecture Evolution) que define un nuevo núcleo de red totalmente basado en IP denominado EPC (Evolved Packet Core).

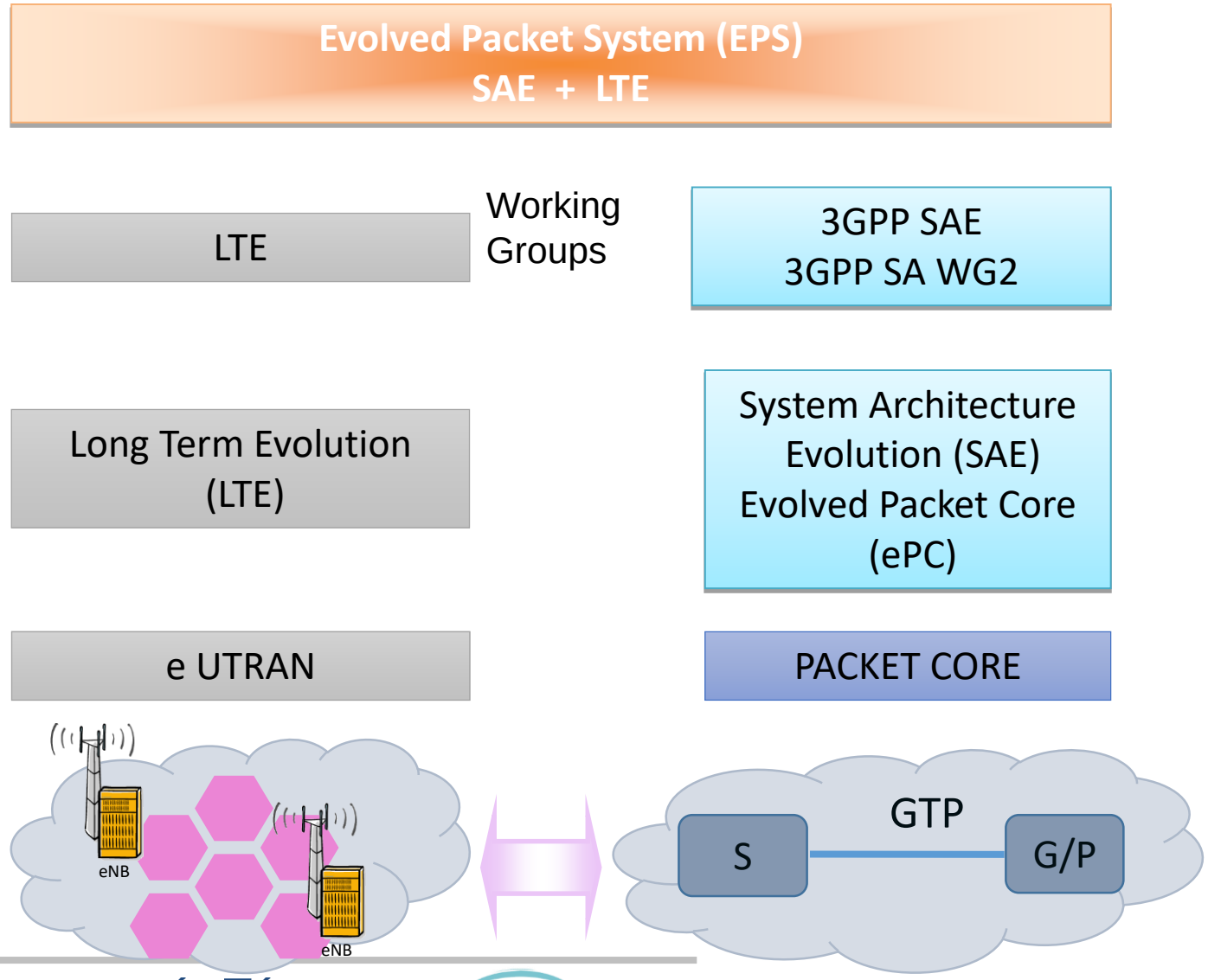
A la suma de E-UTRAN y EPC se lo denomina EPS (Evolved Packet System)

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)

LTE - TERMINOLOGÍA

LTE has been designed to support only Packet-Switched (PS) services, in contrast to the Circuit-Switched (CS) model of previous cellular systems.
It aims to provide seamless Internet Protocol (IP) connectivity between User Equipment (UE) and the Packet Data Network (PDN), without any disruption to the end users applications during mobility.



LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)

Con HSPA +, las redes móviles ya habían llegado a un estadío evolutivo en el que los datos móviles ya eran una componente importante

El principal motor para el desarrollo de una tecnología superadora era la necesidad de disponer de “Mobile Broadband” con requerimientos cada vez mayores

Para ello era necesario:

- una red mas simple (desde la arquitectura)
- Totalmente basada en IP
- Una interfaz de aire robusta (para lograr velocidades mayores)
- Mayor capacidad
- Menor retardo

Pero además debía ser:

- Flexible
- escalable
- Interoperbale con redes legadas 2G y 3G
- reducer OPEX a través redes de optimización (SON)

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

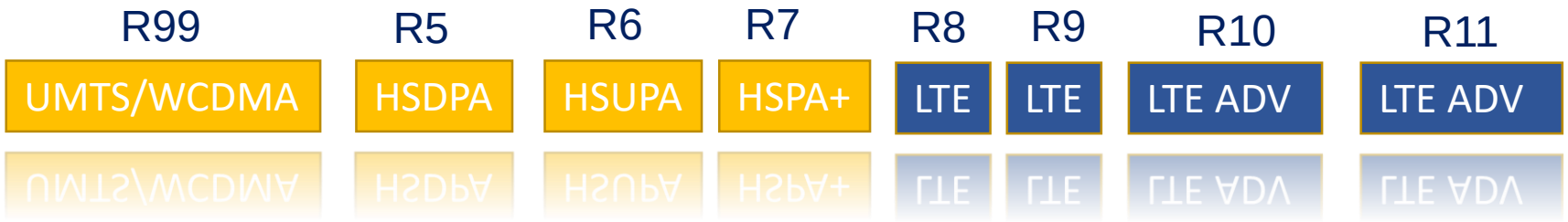
Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)

- **Incremento velocidad de datos pico por usuario en DL y UL**
- **Optimización de desempeño con la movilidad**
- **Mejorar la calidad de Servicio**
- **Reducir la latencia**
- **Control de sesiones de Voz (VoLTE)**
- **Mejorar la experiencia de Usuario (HD)**

Para ello, debido al enorme desafío, era necesaria una tecnología competitiva para cubrir las necesidades de acceso más allá de los siguientes diez años

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)



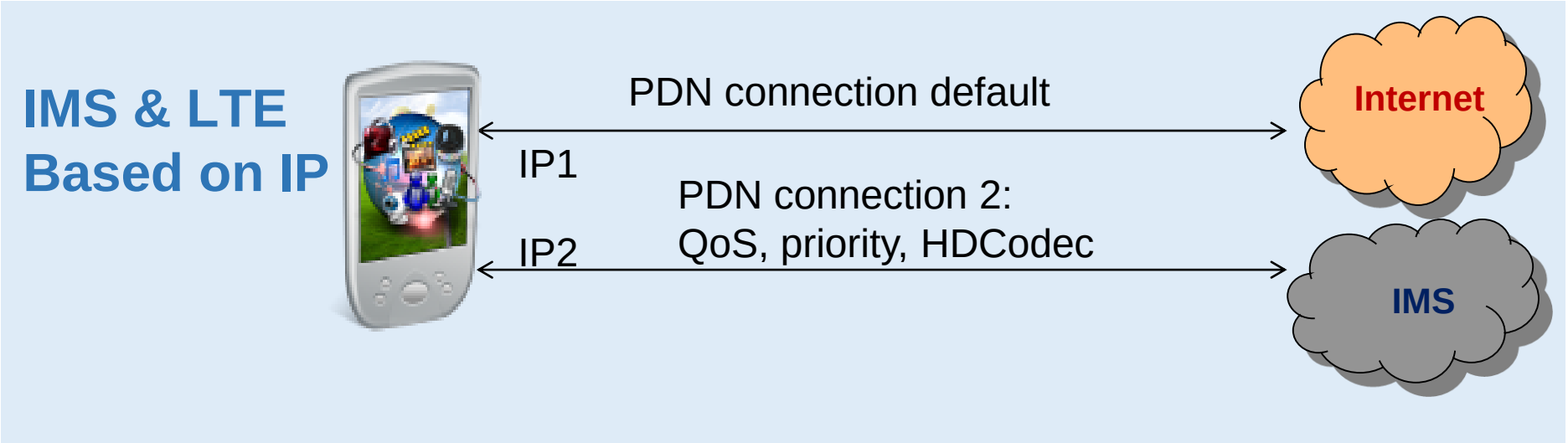
3GPP, a fines de 2008 se cerró el release 8, que en su mayor parte está dedicado a la especificación de LTE (E-UTRAN) y SAE (EPC).

En los releases siguientes aparecieron mejoras y nuevas interfaces tanto de aplicación en EPS (LTE /SAE) como para servicios de VoLTE: un ejemplo lo constituye la entidad ATCF que aparece en release 10 para IMS en VoLTE.

En los releases 10 y 11 se completa LTE Advance.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Cuarta Generación (4G)



LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Quinta Generación (5G)

Inicio: año 2015 La capa física y de enlace de datos define la tecnología inalámbrica 5G indicando que es una tecnología Open Wireless Architecture (OWA) . Esto se verá mas en detalle al hablar de desagregación de la red de acceso.

- Velocidad - 1 a 10 Gbps.
- Ancho de Banda - 1.000x ancho de banda por unidad de superficie.
- Frecuencia - 3 a 300 GHz
- Tecnologías de multiplexación / Access - CDMA y BDMA
- Estándares - banda ancha IP LAN / W AN / PAN & WWWW
- Características: rendimiento de tiempo real - de respuesta rápida, de baja fluctuación, latencia y retardo
- Muy alta velocidad de banda ancha - velocidades de datos Gigabit, cobertura de alta calidad, multi espectro
- Infraestructura virtualizada - Software de red definido, sistema de costes escalable y bajo.

LA EVOLUCIÓN MÓVIL- RESUMEN

Arquitectura de Red móvil de Quinta Generación (5G)

•Soporta Internet de las Cosas y M2M - 100 veces más dispositivos conectados, Cobertura en interiores y eficiencia de señalización

•Reducción de alrededor del 90% en el consumo de energía a la red.

•Su tecnología de radio facilitará versión diferente de las tecnologías de radio para compartir el mismo espectro de manera eficiente.

•Servicios:

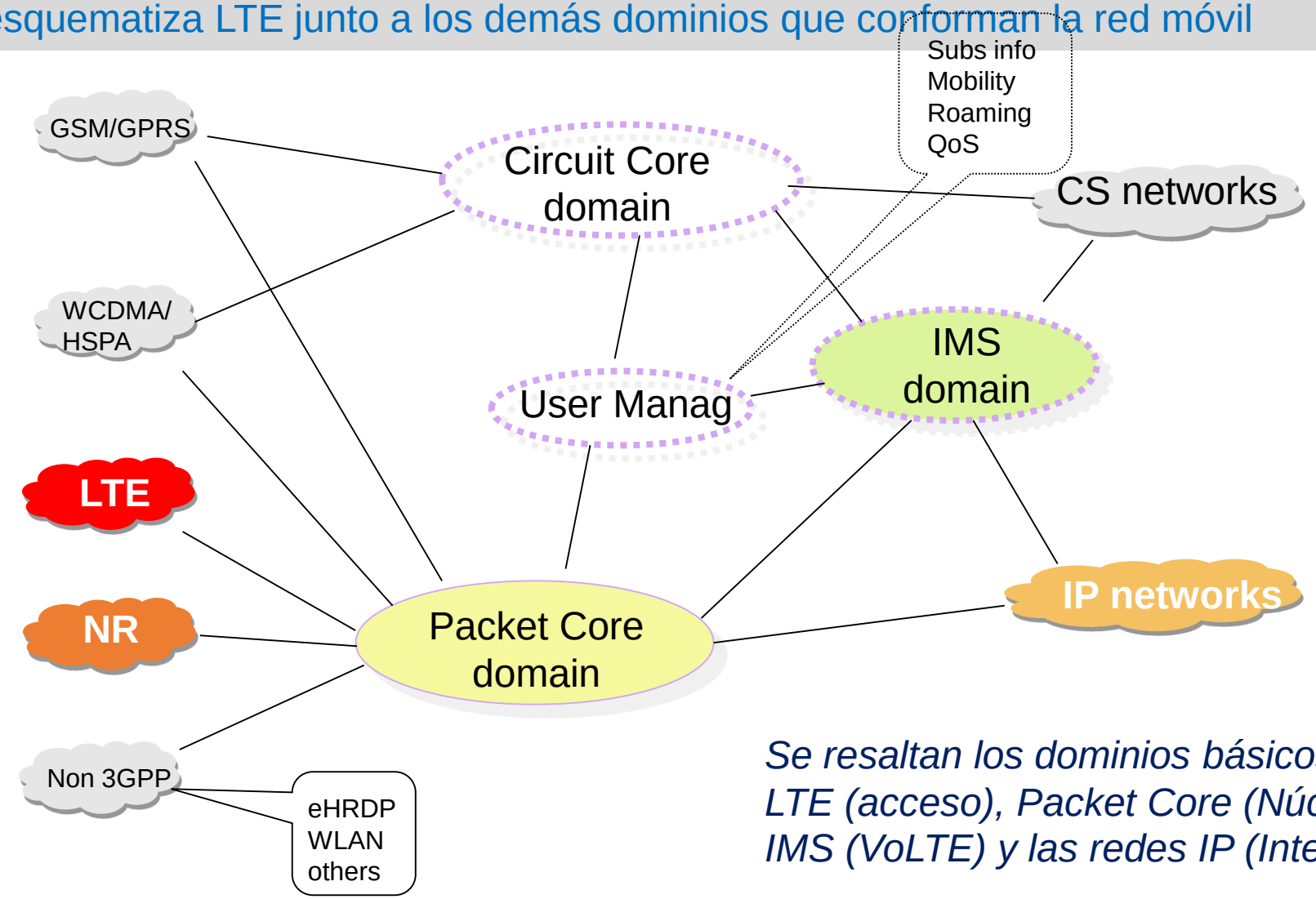
Se propone debatir, qué tipo o categoría de nuevos servicios se podrán ofrecer con 5G

5G se apoya en LTE

LTE & EPC

LTE - CONTEXTO

Nos referimos con LTE a la tecnología de acceso utilizada para brindar servicios de 4G
En la figura se esquematiza LTE junto a los demás dominios que conforman la red móvil



Se resaltan los dominios básicos:
LTE (acceso), Packet Core (Núcleo),
IMS (VoLTE) y las redes IP (Internet)

LTE - CONTEXTO

Más de 8.000 millones de móviles...

...superando la población Mundial desde 2016

Más de 2.500 Millones de usuarios de smartphones...

...ya representan prácticamente, el total de los de los móviles

Usuarios de smartphones crecieron 42%

...a 1m /7d

Los internautas crecieron hasta 2.400 m

...viene urgentes

...móvil de internet se duplica...

... > 70% del tráfico móvil de datos es video

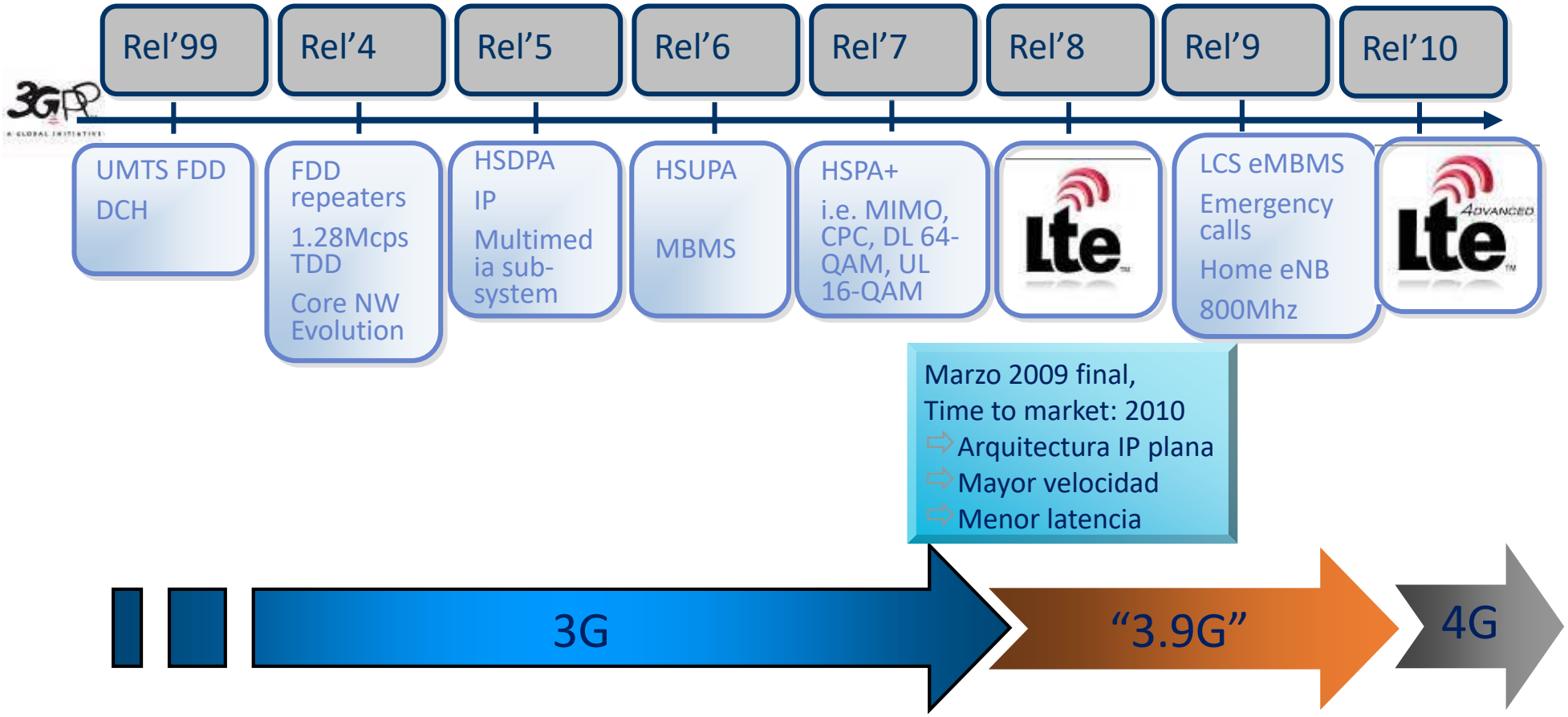
La banda ancha ultra-rápida es una realidad...

...avance significativo del despliegue de LTE y Fibra

ESTOS DATOS CAMBIAN DIA A DIA

El diseño de una red LTE-EPC debe ser capaz de acompañar esta evolución
Y además cambio del perfil de uso de los usuarios y su número creciente
Mas aun , LTE-EPC será soporte vital para los primeros despliegues de 5G Cuyo principal driver es eMBB

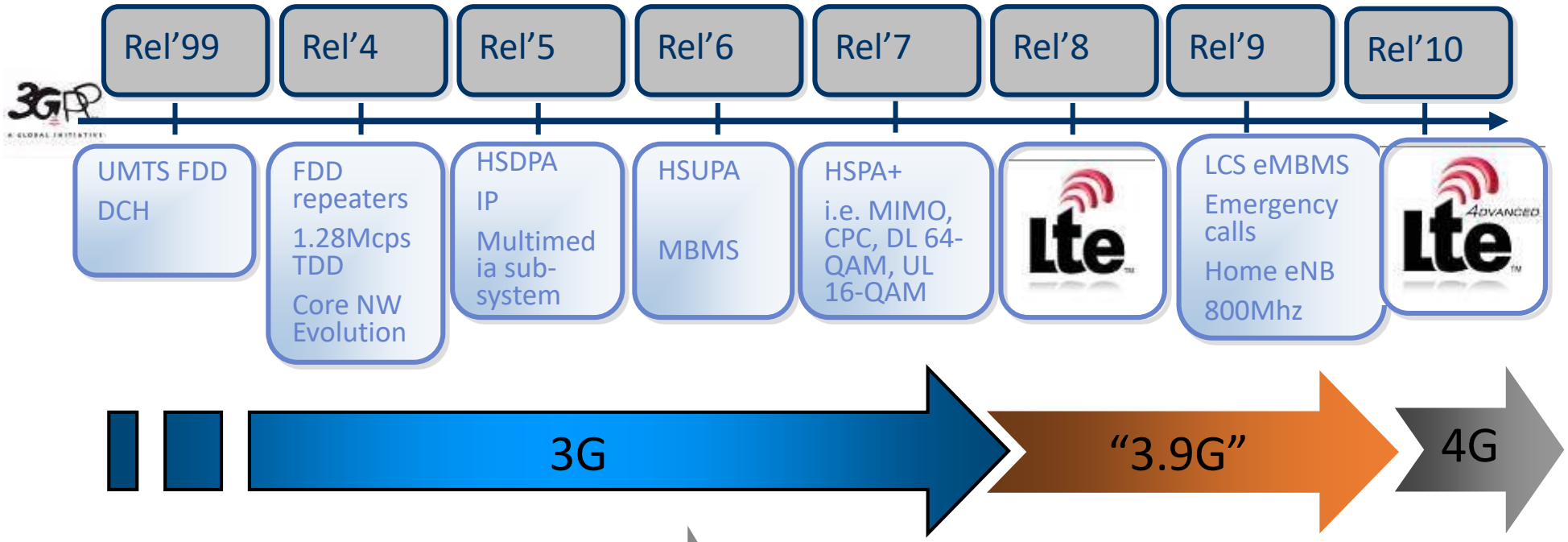
LTE -INTRODUCCIÓN



LTE establece los cimientos de la 4G

MBMS - Multimedia Broadcast Multicast Service
LCS – Location Services

LTE -INTRODUCCIÓN

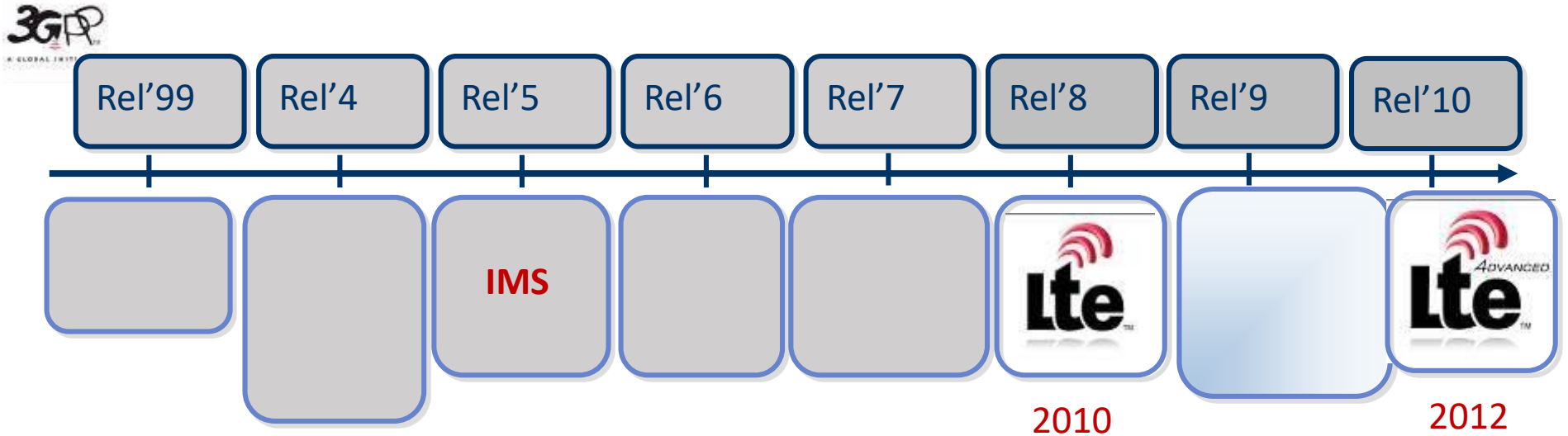


IMT-2000 family → En 1999 la UIT aprobó cinco interfaces radioeléctricas para las IMT-2000 como parte de la UIT-R M.1457.

IMT-Advanced family → **International Mobile Telecommunications-Advanced** (**IMT-Advanced Standard**) are requirements issued by the ITU-R de la ITU in 2008 for what is marketed as 4G (or sometimes as 4.5G) mobile phone and Internet access service

IMT-2020 → Discutir en clase

LTE -INTRODUCCIÓN



⇨20MHz carrier
⇨DL peak = 326Mbps
⇨UL peak = 86.4Mbps

⇨100MHz carrier
⇨DL peak = 1Gbps
⇨UL peak = 0.5Gbps

IMS, especificado en el release 5 , junto con LTE lanzado en el release 8, son los pilares fundamentales de VoLTE

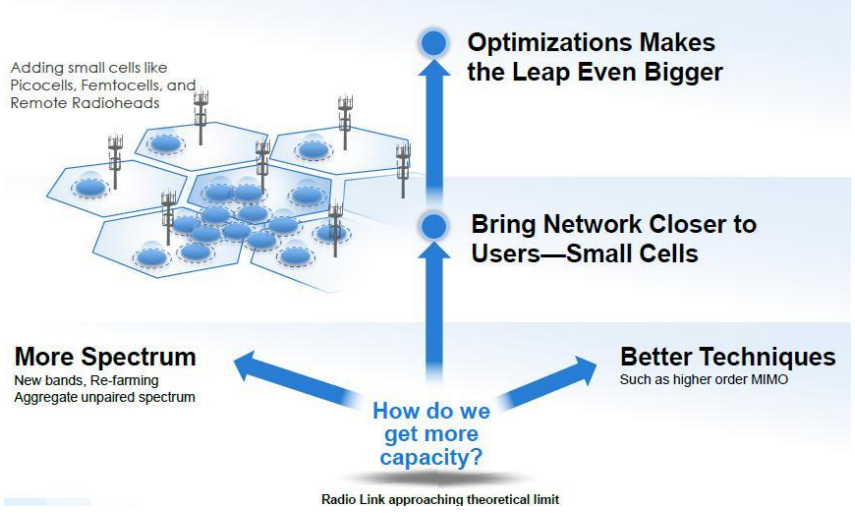
CONCEPTOS BÁSICOS DE CAPACIDAD Y COBERTURA

Existen al menos tres ejes con los cuales se puede planificar el crecimiento

✓Espectro: se refiere al espectro radioeléctrico. Es el recurso de radio que la autoridad regulatoria otorga a una operadora móvil para su explotación.

✓Tecnologías: se refiere a las tecnologías de radio utilizadas, las cuales dependen del standard, como LTE p ejemplo que permite aprovechar mas eficientemente el recurso limitado (espectro).

✓Sitios: se refiere a la cantidad de antenas que se distribuyen en el territorio o zona donde se brinda el servicio. A igualdad de espectro asignado y tecnología usada, la capacidad se puede aumentar colocando mas sitios.



NOTA SOBRE 5G

5G NR: Frequency Range 1 overlaps and extends 4G LTE frequencies, operating from 450 MHz to 6,000 MHz. Bands are numbered from 1 to 255

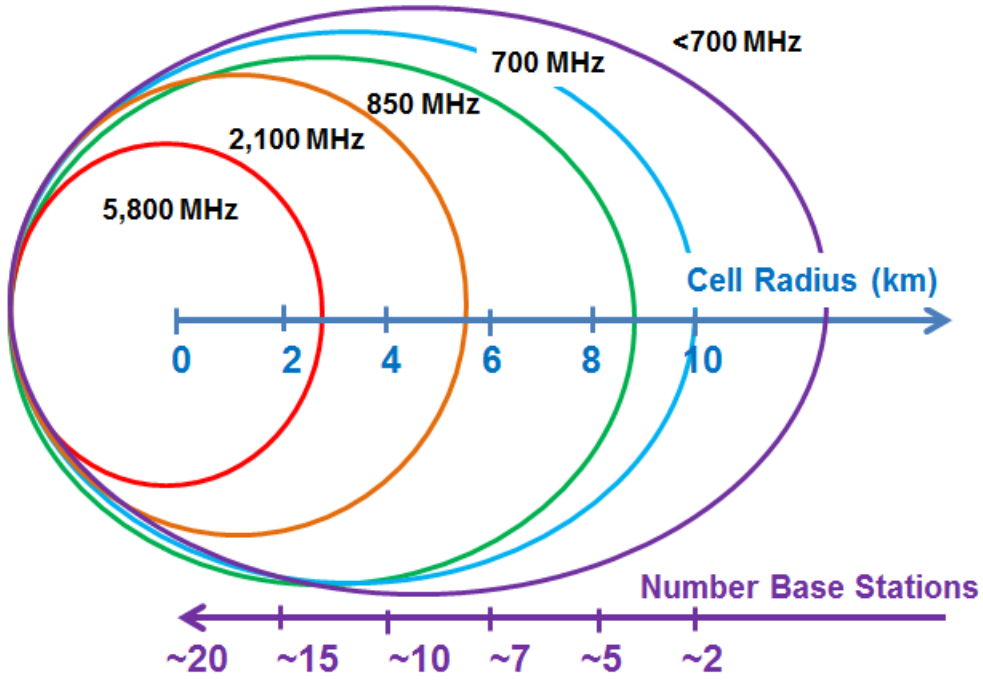
LTE-Algunas definiciones

Que es LTE? El término LTE significa “Long Term Evolution” y fue creado por 3GPP para designar la evolución de UMTS (Universal Mobile Terrestrial System.

Si bien se suele usar indistintamente junto con el término 4G, en verdad no son lo mismo, ya que 4G refiere a una serie de requisitos que deben cumplir las redes móviles fundamentalmente en términos de ancho de banda, retardo y calidad, mientras que LTE es un standard que permite alcanzar dichos niveles.

Es común designar a toda la red con el nombre LTE, sin embargo, dicha denominación hace referencia a la red de acceso solamente, mientras que el núcleo o parte central de la misma es conocida como ePC.

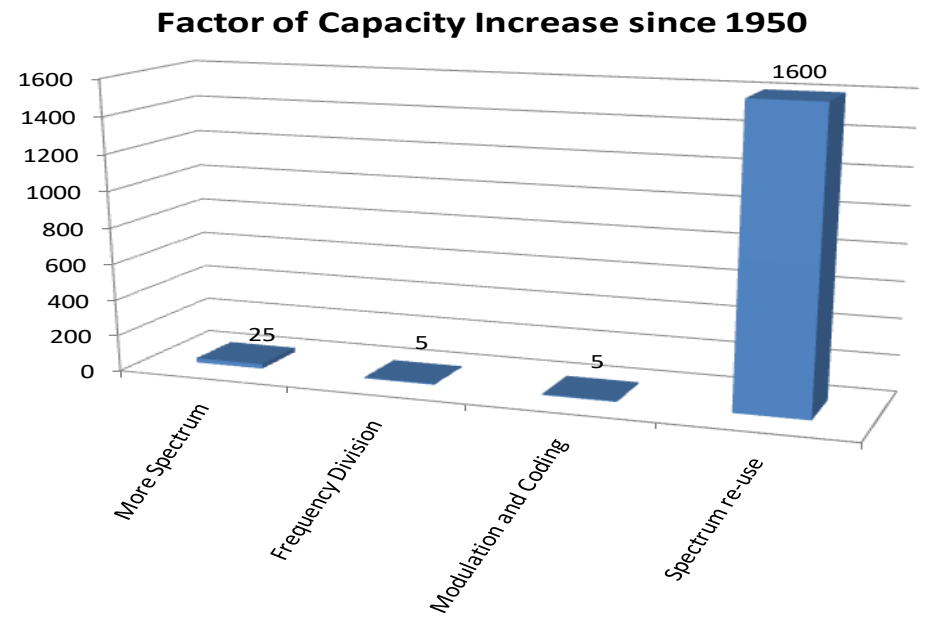
LTE- Radio de Cobertura de una celda en función de la banda de frecuencia



NOTA SOBRE 5G
Que ocurre con las mmWaves?

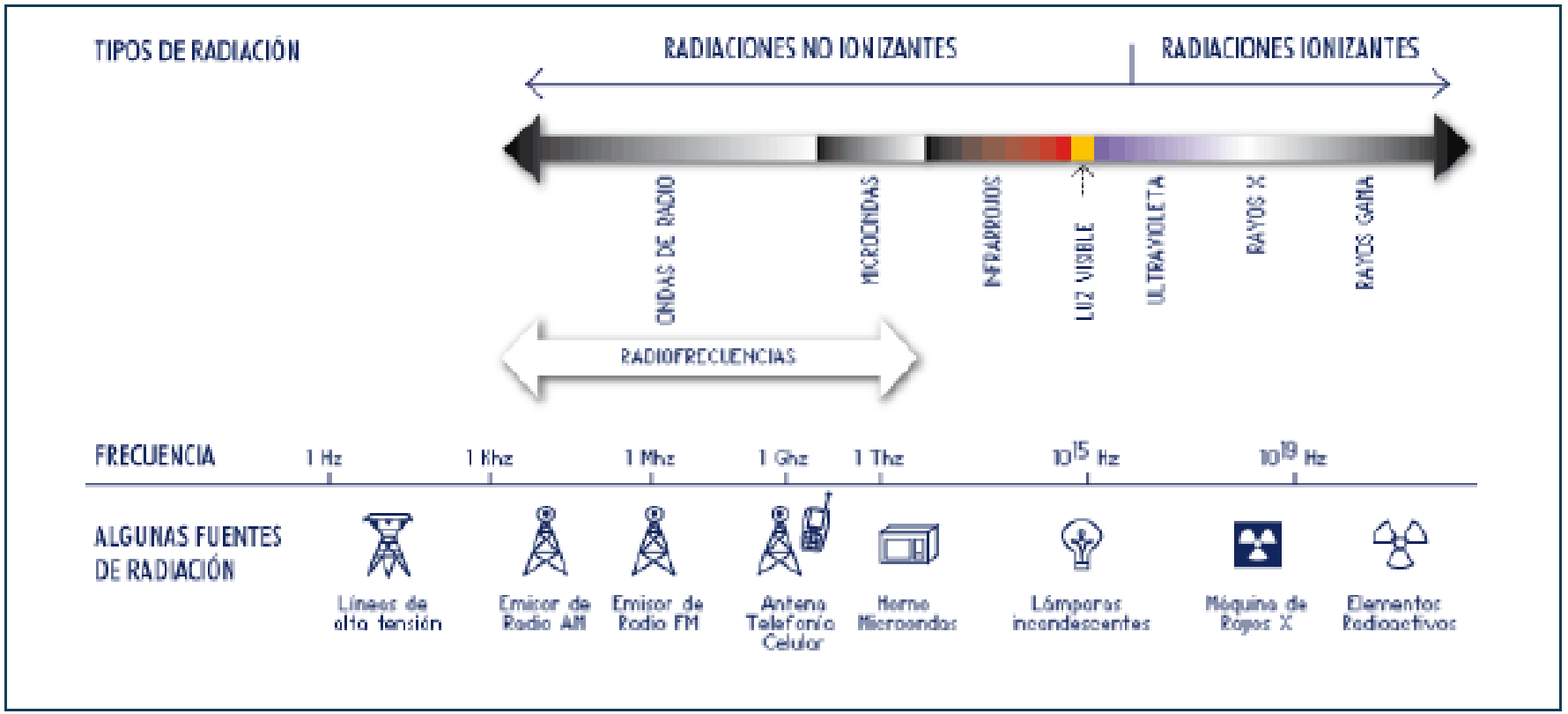
Las condiciones de propagación de las ondas electromágnéticas dependen en un determinado medio, de la frecuencia de dicha onda.
Las ondas de menor frecuencia como la de la banda 28 (700 Mhz), alcanzan mayor cobertura que las de mayor frecuencia como la banda 4 (1700 /2100 MHz)

LTE- Drivers para el incremento de la Capacidad de las redes



Mayor espectro: es el mecanismo mas sencillo. Lamentablemente, dada su escasez, su uso es muy limitado.
División de Frecuencia: Uno de los métodos de multiplexación ampliamente utilizados permite separar canales dentro de una banda.
Modulación y codificación: establece la relación entre Bits/Hertz.
Re-uso de espectro: debido a la limitación espacial de la cobertura de cada celda, es possible re-usar el espectro.

ESPECTRO RADIOELÉCTRICO



El espectro radioeléctrico es una fracción del espectro electromágnético que se extiende desde algunas KHz hasta unos pocos THz.

En las comunicaciones celulares, las frecuencias mas utilizadas se encuentran entre los 700/800 Mhz hasta algunos GHz. En 5G, el límite superior sube con el uso de bandas milimétricas.

ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Uno de los recursos mas valorados en las comunicaciones móviles es el espectro radioeléctrico, el cual si bien es reutilizable en cierta medida, es un recurso natural, de carácter limitado, a veces escaso.

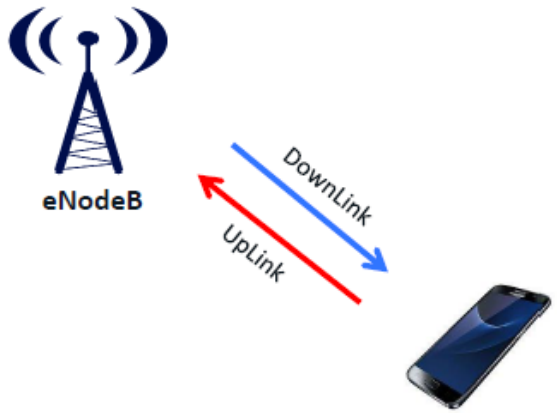
Constituye un bien de dominio público, cuyo uso administra licencia y controla el Estado.

Se divide en Bandas de Frecuencias, las que son atribuidas a los diferentes servicios o sistemas de comunicaciones radioeléctricas.
Las bandas pueden estar divididas en subbandas o bloques asignados a diferentes operadores de servicio.

A su vez las subbandas pueden dividirse en canales, siendo un canal el conjunto de frecuencias contiguas que utiliza en su operación un sistema específico . Los canales se identifican por la frecuencia central

ESPECTRO DE FRECUENCIAS (BANDAS DE OPERACIÓN)

E-UTRA Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit UE receive	Duplex Mode
	F_{UL_low} – F_{UL_high}	F_{DL_low} – F_{DL_high}	
1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz – 1755 MHz	2110 MHz – 2155 MHz	FDD
5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894MHz	FDD
6	830 MHz – 840 MHz	875 MHz – 885 MHz	FDD
7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz	FDD
8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
9	1749.9 MHz – 1784.9 MHz	1844.9 MHz – 1879.9 MHz	FDD
10	1710 MHz – 1770 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
11	1427.9 MHz – 1447.9 MHz	1475.9 MHz – 1495.9 MHz	FDD
12	698 MHz – 716 MHz	728 MHz – 746 MHz	FDD
13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD
14	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD
17	704 MHz – 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	FDD
...			
33	1900 MHz – 1920 MHz	1900 MHz – 1920 MHz	TDD
34	2010 MHz – 2025 MHz	2010 MHz – 2025 MHz	TDD
35	1850 MHz – 1910 MHz	1850 MHz – 1910 MHz	TDD
36	1930 MHz – 1990 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	TDD
37	1910 MHz – 1930 MHz	1910 MHz – 1930 MHz	TDD
38	2570 MHz – 2620 MHz	2570 MHz – 2620 MHz	TDD
39	1880 MHz – 1920 MHz	1880 MHz – 1920 MHz	TDD
40	2300 MHz – 2400 MHz	2300 MHz – 2400 MHz	TDD



EFICIENCIA ESPECTRAL

El espectro es limitado. Una operadora puede disponer de un bloque de X MHz de ancho de banda, p ejemplo 10 MHz en la banda 4.

La eficiencia espectral indica que tan eficientemente se usa el espectro disponible para la comunicación digital.

$$\text{Eficiencia espectral } [(b/s)/Hz] = \frac{\text{velocidad de transferencia de bits } [b/s]}{\text{Ancho de banda } [Hz]}$$

Como se verá, LTE tiene una eficiencia espectral mucho mayor a otras tecnologías de radio predecesoras

Discutir en clase
Estrategias para aumentar la eficiencia del espectro

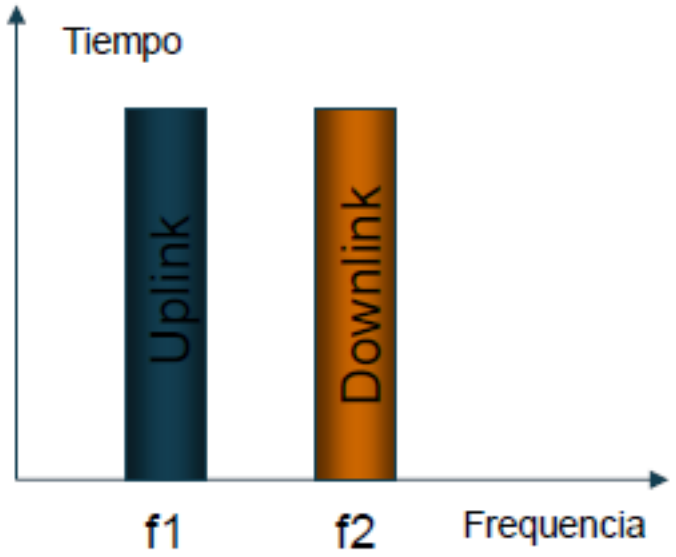
EFICIENCIA ESPECTRAL

Service	Standard	Launched year	Net BitRate R per carrier (Mbit/s)	Bandwith B per carrier (MHz)	Link spectral efficiency R/B (bit/s)/Hz	Typical reuse factor K	System spectral efficiency Approx. (R/B)/K (bit/s)/Hz per site
2.75G cellular	GSM + EDGE	2003	Max.: 0.384; Typ.: 0.20	0.2	Max.: 1.92; Typ.: 1.00;	3	Máx. 0.64 Typ.: 0.33
3.5G cellular	HSDPA	2007	Max.: 42.2	5	Max.: 8.44	1	Max 8.44
4G cellular	LTE	2009	Max.: 326.4	20	Max.: 16.32 (4x4 MIMO) 30 (8x8 MIMO)	1	Max.: 16.32;
4G cellular	LTE Advanced	2013	Máx: 600	20	30 (8x8 MIMO)	1	Máx 30

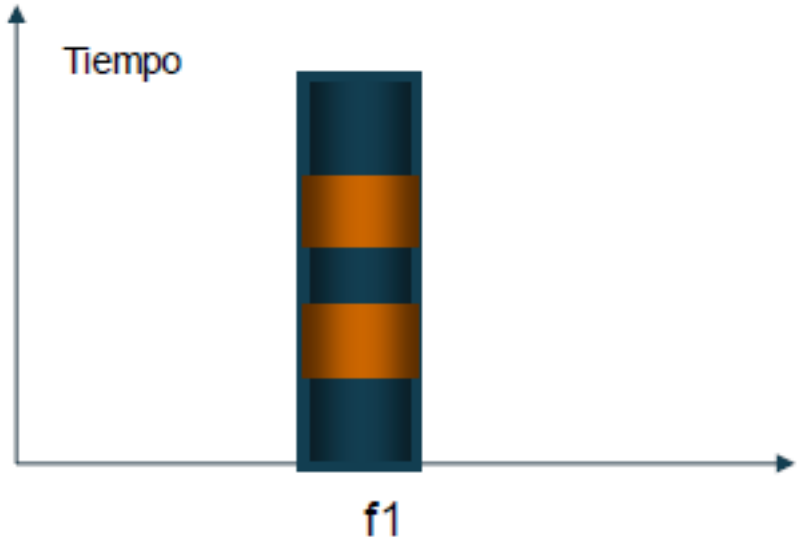
Se observa en la tabla que para un ancho de banda dado, la velocidad en Bits/segundos aumenta en función de la eficiencia.
Por ejemplo, se observa que la eficiencia de LTE es muy superior a la de 3G.

Discutir en clase
Que ocurre en 5G?

LTE- MÉTODO DE DUPLEX



FDD



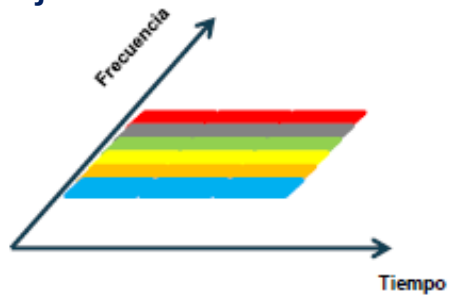
TDD

Los métodos de dúplex determinan como se asignan los recursos de espectro para llevar a cabo la transmisión en cada sentido (uplink y downlink).

FDD (Frecuency Division Duplex) asigna una parte de la banda para cada sentido de transmisión.
TDD asigna toda la banda a cada sentido, a intervalos de tiempo alternados.
Cada banda tiene asociado un método por standard.

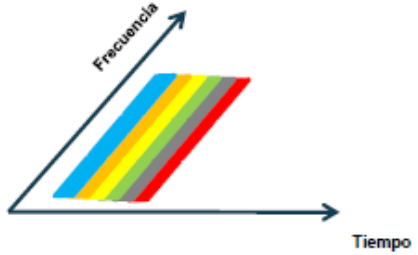
LTE- MÉTODO DE ACCESO MÚLTIPLE

El acceso múltiple se refiere al acceso simultáneo de varios usuarios (canales) a un conjunto de recursos de espectro (bloque o sub banda).



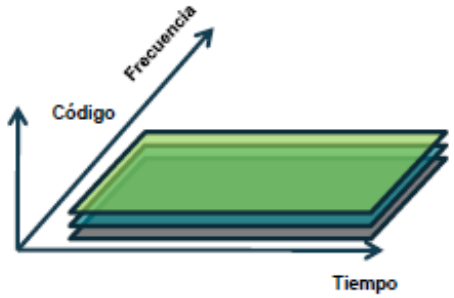
FDMA: Acceso múltiple por división de frecuencia

FDMA: Se asigna una porción del espectro disponible a cada canal durante todo el tiempo en que se utiliza.



TDMA: Acceso múltiple por división de tiempo

TDMA: Se asigna todo el espectro a cada conexión durante una porción del tiempo. El proceso se repite cíclicamente. GSM es un ejemplo de este método.

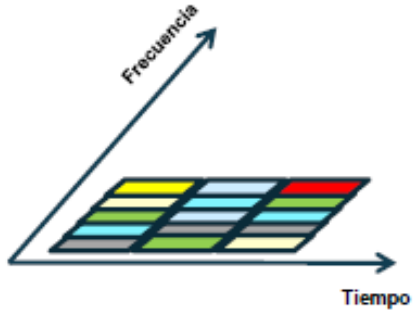


CDMA: Acceso múltiple por división de código

CDMA: Cada canal hace uso de todo el espectro (espectro expandido) durante todo el tiempo. Cada señal es procesada de modo tal que a cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma que sea ortogonal respecto al del resto; esto permite al receptor recibirlo y separarlo de los demás.

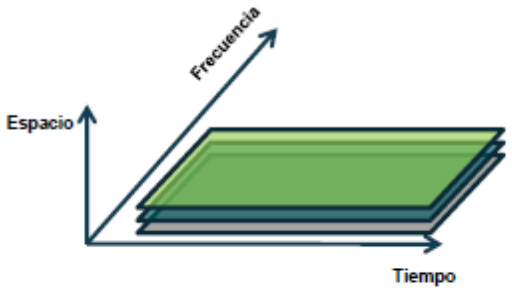
LTE- MÉTODO DE ACCESO MÚLTIPLE

El acceso múltiple se refiere al acceso simultáneo de varios usuarios (canales) a un conjunto de recursos de espectro (bloque o sub banda).



OFDMA: Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales

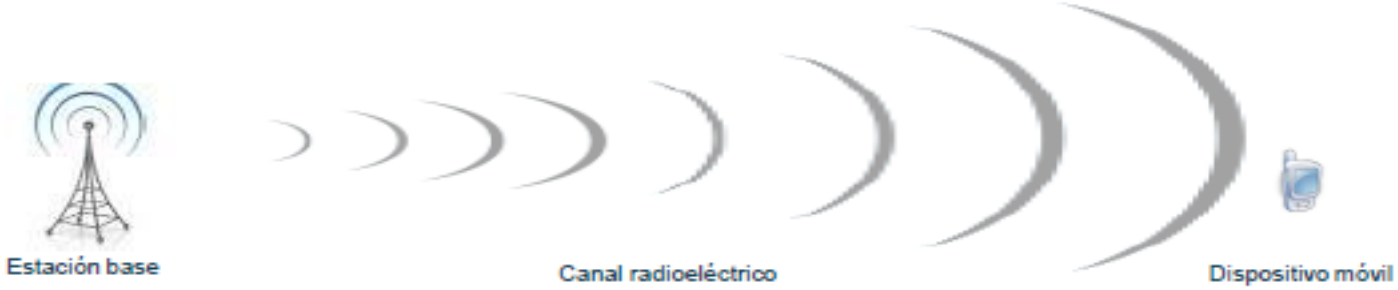
OFDMA: La banda o bloque se subdivide en pequeñas portadoras ortogonales entre si. A su vez las asignaciones cada portadora se hacen dinámicamente cada pequeños períodos de tiempo. LTE usa este mecanismo en el canal de Downlink.



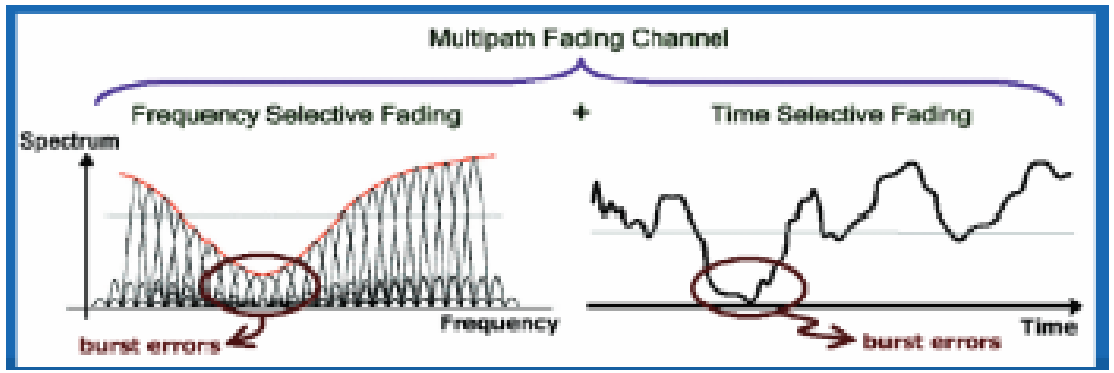
SDMA: Acceso múltiple por división de espacio

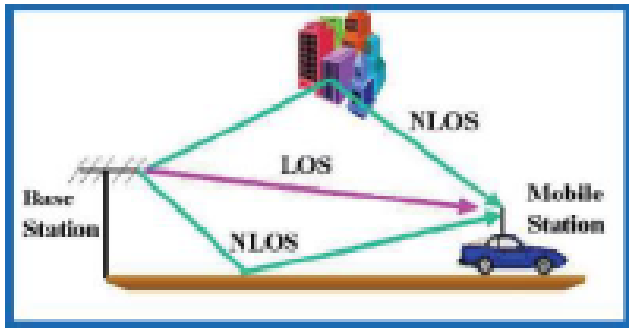
SDMA: La división de espacio refiere al espacio físico donde se accede a la red. Tanto la frecuencia como el tiempo no modulan la asignación de recursos.

LTE- CANAL RADIOELÉCTRICO

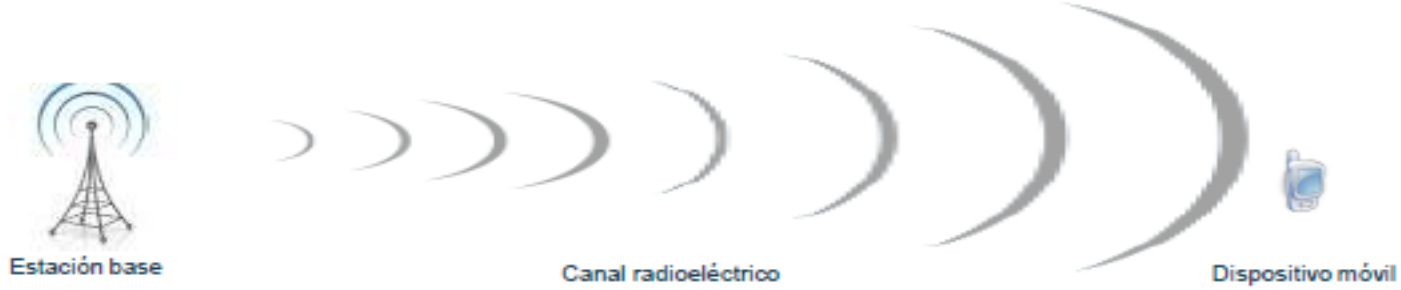


En un canal ideal, la señal recibida, proviene de un único camino, lo que permite recibir la señal transmitida perfectamente.
En un canal real, diversas causas degradan la señal.
La señal recibida es la combinación de réplicas atenuadas, reflejadas, refractadas y difractadas (por el efecto de múltiples caminos) a lo cual se suma el ruido, interferencia y el efecto doppler.
A medida que se incrementa la velocidad de transmisión, se incrementan los problemas de desvanecimiento selectivo e interferencia intersímbolo.

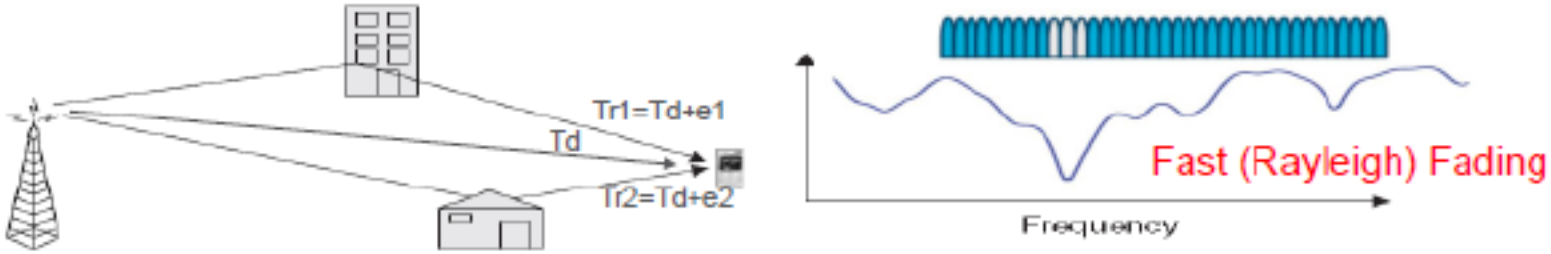




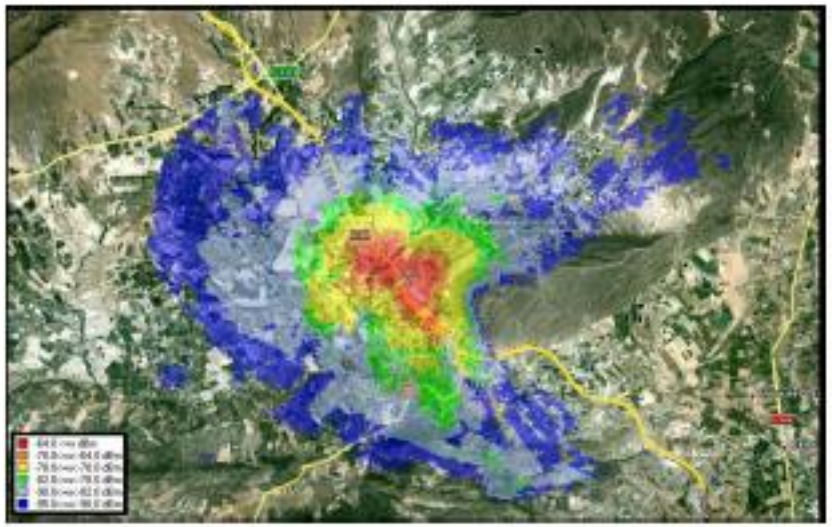
LTE- CANAL RADIOELÉCTRICO



En canal dispersivo en el tiempo (tiempos de arrivo diferentes), lleva a una respuesta selectiva en frecuencia.
Para contrarrestar esta selectividad, el receptor necesita una ecualización de hasta 5 MHz de ancho de banda.
Para anchos de banda mayores, la transmisión multicarrier (donde múltiples portadoras son transmitidas en paralelo) es mas eficiente.
Para cada portadora, la respuesta del canal es plana y se ajusta por separado
Las subportadoras que se encuentran en las peores condiciones pueden ser desechadas temporalmente.



LTE- COBERTURA Y CAPACIDAD



COBERTURA (concepto rural):
Es el área o región donde el servicio está disponible para un usuario. Considerando una sola antena, el límite de cobertura se define por el perímetro donde la señal cae por debajo de un determinado umbral. El ajuste de los umbrales de fin de celda es crítico especialmente para VoLTE .

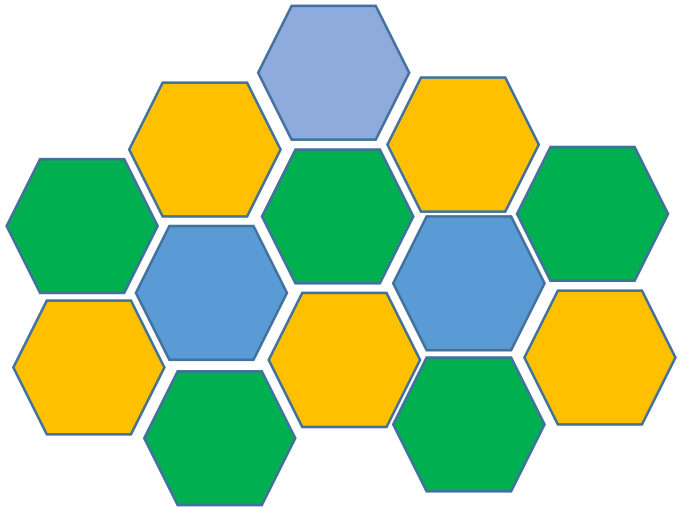
CAPACIDAD:
Cantidad de conexiones simultáneas con una determinada calidad de Servicio: muy ligada a la cantidad de usuarios (concepto urbano).

En zonas de baja densidad de clientes, la cantidad de estaciones base a desplegar está dada por los requisitos de cobertura.

En zonas de alta densidad de clientes, la cantidad de estaciones base a desplegar está dada por los requisitos de capacidad.

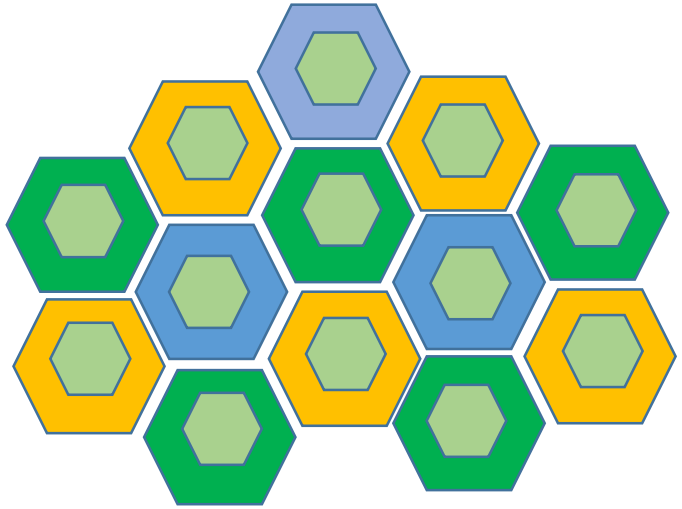
Discutir en clase
Aspectos ligados a las bandas

LTE- REUSO DE FRECUENCIA



F1 F2 F3

Factor de reuso:3

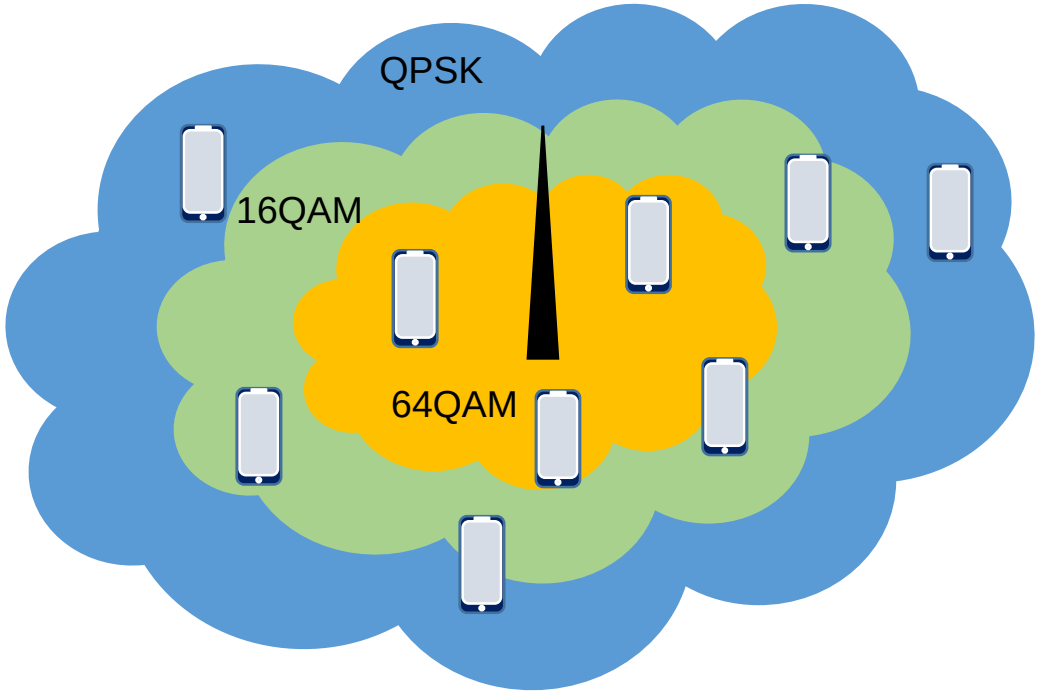


F1 F2 F3 F4

Reuso fraccional

Desplegar servicios en forma ubicua requiere desplegar múltiples estaciones base
La maximización de la capacidad de la red conduce a utilizar todo el espectro de frecuencias posible.
Sin embargo ello conlleva problemas de interferencias, con lo cual cada estación solo podrá usar una fracción de la banda de espectro disponible. Ello permite que cada fracción de banda pueda reutilizarse a una dada distancia de modo de mantener la interferencia bajo control.
La eficiencia espectral se reduce al no poder utilizar todo el espectro. Por eso no es deseable aumentar el número de fracciones en demasía

LTE- MODULACIÓN CODIFICACIÓN ADAPTATIVA (ACM Y HARQ)



La relación señal ruido disminuye con la distancia a la estación

Modulación Codificación Adaptativa (ACM), Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ)

Ambos trabajan juntos proveyendo de un mecanismo de transmisión adaptativo.

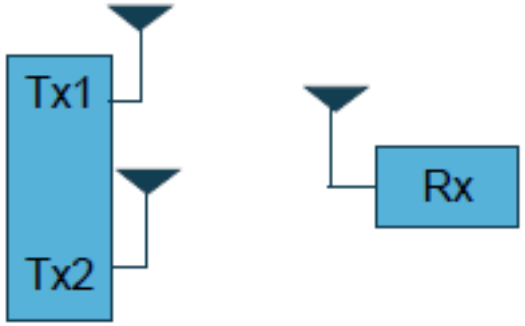
ACM selecciona la combinación modulación /codificación a utilizar de acuerdo con las condiciones del canal de radio. Por ejemplo: 64QAM5/6 para excelentes condiciones, QPSK ½ para malas condiciones.

H-ARQ se encarga de retransmitir la información perdida o corrompida utilizando mayor redundancia en las sucesivas retransmisiones hasta que el paquete sea decodificado correctamente.

La combinación de ambos permite optimizar el throughput frente a las condiciones variables del canal de radio.

LTE- DIVERSIDAD EN TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

Diversidad en transmisión

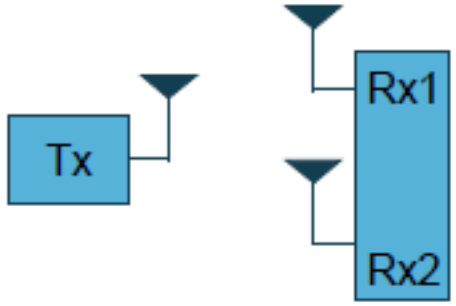


MISO

Los receptores combinan sus señales.
Técnicas utilizadas:
MRC (Maximum Ratio Combining):se realiza una combinación ponderada por la estimación de SNR de cada Rx .
Selección de Antenas: se utilizan más antenas que cadenas de recepción y se eligen las que tienen mejor señal para la combinación

Técnicas de lazo abierto: no requieren información del estado del canal.
STBC- Space Time Block Coding ,
SFBC- Space Frequency Block Coding
(Usado por LTE- TxMode 2)
Técnicas de lazo cerrado: requieren información del estado del canal.
Con la información del estado del canal se puede optimizar la transmisión hacia el Rx (Beamsteering) (Ej: LTE Tx Mode 6 Closed Loop Rank 1 Beamsteering)

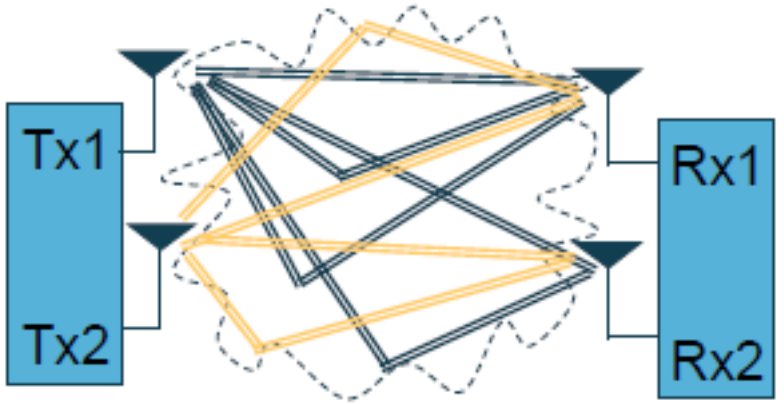
Diversidad en recepción



SIMO

LTE- MIMO

SISO (Single input Single Ouput)



MIM0 2x2

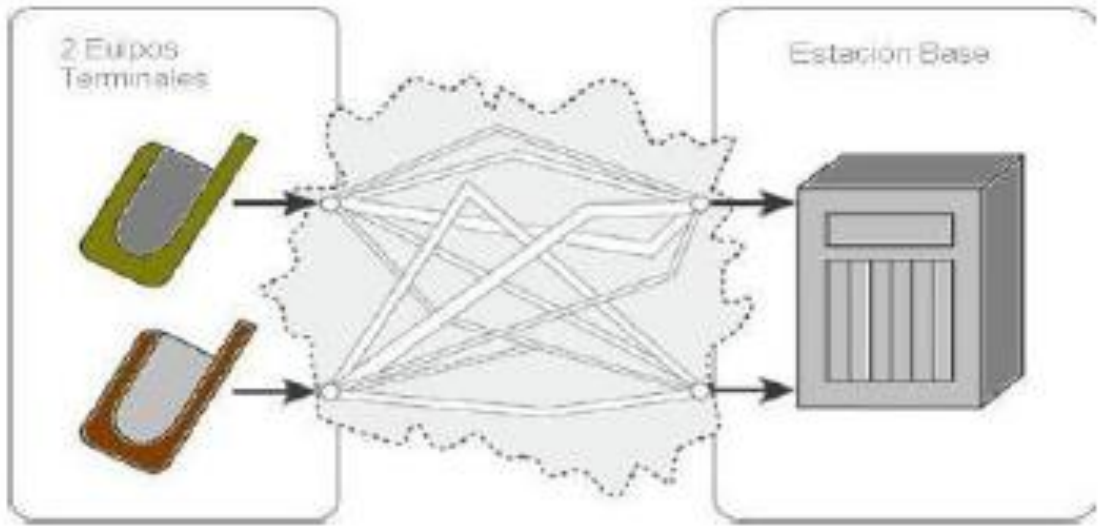
- El termino MIMO se refiere a enlaces de radio que utilizan el canal con múltiples transmisores y receptores (Multiple Input Multiple Output).

- Las configuraciones se denominan MIMO MxN (siendo M: número de Tx y N número de Rx).

- La máxima capacidad en un canal MIMO MxN, es k veces la capacidad del canal con un único par Tx-Rx(SISO), siendo k=min(M,N)

Valores típicos actuales de M,N: discutir en clase

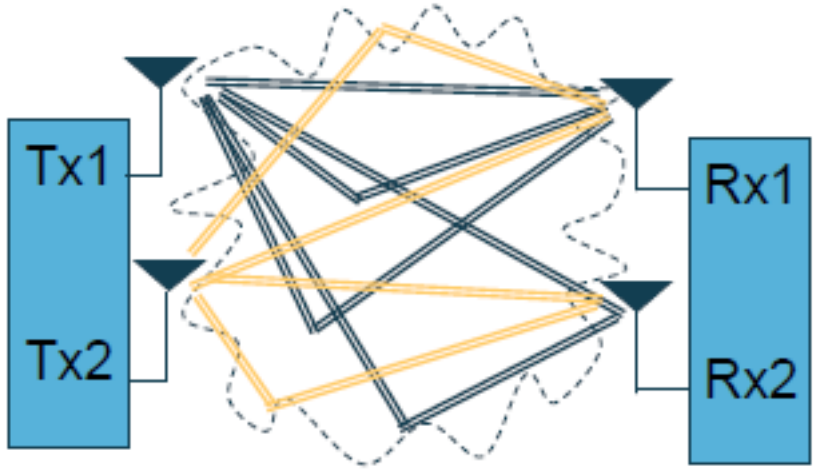
LTE- MIMO



➢En los sistemas de acceso los múltiples Tx o Rx del lado usuario pueden pertenecer a un único equipo cliente o a distintos lo que se denomina Single-User MIMO o Multi-User MIMO.

➢En general los terminales móviles poseen más de un Rx y un solo Tx , por lo que en uplink se utiliza más comunmente Multi-User MIMO

LTE- MULTIPLEXACIÓN ESPACIAL



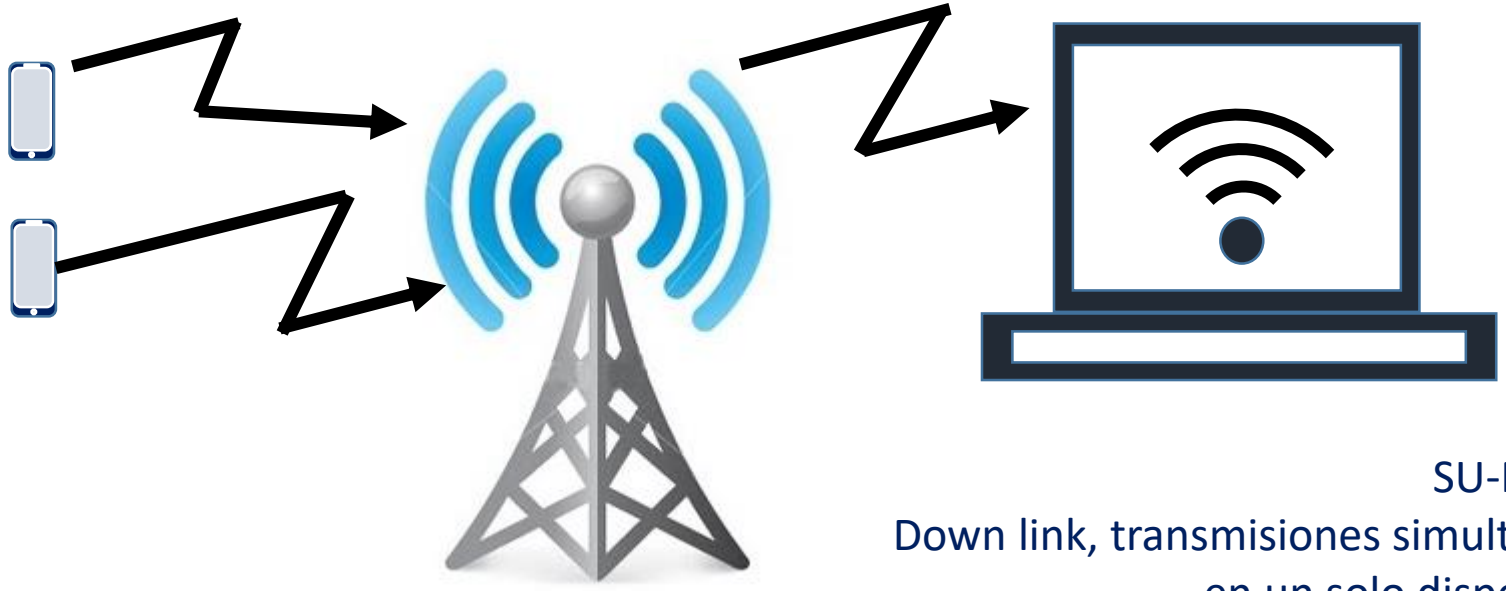
MIMO

Multiplexación espacial: busca maximizar la capacidad. Los transmisores envían diferente información. Si la decorrelación entre señales es suficiente se recupera correctamente toda la información.
Single User MIMO: Aumenta el Bit Rate Pico del usuario .
MultiUser MIMO: Aumenta la cantidad de usuarios. Las tecnologías de acceso Incorporan mecanismos de adaptación automáticos para usar diversidad o multiplexación espacial según mejor convenga.

Técnicas de lazo abierto: no requieren información detallada del estado del canal. Los diferentes streams se transmiten con igual modulación – Mayor exigencia de SNR.
Técnicas de lazo cerrado: requieren información detallada del estado del canal. Con la información del estado del canal se optimiza la transmisión hacia el Rx. Permite streams con diferente modulación de acuerdo a estimación de SNR en cada Rx.

LTE- MULTIPLEXACIÓN ESPACIAL

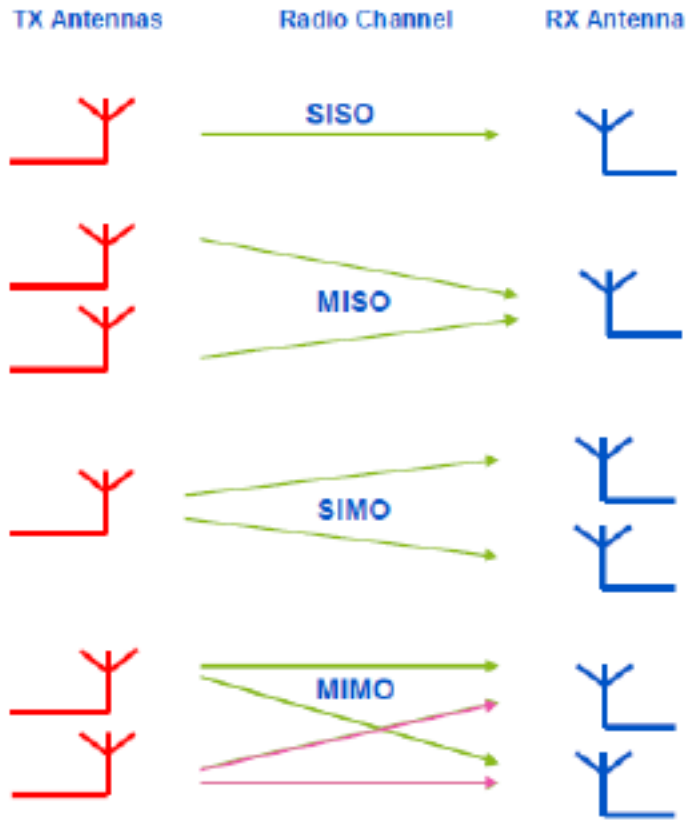
MU-MIMO
Uplink, distintos dispositivos simultáneos



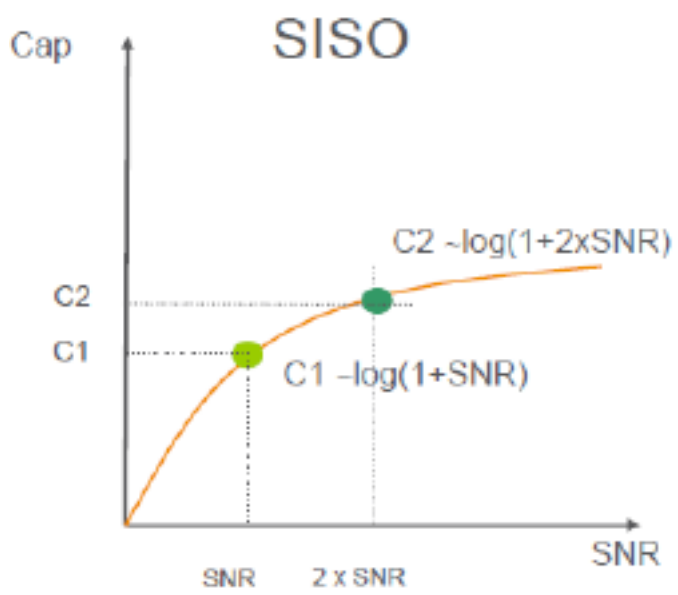
SU-MIMO
Down link, transmisiones simultáneas en un solo dispositivo

LTE- MULTIPLEXACIÓN ESPACIAL

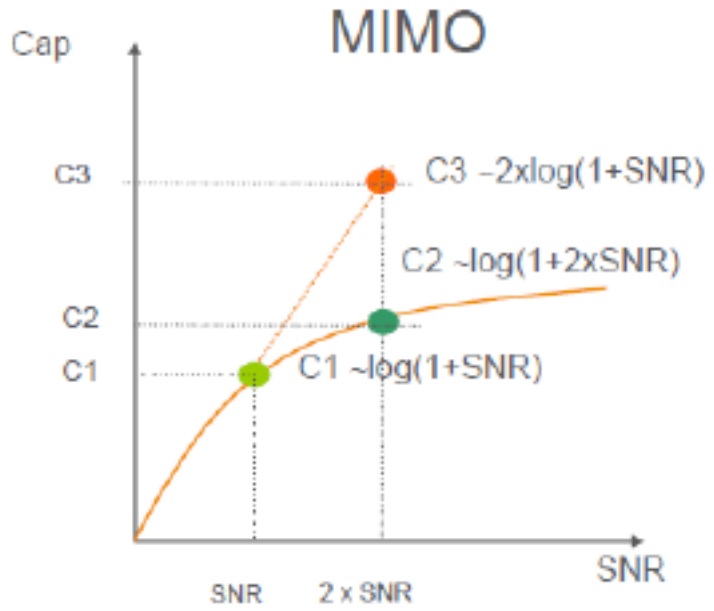
- Single-Input, Single-Output (SISO)
- Multiple Input, Single-Output (MISO)
  aka Tx Divesity.
- Single-Input, Multiple Output (SIMO)
  aka Rx Diversity.
- Multiple-Input, Multiple-Output (MIMO)
  aka Tx and Rx Diversity and/or Spatial Multiplexing.



LTE- MULTIPLEXACIÓN ESPACIAL



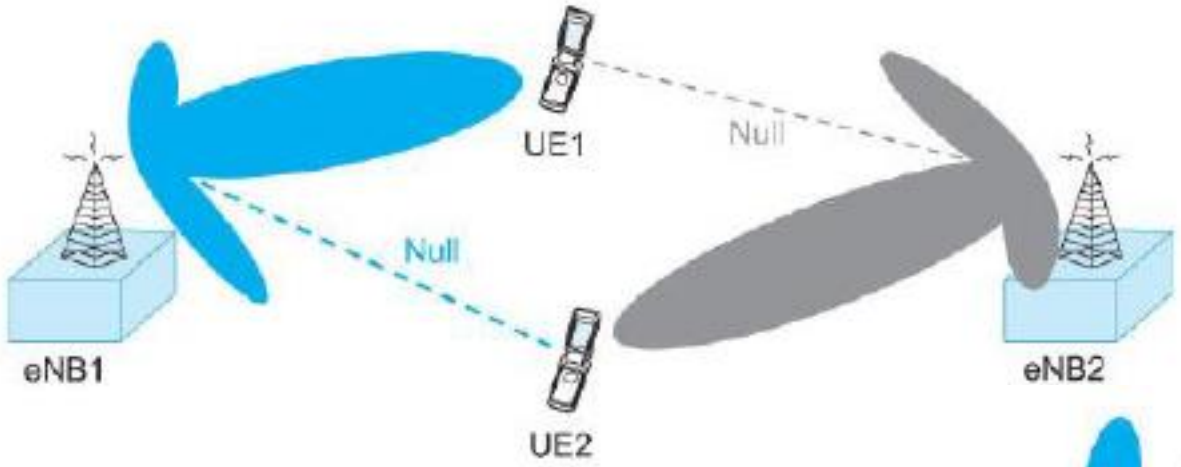
› Low SNR: linear increase in rate
› High SNR: logarithmic increase in rate



› Share SNR between layers
› Linear increase in rate

El uso de MIMO permite aumentar la capacidad en especial cuando la relación señal-ruido (SNR) decae.

LTE- BEAMFORMING. EJEMPLOS



Cada terminal, en la Ubicación actual recibe señal fuerte de una celda y señal muy atenuada de La otra celda

Cada terminal, en la Ubicación actual recibe señal fuerte de una antena y señal muy atenuada de La otra antena

mMIMO
64/128 puntos con un grupo menor de tranceptores en nodo
2x2 4x4 y hasta 8x8 en UE
En milimétricas puede haber UE 2 paneles con 4 antenas
Precoding: se altera fase en símbolo para cada antena; se combina con mimo

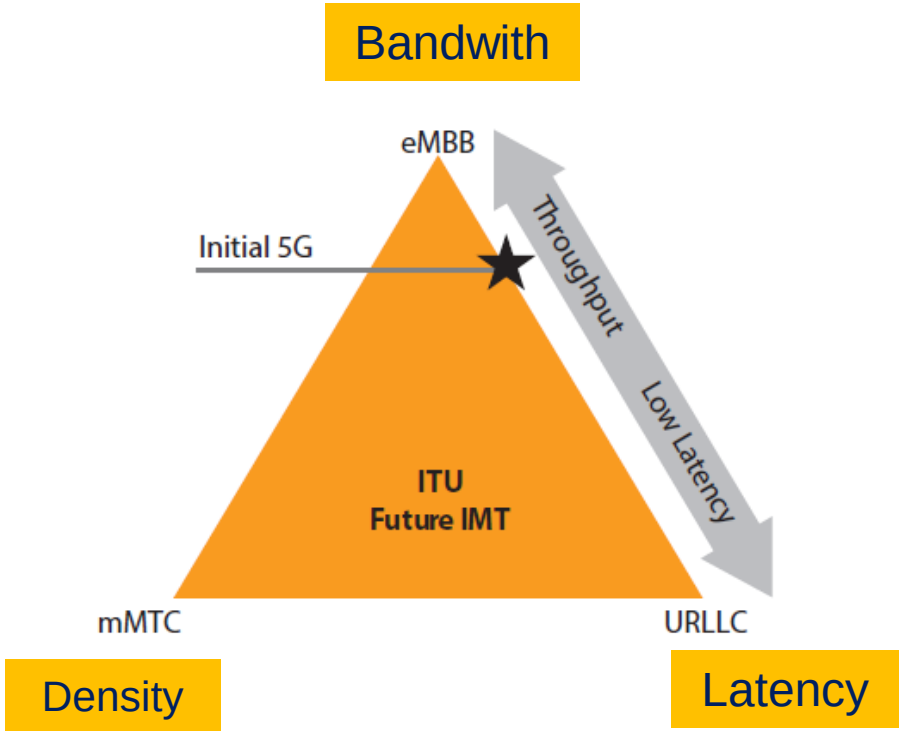
La evolución de LTE hacia 5G

- **3G corresponde a IMT-2000 para la ITU**
- **4G/LTE corresponde a IMT-Advanced para la ITU**
- **5G corresponde a IMT-2020 para la ITU**

- Especificación ITU IMT-2020
- Nueva interfaz de Radio → 5G NR (New Radio)
- No es una REVOLUCION, mas bien una EVOLUCION
- Primeras implementaciones del tipo Non Stand Alone (NSA)
  - ➢Posibilidad de funcionar como Stand Alone (SA) a futuro
- Mejoras en throughput principalmente gracias a mayores anchos de banda y mejoras en la eficiencia espectral (Massive MIMO | HOM | Beamforming)
- IoT → Evolucionará a partir de las redes LTE-M y NB-IoT actuales
  - ➢Por esto se considera a 5G como un conjunto de tecnologías

Discutir en clase si desde la perspectiva del acceso implica un cambio drástico respecto de LTE.

La evolución de LTE hacia 5G



eMBB (enhanced Mobile Broadband)

Evolución Terminales 4G | Aplicaciones FWA hogareño| Cloud Gaming 4K | AR / VR | …

URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communications)

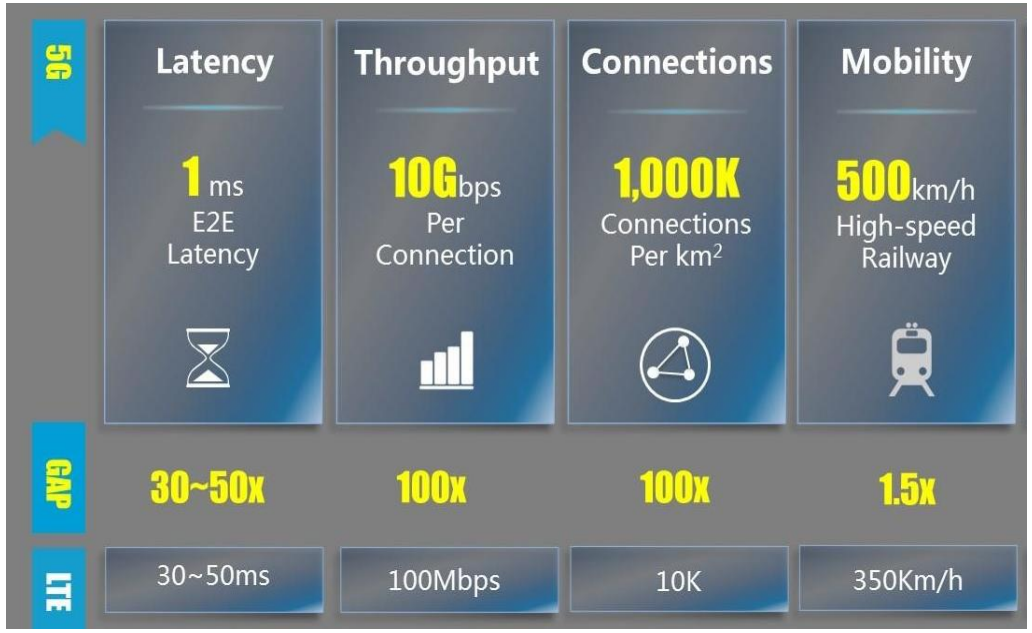
Coches Conectados | Aplicaciones Industriales & Misión Critica

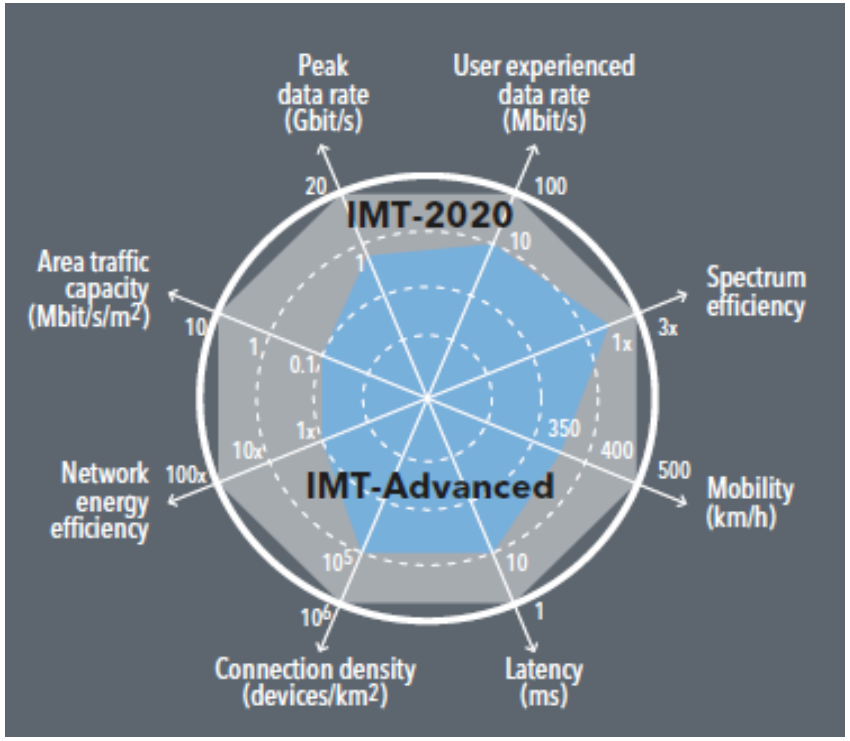
mMTC (massive Machine Type Communications)

Masificacion de Dispositivos IoT (LTE-M & NB-IoT)

La evolución de LTE hacia 5G

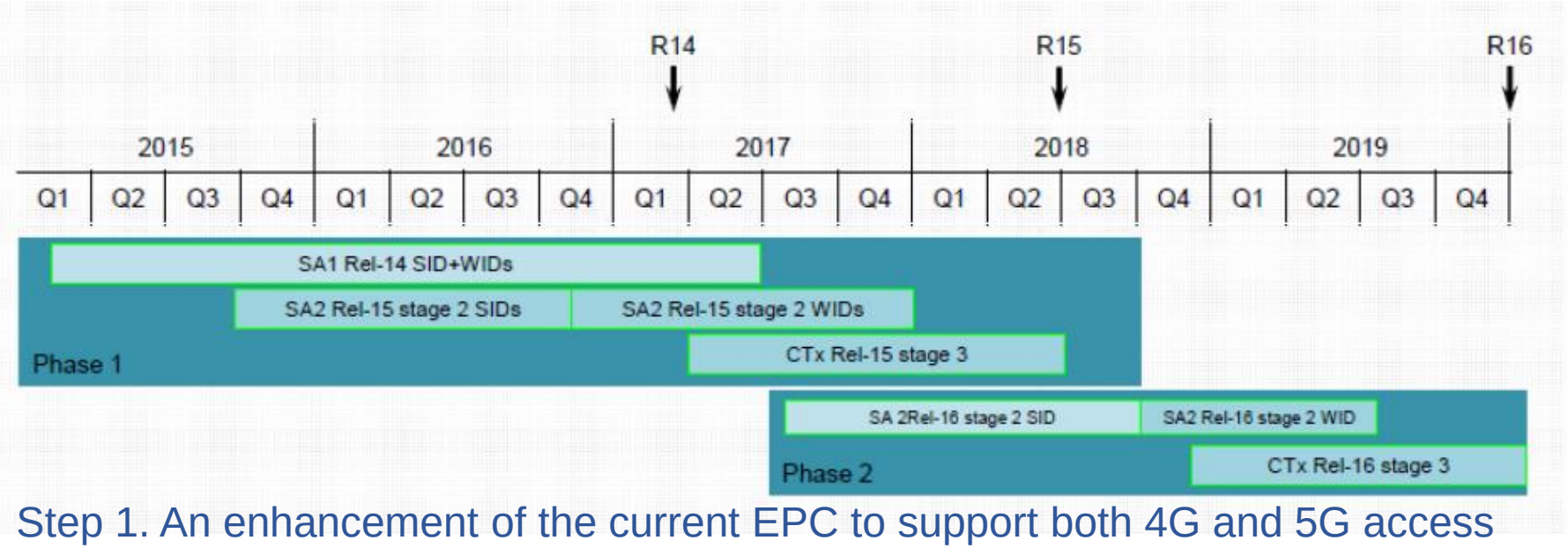
ITU IMT-2020





La evolución de LTE hacia 5G

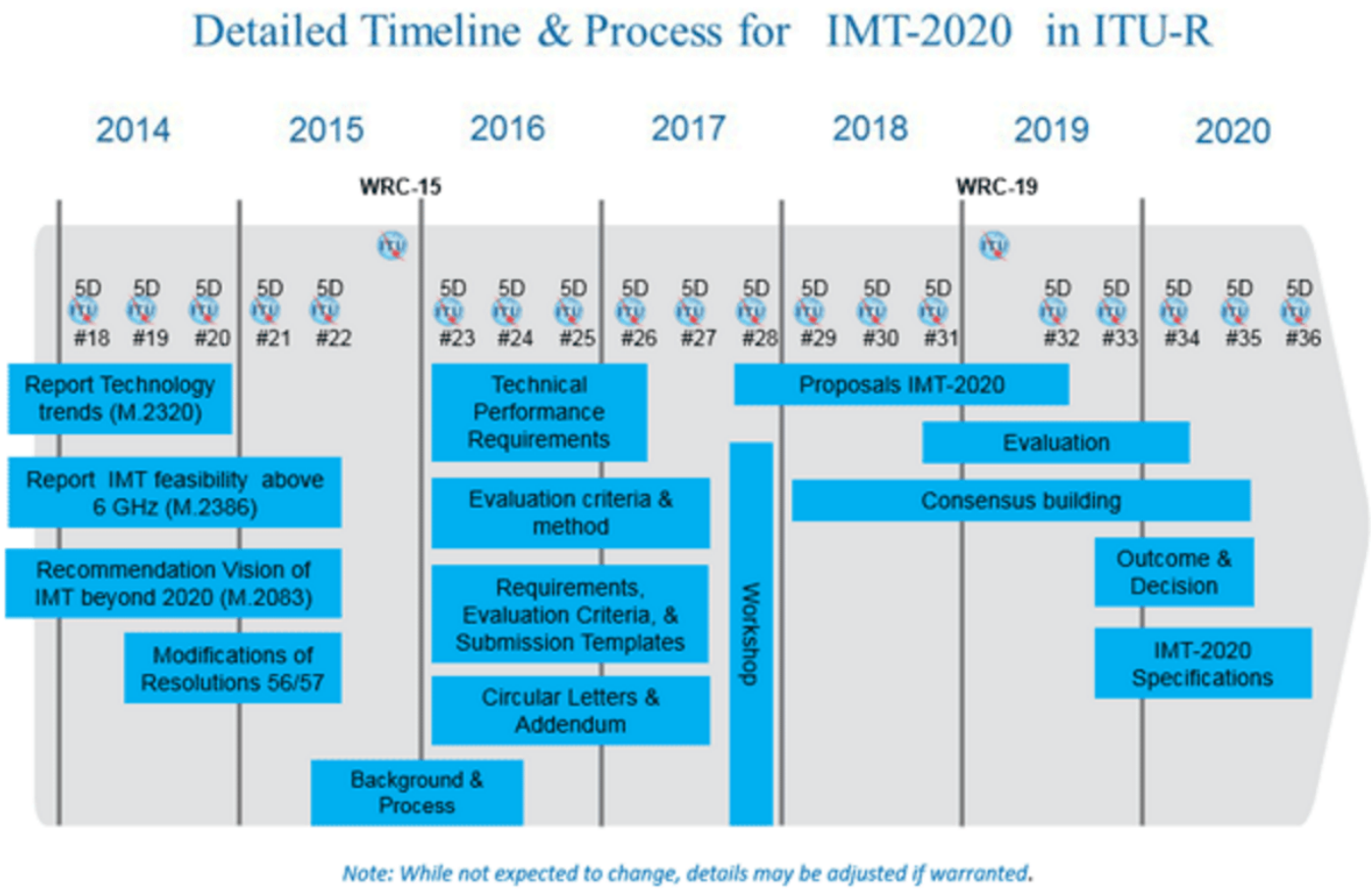
How to Start?
-Standard Time Line is a good frame to know what can/can't be done and when.
-Product Availability is second point to be aware of
-Different approachs decoupling Core Access and devices



Step 1. An enhancement of the current EPC to support both 4G and 5G access

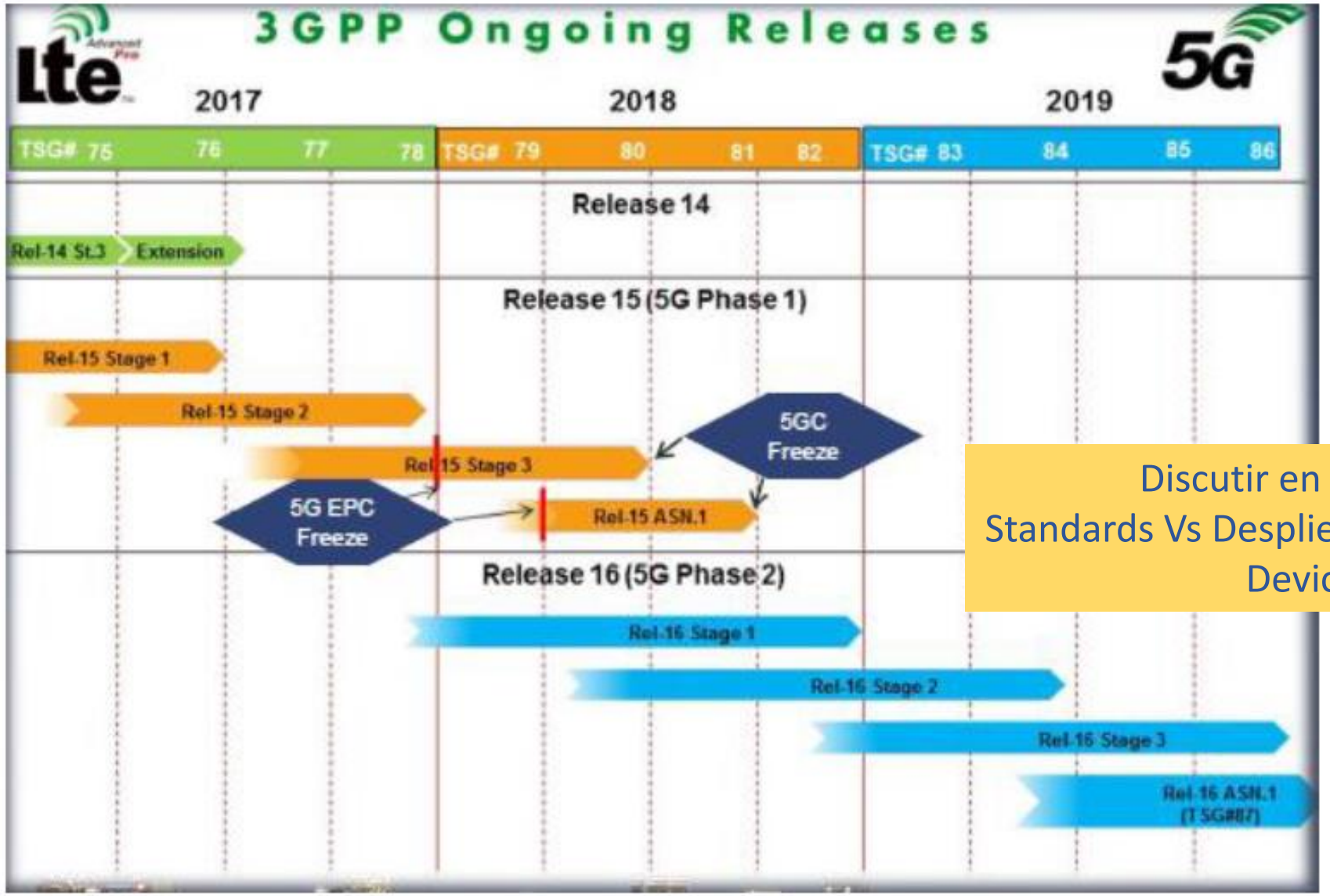
Step 2 the build of new 5G core architecture to support both LTE and 5G access known as SBA architecture

La evolución de LTE hacia 5G



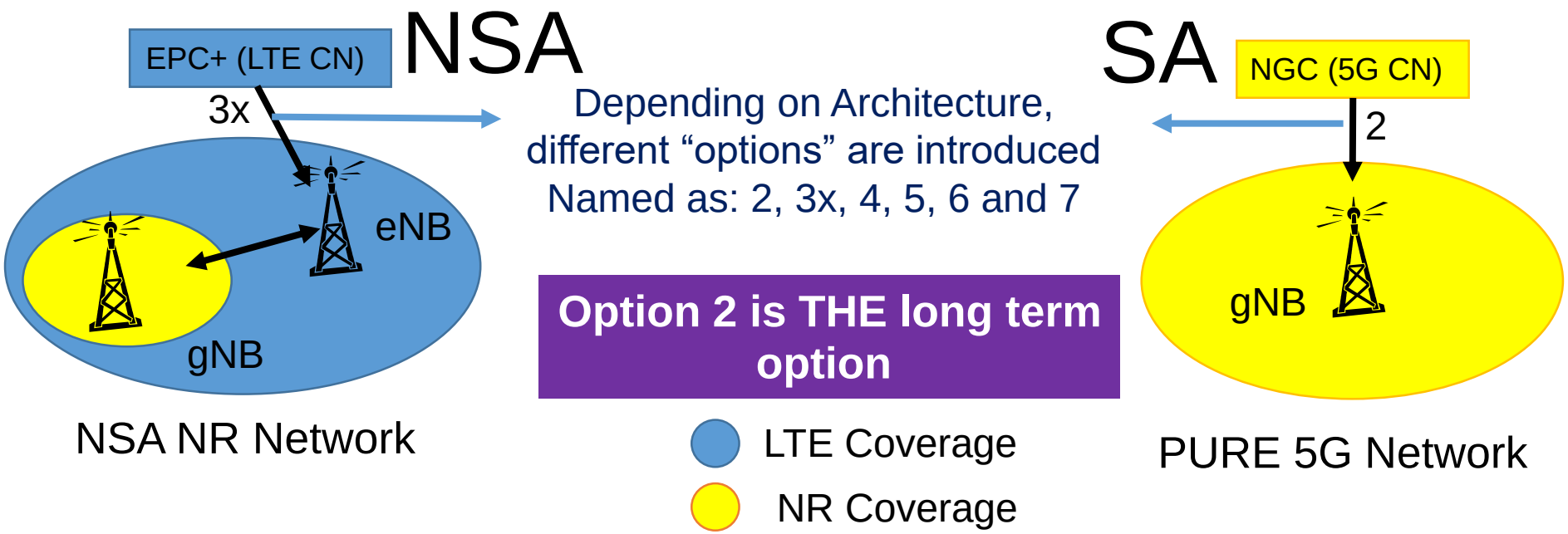
Step 1. An enhancement of the current EPC to support both 4G and 5G access
Step 2 the build of new 5G core architecture to support both LTE and 5G access known as SBA architecture

La evolución de LTE hacia 5G



Discutir en clase
Standards Vs Despliegues
Devices: ?

La evolución de LTE hacia 5G



NSA: 5G networks will be supported by existing 4G infrastructure.

The 5G Standalone (SA) network and device standard is still under review. The advantage of Standalone is simplification and improved efficiency, but availability date is its weakeness

NR: Frequency Range 1 overlaps and extends 4G LTE frequencies, operating from 450 MHz to 6,000 MHz. Bands are numbered from 1 to 255 .

Millimeter wave (mmWave): Frequency Range 2 operates at a much higher 24,250 MHz (~24GHz) to 52,600 MHz (~52GHz). Bands are numbered from 257 to 511

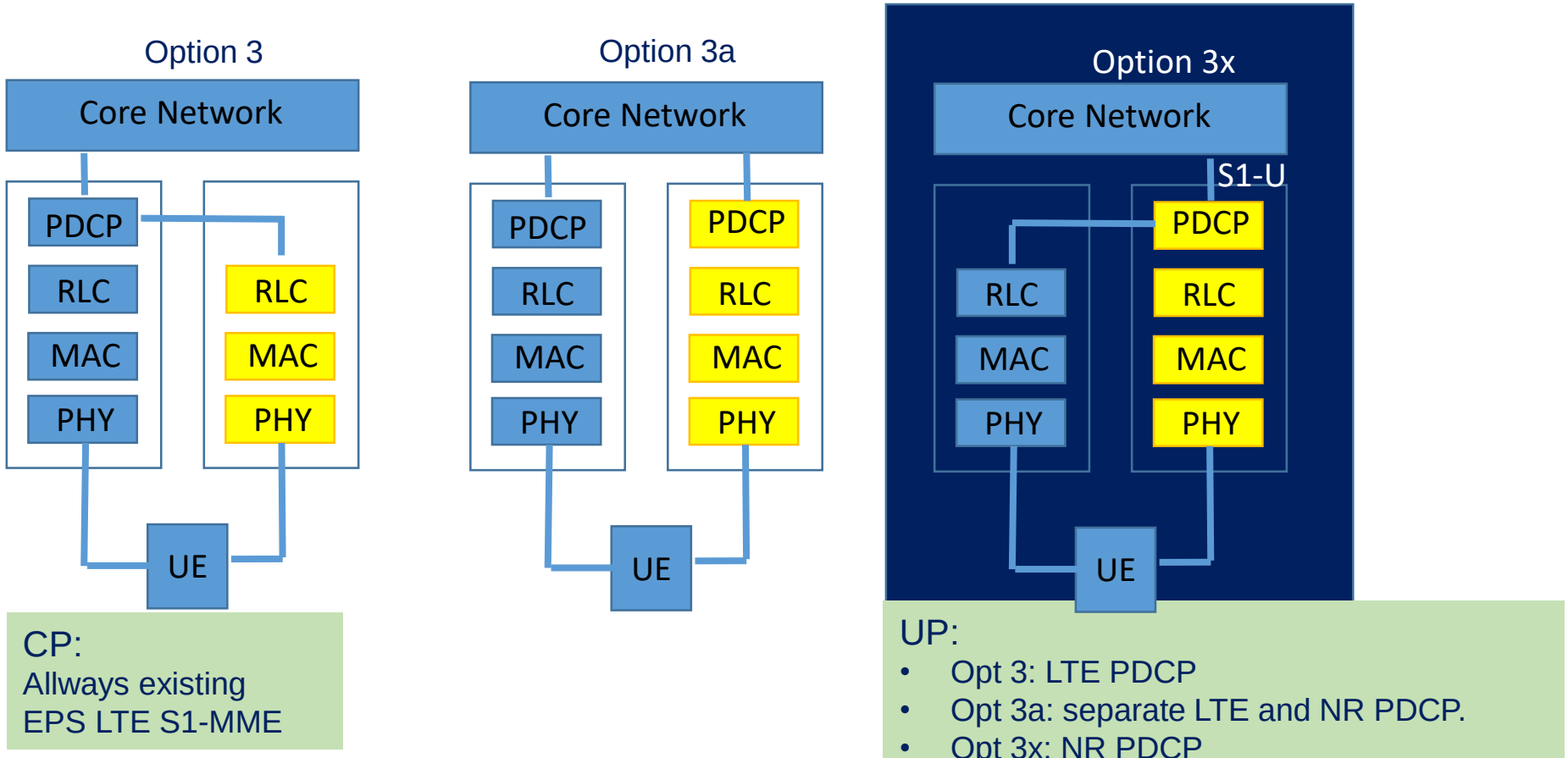
La evolución de LTE hacia 5G

NR NSA: interim set of approved specifications end of December 2017 (ASN.1 due in March 2018). This first set defines 5G New Radio (NR) in Non- Standalone operation (NSA) enabling 5G NR deployments using existing 4G systems (LTE EUTRAN and EPC) as leverage.

NR SA: The specifications of 5G NR in Standalone operation are due for completion in June 2018 (ASN.1 due in September 2018), complemented by the complete set of specifications of the new 5G Core Network – hence the full 5G System.

NSA options
3/3a/3x

3GPP Release 15 NSA NR operation is based on 3GPP Network Option 3 family which is “LTE assisted EPC Connected”. NSA options 3/3a/3x are as follows.



CP:
Allways existing
EPS LTE S1-MME

UP:
- Opt 3: LTE PDCP
- Opt 3a: separate LTE and NR PDCP.
- Opt 3x: NR PDCP

PDCP: Packet Data Convergence Protocol.