



Arquitectura de comunicaciones Móviles

Redes 4G (LTE)

Ing. Anibal Pose

Redes LTE (4G)

La última generación de estándares de tecnología móvil, 4G, es la tecnología utilizada actualmente para los usuarios de smartphones y tablets. 4G es el sucesor de los estándares de tercera generación (3G) y proporciona acceso a Internet de banda ultra ancha, lo que abre la puerta a la televisión móvil de alta definición, las videoconferencias y computación en la nube.

Los candidatos iniciales de 4G incluyeron el estándar WiMax móvil y la evolución a largo plazo (LTE), aunque existe cierto debate sobre si estos sistemas cumplen con los estándares oficiales 4G fue la elegida por el mercado para la implementación de las redes de última generación.

Redes LTE (4G)

La especificación avanzada de telecomunicaciones móviles internacionales requiere que los servicios 4G transmitan datos a una velocidad máxima de al menos 100 megabits por segundo para las comunicaciones de alta movilidad (de automóviles y trenes) y 1 gigabit por segundo para las comunicaciones de baja movilidad (usuarios fijos).

LTE Avanzada es una red compatible con IMT-Advance que ofrece las velocidades requeridas. Junto con el aumento de la velocidad, la tecnología 4G ofrece numerosas mejoras centradas en el rendimiento

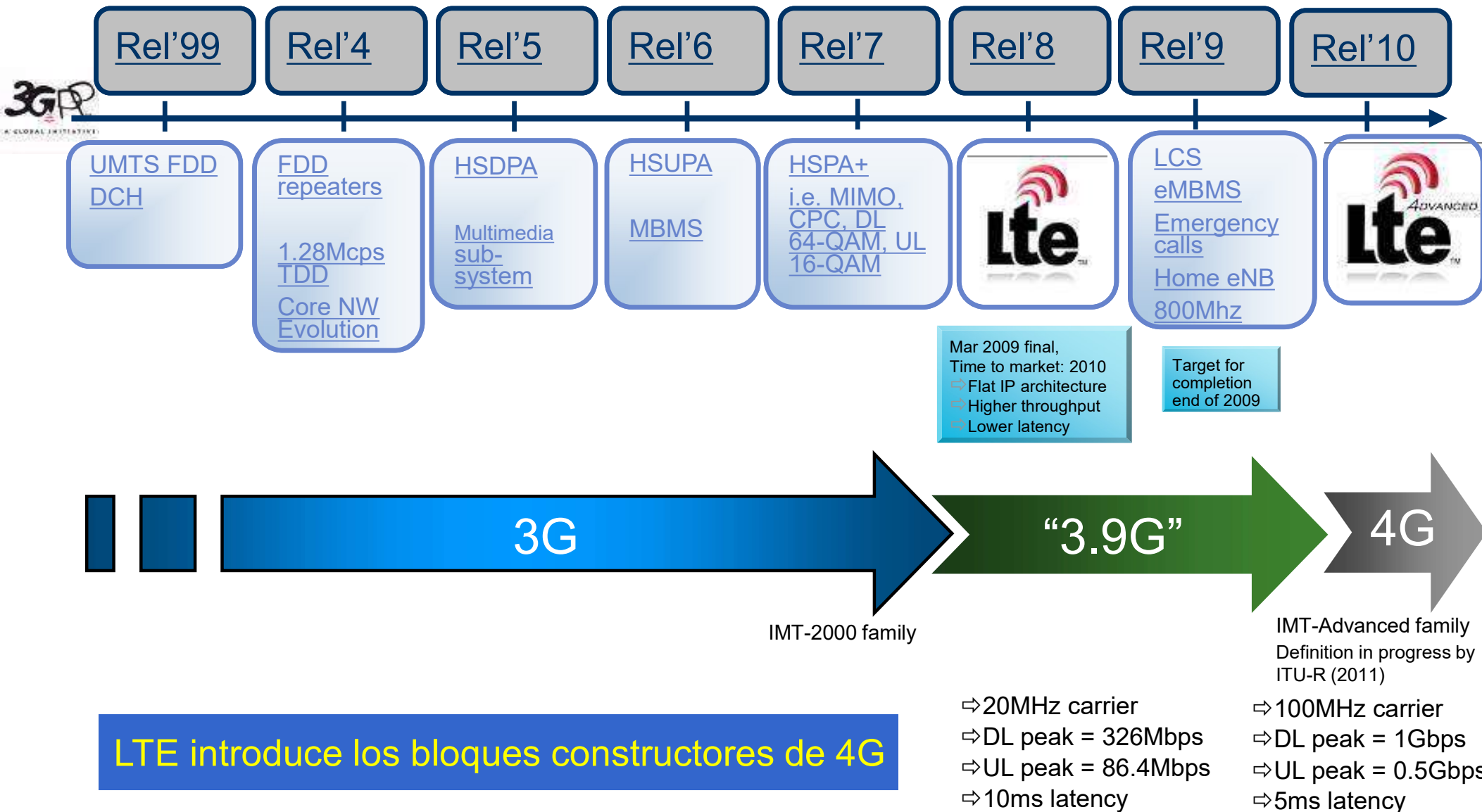
LTE (Long Term Evolution)

- Reducción de los retrasos
- Aumento de las tasas de datos de los usuarios
- Reducción del costo por bit → eficiencia espectral
- Flexibilidad en la utilización del espectro
- Arquitectura de red simplificada
- Movilidad sin límites, incluso entre diferentes tecnologías de acceso de radio
- Consumo mínimo de energía para el terminal móvil.

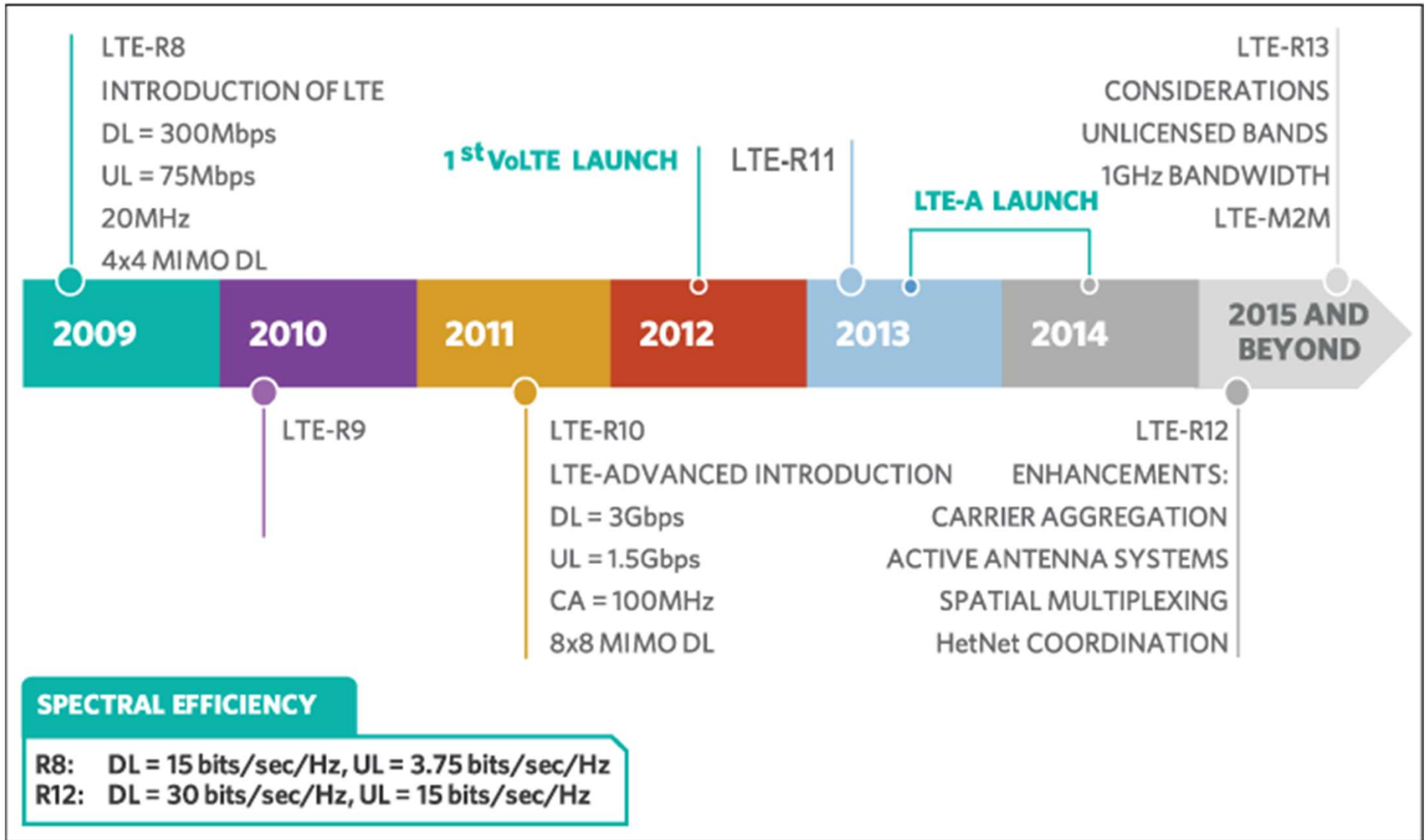
Redes de telefonía celular de cuarta generación

- Alto grado de funcionabilidad y flexibilidad.
- Compatibilidad de servicios
- Capacidad de interconexión con otros sistemas de radio.
- Alta calidad en los servicios móviles.
- Aplicaciones, servicios y equipos amigables al usuario.
- Capacidad de conexión mundial (roaming).
- Altas velocidades de transmisión de datos
- Esquema de modulación OFDMA
- Sistema de múltiples antenas MIMO

Estandarización de LTE por la 3GPP



Estandarización de LTE por la 3GPP



Principales mejoras

OFDMA
SC-FDMA



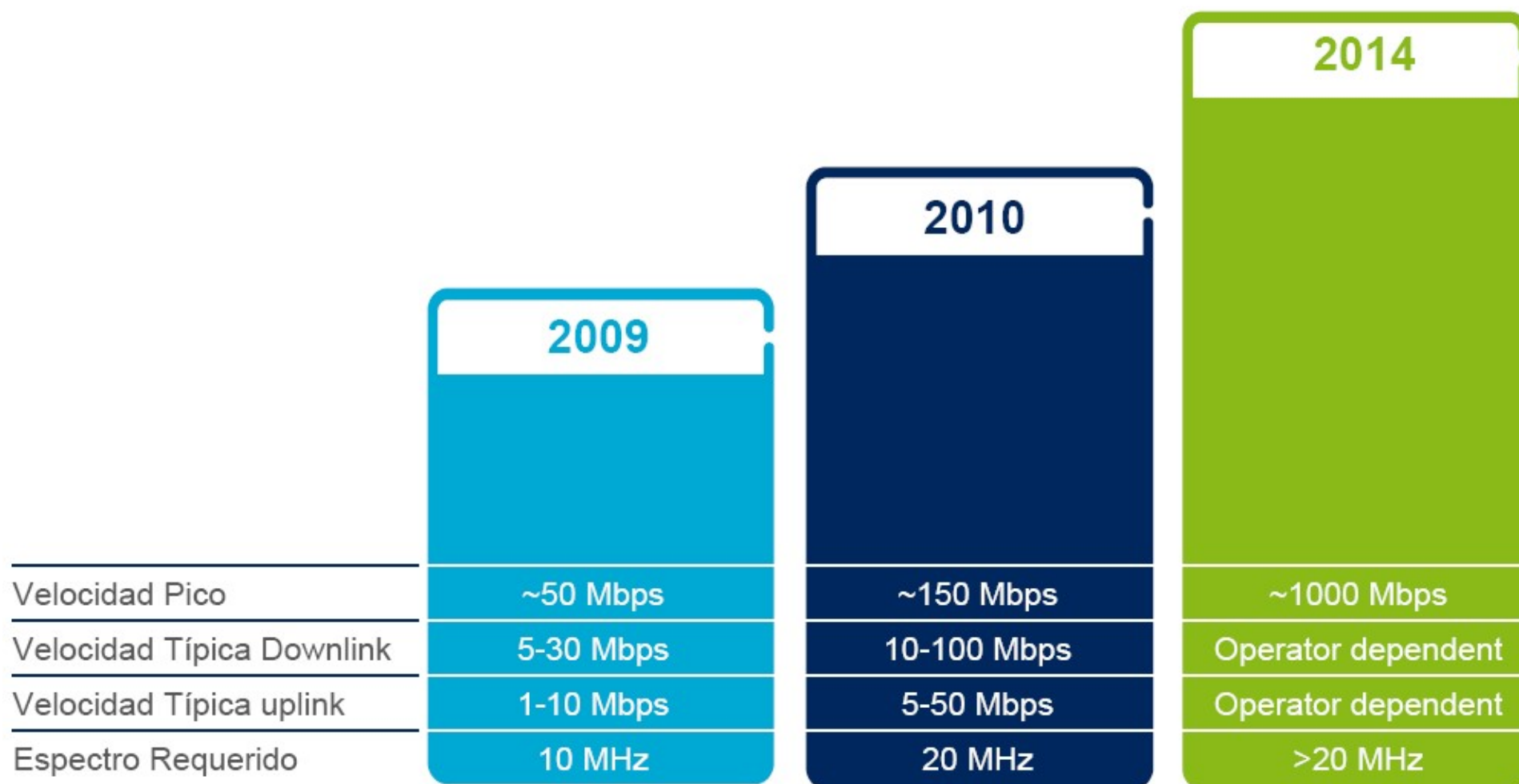
ANTENAS
MIMO



FLEXIBILIDAD
DE
ESPECTRO



Evolución de capacidad y espectro



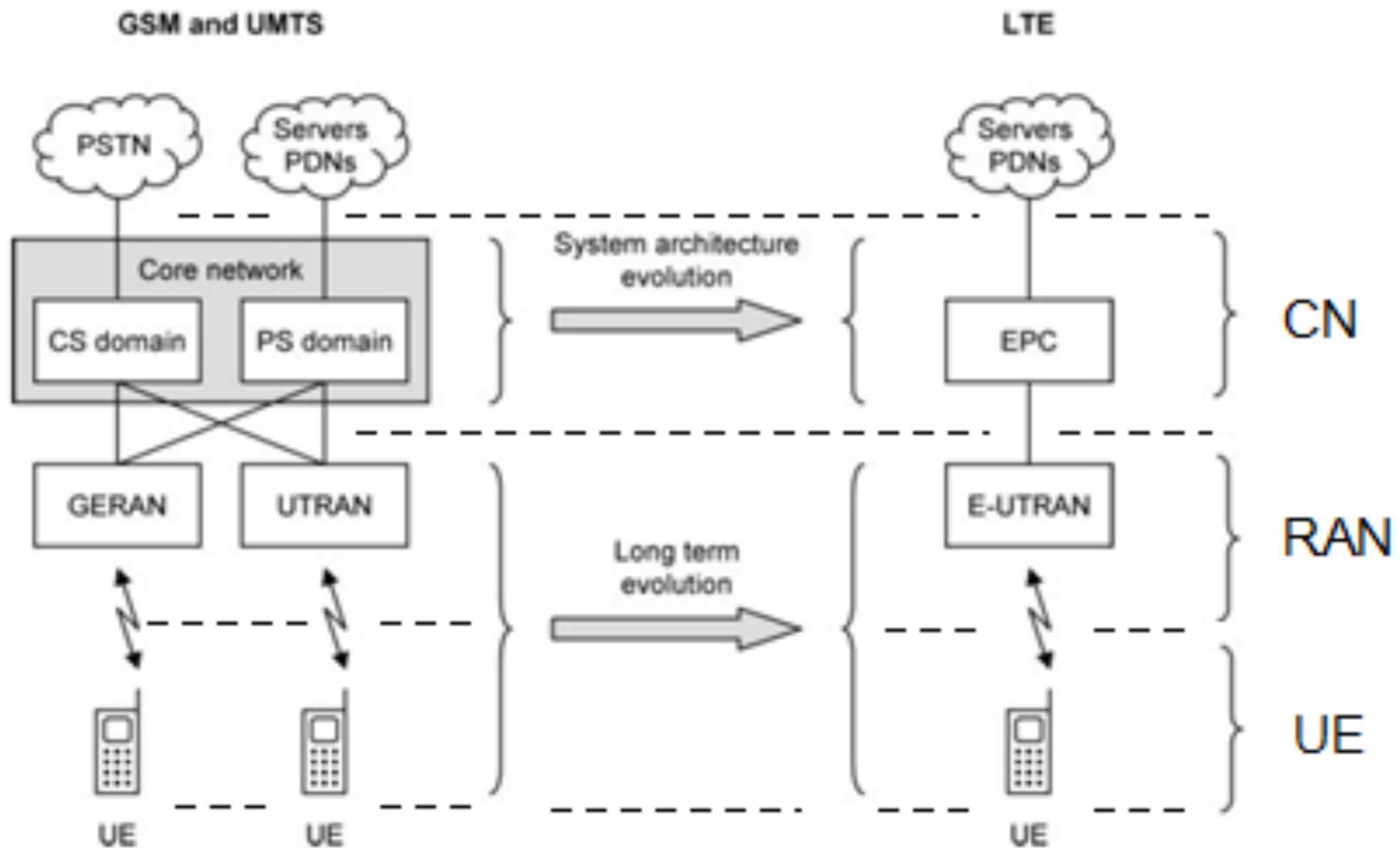
Arquitectura de redes celulares

Core Network (CN): Región del sistema responsable de controlar el acceso a los servicios, la movilidad, y sesiones de datos. El CN está encargado de realizar la interconexión con redes externas (e.g. Internet, redes privadas)

Radio Access Network (RAN): Sección designada para el establecimiento de la conexión entre el UE y el CN. Responsable de manejar los recursos de radio del sistema.

User Equipment (UE): Elemento que es dividida en dos componentes; *mobile termination* (MT), que maneja todas las funciones de comunicación, y el *terminal equipment* (TE) que es hacia donde se dirigen todas las tramas de información. El UE contiene una *universal integrated circuit card* (UICC), que es una tarjeta inteligente, coloquialmente llamada tarjeta SIM. Corre una aplicación conocida como el *universal subscriber identity module* (USIM) que almacena información específica del usuario (i.e. número telefónico de usuario e identidad de red local).

Arquitectura de redes celulares



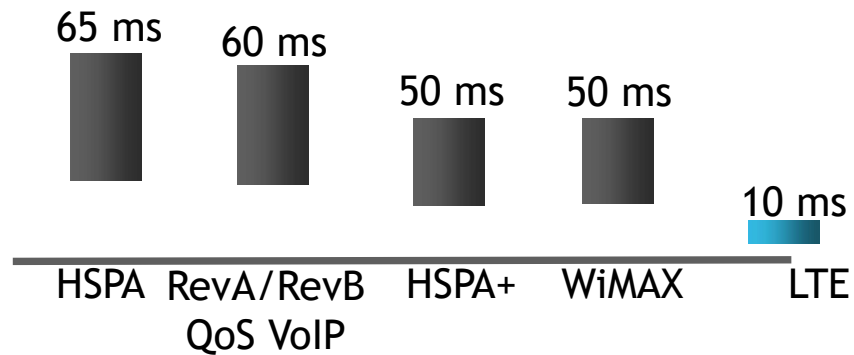
Mejoras de desempeño

		Release 8 LTE	LTE-Advanced	IMT-Advanced target
Peak data rate	Downlink	300 Mbps	1 Gbps	1 Gbps*
	Uplink	75 Mbps	500 Mbps	
Peak spectrum efficiency [bps/Hz]	Downlink	15 (4x4 MIMO)	30 (up to 8x8 MIMO)	15 (4x4 MIMO)
	Uplink	3.75 (64QAM SISO)	15 (up to 4x4 MIMO)	6.75 (2x4 MIMO)

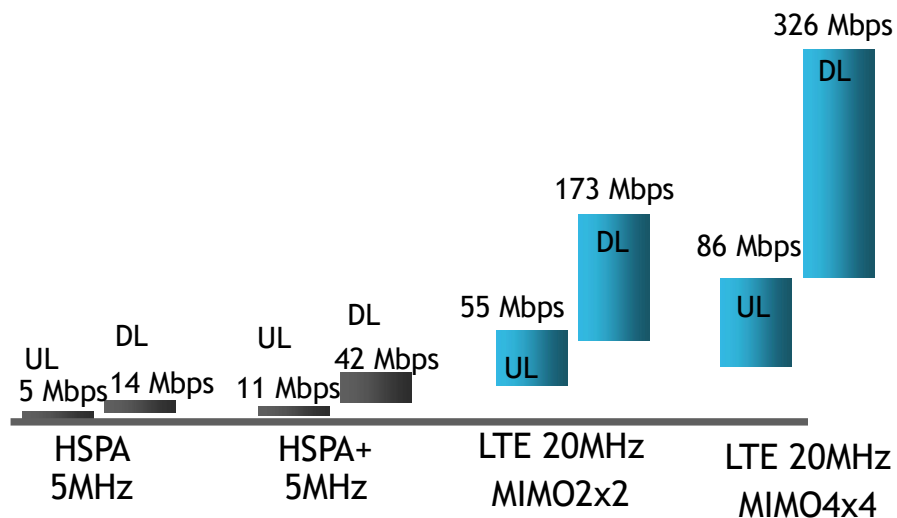
**100 Mbps for high mobility and 1 Gbps for low mobility*

Mejoras de desempeño

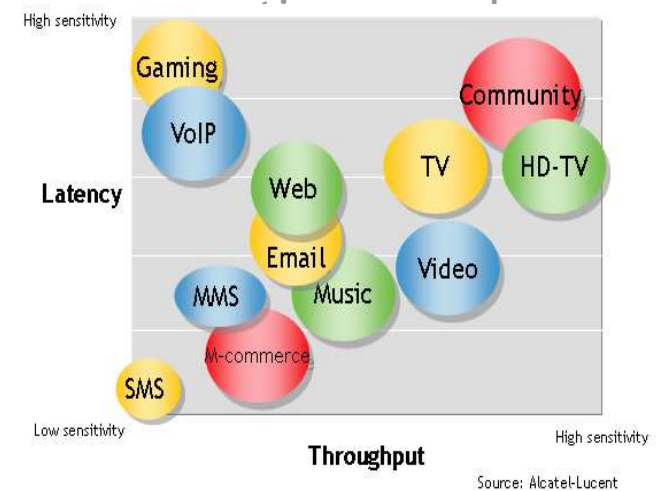
Reducción de la Latencia



Altas Velocidades de transmisión



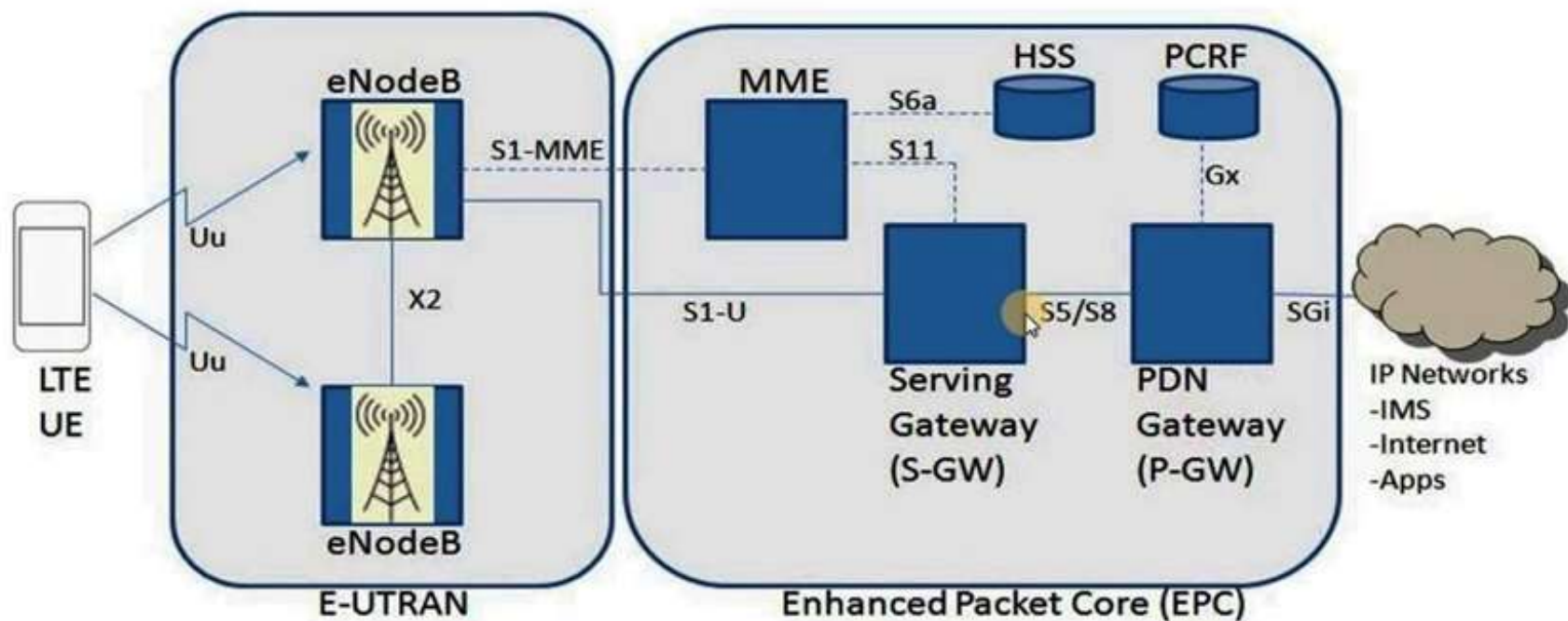
La baja latencia permite la rápida adaptación del canal, y por lo tanto habilitando aplicaciones de alta velocidad



Tasas elevadas de transmisión habilitan aplicaciones enriquecidas en contenidos sobre LTE

Arquitectura LTE

4G | LTE ARCHITECTURE



Bandas de frecuencias y asignación de bandas LTE

Nombre de la Banda	Espectro Total
700	2x45 MHz
800	2x10 MHz
850	2x25 MHz
900	2x35 MHz
1500	2x25 MHz
1700	2x35 MHz
1700/2100	2x45 MHz
1800	2x75 MHz
1900	2x60 MHz
2100	2x60 MHz
2600	2x70 MHz

Servicios

Categoría de Servicios	Redes Anteriores (Hasta 3G)	Red LTE
Voz	Audio en Tiempo Real.	VoIp, alta calidad en videoconferencias.
Mensajería	SMS, MMS, e-mails de baja prioridad.	Mensajes multimedia, IM, e-mail móvil, mensajería de video.
Navegador	Acceso a información en línea, actualmente limitado a WAP que navega sobre GPRS y redes 3G.	Navegador excelente y rápido, <i>uploading</i> para satisfacer la gestión de sitios de redes sociales.
Información Pagada	Información principalmente basada en texto.	Periódicos en línea. Alta calidad de flujo de audio.
Personalización	Ringtones incluyendo screensavers y ring backs.	Realtones y personalización de sitios web móviles.

Redes LTE en el mundo



Duplexación en LTE

LTE es una realidad de mercado, dirigido por operadores 3GPP & 3GPP (más de 1000 operadores en el mundo)

Se ha desarrollado en 2 variantes:

FDD

LTE FDD - Redes comerciales HOY

Inició en 2009 con Telia Sonera y para 2010 con operadores en Asia (NTT DoCoMo) y Norte América (Verizon)

Primeros desarrollos enfocados sobre áreas “Hot Zone” para maximizar acceso a usuarios de datos de alta velocidad

Espectros 2.6GHz, 1800MHz y Dividendo Digital dominarán redes en Europa y Asia. USA orientada a 700MHz y AWS (1700/2100)

Lanzamiento de Trials para demostrar performance de LTE previo a lanzamientos comerciales

TDD

LTE TDD (TD-LTE) - Redes comerciales en 2011

Clave en el desarrollo del estándar LTE, evitando repetir fallas de 3G TDD

TD-LTE liderizado por China Mobile para la evolución de su red banda ancha móvil desde GSM y TD-SCDMA

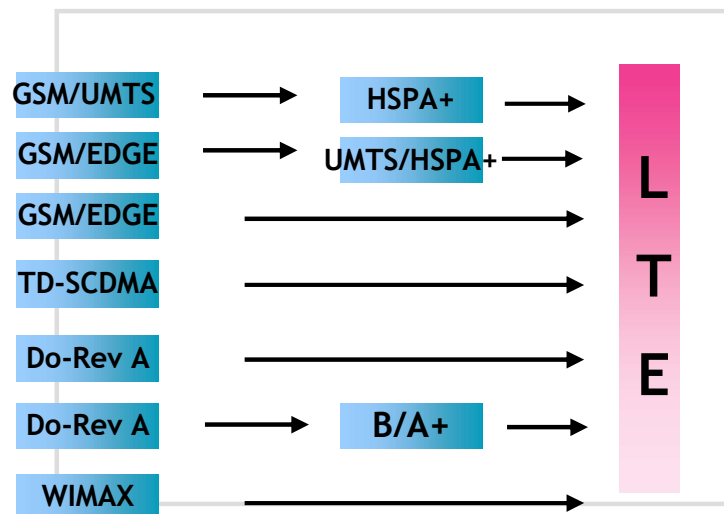
Acuerdo único global entre Vodafone, China Mobile y Verizon para promover el éxito del ecosistema TD-LTE

Orientado a bandas 2.3/2.5/3.5GHz (mismas de wimax)

Elementos tecnológicos

Evolución común ...

...introduce tecnologías



OFDM

Robustez en ambientes densos

OFDMA (DL) / SC-FDMA (UL) Incrementa eficiencia espectral. Simplifica diseño dispositivos de usuario más económicos Escalable - supera la limitación de 5 MHz

MIMO

Aumento de la cobertura y capacidad

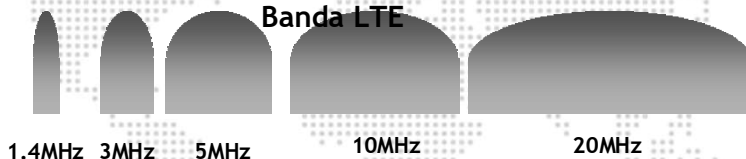
Multiple-input, multiple-output UL&DL. Collaborative MIMO (UL). Aprovecha la interferencia por Multitrayectorias

Flat IP

Plano y escalable

Menor Latencia: 1 ms (2 ms for HSPA). Backhaul basado en transporte IP / MPLS. Convergente con IMS, VoIP, SIP

Opciones de Ancho de Banda LTE



3

“3.9

4

IMT-2000

IMT-Advanced

Definición en progreso por ITU-R
• 100 Mbps pico, móvil
• 1 Gbps pico, fijo

LTE introduce los bloques constructores de 4G

Tecnología MIMO

MIMO es el acrónimo de Multiple-input Multiple-output. Lo podríamos traducir como Múltiple entrada y múltiple salida. Es una tecnología que ayuda a mejorar las redes inalámbricas, ya que permite una mayor cobertura debido a que emitimos señal inalámbrica simultáneamente con varias antenas que tiene el Router o punto de acceso WiFi, gracias al MIMO, conseguiremos algo más de cobertura que si solamente tuviéramos una antena.

Otra característica de la tecnología MIMO, es que es capaz de aprovecharse de los rebotes de la señal Wi-Fi para aumentar la velocidad inalámbrica, evitando que los rebotes de señal sean perjudiciales para la conexión.

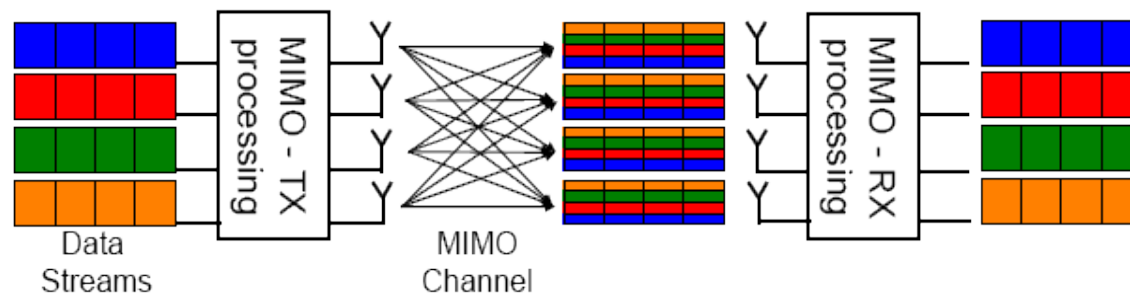
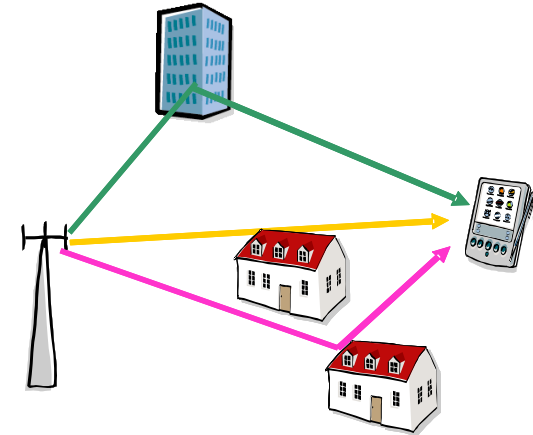
MIMO



Elementos tecnológicos de LTE: MIMO

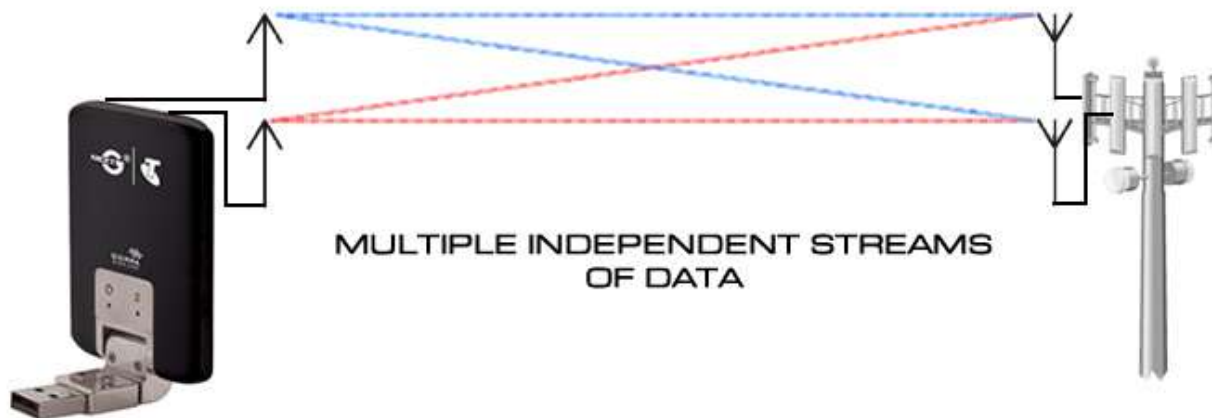
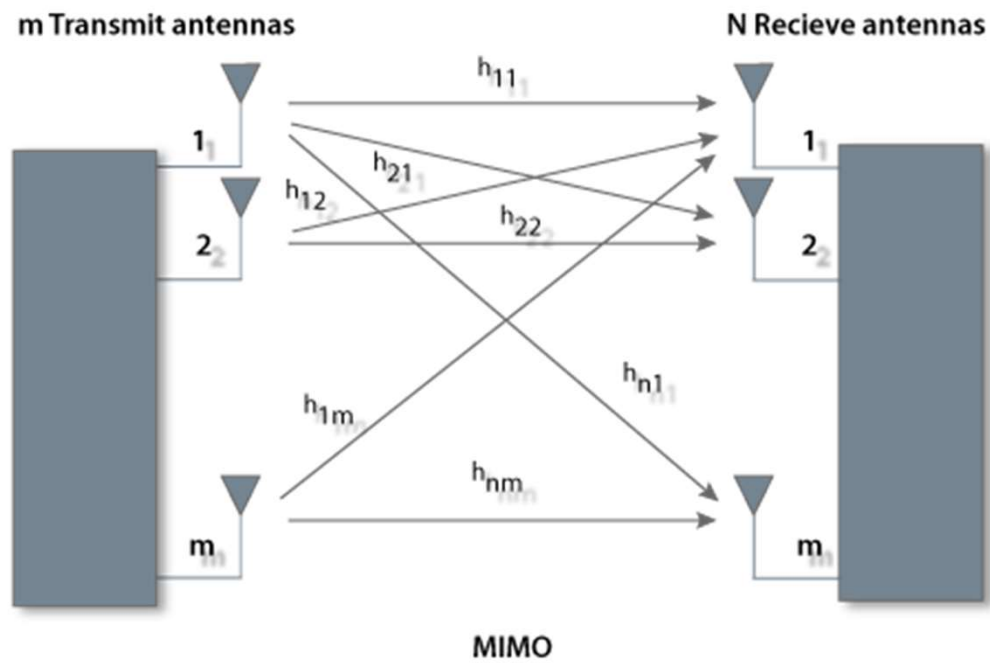
MIMO: Aumenta la capacidad del enlace

- *Multiple -input, multiple -output* UL& DL
- Vence las interferencias multitrayectoria
- Mejora la velocidad de transmisión, la calidad del enlace
- Diversidad de espacio, de ganancia y polarización
- Hasta 4 antenas Tx y 4 Rx



La combinación OFDMA con MIMO es la clave en LTE para sacar provecho de ambientes multitrayectoria

MIMO



Elementos tecnológicos de LTE

2G/3G

CDMA / EV-DO

GSM / GPRS

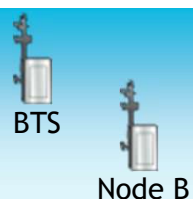
EDGE

UMTS

HSPA

Canales de Voz

Canal IP



BSC / RNC

GSMC

Softswitch

MGW

PSTN

Other mobile networks

Circuit Switched Core (Voice)

MSC

Packet Switched Core

SGSN PDSN

GGSN HA

Internet

VPN

LTE+EPC

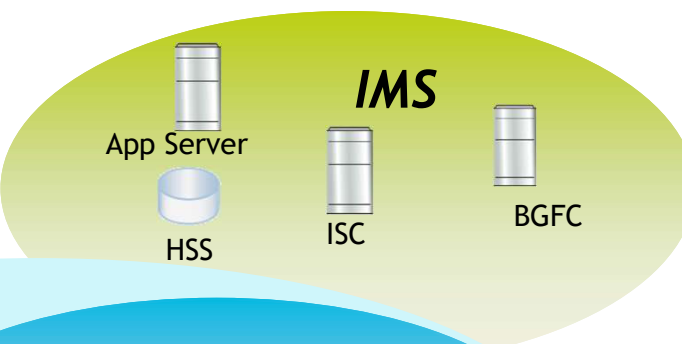


Nuevo núcleo de red, basado en IP, introducido con LTE

- Arquitectura Móvil basada en IP de extremo a extremo
- Simplificación: solo 4 elementos SGW, PGW, MME, PCRF
- Adaptado para IMS, VoIP, SIP
- Optimización del costo por bit



Canal IP



Evolved Packet Core (Todo IP)

META (backhaul and backbone)

Arquitectura de red plana, simplificada, basada en IP

Elementos tecnológicos de LTE

ePC - Evolved Packet Core

■ Serving Gateway SGW

- Concentra un gran número de eNodeBs, enfocado en escalabilidad y seguridad

■ Packet Data Network (PDN) Gateway

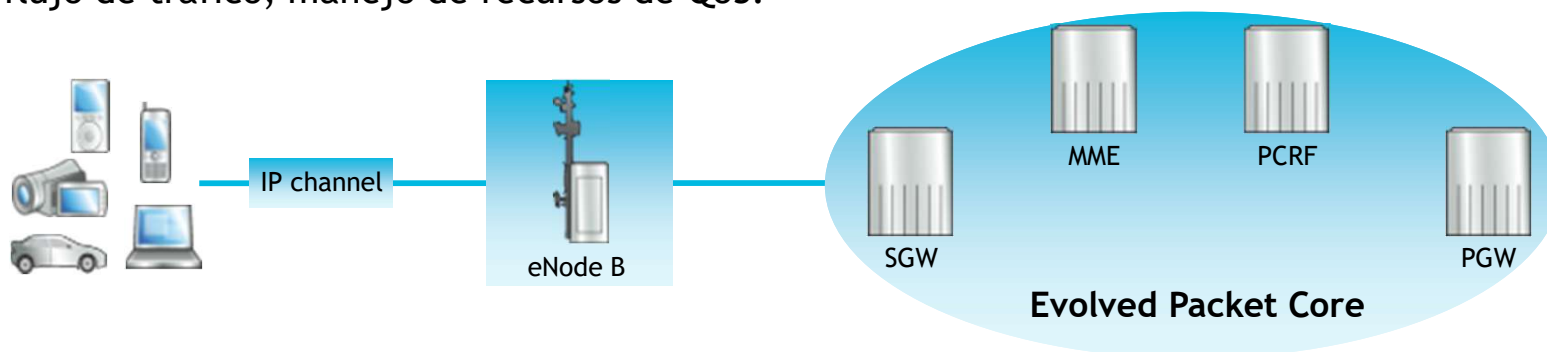
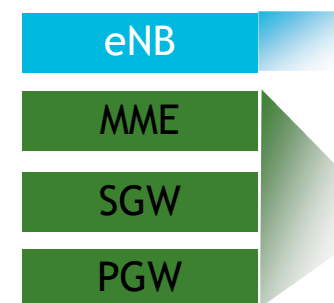
- Manejo IP, conexión a redes externas (INTERNET). Enfocado en alta escalabilidad de conexiones de datos y aplicación de QoS;

■ Mobility Management Element (MME)

- Elemento del plano de control, responsable del manejo de altos volúmenes de movilidad y manejo de conexiones (1000s de eNodeBs)

■ Policy and Charging Rules Function (PCRF)

- Control de flujos de servicio: Detección y disparo de QoS, cargos por flujo de tráfico, manejo de recursos de QoS.



Elementos tecnológicos de LTE

SON: SELF-ORGANIZING NETWORK

Una red autoorganizada (SON) es una tecnología de automatización diseñada para simplificar y acelerar la planificación, configuración, gestión, optimización y reparación de redes de acceso de radio móvil. La funcionalidad y el comportamiento de SON se han definido y especificado en recomendaciones de la industria móvil generalmente aceptadas producidas por organizaciones como 3GPP (Proyecto de asociación de tercera generación) y NGMN (Redes móviles de próxima generación).

Elementos tecnológicos de LTE

SON: SELF-ORGANIZING NETWORK

Que es SON?

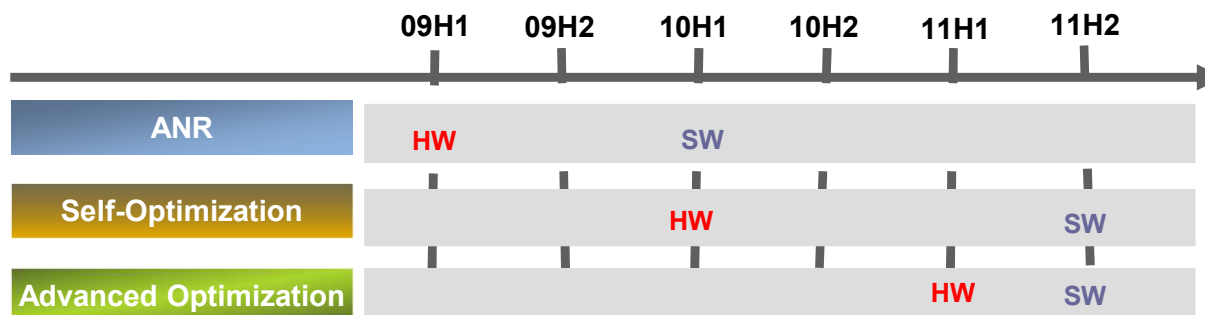
SON (Self Organization Network) incluye

- Autoconfiguración
- ANR: Relación automática entre vecinos
- Auto-optimización
- Auto detección falla de antenas
- Traza de equipos suscriptores

Por qué SON?

- Mejora eficiencia en los despliegues
- Reducción de esfuerzo operativo
- Mejora de la calidad y la experiencia de usuario
- Eficiencias en OAM

Desarrollo Soluciones SON



Espectro Asignado	2009	2010	2011	2012+		
2.6 GHz	Nueva Zelanda Noruega Suecia HK	Austria UK, Francia Alemania España	Portugal Italia NL Dinamarca	Rep Checa India Canadá	Estonia Latvia	
2.3 GHz	China (TDD)					
2.1 GHz	Europa, Japón					
AWS	Norte América					
1900 MHz	Norte América	(Redistribución)				
1800 MHz	Europa, Asia Pasífico	Finlandia HK	(Redistribución)			
1500 MHz	Japón					
900 MHz	Europa	(Redistribución)				
850 MHz	Norte América	(Redistribución)				
800 MHz	Suiza Finlandia Suecia	Alemania NL Bélgica	Dinamarca Noruega	España Estonia Austria	Francia Rep Checa Eslovenia Hungria	Lituania Portugal, Irlanda Eslovaquia, Ucrania Polonia Rusia
700 MHz	Norte América (Digit. Div.)					

Las primeras implementaciones en LTE fueron en
FDD 700MHz, 800MHz, 2.1GHz, 2.6 GHz, AWS y TDD 2.3 GHz

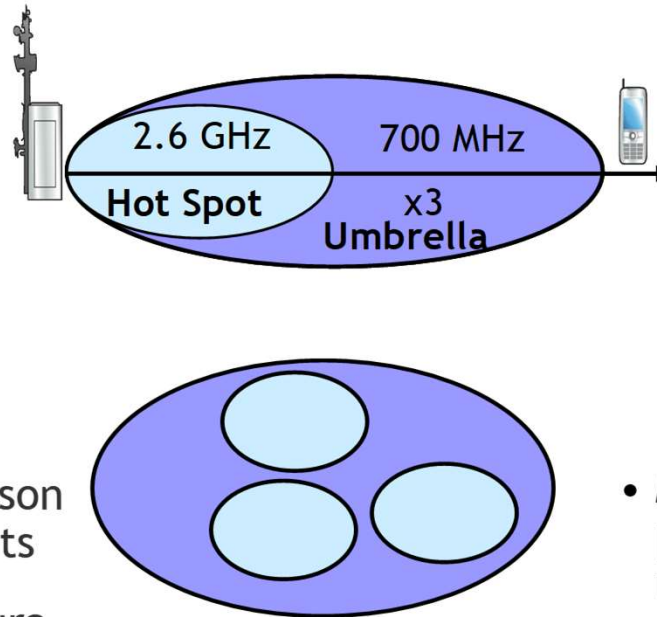
Estrategia de selección de frecuencias por cobertura

Ejemplo: 700MHz y 2.6MHz

Zonas Urbanas



- Pequeñas celdas en 2.6GHz son más adecuadas para hot spots
- 700MHz tiene mejor cobertura indoor pero es más sensible a las interferencias en medios Urbanos
- 700MHz podría ser utilizado como celdas “umbrella”



Zonas Rurales



- Macroceldas en 700MHz ideales por su gran cobertura en zonas rurales, disminuyendo cantidad de sitios.
- 700 MHz tiene mejor cobertura indoor

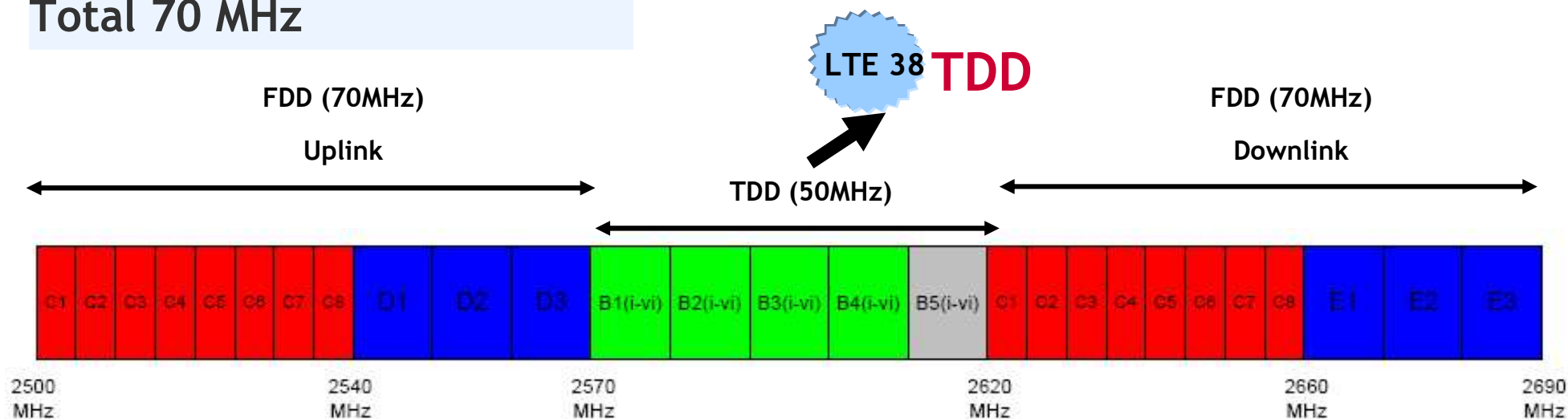
Altas frecuencias son ideales para “Hot Spot” de LTE y Bajas frecuencias para celdas “umbrella” y mejorar penetración Indoor

IMT-2000 Expansion Band (2.6Ghz) **LTE 7 FDD**

Uplink 2500-2570 MHz

Downlink 2620-2690 MHz

Total 70 MHz



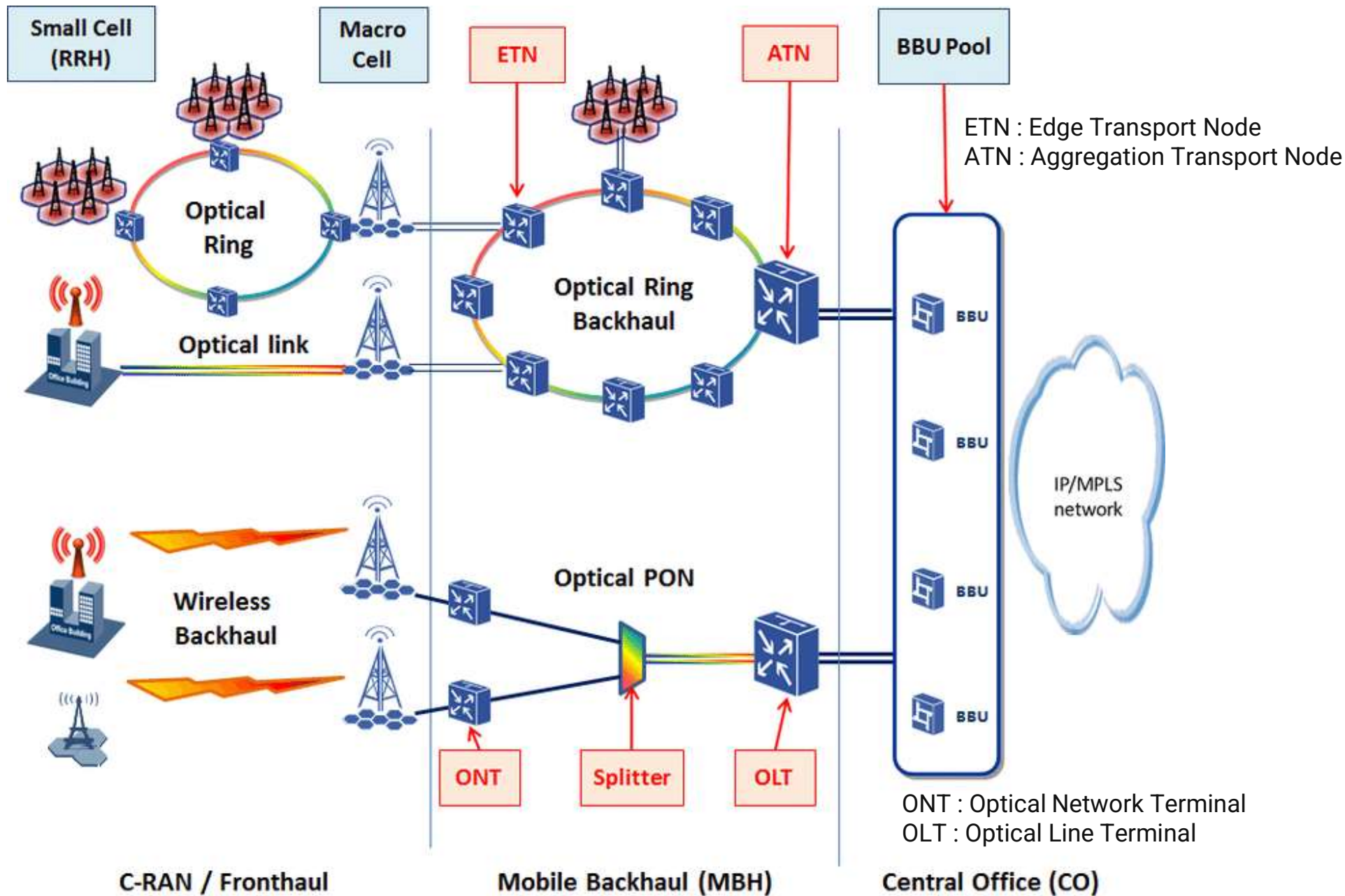
C1-C8 are paired spectrum, national licences.

D1-D3 and E1-E3 are unpaired spectrum, national licences.

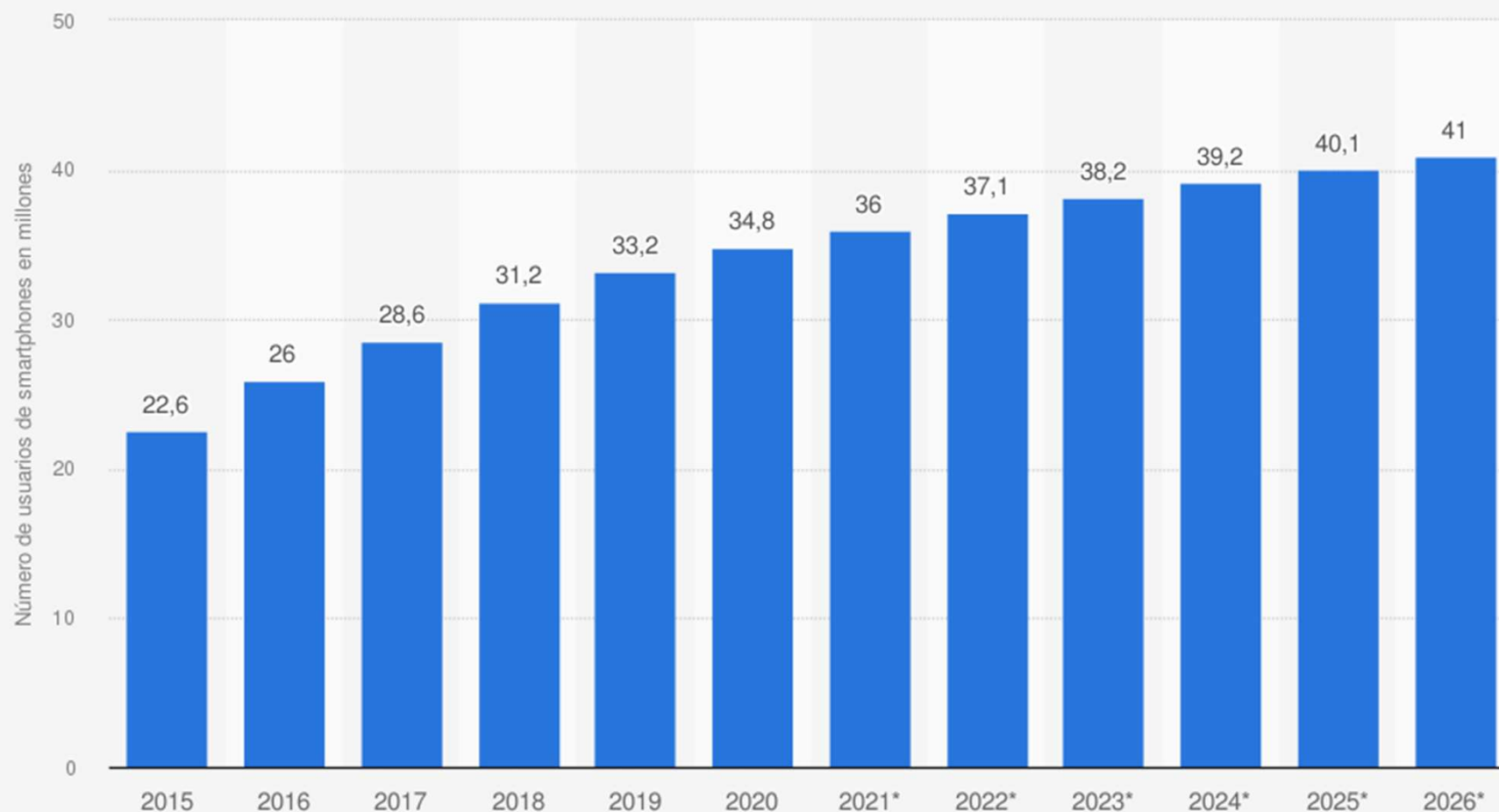
B1-B5 are unpaired spectrum, regional licences, with the regions numbered i-vi.

Comparativa 4G y 5G

Features	4G	5G
3GPP Release	Rel.8 ~14	Rel.15 ~
Speed	100Mbps	10Gbps ~
Carrier Bandwidth	20 Mhz	1000Mhz
MIMO	8	256
Latency	100ms	1ms
Mobility	350 KM/h	500KM/h
Connection Density	10,000	1,000,000



Número de usuarios de teléfonos móviles inteligentes en Argentina de 2015 a 2026 (en millones)



Fuente
Statista
© Statista 2023

Información adicional:
Argentina; mayo 2021; individuos de todas las edades que tenían un smartphone y que lo usaban mínimo una vez al mes