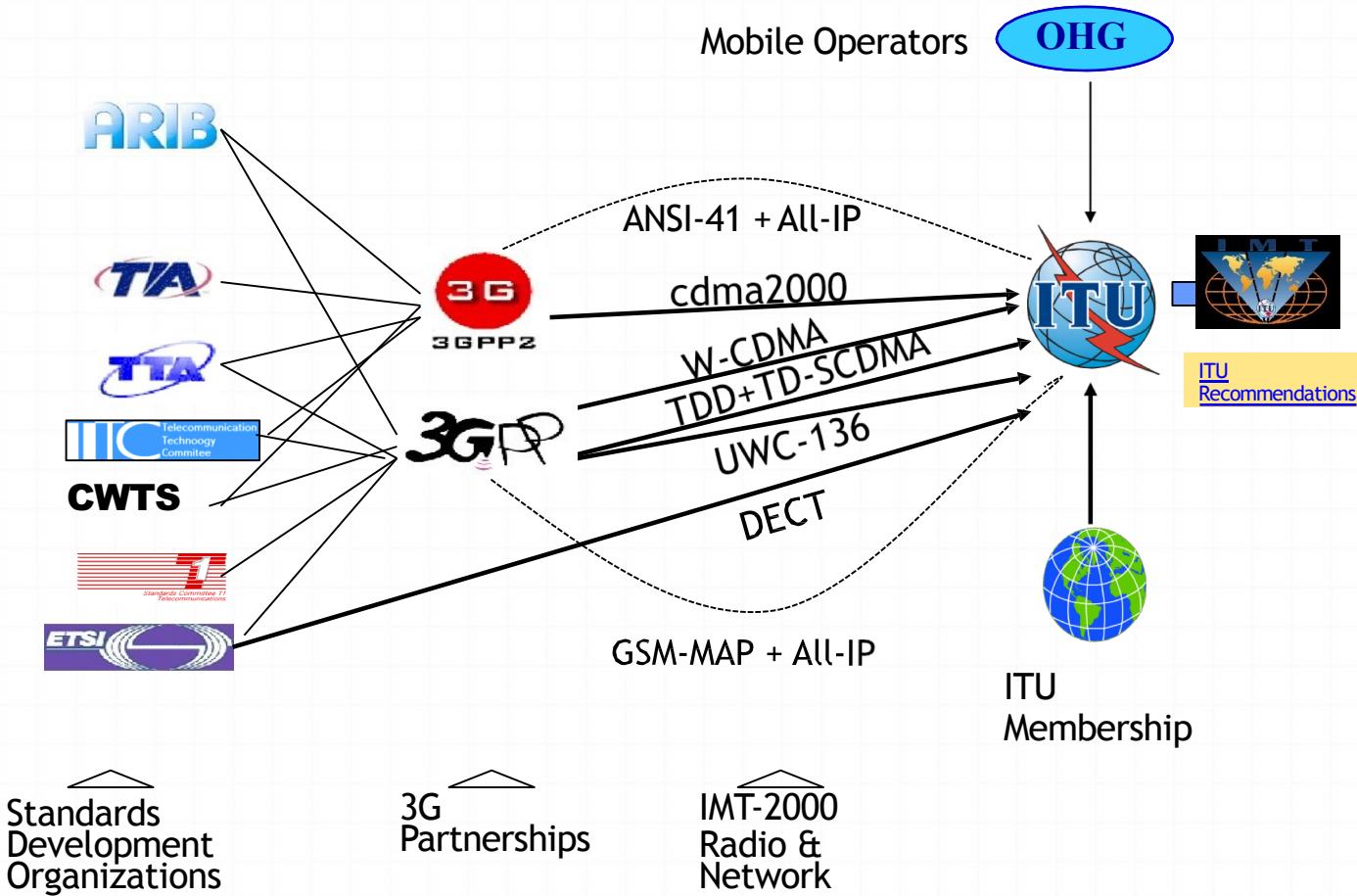


Tema 3

# Redes Inalámbricas de Largo Alcance

# Introducción a las comunicaciones móviles – Parte II

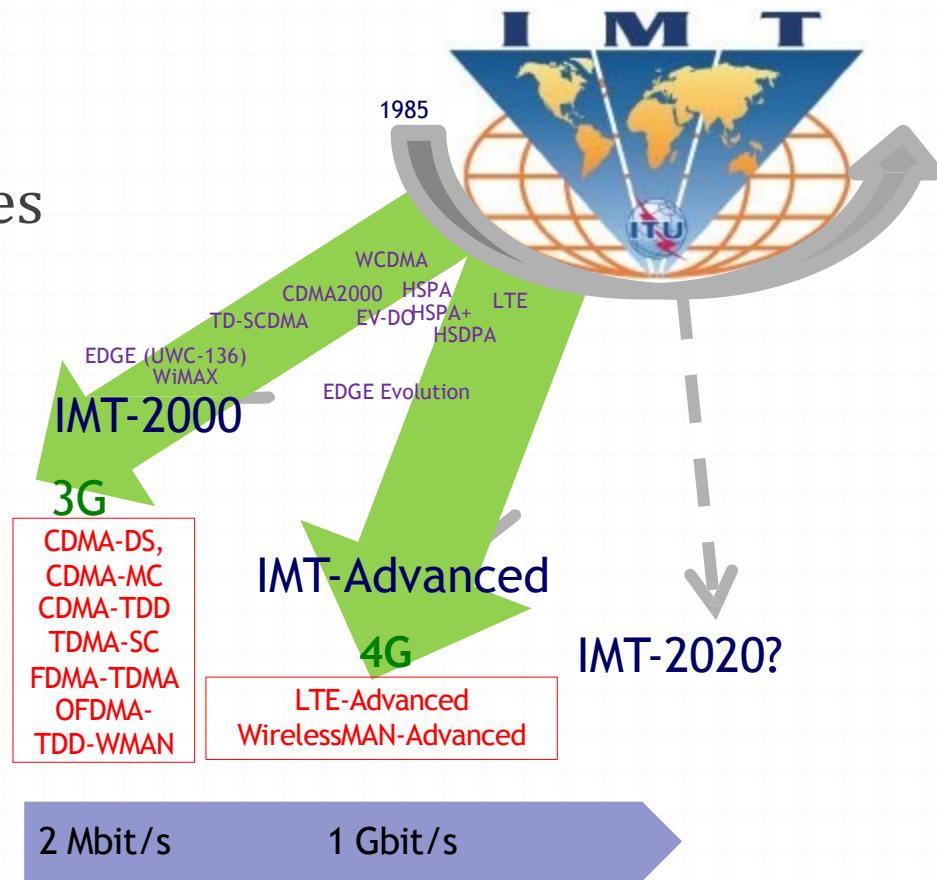
# Organigrama ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)



# Estándares IMT

o **IMT:**  
Telecomunicaciones  
Móviles  
Internacionales

↓  
Estándares para las  
distintas generaciones  
de redes de  
comunicación  
inalámbrica

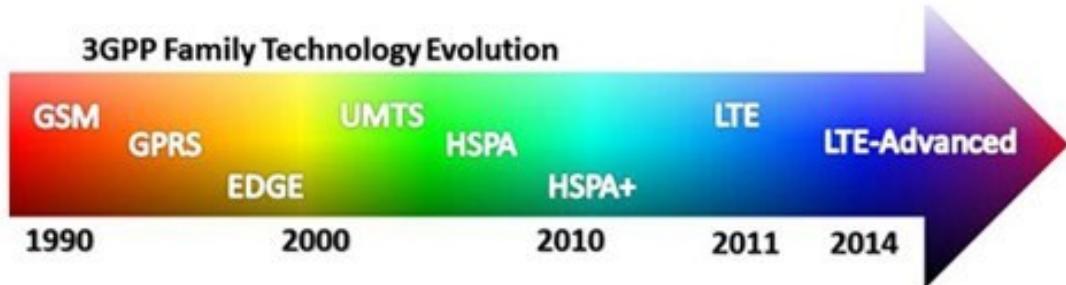


# Evolución de las comunicaciones móviles

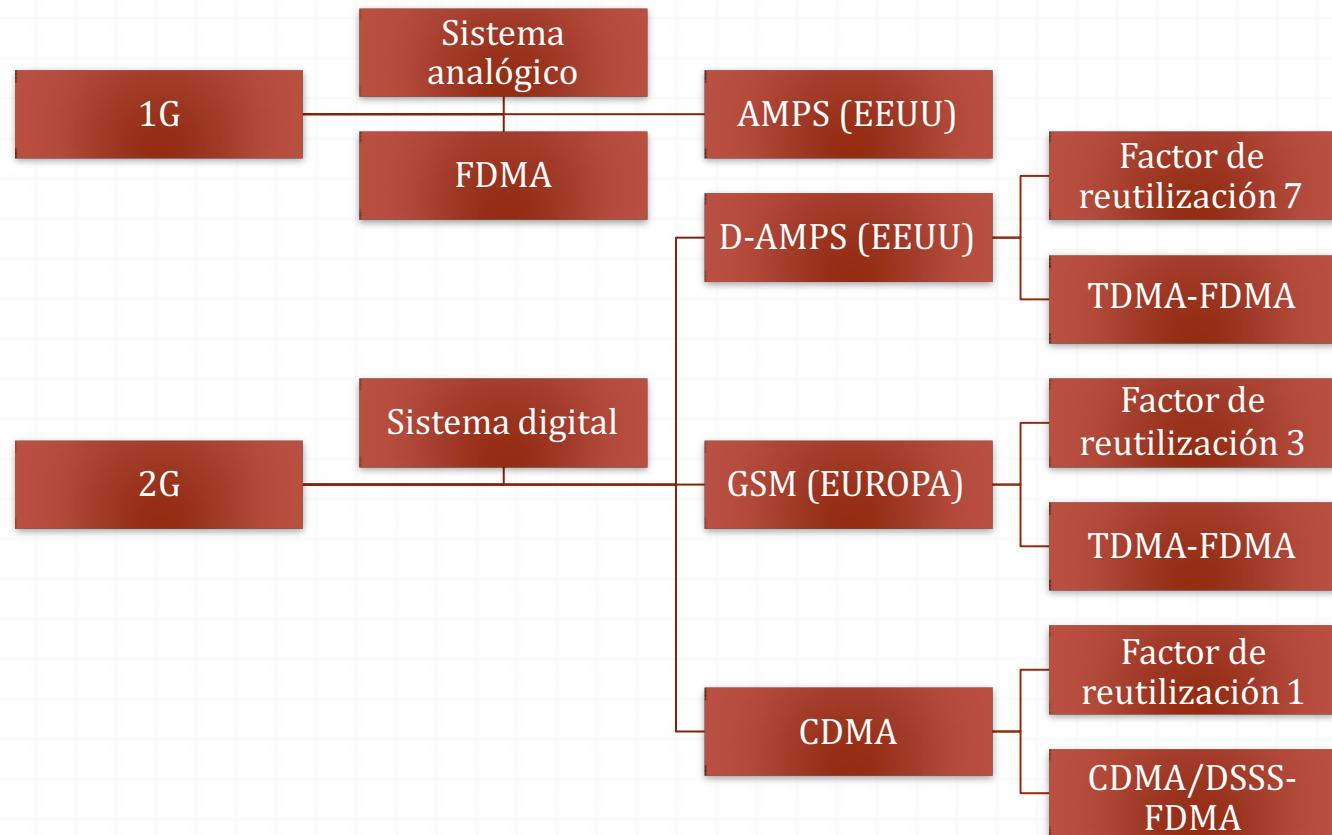
- ▶ **Primera generación (1G)**
  - ▶ Introduce las bases de las comunicaciones móviles
- ▶ **Segunda generación (2G)**
  - ▶ Sistema GSM con servicios de Fax, Buzón de voz, SMS, etc.
  - ▶ Envío de datos a través de GPRS (MMS) con tasa mejorada (EDGE) y tecnología CDMA
- ▶ **Tercera generación (3G)**
  - ▶ Envío de voz/datos indistintamente
  - ▶ Estandarización del acceso a Internet con UMTS
  - ▶ Velocidad mejorada con HSDPA
- ▶ **Cuarta generación (4G)**
  - ▶ Velocidad y calidad de servicio mejorada

# Evolución de las comunicaciones móviles

- ▶ Primera generación (1G)
  - ▶ **AMPS**
- ▶ Segunda generación (2G)
  - ▶ **GSM, IS-95 (cdmaOne)**
- ▶ Tercera generación (3G)
  - ▶ **UMTS (WCDMA), CDMA2000**
- ▶ Cuarta generación
  - ▶ **LTE-A**



# Generaciones



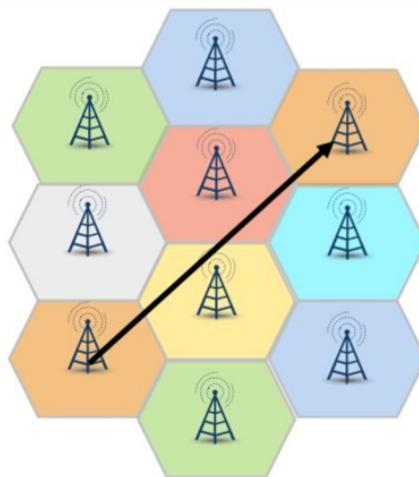
# 1G

- ▶ Introduce las bases de las comunicaciones móviles

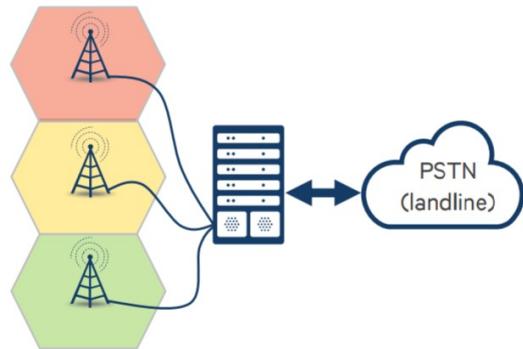
Espectro licenciado



Reuso de frecuencia



Red coordinada para un acceso transparente con soporte a la movilidad



# AMPS

- ▶ Advanced Mobile Phone System
  - ▶ Primera generación (**1G**) de telefonía móvil celular
  - ▶ Estándar analógico basado en el uso de **FDMA** (Frequency Division Multiple Access)
  - ▶ Modulación analógica **FM**
  - ▶ Desarrollada por **Laboratorios Bell**
  - ▶ Fue introducida en EEUU en Octubre de **1983**

# Otras tecnologías 1G

|                                                       | <i>U.S. and<br/>Canada<br/>(AMPS)</i> | <i>U.K.<br/>(TACS)</i> | <i>Japan<br/>(NTT)</i> | <i>Nordic<br/>(NMT450)</i> | <i>Nordic<br/>(NMT900)</i> |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Number of channels                                    | 2 × 416                               | 2 × 500                | 2 × 500                | 180                        | 1999                       |
| Cell radius (km)                                      | 2–20                                  | 2–20                   | 2–20                   | 1–40                       | .5–20                      |
| Cell repeat pattern (N)                               | 7, 12                                 | 4, 7, 12, 21           | 9, 12                  | 7, 12                      | 9, 12                      |
| Cell receiver frequency (MHz)                         | 825–845                               | 890–915                | 860–885                | 453–457.5                  | 890–915                    |
| Cell transmitter frequency (MHz)                      | 870–890                               | 935–960                | 915–940                | 463–467.5                  | 935–960                    |
| Frequency sep. between receiver and transmitter (MHz) | 45                                    | 45                     | 55                     | 10                         | 45                         |
| Channel spacing                                       | 30                                    | 25                     | 25                     | 25                         | 12.5                       |
| Cell-site transmitter power (W)                       | 100                                   | 100                    | 25                     | 50                         | 100                        |
| Mobile transmitter power (W)                          | 3                                     | 7                      | 5                      | 15                         | 6                          |
| Voice:                                                |                                       |                        |                        |                            |                            |
| Modulation                                            | FM                                    | FM                     | FM                     | PM                         | PM                         |
| Frequency deviation (kHz)                             | ±12                                   | ±9.5                   | ±5                     | ±5                         | ±5                         |
| Signalling:                                           |                                       |                        |                        |                            |                            |
| Modulation                                            | FSK                                   | FSK                    | FSK                    | FFSK                       | FFSK                       |
| Formatting                                            | Bi-ø                                  | Bi-ø                   | Bi-ø                   | NRZ                        | NRZ                        |
| Frequency deviation (kHz)                             | ±8.0                                  | ±6.4                   | ±4.5                   | ±3.5                       | ±3.5                       |
| Bit rate (Kbps)                                       | 10                                    | 8                      | .3                     | 1.2                        | 1.2                        |

# Otras tecnologías 1G

|                                       | Japan    | North America            | England                   | Scandinavia | Germany      |
|---------------------------------------|----------|--------------------------|---------------------------|-------------|--------------|
| System                                | NTT      | AMPS                     | TACS                      | NMT         | C450         |
| Transmission Freq: (MHz)              |          |                          |                           |             |              |
| Base station                          | 870-885  | 869-894                  | 917-950                   | 463-467.5   | 461.3-465.74 |
| Mobile station                        | 925-940  | 824-849                  | 872-905                   | 453-457.5   | 451.3-455.74 |
| Spacing between Tx and Rx Freq: (MHz) | 55       | 45                       | 45                        | 10          | 10           |
| Spacing between channels (kHz)        | 25, 12,5 | 30                       | 25                        | 25          | 20           |
| No. channels                          | 600      | 832<br>(control ch.21x2) | 1320<br>(control ch.21x2) | 180         | 222          |

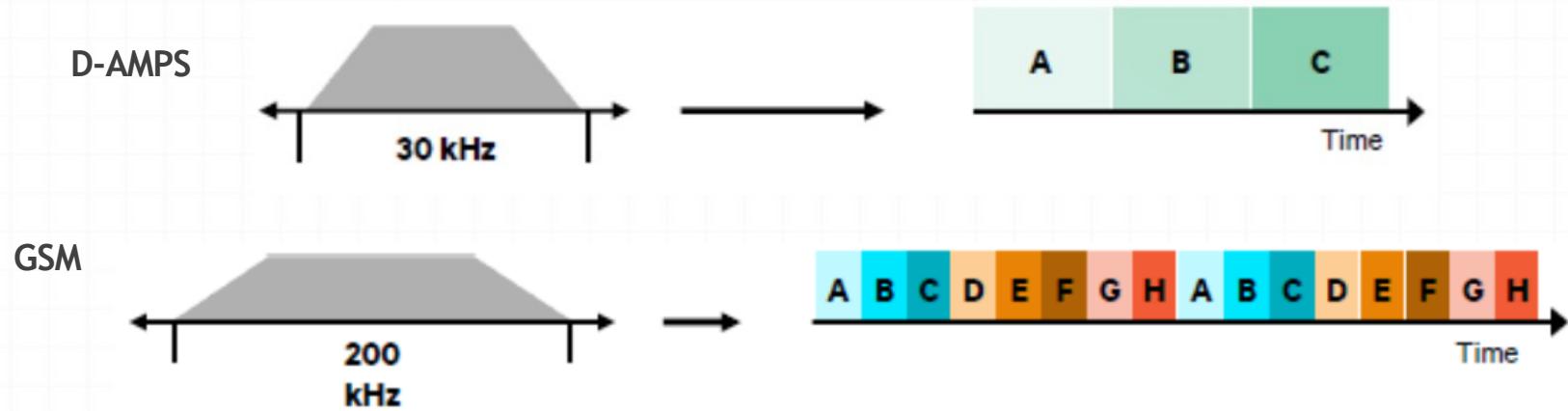
# 1G y sus limitaciones

- ▶ Uso ineficiente del espectro
  - ▶ Un solo usuario por canal
  - ▶ Número total de usuarios limitado, alta tasa de error en los cambios de celda, etc
  - ▶ Necesita mucha separación en frecuencia para evitar interferencias
- ▶ Problemas de escalabilidad
- ▶ Terminales pesados, grandes y caros
- ▶ Problemas de seguridad



# 2G

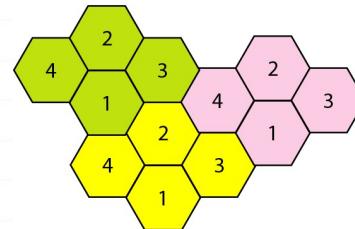
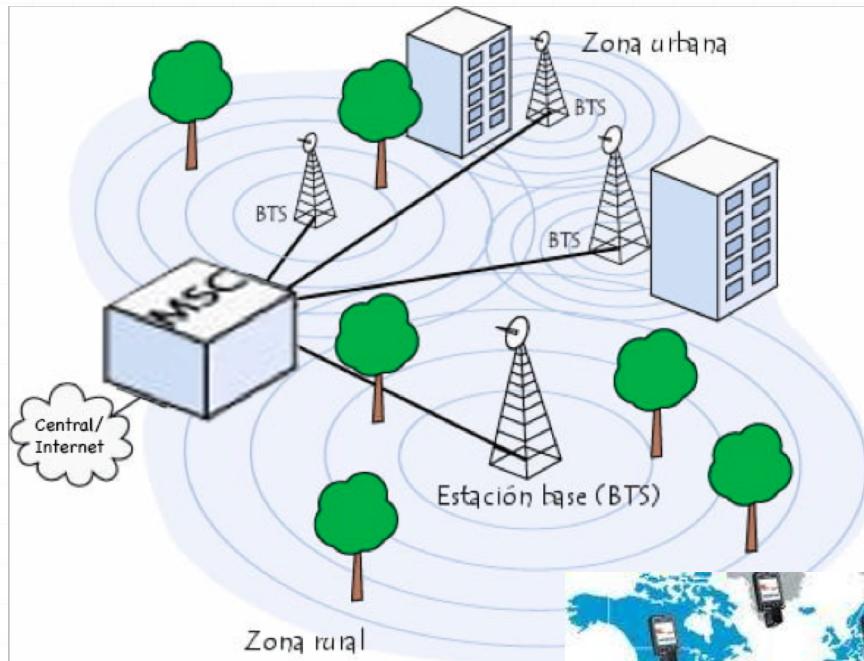
- ▶ Comunicaciones móviles para todos
- ▶ Transmisiones digitales
  - ▶ Compresión de la voz
  - ▶ TDMA
- ▶ Componentes digitales -> disminuyen la complejidad y de los terminales e incrementa la seguridad de las transmisiones



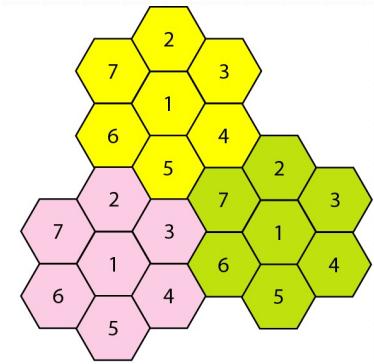
# GSM

- ▶ Global System for Mobile Communications (GSM)
  - ▶ Sistema de telefónica celular de segunda generación (2G)
    - ▶ SISTEMA DIGITAL
  - ▶ Introducido en Finlandia en 1991
  - ▶ Estándar global dominante
    - ▶ Cuota de mercado > 90 %
    - ▶ Desplegado en más de 219 países y territorios
  - ▶ Velocidad de transferencia de hasta 9.6kbps
  - ▶ SMS (Short Message Service)

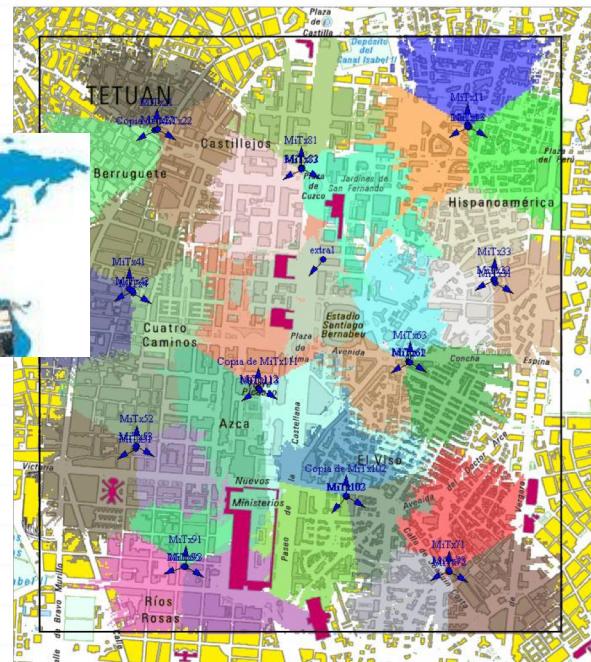
# GSM



a. Reuse factor of 4



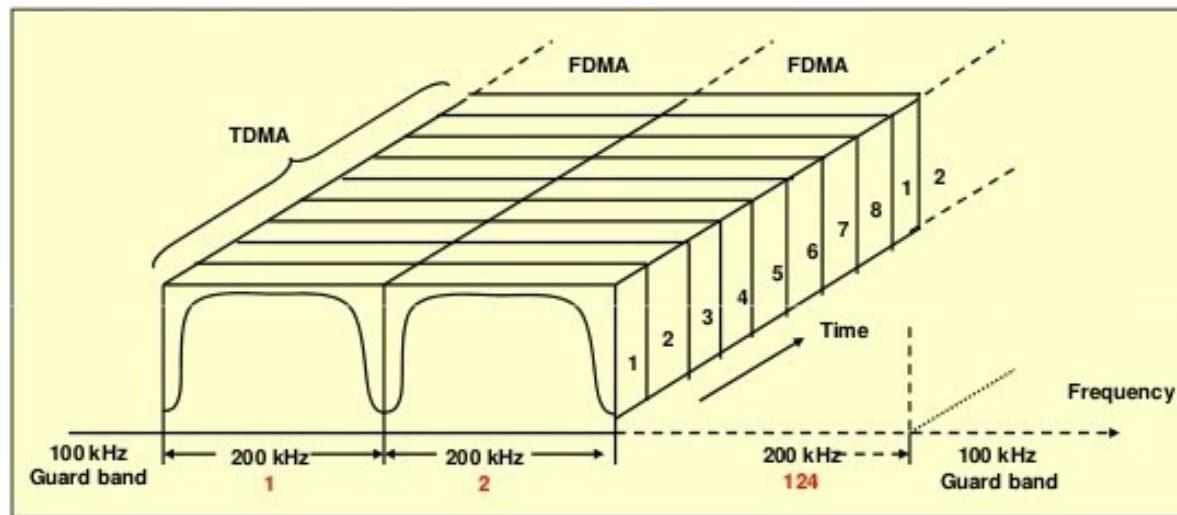
b. Reuse factor of 7





# GSM

- ▶ Global System for Mobile Communications (GSM)
- ▶ Utiliza las técnicas de TDMA y FDMA combinadas para compartir el espectro de frecuencias:
  - ▶ TDMA (Time Division Multiple Access)
  - ▶ FDMA (Frequency Division Multiple Access)



# IS-95: cdmaOne

- ▶ IS-95 (Interim Standard 95) es el primer estándar celular y digital 2G basado en CDMA
- ▶ Desarrollado por Qualcomm
  - ▶ Redes distintas a GSM, por el uso de CDMA ante TDMA/FDMA
  - ▶ ¿Porqué CDMA?
    - ▶ CDMA ofrece un mejor comportamiento ante las interferencias de banda estrecha y los desvanecimientos de señal debidos al multicamino.
    - ▶ Desventaja: más potencia de procesamiento necesaria en la estación base para la codificación/decodificación
- ▶ cdmaOne es el nombre comercial para el estándar IS-95
- ▶ Los canales de tráfico definidos en el estándar IS-95 soportan voz o datos a una tasa de transmisión de hasta 14.4 kbps.

# Mejoras de 2G: 2.5G - GPRS

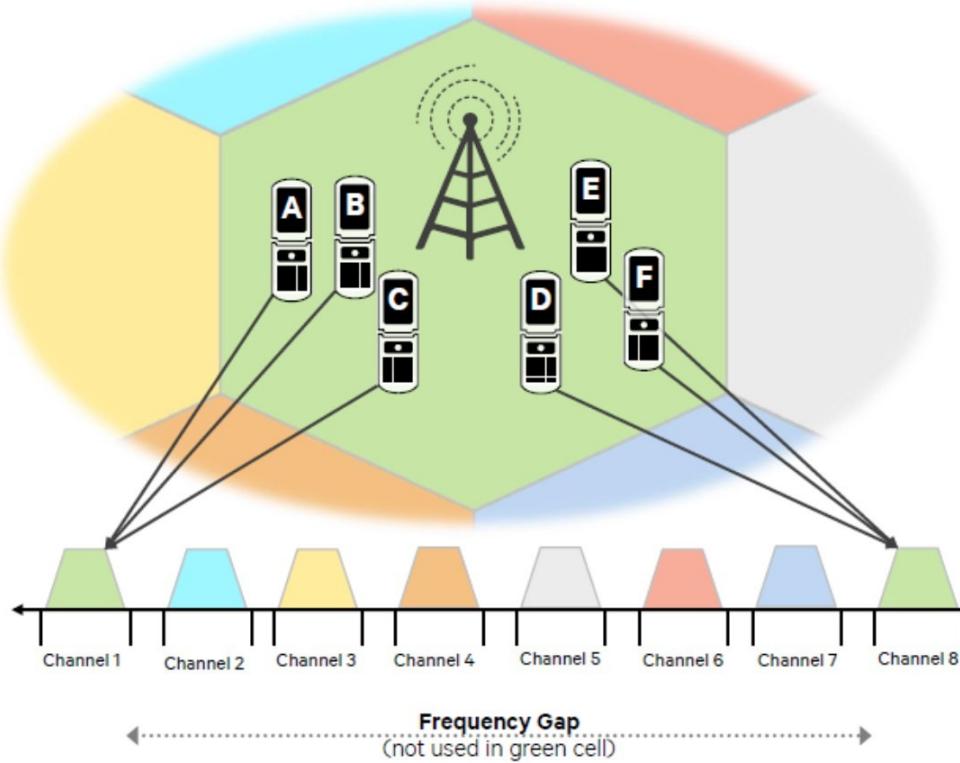
- GSM (de 2G) se extiende con ***General Packet Radio Service (GPRS)*** o **servicio general de paquetes vía radio**
  - Permite la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.
  - Permite el uso de servicios como Wireless Application Protocol (WAP), SMS/MMS e Internet
  - Permite velocidades de transferencia de 56 a 144 kbps.

# 2.75G - EDGE

- **Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)** es una evolución de GPRS, con una mayor velocidad y ancho de banda
  - Funciona con cualquier GSM que tenga implementado GPRS, pero el operador debe instalar transceptores EDGE en las BTS
  - Actúa como puente entre las redes 2G y 3G
  - Permite velocidades de transferencia de hasta 240kbps.

# 2G y sus limitaciones

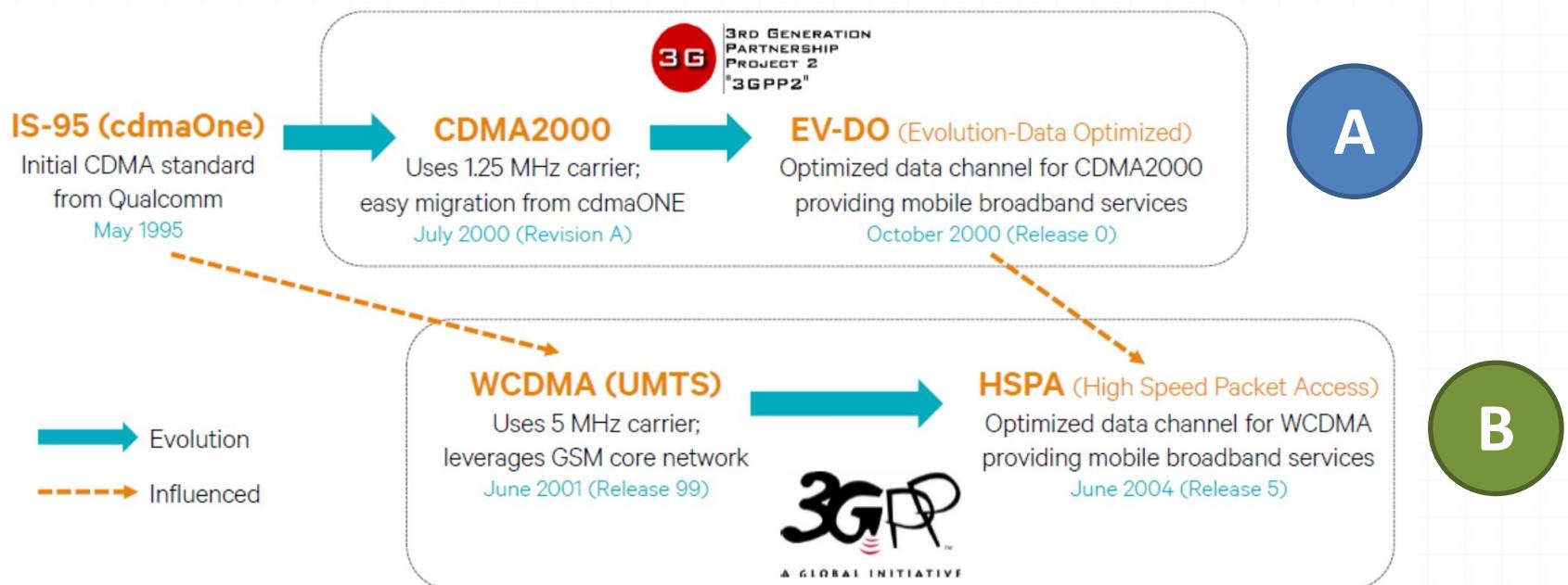
- ▶ Sigue necesitando una gran separación entre frecuencias
- ▶ Hard-handovers -> llamadas pérdidas (pérdida cobertura)



# 3G

- ▶ Mobile broadband
- ▶ Servicios de datos optimizado
- ▶ Uso de todo el espectro disponible con **CDMA** para suportar más usuarios
  - ▶ Los usuarios comparten la misma frecuencias y se comunican al mismo tiempo
    - ▶ Se incrementa la capacidad para dar soporte al sistema de voz
    - ▶ Proporciona un uso más eficiente del espectro
    - ▶ Incrementa el tiempo de vida de las baterías de los terminales de usuario
    - ▶ Se incrementa la seguridad con la codificación CDMA
  - ▶ Establece los fundamentos de las tecnologías 3G
    - 1) Evolución de la tecnología CDMA con **CDMA2000**
    - 2) Influencia el desarrollo de otra gran tecnología 3G usando la infraestructura GSM: **WCDMA** (Wideband Code Division Multiple Access)

# Dos vertientes de 3G: evolución de redes CDMA (IS-95) y redes GSM



# CDMA2000

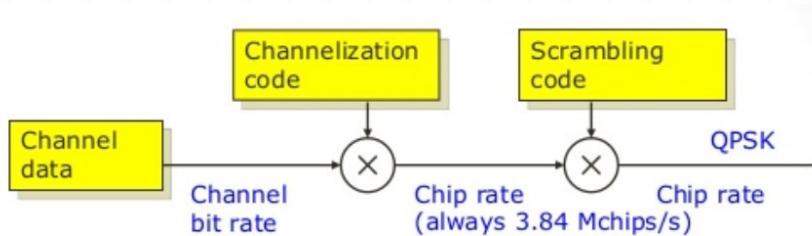
- ▶ Sistéma móvil celular estandarizado por el 3GPP2
- ▶ Evolución del estándar IS-95 cdmaOne
  - ▶ Basado en el uso de CDMA y TDMA
    - ▶ CDMA (Code Division Multiple Access)
    - ▶ TDMA (Time Division Multiple Access)
  - ▶ Se trata de una tecnología de conmutación de paquetes
  - ▶ Inicialmente usado en EEUU y Corea del Sur
  - ▶ Considerado el primer sistema 3G basado en los estándares IMT-2000 de la ITU

# EV-DO

- ▶ Evolution-Data Optimized o Evolution-Data Only
- ▶ Evolución de CDMA2000 para la alta transferencia de datos (hasta 2.4Mbps)
- ▶ Estas redes 3G con CDMA no pueden enviar voz y datos al mismo tiempo
- ▶ La primera red fue lanzada en Corea del Sur en Enero de 2002
- ▶ Existen varias revisiones para disminuir el tiempo de establecimiento de la conexión de los usuarios y habilitar VoIP con baja latencia

# WCDMA

- ▶ Wideband Code Division Multiple Access
- ▶ Junio de 2001 (Release 99)
- ▶ Sistema CDMA mixto
  - ▶ Reduce las interferencias y mejoran las características espectrales de la señal CDMA
    - ▶ Códigos de canalización (ortogonales)
      - ▶ Producen ensanchamiento de la señal
      - ▶ El código de canalización se usa para distinguir diferentes canales físicos de un transmisor
    - ▶ Código de scrambling (pseudoaleatorios)
      - ▶ El código de aleatorización se usa para distinguir diferentes transmisores
      - ▶ Los mismos códigos de ensanchamiento pueden ser utilizados por diferentes transmisores



# UMTS

- ▶ Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)
  - ▶ Sistema celular móvil de tercera generación (3G)
  - ▶ Evolución de GSM
    - ▶ Reuso del núcleo de red de GSM
  - ▶ Tecnología de acceso radio en UMTS
    - ▶ WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)



# UMTS

- ▶ Se establecen velocidades de hasta **2 Mbps (entornos urbanos)**
  - ▶ 144 kbits/s en entornos rurales
  - ▶ 384 kbits/s en entornos suburbanos
- ▶ Primera red comercial desplegada en Japón en 2001
- ▶ Movilidad “transparente” para voz y aplicaciones de paquetes de datos
- ▶ Diferenciación de QoS para el despliegue de servicios eficiente
- ▶ **Soporte simultáneo de voz y datos**
- ▶ Interconexión con redes GSM existentes

# 3G en resumen

ITU definió en el estándar IMT-2000 para atender las necesidades de la 3G

Permite la transmisión de voz y datos

UMTS definido por 3GPP

B

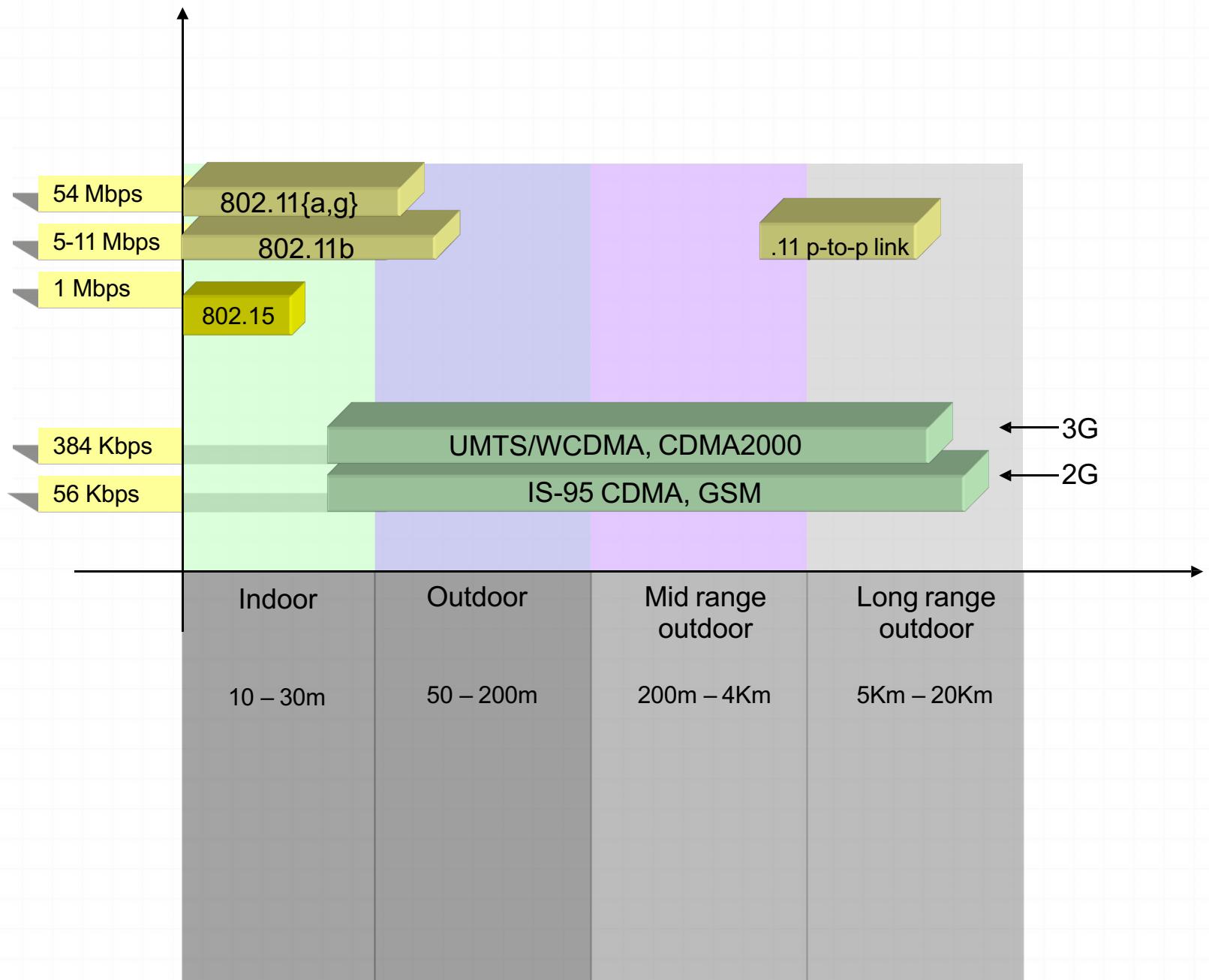
CDMA2000 fue definido por 3GPP2

A

También conocido como W-CDMA

Evolución de GSM de 2G

Evolución de CDMA 2G



# Mejoras de 3G: HSDPA

- ▶ High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA)
  - ▶ Protocolo de comunicaciones móviles **3G** mejorado (también denominado 3.5G o 3G+)
  - ▶ Evolución y optimización de UMTS para obtener mayores tasas de datos y mayor capacidad 
  - ▶ Picos de tasas de datos de hasta 14Mbps
  - ▶ La primera red comercial HSDPA fue desplegada en 2005
  - ▶ Pertenece a la familia de protocolos **HSPA** (High-Speed Packet Access)

# HSPA+

- ▶ Evolved High-Speed Packet Access (HSPA+) o HSPA evolucionado
  - ▶ La primera red HSPA+ fue lanzada en Honk Kong en 2009
  - ▶ Basada en WCDMA (UMTS) alcanzando velocidades superiores a HSDPA
  - ▶ Picos de transferencias
    - ▶ Enlace descente: **168 Mbps**
    - ▶ Enlace ascendente: 22 Mbps

# HSPA+

- ▶ Basada en el uso de **MIMO** (Multiple-Input & Multiple-Output)
- ▶ Tecnología basada en el uso de múltiples antenas
  - ▶ **MIMO** usa múltiples antenas no correladas tanto en transmisión como en recepción para incrementar la tasa de transferencia mientras se usa el mismo ancho de banda que un sistema con una sola antena (también empleado en 4G)
- ▶ Usa una modulación de mayor orden (**64 QAM**)
- ▶ Se usa el concepto de dual-cell para combinar varias celdas

# 4G: tecnología LTE

- ▶ Long Term Evolution
- ▶ Tecnología especificada por la ITU en el estándar IMT-Advanced
- ▶ La principal diferencia (requisitos de la ITU) es la de proveer velocidades de acceso mayores a los 100Mbps en movimiento y 1Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio con alta seguridad para ofrecer servicios de toda clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible.

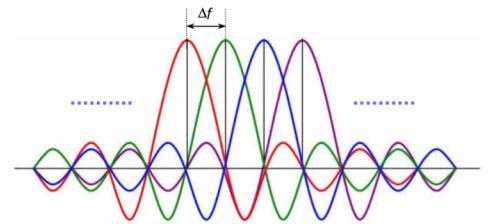


# 4G: tecnología LTE

- ▶ Unifica tecnologías desplegándose sobre redes GSM y CDMA
- ▶ Fue lanzado en EEUU en Septiembre de 2010
- ▶ Proporciona más capacidad, ofreciendo experiencias de banda ancha móvil más rápidas y mejores
  - ▶ Canales de mayor ancho de banda (10 MHz)
  - ▶ Técnicas MIMO avanzadas que permiten crear caminos separados
  - ▶ Agregación de portadoreas
  - ▶ Arquitectura simplificada (menos costes), elementos de red más complejos
  - ▶ Todo orientado a IP (comutación de paquetes)
  - ▶ Baja latencia
- ▶ Complementa a 3G y a su vez 3G permite proporcionar una experiencia de banda ancha consistente fuera de la cobertura 4G

# Tecnologías de transmisión en LTE

- ▶ **MIMO (Multiple Input Multiple Output)**
  - ▶ Mediante el uso de múltiples antenas en transmisión y recepción se crean L caminos de transmisión paralelos desacoplados (e.g., se envía información diferente por cada camino) entre el emisor y el receptor, siendo idealmente  $L=\min(MT, MR)$ .
  - ▶ Se denomina **Multiplexado espacial**
  - ▶ Idealmente en las configuraciones en las que  $MT=MR$  las velocidades de transferencia se verían multiplicadas por  $L=MT=MR$ 
    - ▶ En las configuraciones en las que  $MT \neq MR$  las antenas se usan para obtener una mayor redundancia y una mayor direccionalidad
- ▶ **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)**
  - ▶ Multiplexación de la información en un conjunto de ondas portadoras ortogonales de diferentes frecuencias (subcarriers)
  - ▶ Robusta frente a la propagación multicamino

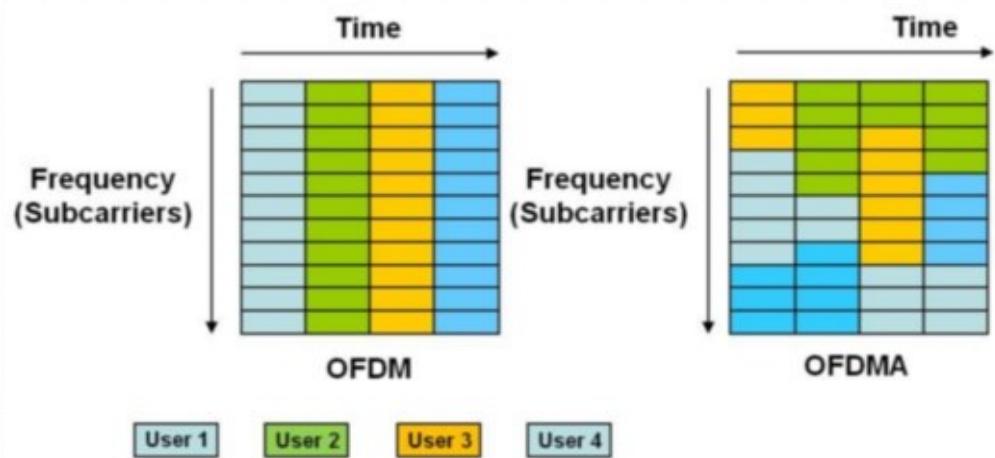
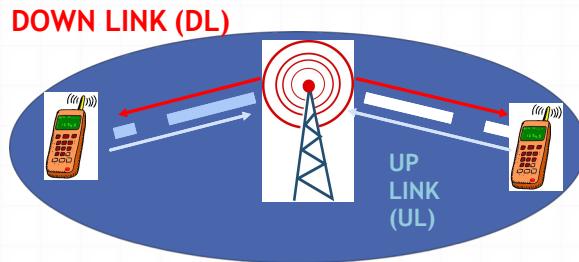


# Tecnologías de transmisión en LTE

## ► Técnicas de acceso múltiple

### ► OFDMA

- Orthogonal Frequency Division Multiple Access
- Se usa en el enlace descendente
- Sobre una transmisión OFDM el uso de OFDMA proporciona un alto grado de flexibilidad en la asignación dinámica de las subportadoras a los diferentes usuarios

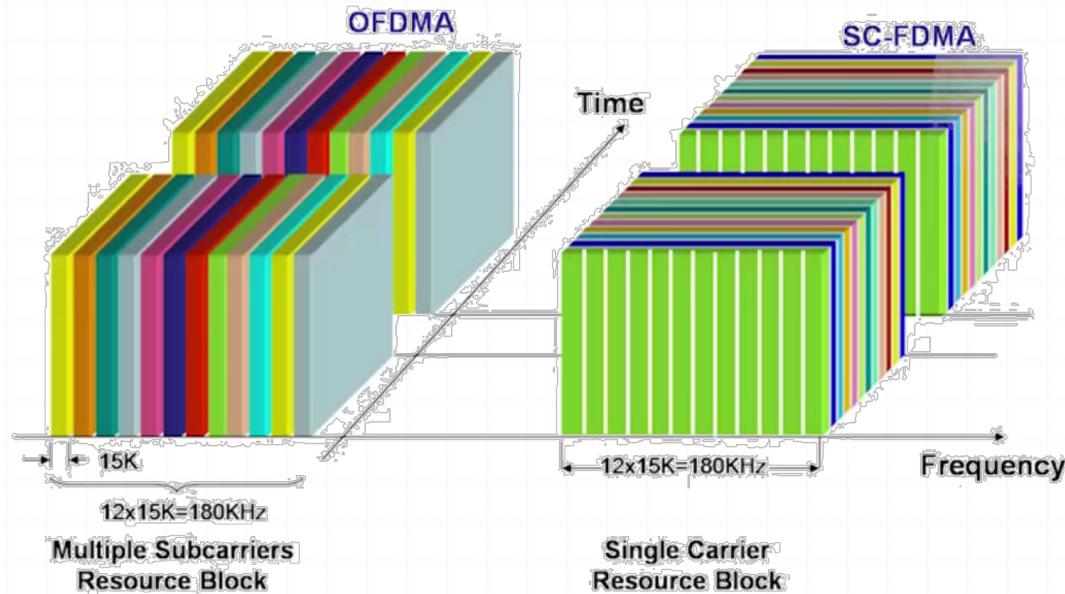


# Tecnologías de transmisión en LTE

## ► Técnicas de acceso múltiple

### ► SC-FDMA

- ▶ Single Carrier Frequency Division Multiple Access
- ▶ Una sola portadora
- ▶ Se usa en el enlace ascendente
- ▶ Se utiliza en lugar de OFDMA porque presenta un mejor rendimiento en la potencia usada en transmisión y menor consumo de batería



# Transferencia en LTE

- ▶ Altas tasas de transferencia de datos
  - ▶ Enlace descendente  $\geq 100 \text{ Mbps}$
  - ▶ Enlace ascendente  $\geq 50 \text{ Mbps}$
- ▶ Baja latencia
  - ▶ Por debajo de los 5 ms
- ▶ Alta eficiencia espectral
- ▶ Uso flexible del espectro

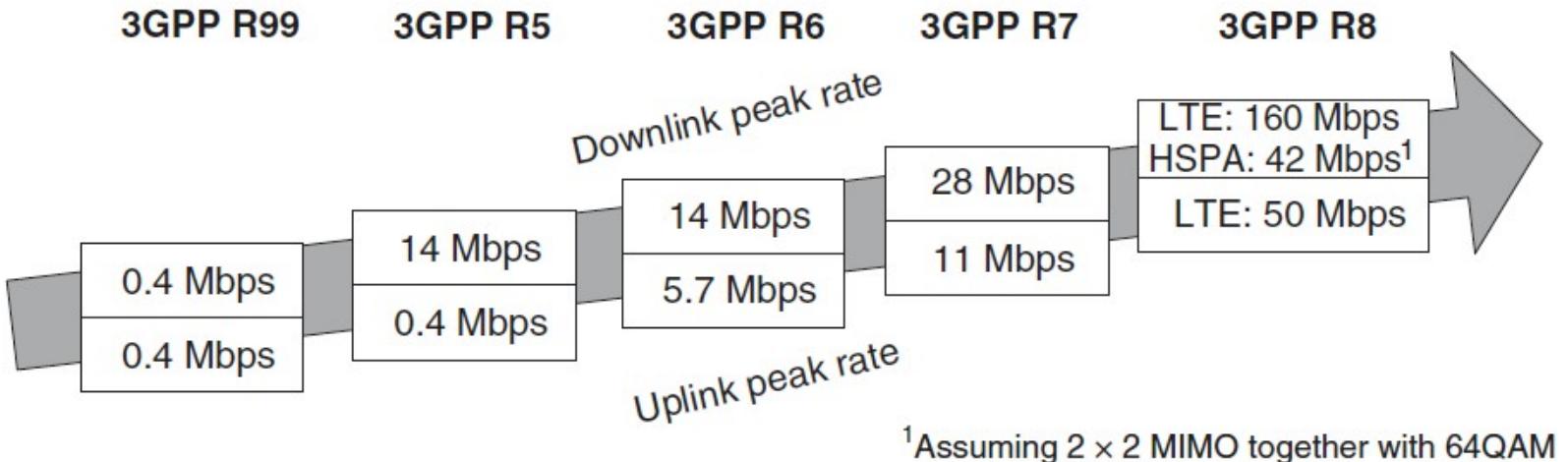
# LTE-Advanced

- ▶ Propuesto por una compañía japonesa y estandarizado por el 3GPP como extensión de LTE (Release 10 del estándar), cumpliendo con el IMT-Advanced
- ▶ Altas tasas de transferencia de datos
  - ▶ Enlace descendente  $\geq 3\text{ Gbps}$
  - ▶ Enlace ascendente  $\geq 1.5 \text{ Gbps}$
- ▶ Mayor eficiencia espectral
  - ▶  $16 \text{ bps/Hz/cell}$  in Release 8 (LTE)
  - ▶  $30 \text{ bps/Hz/cell}$  in Release 10 (LTE-Advanced)
- ▶ Incremento del número de abonados activos simultáneamente
- ▶ Mejora del rendimiento en los bordes de las celdas
  - ▶  $\geq 2.40 \text{ bps/Hz/cell}$

# Especificaciones 3GPP

|                                               | LTE (Release 8)           | LTE-Advanced (Release 10 y siguientes) |
|-----------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| Enlace descendente                            | 300 Mbps                  | 3 Gbps                                 |
| Enlace ascendente                             | 75 Mbps                   | 1.5 Gbps                               |
| Eficiencia espectral en el enlace descendente | 16 bps/Hz                 | 30 bps/Hz                              |
| Eficiencia espectral en el enlace ascendente  | 4.32 bps/Hz               | 15 bps/Hz                              |
| Bandwidth                                     | 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz | Continuos Spectrum                     |

# Especificaciones 3GPP



# Bibliografía

- Comunicaciones móviles, Jose María Hernando Rábanos, Editorial Universitaria Ramón Areces
- H. Holma and A. Toskala, HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications. John Wiley & Sons, 2007.
- A. R. Mishra, Advanced Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G ... Evolution to 4G. John Wiley & Sons, 2006
- R. Steele, P. Gould, and C. Lee, GSM, cdmaOne and 3G Systems. John Wiley & Sons, 2000
- J. Korkonen, Introduction to 3G Mobile Communications. Artech House, 2003.
- H. Holma and A. Toskala, WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications. John Wiley & Sons, 2000.