

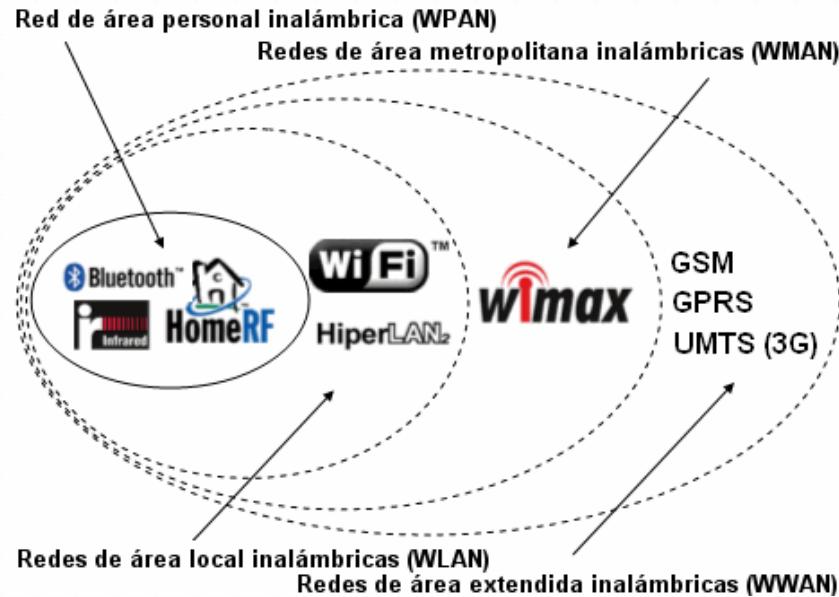
Tema 3

Redes Inalámbricas de Largo Alcance

Índice

O Redes de Telefonía Móvil

O Redes de Área Metropolitana y Extensa Inalámbricas



Introducción a las comunicaciones móviles

Espectro electromagnético



La frecuencia y la longitud de onda son inversamente proporcionales

A mayor frecuencia -> mayores problemas de propagación y menor cobertura

A mayor frecuencia -> antenas más pequeñas

Podemos considerar tres rangos de frecuencias: ondas radio, microondas e infrarrojos.

Espectro de radiofrecuencia

○ El espectro de radiofrecuencia es la porción del espectro electromagnético que comprende el transporte de ondas de radio:

Banda	Rango de frecuencias	Alcance	Utilización	Anchura de banda	Interferencia
Ondas miriamétricas	3-30 kHz	Miles de km	Radionavegación de largo alcance	Muy estrecha	De amplia distribución
Ondas kilométricas	30-300 kHz	Miles de km	Como las comunicaciones estratégicas en ondas miriamétricas	Muy estrecha	De amplia distribución
Ondas hectométricas	.3-3 MHz	2-3 000 km	Como las comunicaciones estratégicas en ondas miriamétricas	Moderada	De amplia distribución
Ondas decamétricas	3-30 MHz	Hasta 1000 km	Radiodifusión y punto a punto a nivel mundial	Amplia	De amplia distribución
Ondas métricas	30-300 MHz	2-300 km	Radiodifusión, PCS, Móvil, WAN	Muy amplia	Confinada
Ondas decimétricas	.3-3 GHz	<100 km	Radiodifusión, PCS, Móvil, WAN	Muy amplia	Confinada
Ondas centimétricas	3-30 GHz	Varía de 30 km a 2 000 km	Radiodifusión, PCS, Móvil, WAN, comunicaciones por satélite	Muy amplia hasta 1 GHz	Confinada
Ondas milimétricas	30-300 GHz	Varía de 20 km a 2 000 km	Radiodifusión, punto a punto, PCS y comunicaciones por satélite	Muy amplia hasta 10 GHz	Confinada

VHF

UHF

A mayor longitud de onda mayor alcance de las comunicaciones

A mayor frecuencia mayor capacidad de transmisión de datos

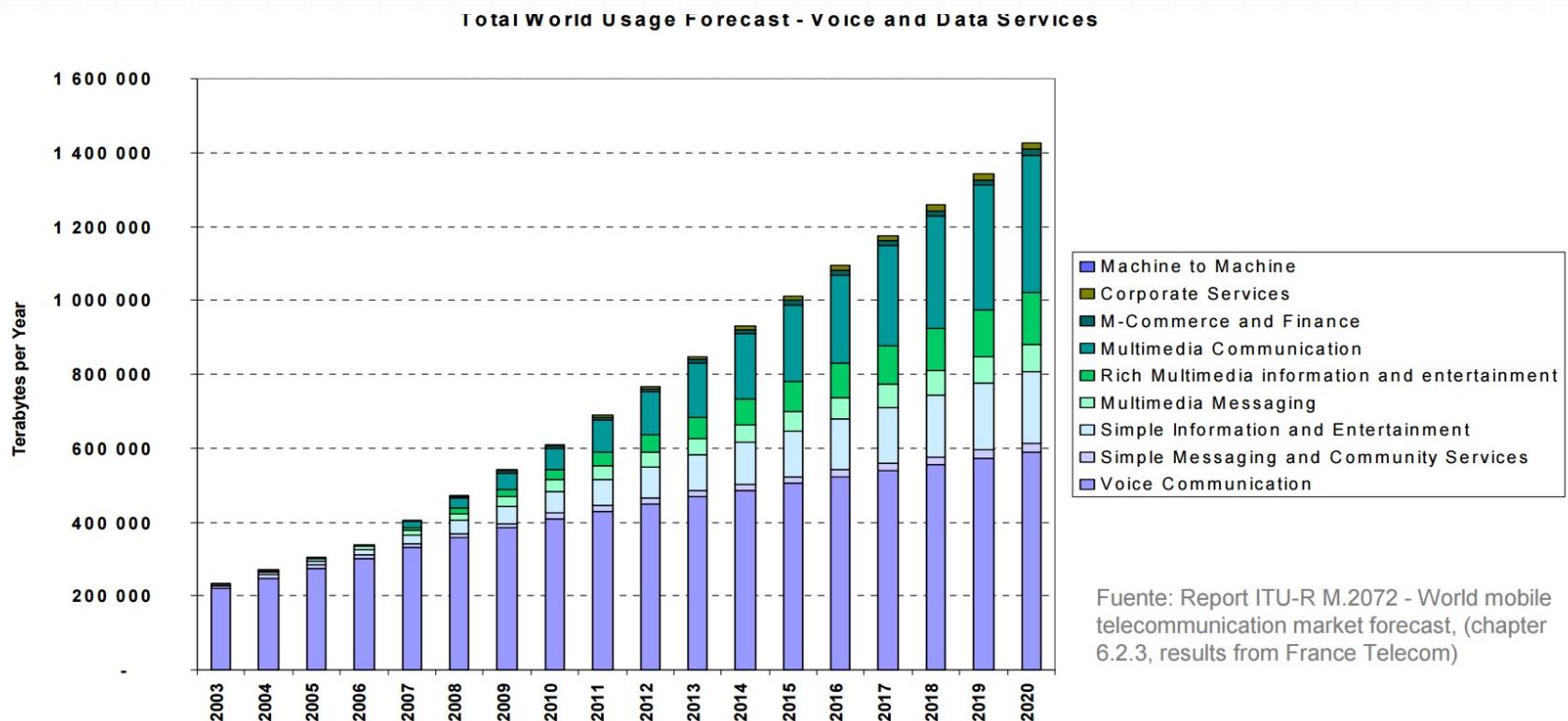
Regulación del espectro

- ▶ Objetivos de la regulación
 - ▶ Garantizar un uso eficiente del espectro a nivel público y privado
 - ▶ Maximizar su uso evitando interferencias
 - ▶ Interoperabilidad
- ▶ La sección de **Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R) y la Conferencia Europea de Telecomunicaciones y Correos (CEPT)** son la encarga a nivel mundial de la ordenación de frecuencias.
 - ▶ Región 1 Europa y África
 - ▶ Región 2 América
 - ▶ Región 3 Asia y Oceanía
- ▶ A nivel nacional es la **Secretaría de Estado de telecomunicaciones y para la sociedad de la información (SETSI)** la encargada de regular y licenciar el espectro.
 - ▶ Cuadro nacional de atribución de frecuencias (CNAF)
 - ▶ La legislación española considera el espectro como un bien de uso público que puede ser explotado mediante tres usos:
 - ▶ Común: Sin licencias (e.g. Wi-Fi)
 - ▶ Privativa: Licencias o licitaciones (e.g. TV, radio, telefonía móvil)
 - ▶ Especial: Ocio o entretenimiento (e.g. Radioaficionados)



Crecimiento de los servicios de voz y datos

El fuerte crecimiento de los servicios de datos hace necesaria el uso de nuevas tecnologías de comunicación que **maximicen los recursos radio disponibles** y hacen necesario el **acceso a nuevas bandas de espectro radioeléctrico**



Conceptos básicos: sistemas analógicos y digitales

○ **Sistema analógico.** Se dice que un sistema es analógico cuando las magnitudes de la señal se representan mediante variables continuas.

○ **Sistema digital.** Se define como dispositivo destinado a la generación, transmisión, procesamiento o almacenamiento de señales digitales. Las señales digitales son señales que toman valores discretos.

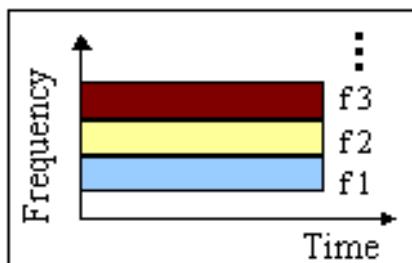
○ El primer sistema de comunicaciones digital fue el sistema Morse, utiliza tres elementos: punto, raya, espacio.

○ Ventajas de un sistema digital:

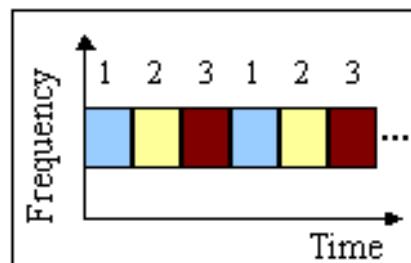
- Presentan gran inmunidad al ruido
- Fácil fabricación: La lógica digital se puede implementar de forma sencilla usando circuitos integrados
- Técnicas de procesamientos de señales digitales muy eficientes (corrección de errores, compresión de datos, etc.)

Conceptos básicos: transmisión

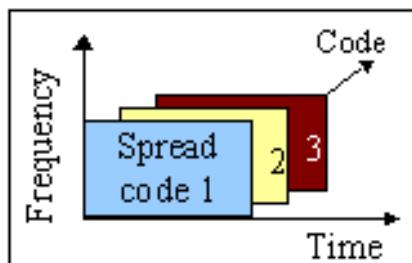
FDMA
(Frequency Division
Multiple Access)



TDMA
(Time Division
Multiple Access)



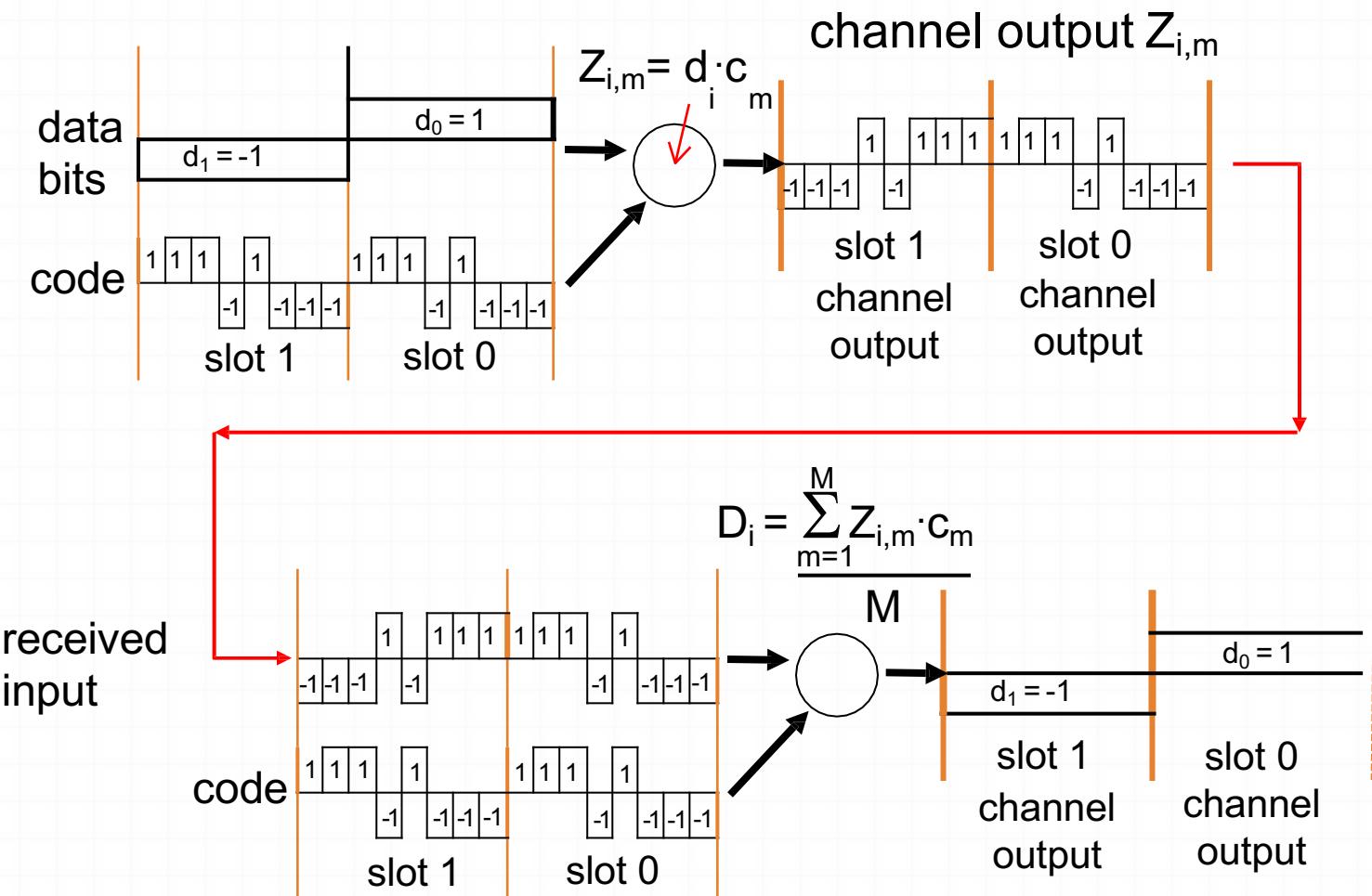
CDMA
(Code Division
Multiple Access)



Code Division Multiple Access (CDMA)

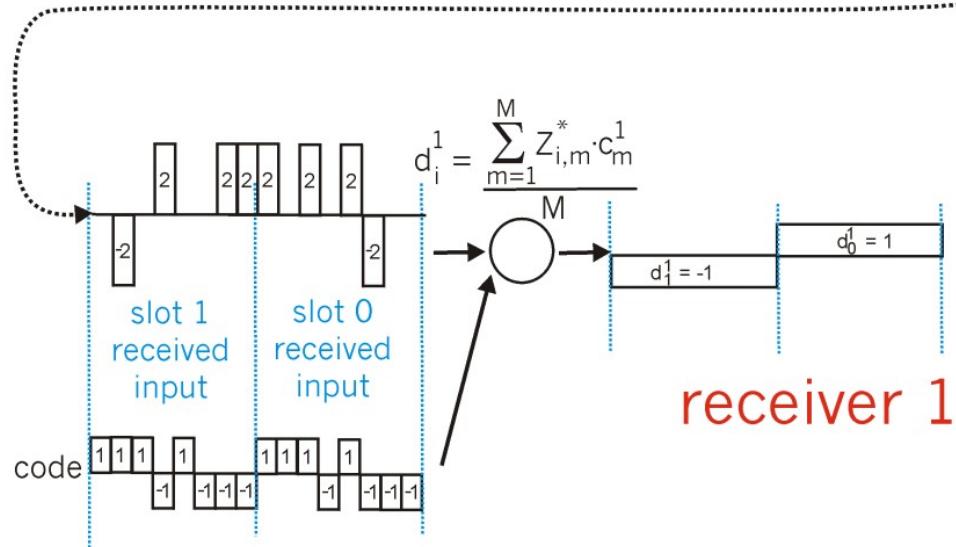
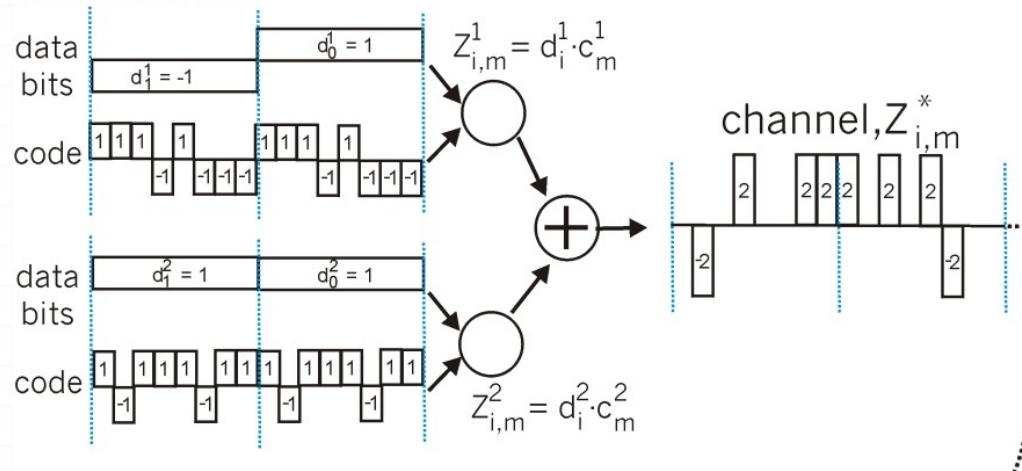
- Usado en muchos estándares de comunicaciones móviles
- Cada usuario tiene un código único asignado
 - code set partitioning
- Todos los usuarios comparten la misma frecuencia, pero cada usuario tiene su propia secuencia de “chipping” (código) para codificar los datos
 - *encoded signal* = (original data) X (chipping sequence)
 - *decoding*: inner-product of encoded signal and chipping sequence
- Permite a múltiples usuarios coexistir y transmitir simultáneamente con una mínima interferencia (si los códigos son “ortogonales”)

CDMA Encode/Decode



CDMA: two-sender interference

senders



receiver 1

Conceptos básicos: potencia de señal

$$0 \quad dBm = 10 \log_{10} \frac{P}{1mW}$$

- 0 3G – RSSI: Received Signal Strength Indicator

RSSI	Signal Strength
> -70 dBm	Excellent
-70 dBm to -85 dBm	Good
-86 dBm to -100 dBm	Fair
< -100 dBm	Poor
-110 dBm	No signal

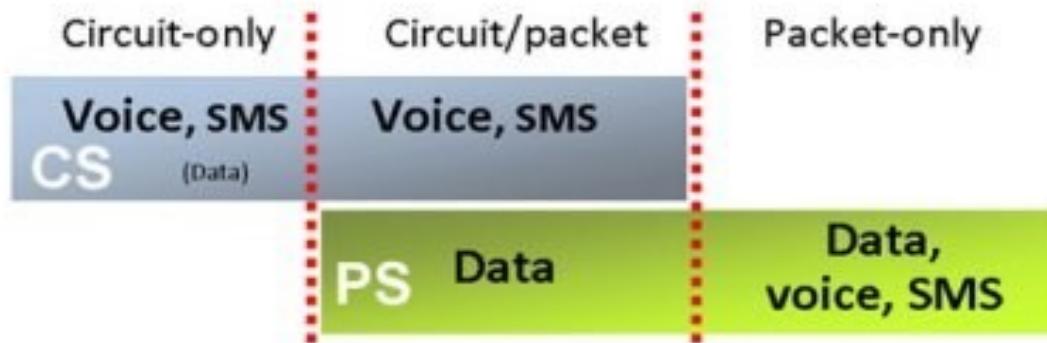
- 0 4G - RSRP: Reference Signal Received Power

RSRP	Signal Strength
> -90 dBm	Excellent
-90 dBm to -105 dBm	Good
-106 dBm to -120 dBm	Fair
< -120 dBm	Poor

dBm	Watts
0	1.0 mW
1	1.3 mW
2	1.6 mW
3	2.0 mW
4	2.5 mW
5	3.2 mW
6	4 mW
7	5 mW
8	6 mW
9	8 mW
10	10 mW
11	13 mW
12	16 mW
13	20 mW
14	25 mW
15	32 mW
16	40 mW
17	50 mW
18	63 mW
19	79 mW
20	100 mW
21	126 mW
22	158 mW
23	200 mW
24	250 mW
25	316 mW
26	398 mW
27	500 mW
28	630 mW
29	800 mW
30	1.0 W
31	1.3 W
32	1.6 W
33	2.0 W
34	2.5 W
35	3.2 W
36	4.0 W
37	5.0 W
38	6.3 W
39	8.0 W
40	10 W
41	13 W
42	16 W
43	20 W
44	25 W
45	32 W
46	40 W
47	50 W

Conceptos básicos: conmutación

- **Conmutación de circuitos (Servicio de Voz)**
- **Conmutación de paquetes (Servicios de Datos)**
 - La tendencia es tener redes de conmutación de paquetes puras, también denominadas “All-IP Networks”



Redes celulares

- GSM → Global System for Mobile Communications
- La tecnología celular suele clasificarse por generaciones:
 - Las primeras generaciones se dedicaron principalmente al tráfico de voz
 - Los sistemas de primera generación (1G) eran sistemas analógicos FDMA diseñados exclusivamente para la comunicación de voz
 - Estos sistemas fueron sustituidos por los sistemas 2G digitales
 - Los 2G originales eran sólo para voz, pero fueron extendidos (2.5G) para soportar datos (Internet)

Redes celulares

- Los sistemas 3G (actuales) soportan tanto voz como datos, pero se centran en mejorar las capacidades de los datos y los accesos de enlaces de radio.
- La 4G está basada completamente en el protocolo IP.
 - Prevé proporcionar mayores velocidades y una mejor calidad de servicio.



Telefonía Móvil

- Nació para proporcionar comunicaciones entre dos unidades móviles (→ estaciones móviles (MS)) o entre una unidad móvil y una fija (unidad terrestre)
- El proveedor de servicios debe ser capaz de localizar y seguir la pista del llamador, asignar un canal a la llamada y transferir el canal de una estación base a otra estación base cuando el llamador se mueve fuera de su cobertura

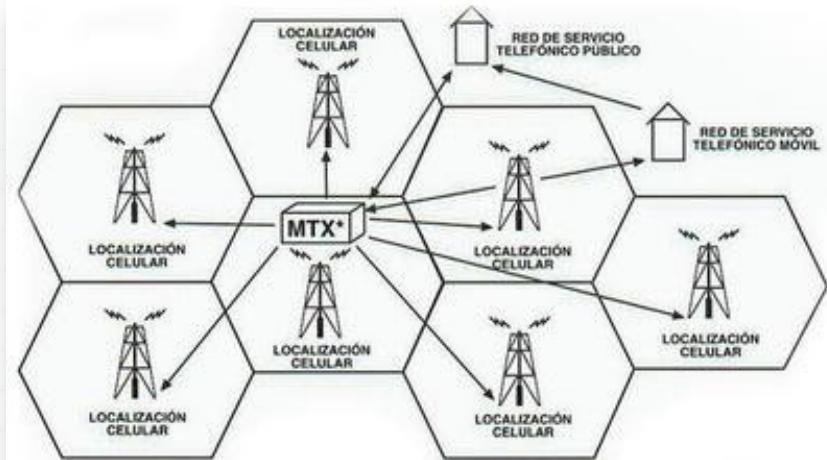


Telefonía Móvil

- Para que el seguimiento sea posible, cada área de servicio móvil se divide en pequeñas regiones denominadas *celdas*
- Cada celda contiene una antena y es controlada por una estación base (BTS), alimentada por energía solar o corriente eléctrica

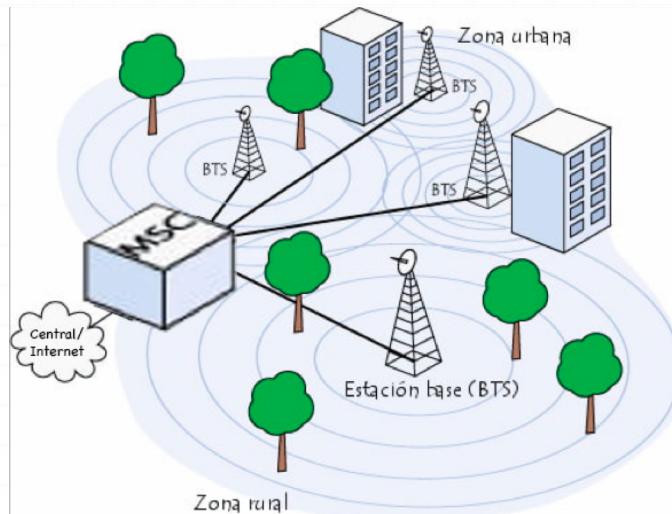
BTS: Base Transceiver Station

- El tamaño de la celda no es fijo
- Radio típico de una celda es 1,6 a 19 km
- El radio es inversamente proporcional a la densidad de población



Telefonía móvil

- Una vez determinado el tamaño se optimiza para prevenir interferencias con las señales de celdas adyacentes
- La potencia de transmisión de cada celda se mantiene baja



Fuente: CCM

Telefonía móvil

- Cada estación base es controlada por una centro de conmutación móvil (MSC) que es una central de conmutación
- El MSC coordina la comunicación entre un conjunto de estaciones base y la estación central de telefonía
- Este último es un centro informatizado responsable de conectar las llamadas (Internet, red de telefonía fija), registrar la información sobre las llamadas y realizar la facturación

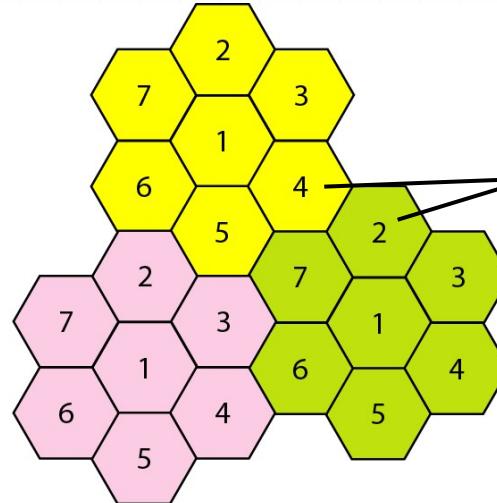
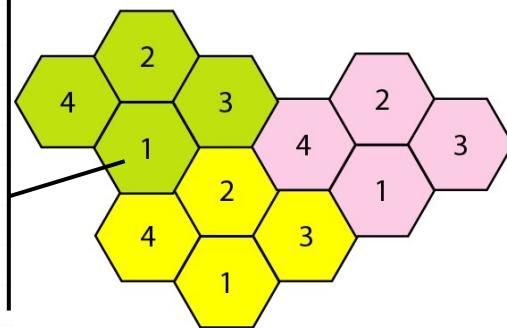
Principio de reutilización de frecuencias

- Las celdas vecinas no pueden utilizar el mismo conjunto de frecuencias
 - Crean interferencias a los usuarios localizados en los límites de la celda
- El conjunto de frecuencias disponibles es limitado
 - Las frecuencias tienen que ser REUTILIZADAS
- Un patrón de reutilización de frecuencias es una configuración de N celdas, siendo N el factor de reutilización, en la que cada celda utiliza un conjunto único de frecuencias
 - Cuando un patrón se repita, las frecuencias se pueden reutilizar
 - Hay varios patrones diferentes

Principio de reutilización de frecuencias

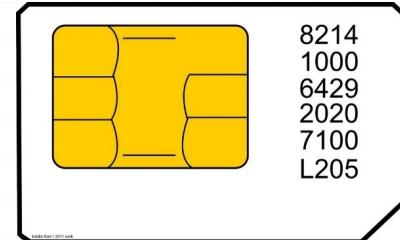
- Los números de celda definen el patrón
- Las celdas con el mismo número pueden utilizar el mismo conjunto de frecuencias.
- Estas celdas son CELDAS DE REUTILIZACIÓN

1 celda separa las celdas celdas de reutilización



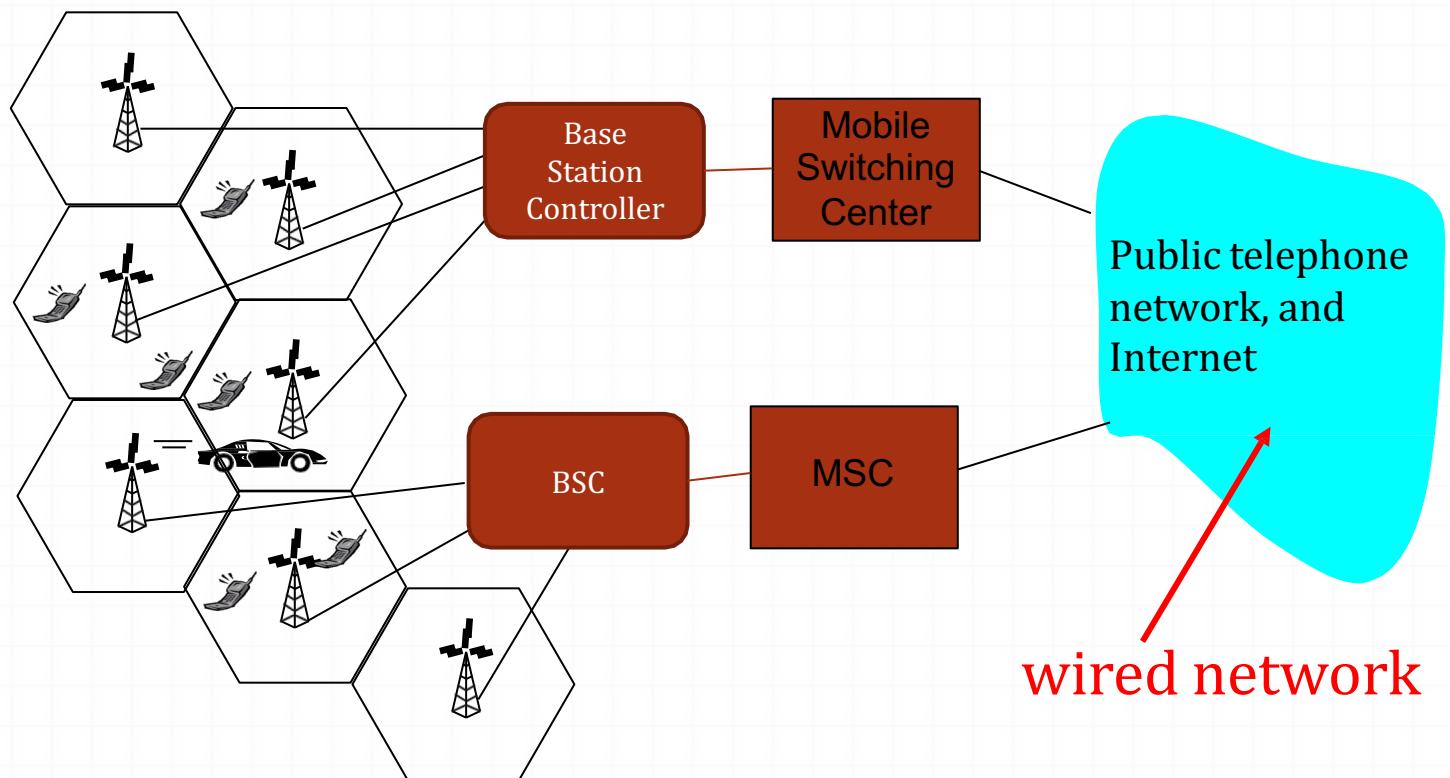
2 celdas separan las celdas celdas de reutilización

SIM

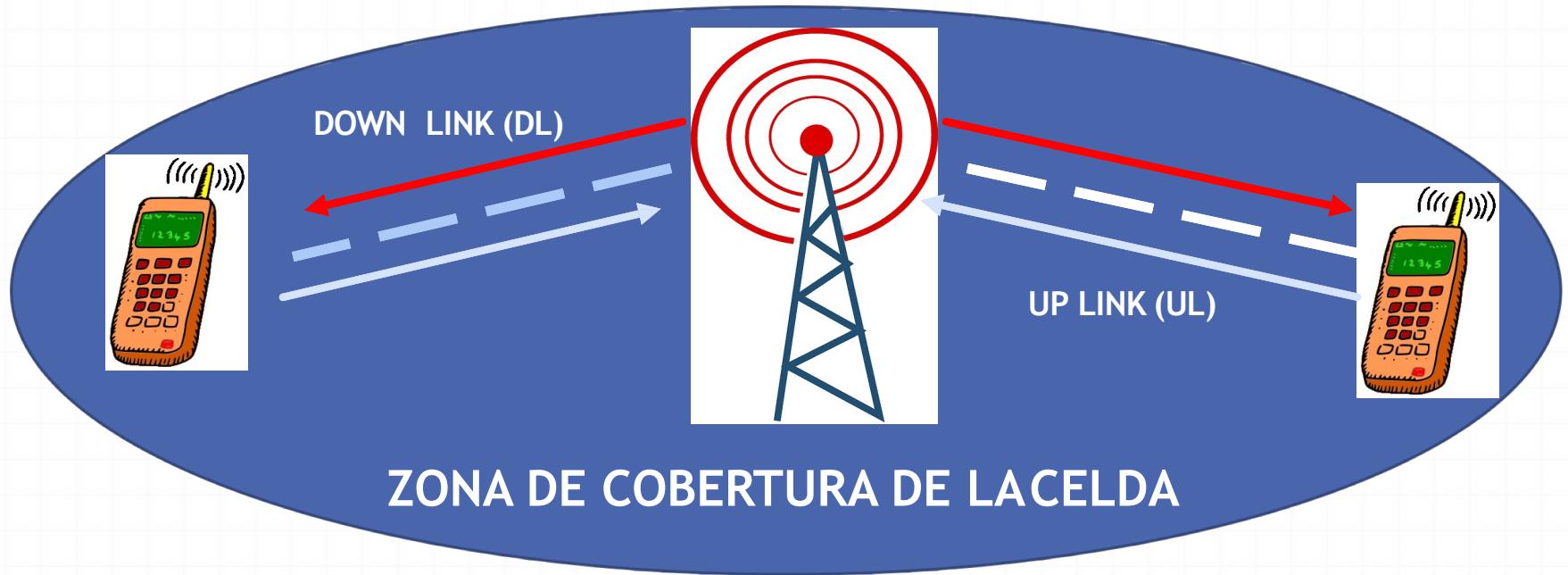


- ▶ SIM (Subscriber Identity Module)
- ▶ Es **una tarjeta inteligente** extraíble
- ▶ Contiene información de la suscripción del abonado y la agenda telefónica
 - ▶ Mantiene la información del usuario incluso de forma permanente
 - ▶ Se puede usar el mismo terminal para conectarse a distintos operadores
 - ▶ **Permite llevar a cabo el cifrado digital del enlace radio**
 - ▶ **Comprobación de validación y uso no autorizado de un terminal**

Componentes GSM



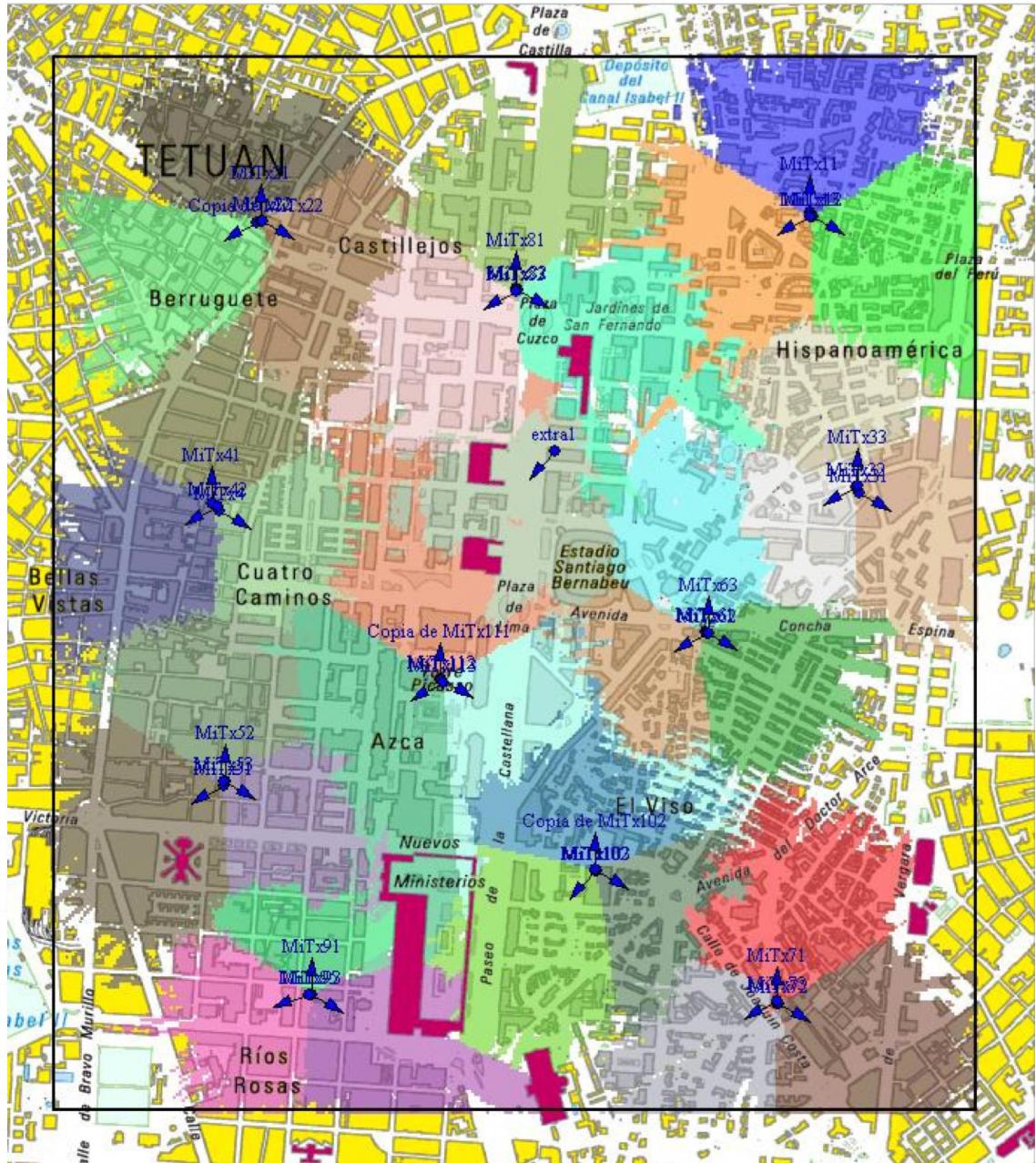
Enlace ascendente y enlace descendente



Acceso radio en estaciones base

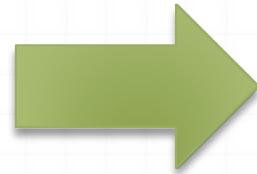
- Antenas omnidireccionales
- Antenas sectorizadas:
 - Mejor cobertura (mayor ganancia en cada antena)
 - La directividad de la antena reduce la interferencia
- Medida de aprovechamiento de una celda: eficiencia espectral (bps/Hz/celda)

Ejemplo antenas sectorizadas





Transmisión



○ Para realizar una llamada desde una estación móvil

1. El llamante introduce el nº de teléfono y pulsa el botón de llamada
2. La estación móvil analiza la banda
3. Selecciona un canal de configuración con una señal fuerte y envía los datos (nº de teléfono) a la estación base utilizando el canal
4. La estación base retransmite los datos al MSC
5. El MSC envía los datos a la central telefónica

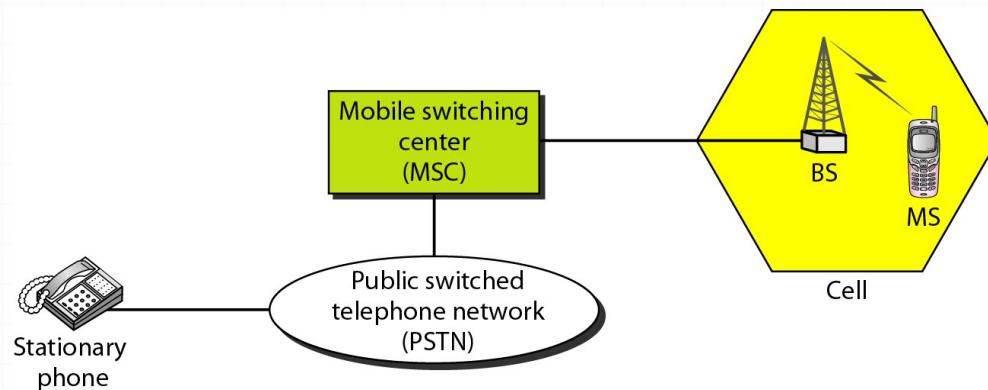




Transmisión

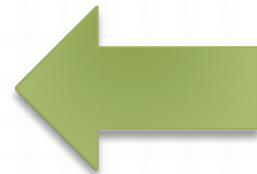
○ Si la persona está disponible se establece una conexión y el resultado es devuelto al MSC

1. El MSC asigna un canal de voz no ocupado para la llamada y establece la conexión
2. La estación móvil automáticamente ajusta su sintonización al nuevo canal
3. La comunicación puede comenzar





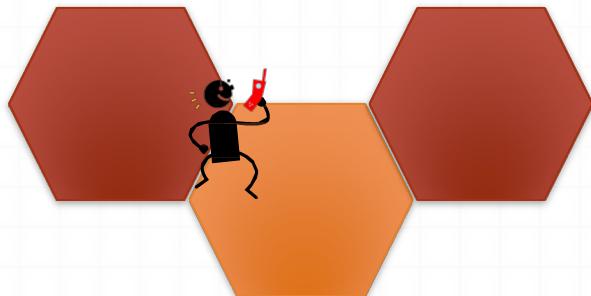
Recepción



- Cuando se llama a un móvil, la central telefónica envía el nº al MSC
 - 1. El MSC busca la localización de la estación móvil enviando señales de consulta a cada celda en un proceso que se denomina SISTEMA DE BÚSQUEDA
 - 2. Una vez encontrada la estación móvil, el MSC transmite una señal de llamada
 - 3. Cuando la estación móvil responde, asigna un canal de voz a la llamada, permitiendo que la comunicación pueda comenzar

Handover: Transferencia entre celdas

- Puede ocurrir que durante una conversación, una estación móvil se mueva de una celda a otra
 - La señal se puede debilitar
- MSC monitoriza el nivel de energía de la señal cada pocos segundos
 - Si la señal se debilita, el MSC busca una nueva celda para acomodar mejor la comunicación
 - A continuación, cambia el canal para la llamada

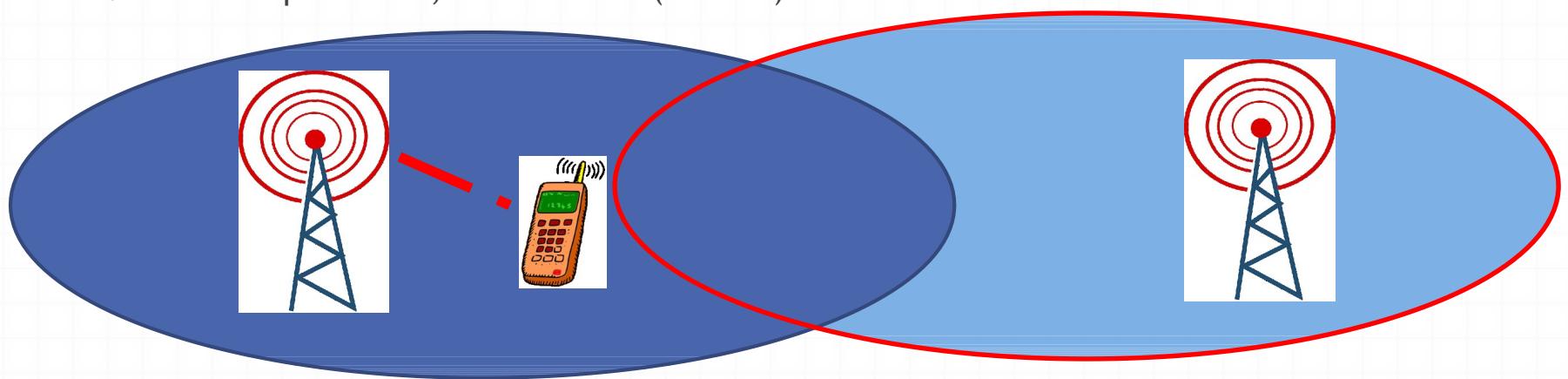


Handover: Transferencia entre celdas

- Transferencia entre celdas con interrupción
 - Los primeros sistemas una estación móvil sólo podía comunicarse con una estación base
 - Cuando se movía de una celda a otra la comunicación debía interrumpirse con la anterior antes de establecer una nueva comunicación con la nueva
- Transferencia entre celdas transparente
 - En los sistemas actuales, una estación móvil puede comunicarse con dos estaciones base al mismo tiempo
 - Durante la transferencia entre celdas, la estación móvil puede continuar con la nueva estación base antes de interrumpir la comunicación con la vieja

Handover: Transferencia entre celdas

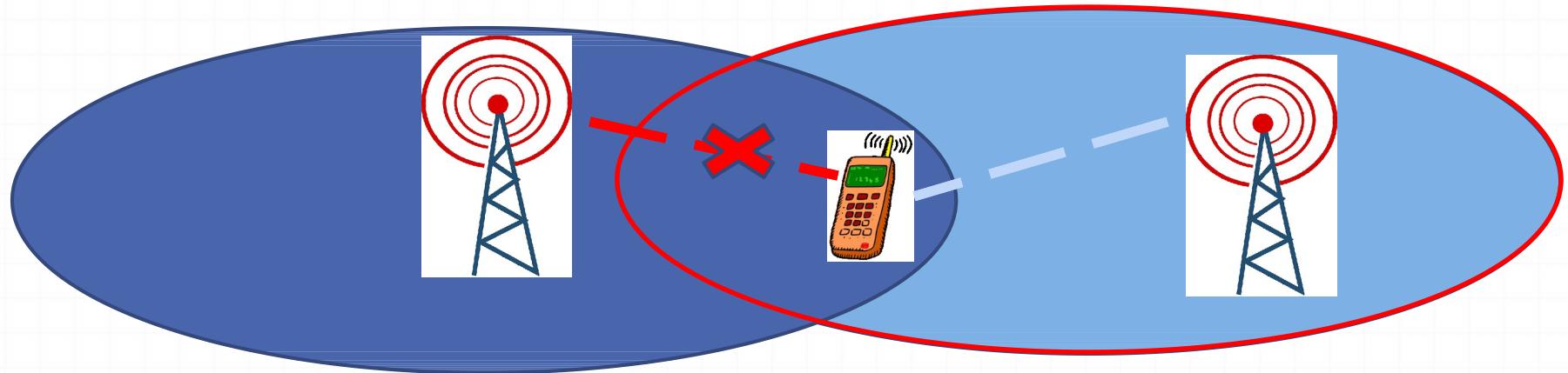
- ▶ Handover
 - ▶ Umbral: típicamente, -90--100 dBm (1~10uW)



Handover: Transferencia entre celdas

- ▶ Handover

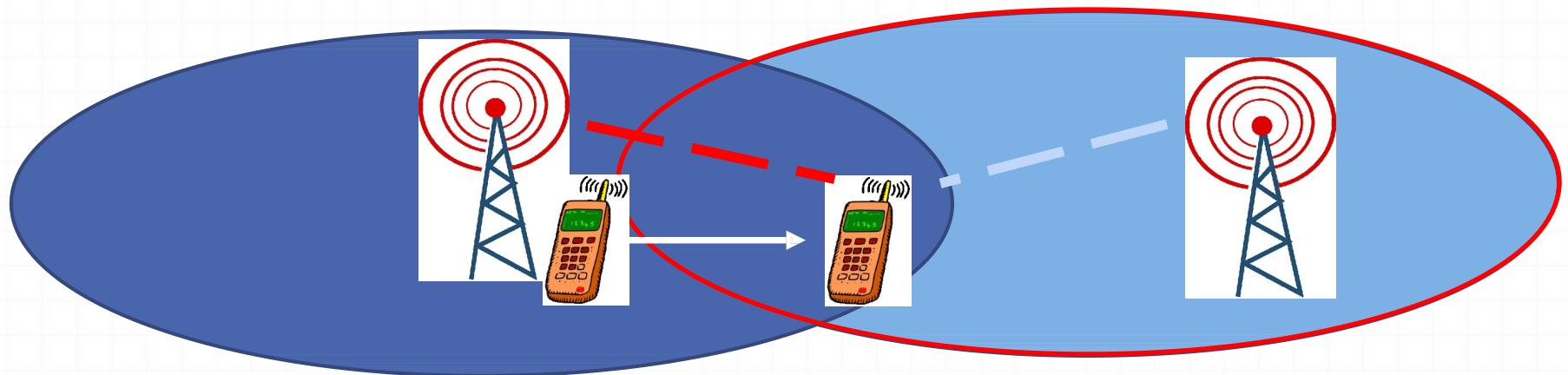
HARD HANDOVER (HHO)



Handover: Transferencia entre celdas

- ▶ Handover

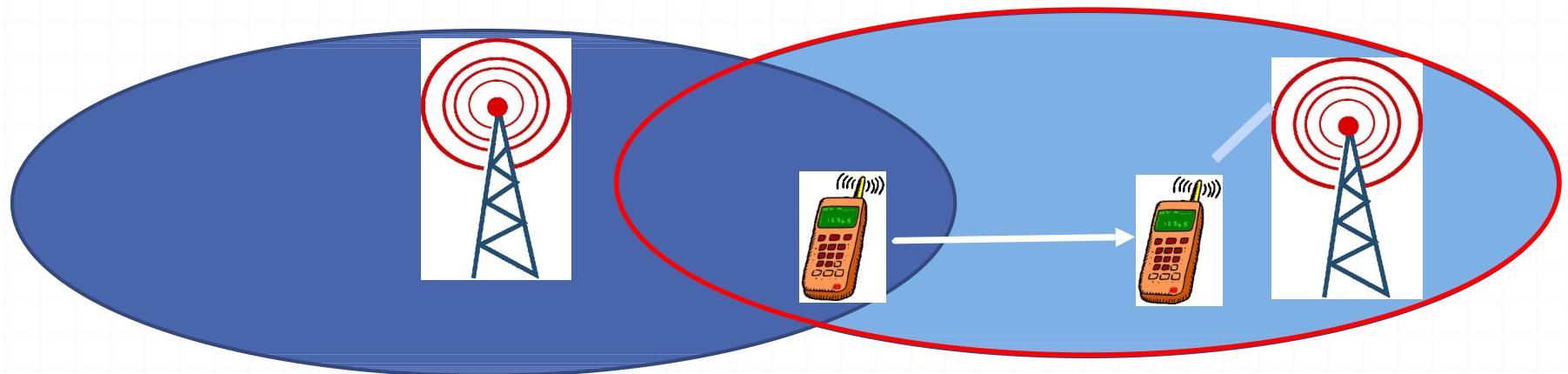
SOFT HANDOVER (SHO)



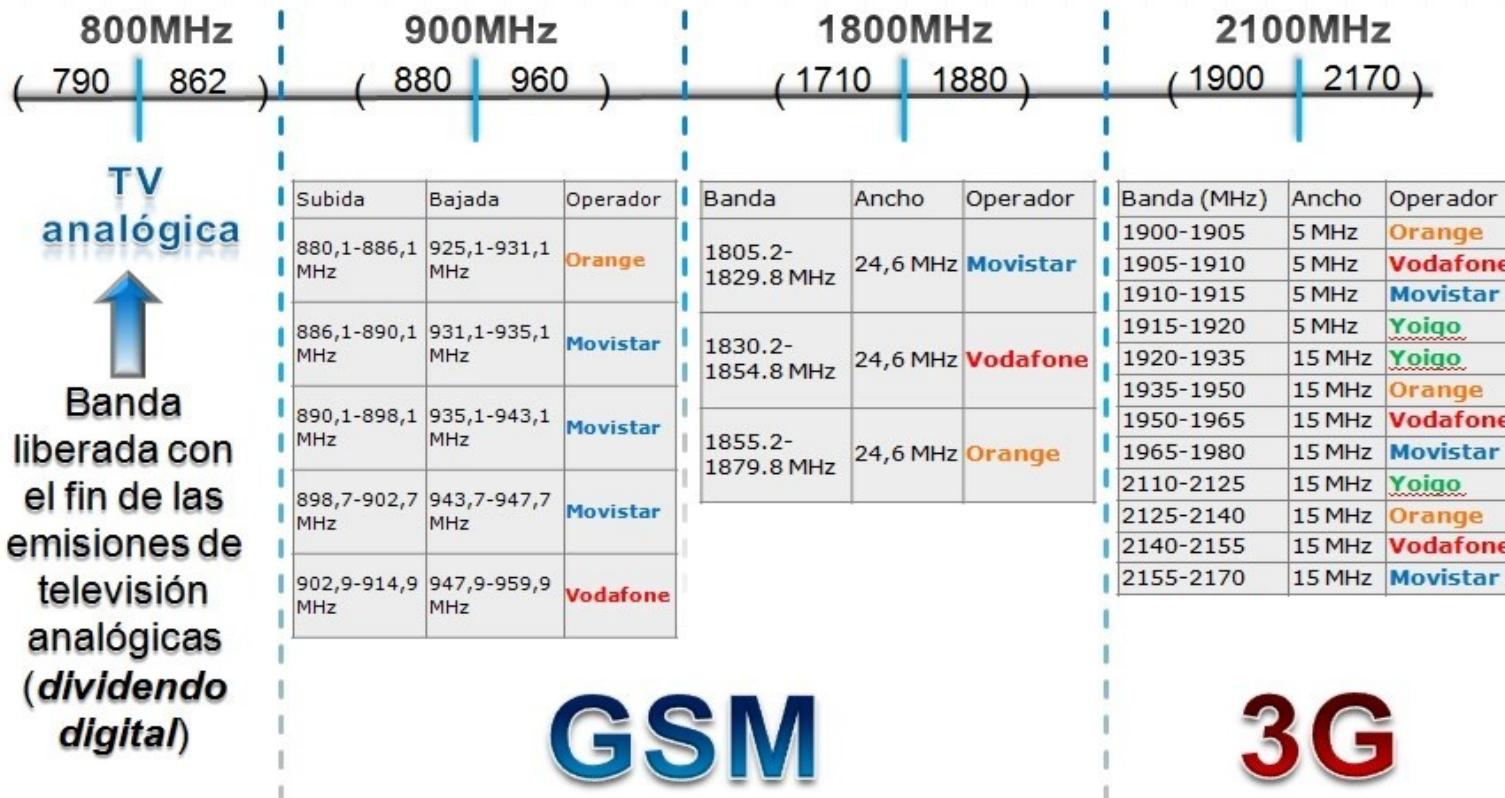
Handover: Transferencia entre celdas

- ▶ Handover

SOFT HANDOVER (SHO)



Bandas de frecuencias en la telefonía móvil

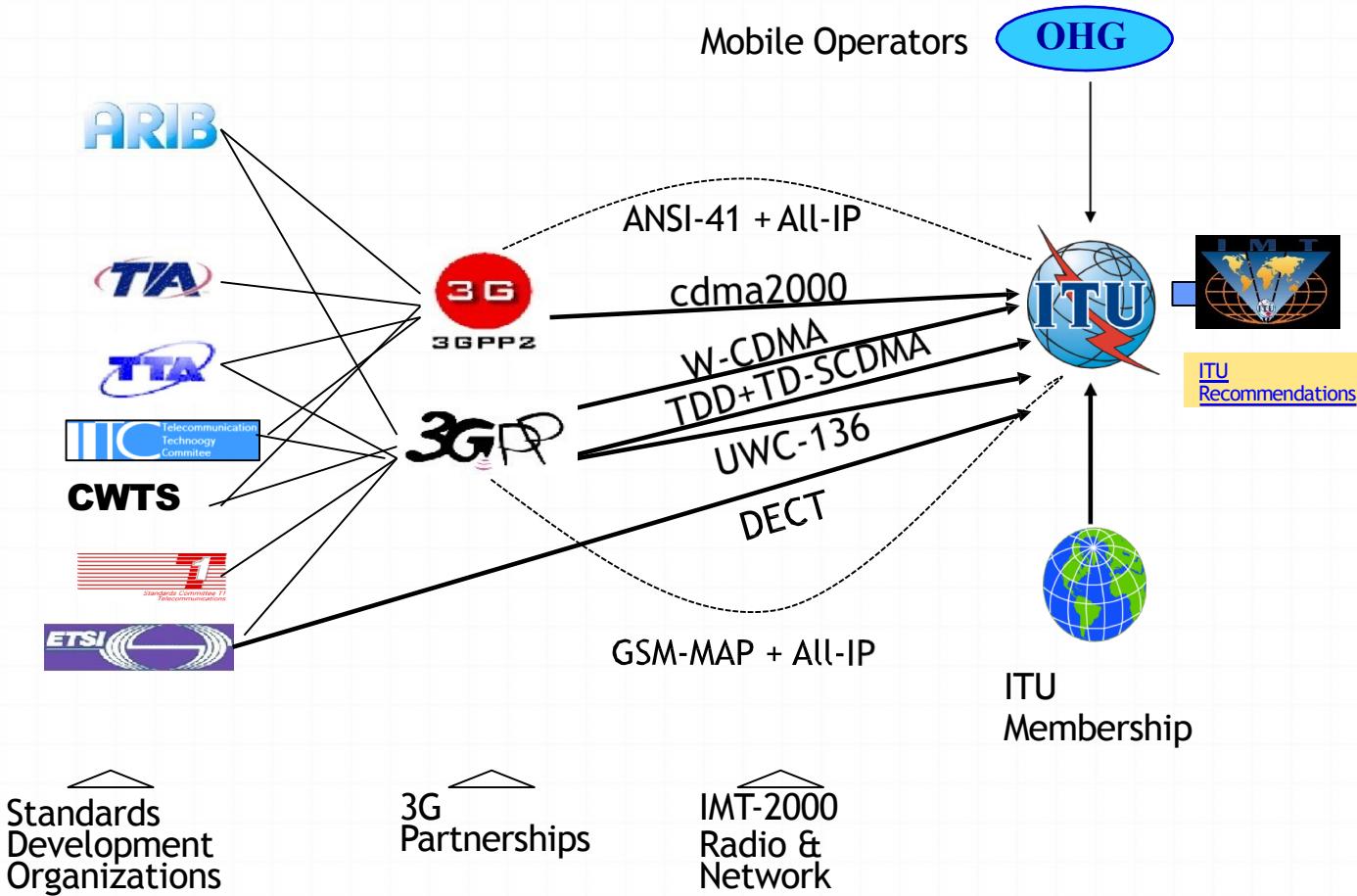


Itinerancia

- Un usuario puede comunicarse con otros cuando hay cobertura
- Un proveedor de servicio (operador) tiene una cobertura limitada
- Los proveedores de servicio vecinos pueden ofrecer extender la cobertura mediante un contrato de itinerancia (*roaming*)



Organigrama ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones)



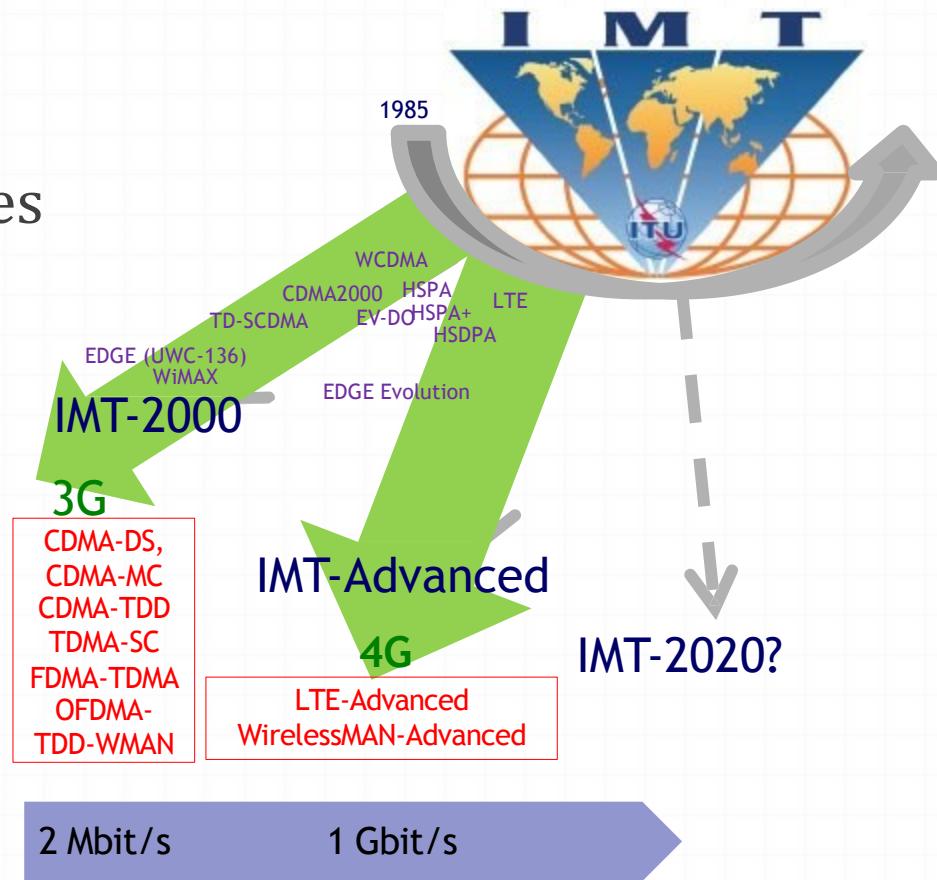
3GPP: 3rd Generation Partnership Project

0 El Proyecto de Asociación para la Tercera Generación (3GPP) es una organización mundial de comunicaciones inalámbricas que desarrolla estándares o especificaciones en colaboración para arquitecturas de radiocomunicaciones, redes centrales y servicios. El 3GPP inicialmente desarrolló el Sistema Global para Comunicaciones Móviles, o GSM, que es la tecnología celular más ampliamente utilizada en el mundo.

Estándares IMT

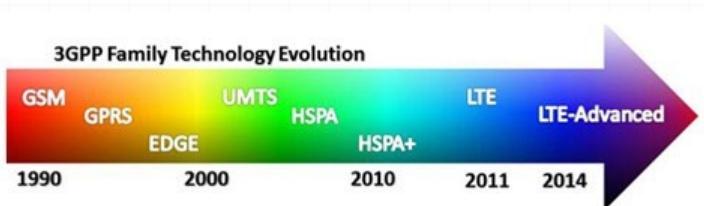
o **IMT:**
Telecomunicaciones
Móviles
Internacionales

↓
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



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.