

# *Capítulo 1: Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Móviles*



**VICTOR MANUEL QUINTERO FLOREZ**

## ***Consideraciones Generales***

- **Servicio Móvil:** servicio de radiocomunicaciones entre estaciones móviles y estaciones terrestres fijas, o entre estaciones móviles únicamente.
- Tres clases de servicios móviles:
  - Servicio móvil terrestre.
  - Servicio Móvil marítimo.
  - Servicio móvil aeronáutico.

## ***Consideraciones Generales (2)***

- Los sistemas de radiocomunicaciones móviles permiten el intercambio de información variada:
  - Voz.
  - Datos.
  - Video.
  - Control.

## ***Consideraciones Generales (3)***

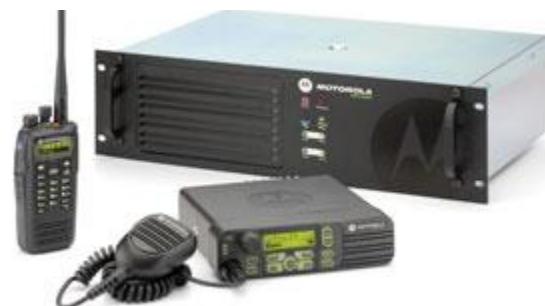
- Información útil o tráfico e información adicional (señalización y/o control).
- **Zona de cobertura:** superficie geográfica dentro de la cual los terminales pueden establecer comunicación con la estación fija o entre sí.

## *Elementos de un Sistema de Comunicaciones Móviles*

- Estaciones Fijas (FS)
  - Estación Base (BS).
  - Estación de control.
  - Estación Repetidora (RS).
- Estaciones Móviles (MS)
- Equipos de control



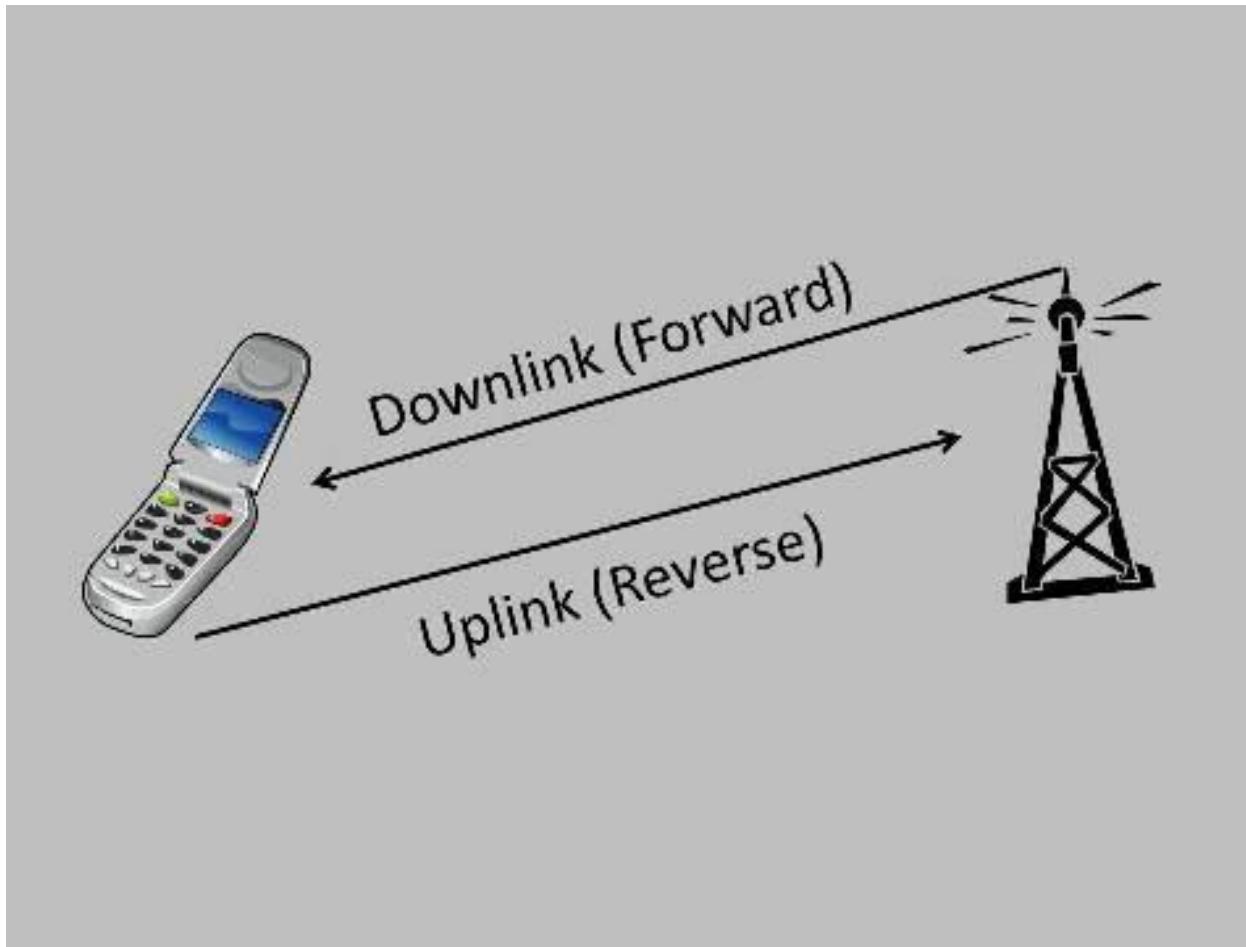
## *Elementos de un Sistema de Comunicaciones Móviles (2)*



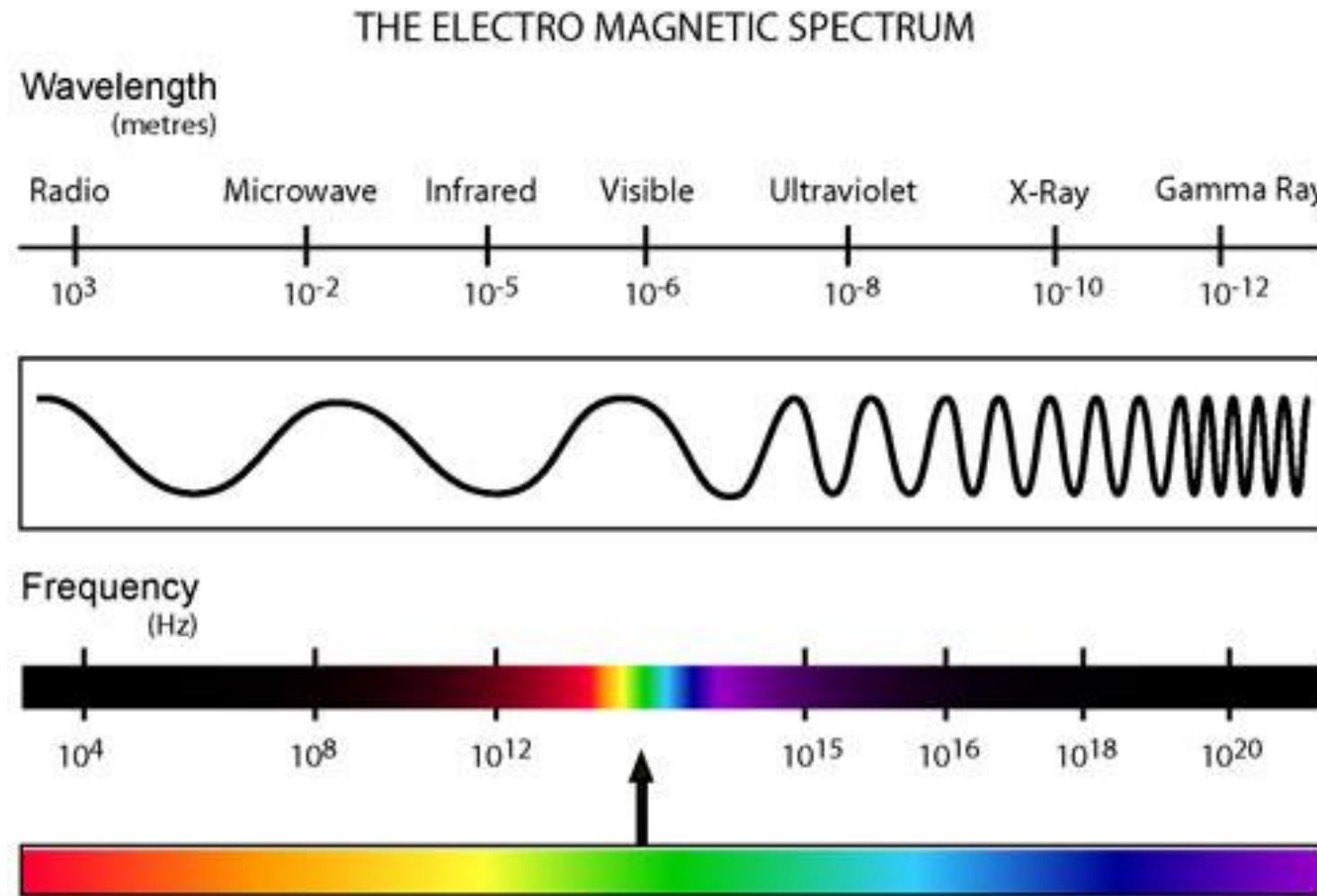
## ***Elementos de un Sistema de Comunicaciones Móviles (2)***

- DL: *Downlink*. Enlace de bajada. Descendente.
  - *Talk-out*: rango o alcance de la estación base.
- UL: *Uplink*. Enlace de subida. Ascendente.
  - *Talk-back*: retroalcance.

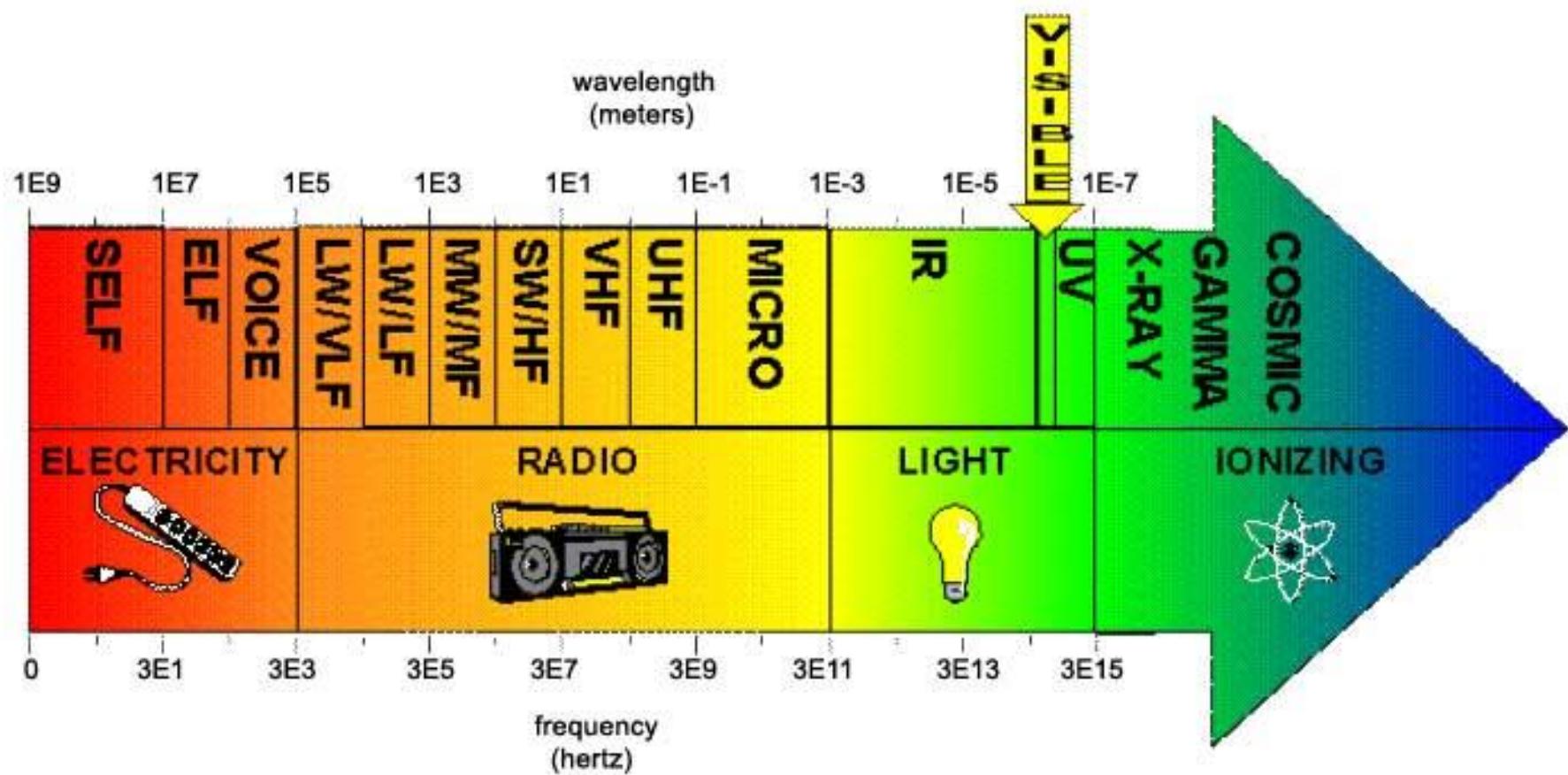
## *Elementos de un Sistema de Comunicaciones Móviles (3)*



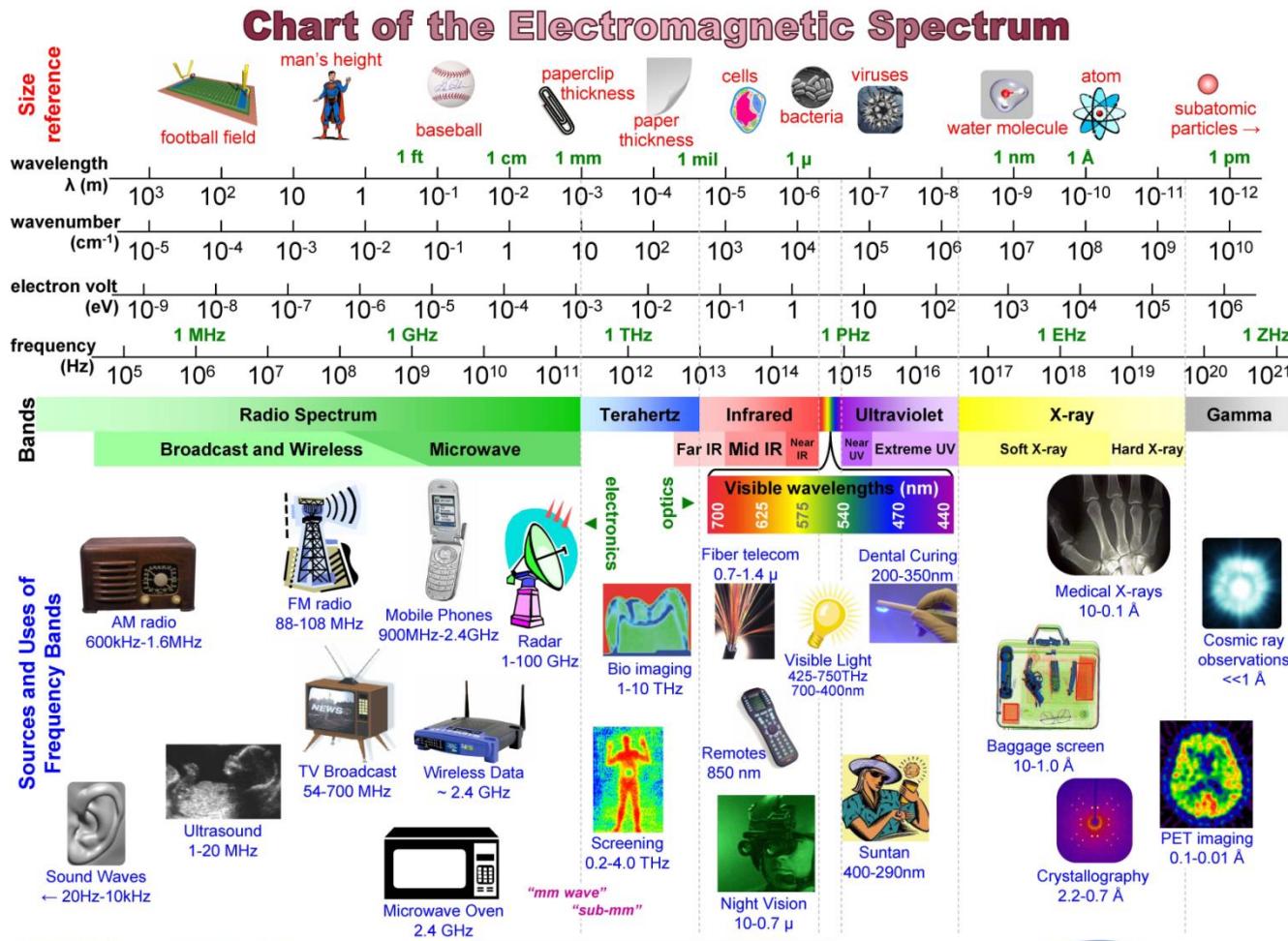
## Espectro Electromagnético



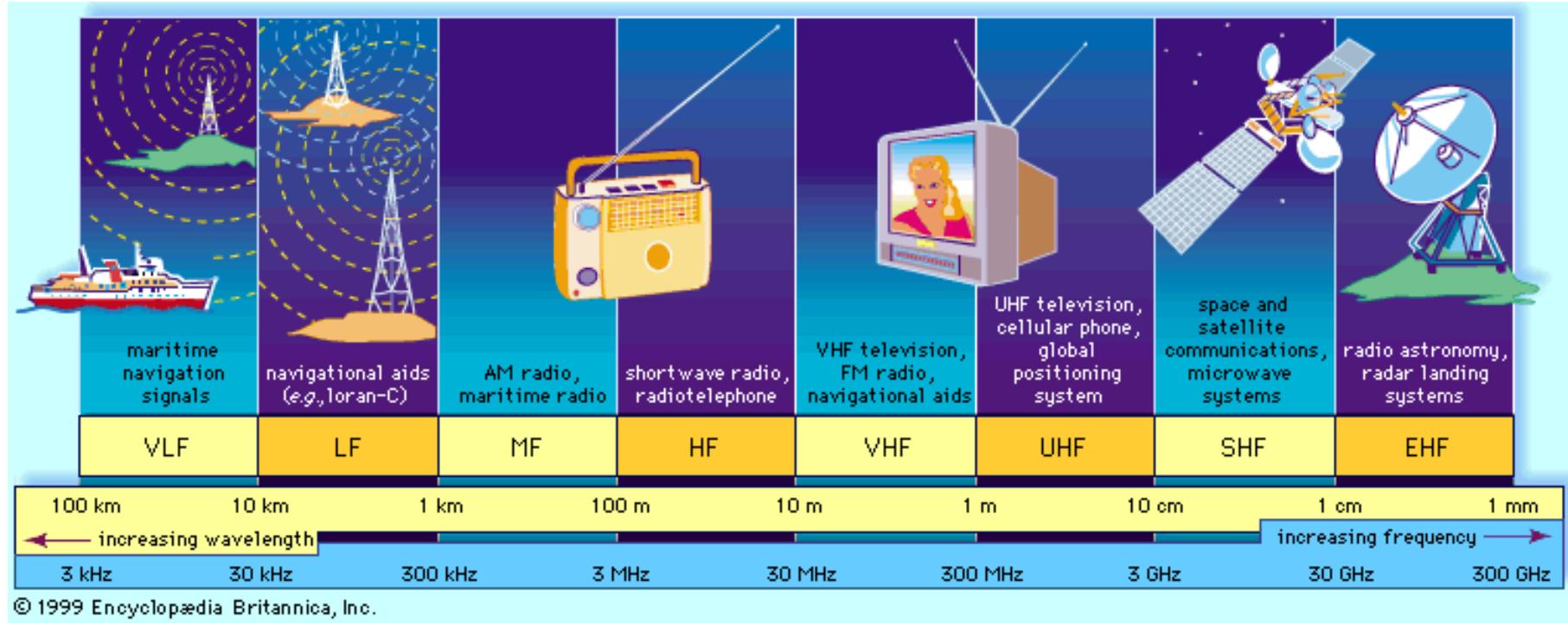
## Espectro Electromagnético (2)



## Espectro Electromagnético (3)

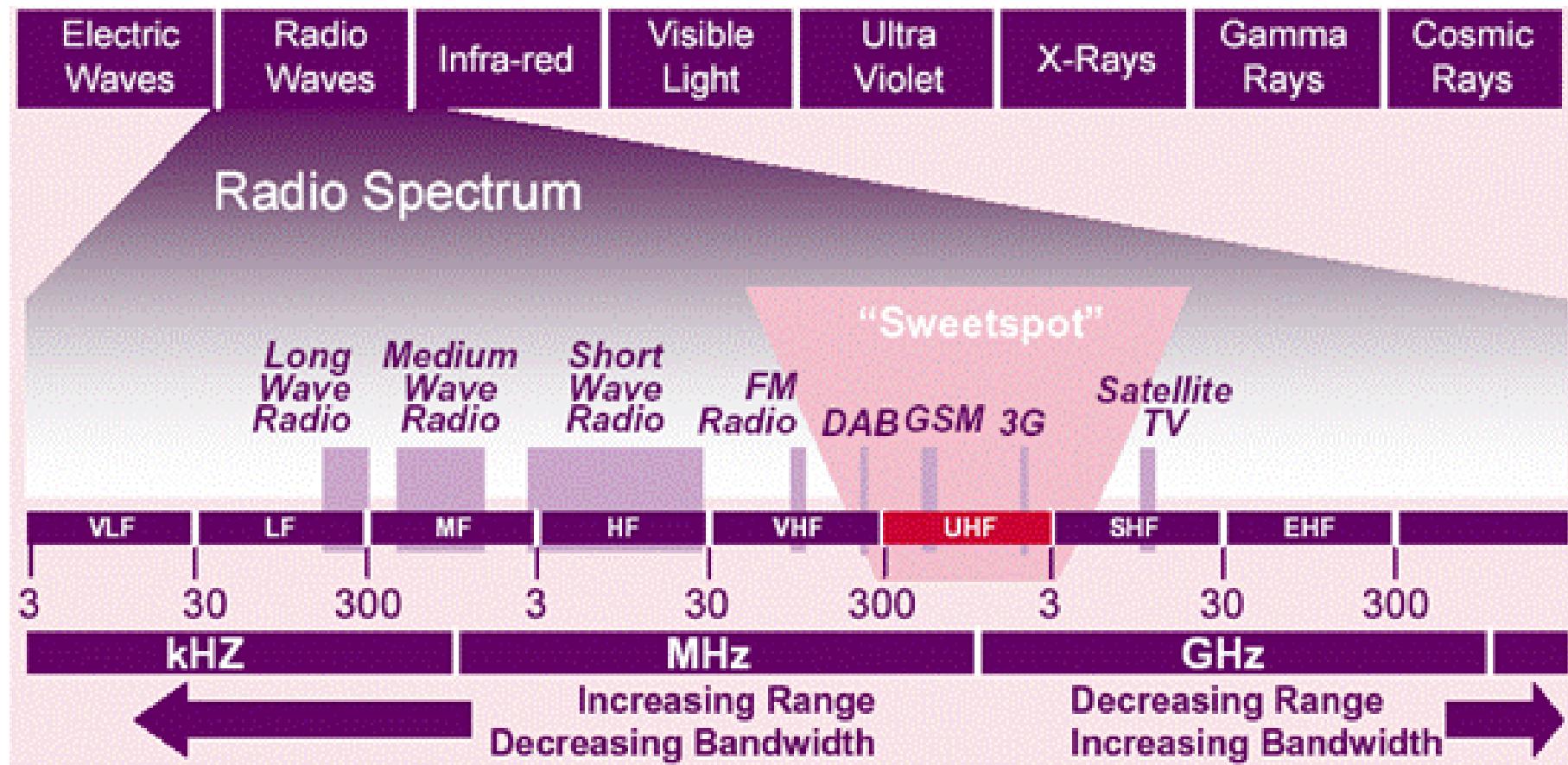


## Espectro de Radiofrecuencia



© 1999 Encyclopædia Britannica, Inc.

## Espectro de Radiofrecuencia (2)



## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles***

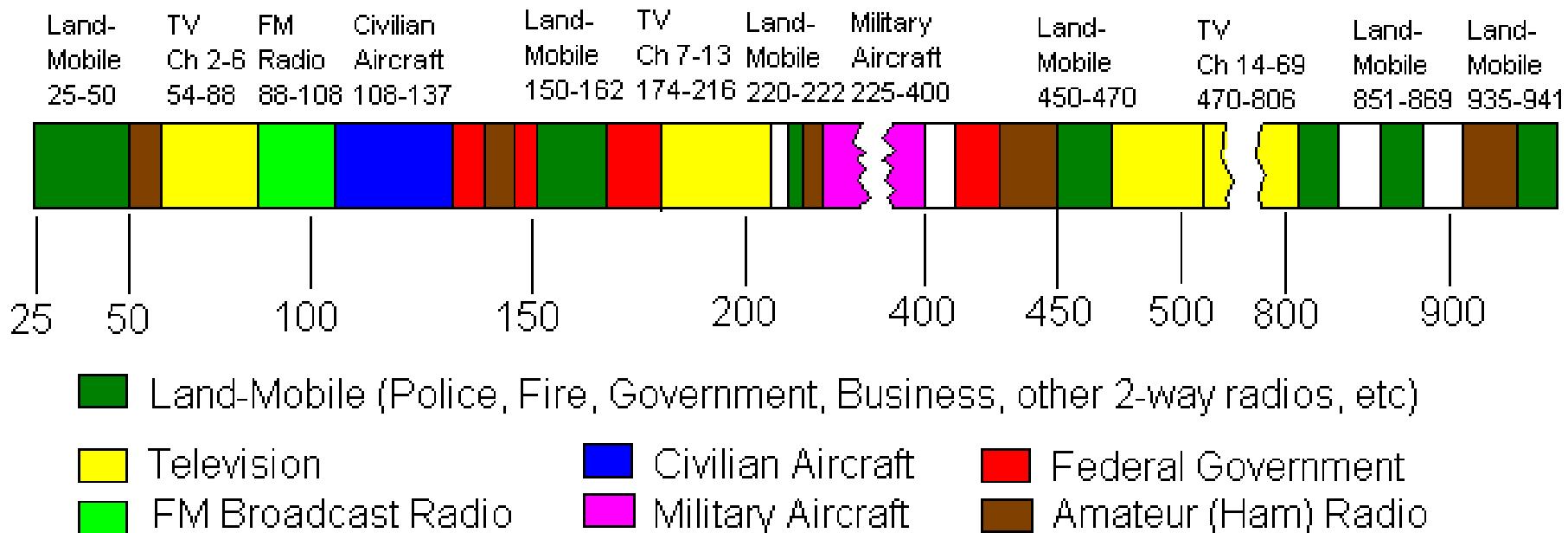
- Por la modalidad de funcionamiento.
  - Sistemas de radiotelefonía (*two-way radio systems*).
  - Sistemas de radiobúsqueda o radiomensajería (*Paging Systems*).
- Por el sector de aplicación.
  - Privados (PMR, *Private Mobile Radio*).
  - Públicos (PMT, *Public Mobile Telephony*). (PLMN, *Public Land Mobile Networks*).
  - Telefonía inalámbrica (*Cordless Telephony*).

## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (2)***

- Por la banda de frecuencias utilizadas.
  - Bandas VHF.
    - Baja: (30-80) MHz
    - Alta: (140-170) MHz
    - III: (223-235) MHz
  - Bandas UHF.
    - Baja: (406-470) MHz
    - Alta: (862-960) MHz
    - (1800-1900) MHz

## *Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (3)*

- Por la banda de frecuencias utilizadas (2).



- Land-Mobile (Police, Fire, Government, Business, other 2-way radios, etc)
- Television
- FM Broadcast Radio
- Civilian Aircraft
- Federal Government
- Military Aircraft
- Amateur (Ham) Radio

## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (4)***

Característica	Banda			
	VHF baja	VHF alta	UHF baja	UHF alta
Utilización típica	Rural	Rural/Urbana	Urbana	Urbana
Pérdida por Vegetación	Mínima	Media	Alta	Alta
Multitrayecto	Escaso	Apreciable	Pronunciado	Alto
Ruido ambiente e interferencia	Alto	Medio	Bajo	Bajo
Disponibilidad de canales	Casi nula	Muy pequeña	Pequeña	Mediana
Tamaño de antenas	Grande	Medio	Pequeño	Pequeño
Ganancia de antenas	Mínima	Media	Alta	Alta
Canalización (KHz)	25	12.5	12.5	25/200
Alcance típico (base Móvil) h=30m; P=20W	30 Km	20 Km	10 Km	4 Km

## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (5)***

- Por la técnica multiacceso
  - FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).
  - TDMA (*Time Division Multiple Access*).
  - CDMA (*Code Division Multiple Access*).
  - OFDMA (*Orthogonal FDMA*).

**Multiacceso:** técnica utilizada por los terminales del sistema móvil para usar recursos comunes de la red.

## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (6)***

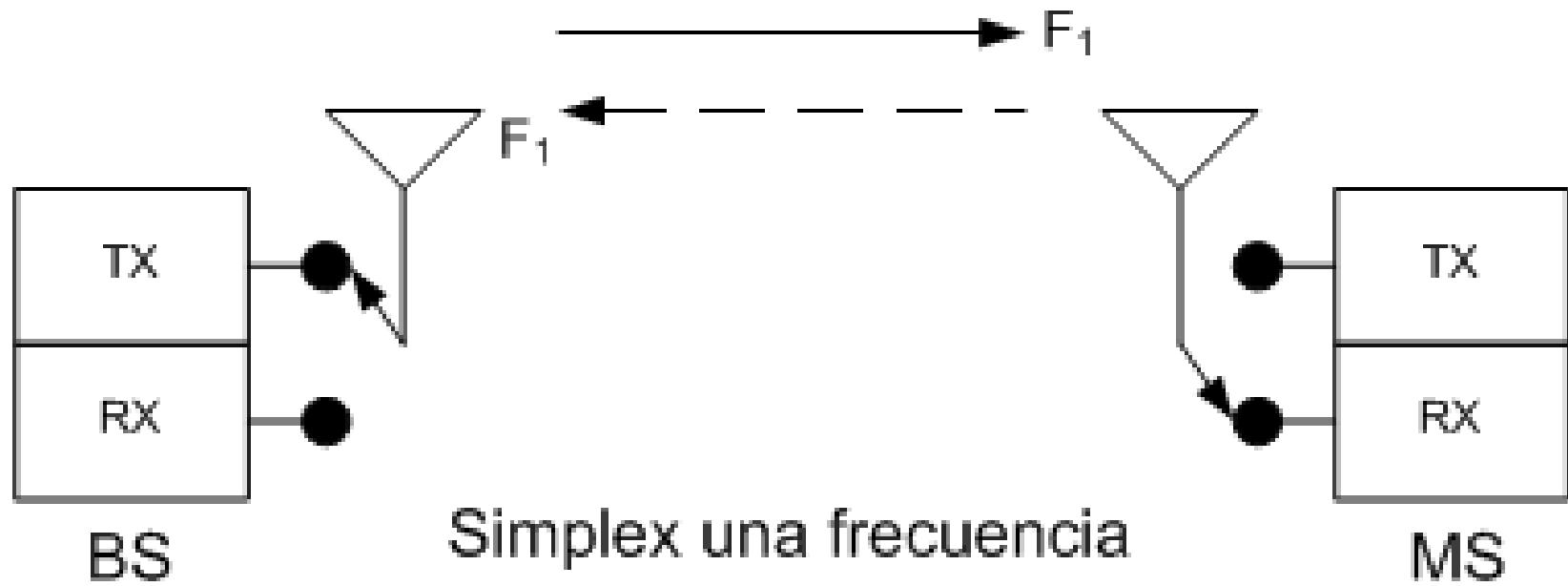
- Sistemas móviles analógicos. FDMA. FM banda estrecha. procesamiento de voz (preacentuación-desacentuación). Frecuencia máxima de audio se limita a 3000 Hz.
  - Canalización normal: 25 KHz.
  - Canalización estrecha: 12.5 KHz.
- Sistemas móviles digitales. TDMA, CDMA. FSK, PSK.
  - Canalización GSM. 200 KHz.
  - Canalización CDMA. 1.25, 3.75, 5MHz.

## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (7)***

- Por el modo de explotación.
  - Tres modos de operación.
    - Simplex (a una o dos frecuencias).
    - Semidúplex.
    - Dúplex.

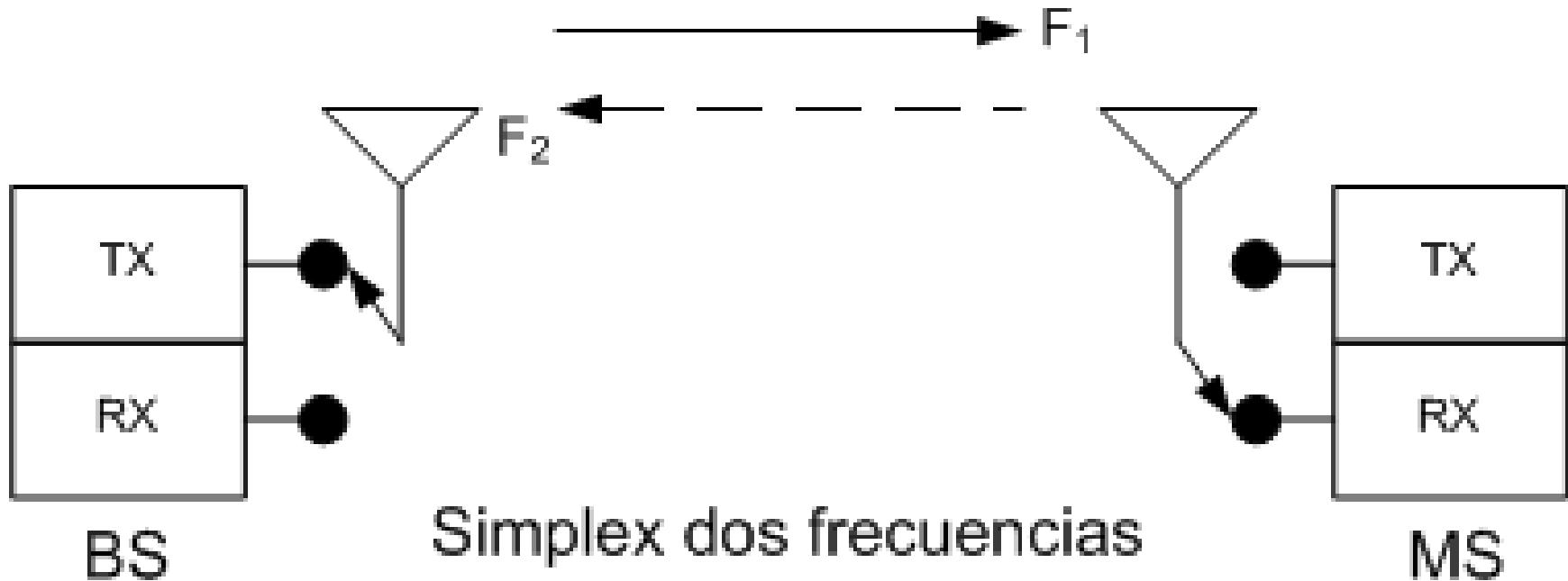
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (8)***

- Por el modo de explotación (2).



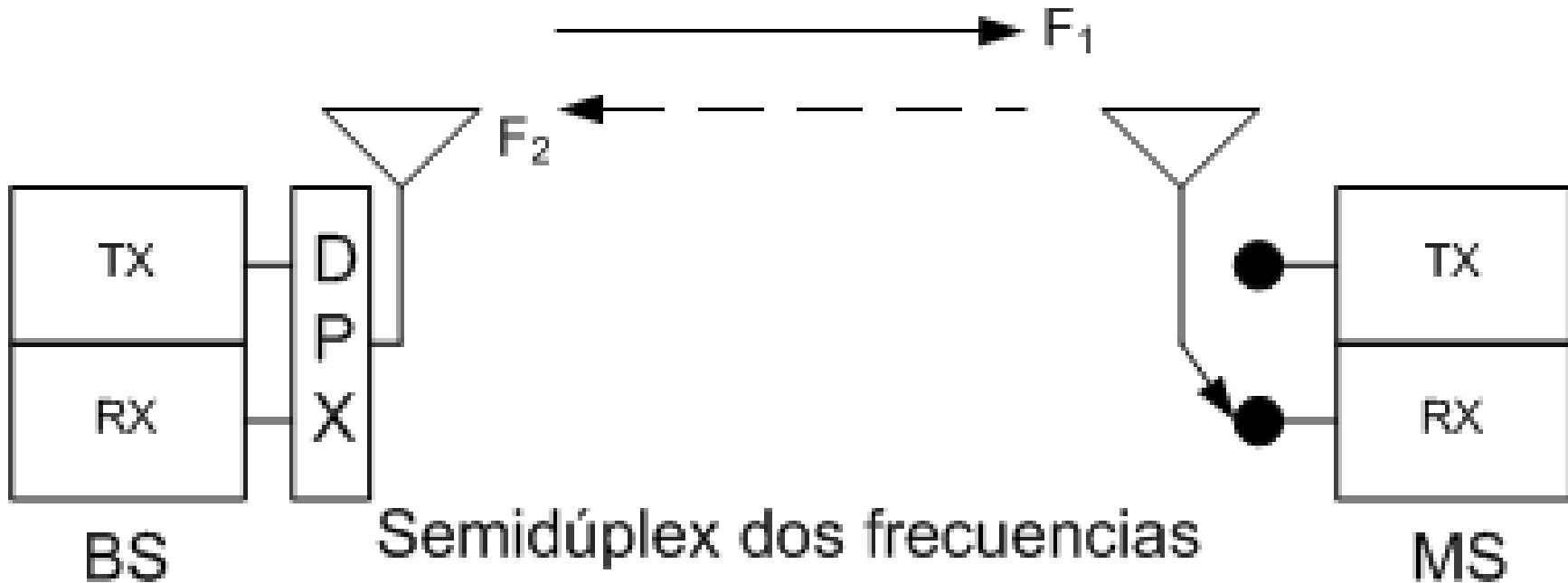
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (9)***

- Por el modo de explotación (3).



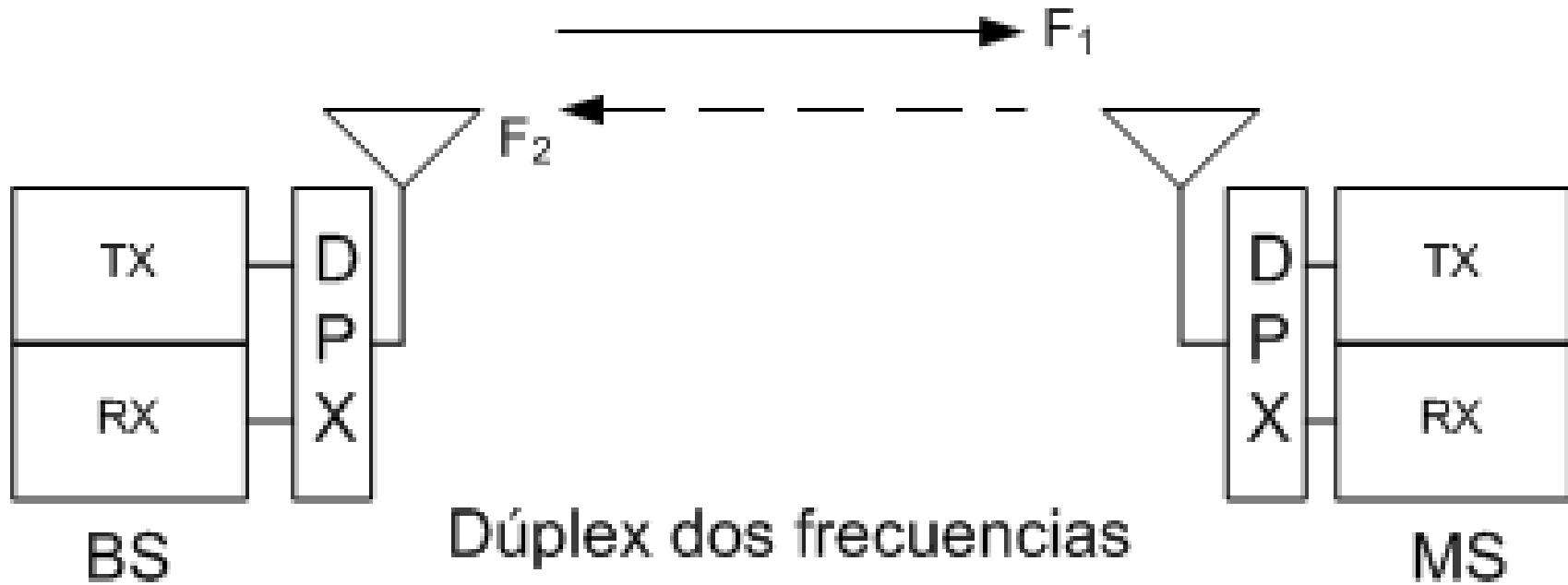
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (10)***

- Por el modo de explotación (4).



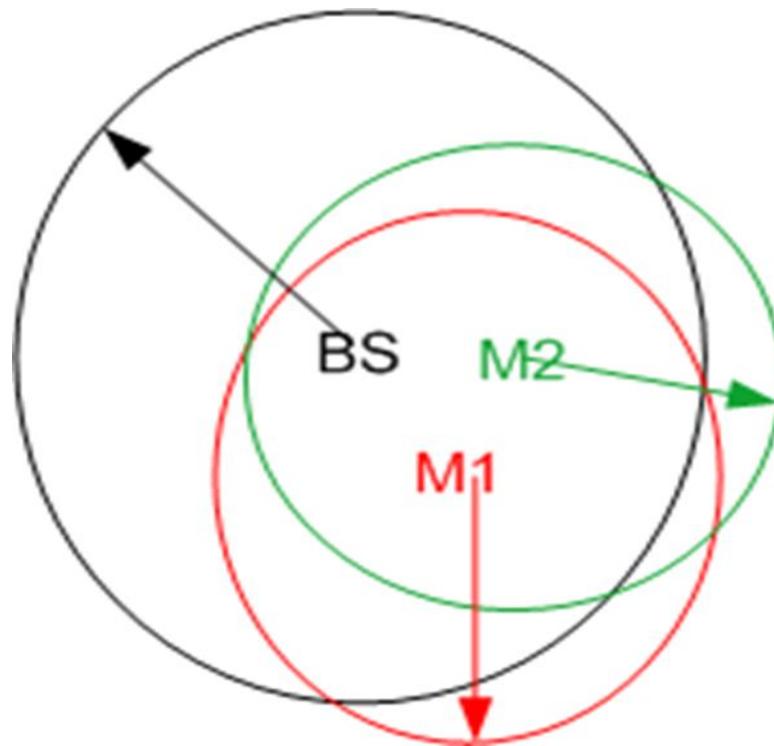
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (11)***

- Por el modo de explotación (5).



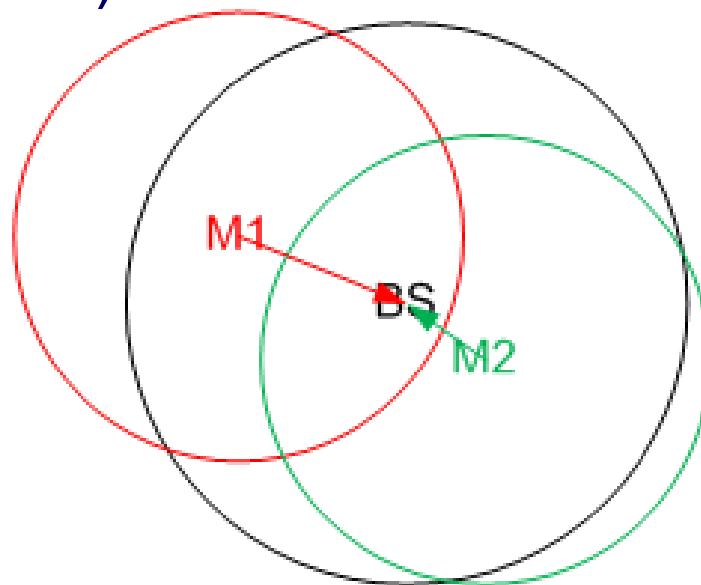
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (12)***

- Por el modo de explotación (6).
  - Simplex a una frecuencia



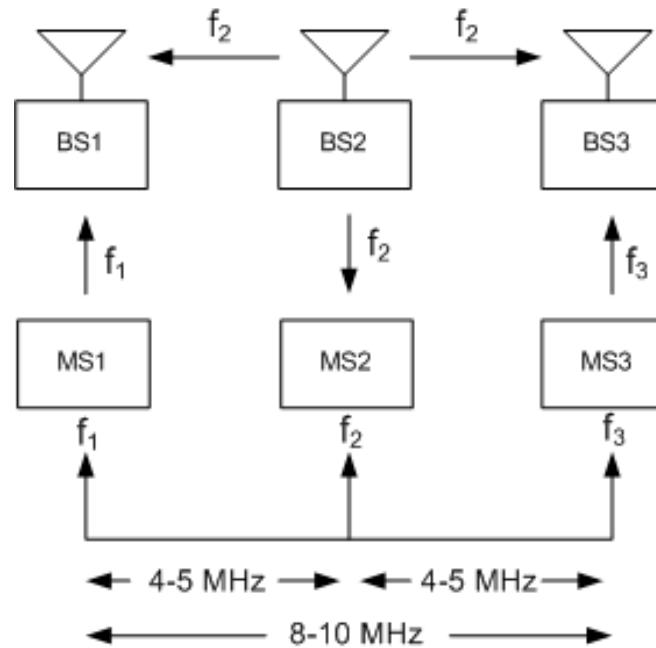
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (13)***

- Por el modo de explotación (7).
  - Simplex a una frecuencia (2)
    - Grave inconveniente: captura de una comunicación por otra (FM). Interferencia cocanal.



## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (14)***

- Por el modo de explotación (8).
  - Simplex a una frecuencia (3)
    - Varias estaciones en un mismo emplazamiento.



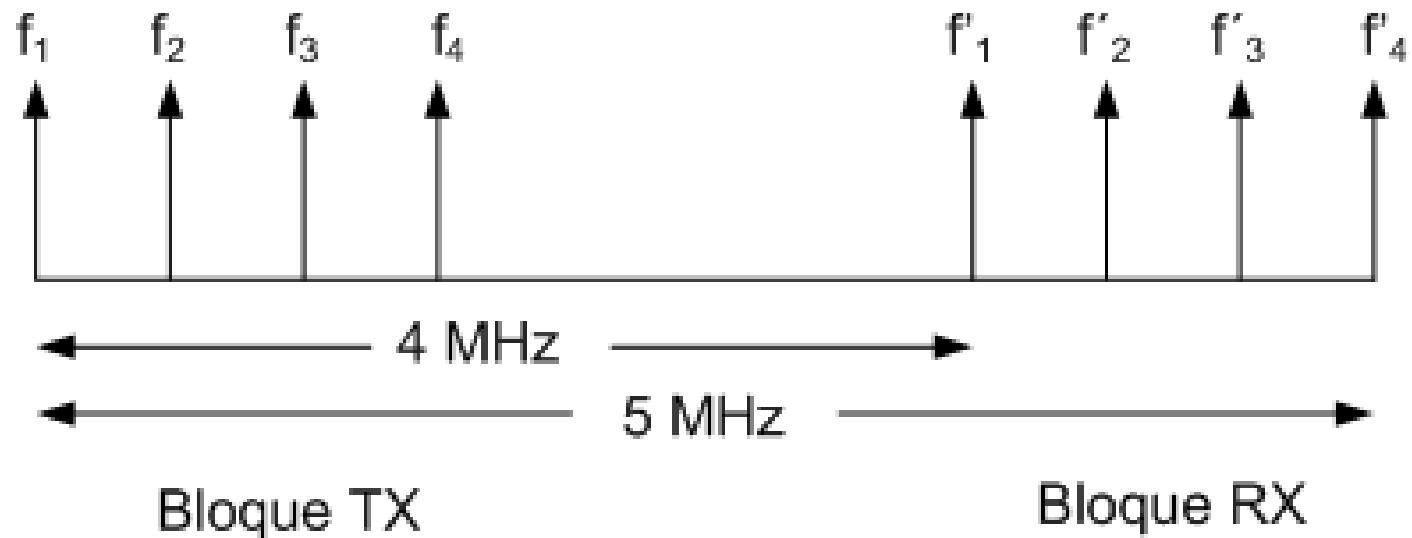
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (15)***

- Por el modo de explotación (9).
  - Simplex a una frecuencia (4)
    - Transmisor 25 W.
    - Antena 50 Ω.
    - Voltaje 35 V.
    - Interferencia V>20 mV
    - Aislamiento 65 dB.

$$20 \log \frac{35}{0.02} \approx 65 dB$$

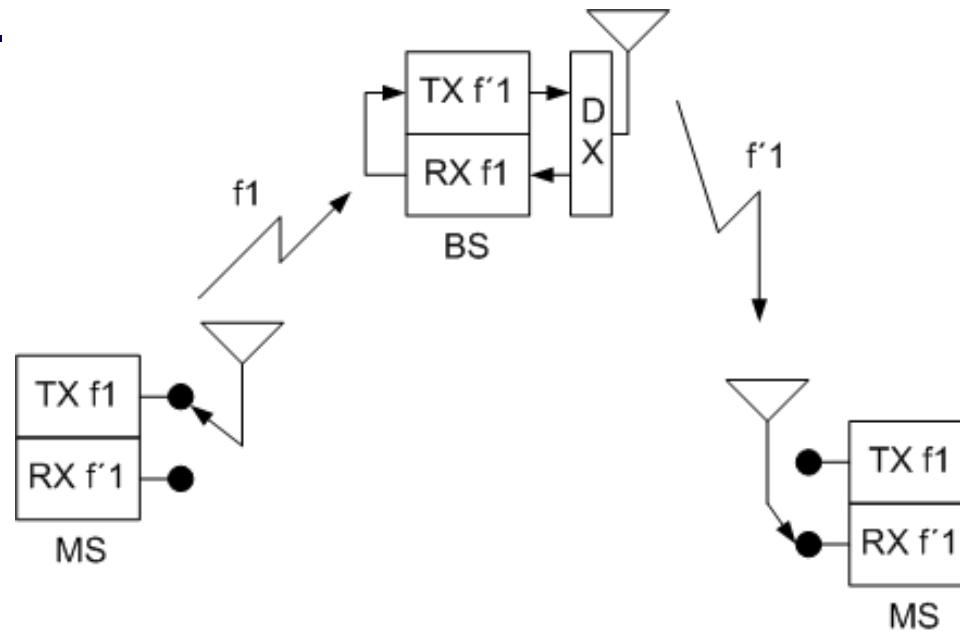
## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (16)***

- Por el modo de explotación (10).
  - Simplex a dos frecuencias
    - Desventaja. Los móviles no pueden hablar entre sí.



## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (17)***

- Por el modo de explotación (11).
  - Canales semidúplex
    - Estación base retransmite señales que recibe. (TT, *Talk Through*).



## ***Clasificación de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (18)***

- Por el modo de explotación (12).
  - Canales Duplex (*full duplex*)
    - Estaciones base y móviles con duplexores.
    - Transmisión y recepción simultanea.
    - Separación entre frecuencias TX y RX  $\geq 3$  MHz.
    - Estación base con varios transceptores.
    - No posible la comunicación móvil-móvil sin pasar por la estación base.
    - No en PMR. Costo.

## **Cobertura en Comunicaciones Móviles**

- **Zona de cobertura:** superficie alrededor de la BS, dentro de la cual la señal tiene un valor mayor o igual a un umbral definido.
- Modelos matemáticos. Simplificaciones. Predicción de cobertura.



## ***Cobertura en Comunicaciones Móviles (2)***

- Trayectos de propagación afectados por el terreno de manera variable.
  - Pérdida de propagación → aleatoria → cobertura → estadístico.
- Dos grados de calidad estadística de cobertura:
  - Porcentaje de emplazamientos (zonal y perimetral).
  - Porcentaje de tiempos.

## ***Cobertura en Comunicaciones Móviles (3)***

- Cobertura estación base → f(altura media de la antena respecto al terreno, potencia de transmisión, frecuencia, ganancia de antenas, sensibilidad móvil, rugosidad terreno, etc.)
- Muchas veces antenas de estaciones base no visibles por antenas móviles.
  - Comunicación posible por reflexiones y difracciones → propagación multirayecto.
- Dispersión en el tiempo (multirayecto).
- Dispersión en frecuencia (Doppler).
- Desvanecimiento – proceso aleatorio.

## ***Calidad en las Comunicaciones Móviles***

- Calidad de cobertura.
  - Extensión (local, regional, nacional, etc.).
  - Grado de cobertura.
- Calidad de terminal: simetría del enlace.
- Calidad de disponibilidad: facilidad de acceso.
- Calidad de fiabilidad: porcentaje interrupciones.
- Calidad de fidelidad: inteligibilidad.
  - SINAD (*Signal-to-Noise and Distortion ratio*).
  - BER.

## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles*

RADIOTELEFONIA			RADIOMENSAJERIA
Sistemas privados (PMR) Despacho	Sistemas públicos (PLMN, PMT)	Sistemas inalámbricos W-PABX	Sistemas Públicos/Privados
Señalización por tonos. Sistemas isofrecuenciales		Teléfonos sin hilos.	Analógicos Tonos/voz
Señalización digital Sistemas Trunking (PAMR) Analógicos (MPT1327)	Celular 1G (NMT- TACS-AMPS)	Analógico (CT1) Telepunto Digitales (CT2-CAI)	Alfanuméricos (POCSAG, EURO SIGNAL)
Sistema Trunking Digital (TETRA)	2G (GSM, D-AMPS (IS-54, IS136), IS-95	Sistemas DECT	Digital (ERMES)
Sistemas AVL	Sistema DCS-1800		
Comunicaciones personales (PCN)			
UMTS-FPLMTS-IMT-2000			
IMT-Avanzado			

## ***Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (2)***

- Sistemas PMR
  - Años 20. Policía de Detroit. Sistema de aviso Unidireccional. AM.
  - 1931. Bidireccional.
  - 40. Invención FM. Impulso al desarrollo.
  - Señalización por tonos.
  - Reducción progresiva de la canalización (100, 25, 12.5 KHz).
  - Desarrollo de la microelectrónica.

## Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (3)

**UTAH POLICE NOW ON THE *Motorola* PARTY LINE**

**FROM COAST TO COAST IT'S *Motorola***



**HIGHWAY POLICE OF 34 STATES AND OVER 1000 COMMUNITIES NOW USE *Motorola* 2-WAY F-M RADIOTELEPHONE**

• When the Utah Highway Patrol turned to Motorola F-M Radiotelephone, the total of states using Motorola equipment was raised to 34. From coast to coast and beyond, to Hawaii and the Canal Zone, Motorola is overwhelmingly the number one choice for emergency radio communications.

**THERE MUST BE A REASON!**

**EASY TO OPERATE**—No technical knowledge of radio-electronics is necessary. Any police officer can use the Motorola Radiotelephone *without special training*.

**EFFICIENT**—The outstanding range and power of Motorola F-M Radiotelephone enables patrols to maintain contact at distances up to fifty miles.

**DEPENDABLE**—The Motorola Radiotelephone is made by the makers of the battle-famous "Handle Talkie" and "Walkie Talkie," your guarantee that your Motorola Radiotelephone will deliver *all the time under all conditions*.

**IN YOUR DEPARTMENT, TOO . . .**

Motorola Radiotelephone has proved itself in thousands of difficult applications. Check with Motorola Engineers and let them show you how Motorola can solve your communications problem. Write today for specific recommendations—no obligation.

**GALVIN MFG. CORPORATION • CHICAGO 51**  
COMMUNICATIONS AND ELECTRONICS DIV. ON  
F-M & A-M HOME RADIO • AUTO RADIO • AUTOMATIC PHONOGRAHS • TELEVISION • "HANDLE TALKIES" • POLICE RADIO • RAAR

MARCH 1966 • THE AMERICAN CITY

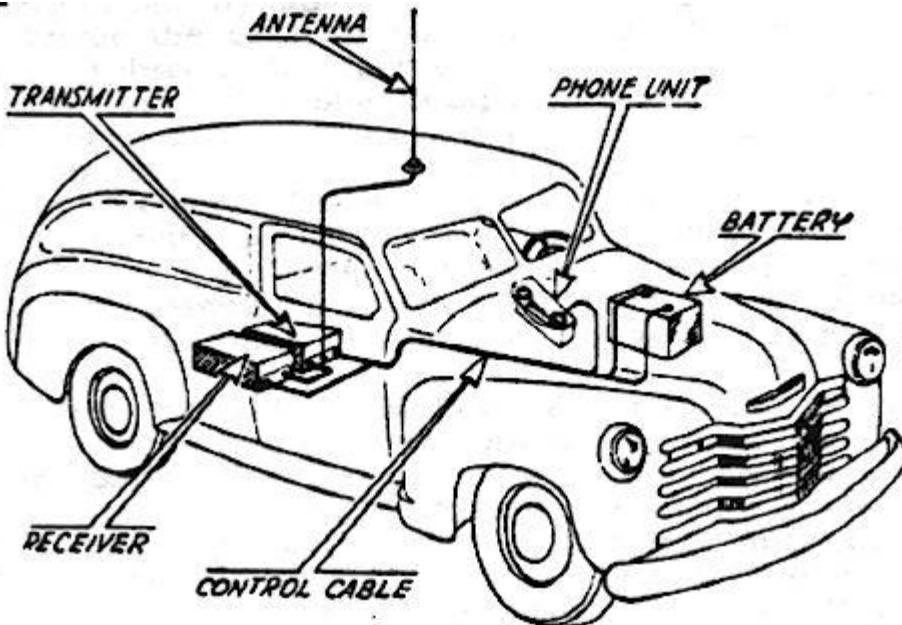


FIG. 4—Typical Mobile Installation

## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (4)*



Fig. 5—41A Control Unit, Typical Installation

## ***Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles (5)***

- Sistemas PMR
  - 80. Sistemas móviles troncales (*Trunking*). Aumento de capacidad de tráfico y eficiencia espectral.
  - Señalización digital. Transmisión de voz analógica.
  - TETRA. Señalización y transmisión de voz digital.
  - Localización Automática de Vehículos (AVL, *Automatic Vehicle Location*).

## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (6)*

- Sistemas PAMR
  - 60. IMTS. Encaminamiento automático de la llamada. FDx. Marcación directa. Una estación base. Gran cobertura (50 Km). Bajo número de canales (20).
  - 47. Concepto celular. Implementación 30 años después. Numerosas BS → baja potencia. Celda → Reutilización de frecuencias → Mayor capacidad → Sistema de señalización más complejo.

## Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (7)



## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (8)*



Now—from your car—you can place or receive calls from any place in the world with General Electric's Simultaneous Duplex Mobile Telephone.

## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (9)*

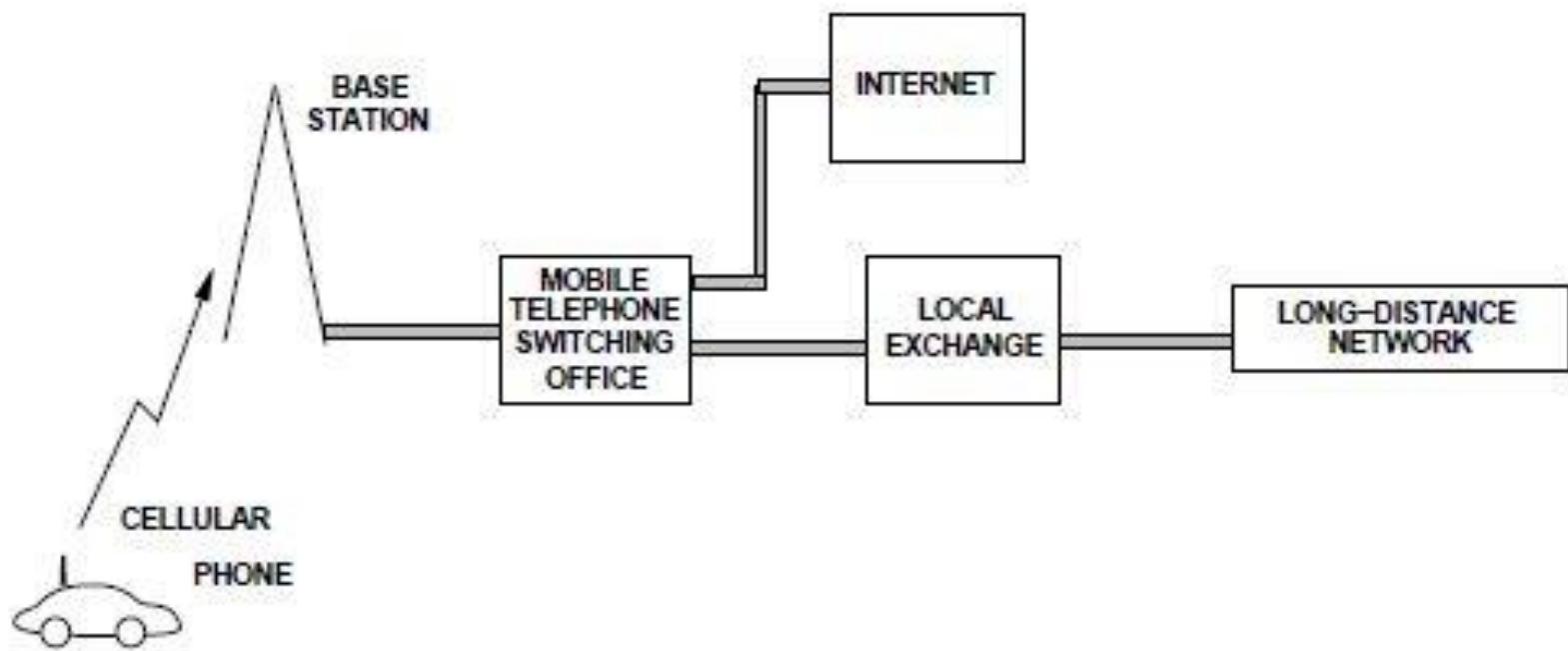


Modern  
cell phone

Brick phone and battery

## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (10)*

- Arquitectura general de un sistema de comunicación móvil celular.



## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (11)*

- Sistemas PMT
  - 1983. Chicago. Primer sistema celular. AMPS. 800 MHz.
  - 1981. Especificación de NMT-450. UK → TACS (900). NMT-900.
  - 1G → Alto costo. Reducida eficiencia espectral. Estándares no compatibles. Analógico. No roaming. Muy buena calidad de voz.
  - 80. Europa. Sistema paneuropeo. CEPT. GSM.

## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (12)*

- Sistemas PMT
  - GSM. TDMA. Definición de interfaces. Mayor eficiencia espectral. Mayor seguridad, nuevos servicios, compatibilidad RDSI (ISDN), economías de escala, etc.
  - DCS-1800.
  - Gran crecimiento.

## ***Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (13)***

- Sistemas de telefonía inalámbrica.
  - Teléfono sin cordón/hilo (cordless).
  - Cobertura (40-60)m
  - Doméstico. Analógico.
  - CT0. Analógico. (46 a 48 MHz).
  - Bajo costo. Interferencia, baja calidad, no privacidad.
  - CT1. Analógico. Banda alta de UHF. Elevado costo.

## ***Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (14)***

- Sistemas de telefonía inalámbrica.
  - CT2. Uso de la misma estación base por varios usuarios. Banda alta de UHF. Elevado costo. Uso residencial, comercial y público (telepunto).
  - CT2. FDMA. (864-868)MHz.
  - DECT. W-PABX. Comunicación de datos.

## ***Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (15)***

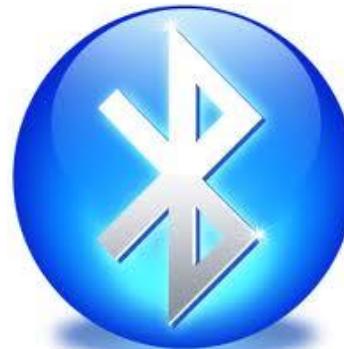
- Sistemas de radiobúsqueda
  - Primeros sistemas. Tono audible o vibración perceptible.
  - 70. Transmisión de mensajes alfanuméricos. (radiomensajería).
  - POCSAG. UK.
  - Euromessage.
  - ERMES.

## ***Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (16)***

- Redes de Área Local Inalámbrica (WLAN)
  - Flexibilidad.
  - Interferencias (métodos de acceso, transmisión y corrección de errores). Enlace fiable.
  - Uso bandas ISM.
  - IEEE 802.11
  - HIPERLAN

## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (17)*

- Redes de Área Personal Inalámbrica (WPAN)
  - Bluetooth.
  - ZigBee.
  - UWB.
  - HomeRF. (Se abandonó enero 2003).
  - IrDA.



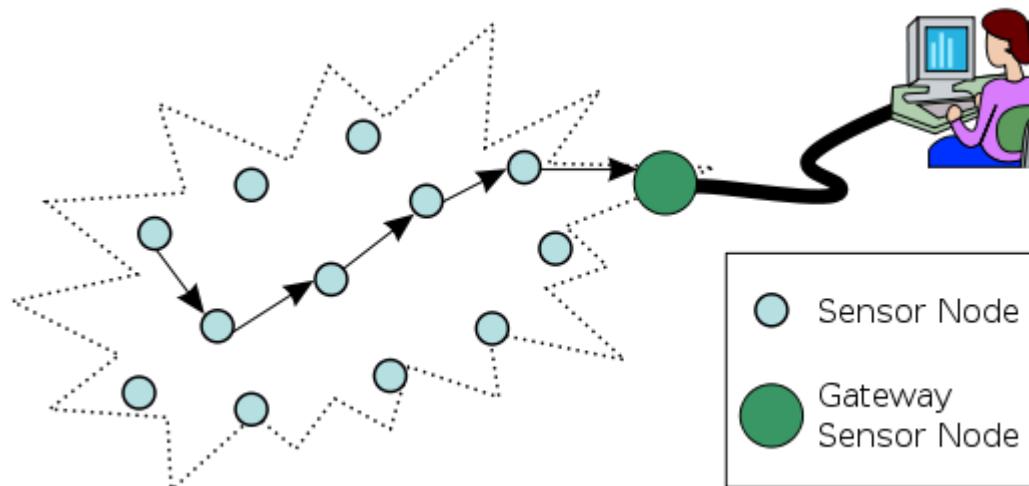
ZigBee®

Control your world



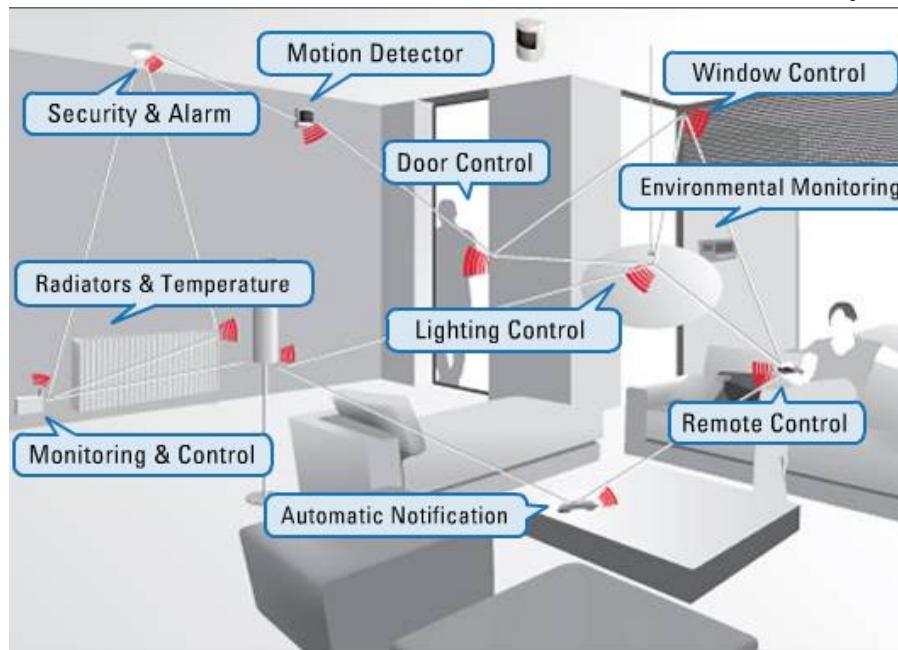
## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (18)*

- Redes de Área Personal Inalámbrica (WPAN)
  - ZigBee.
    - Redes de Sensores Inalámbricos (WSN)



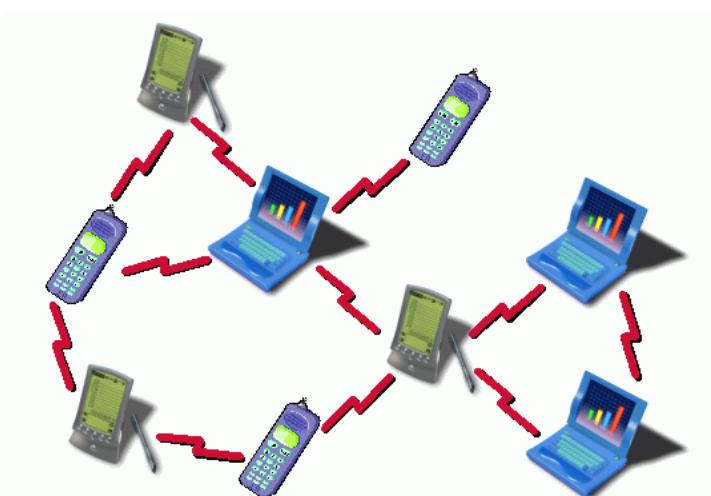
## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (19)*

- Redes de Área Personal Inalámbrica (WPAN)
  - Redes de Sensores Inalámbricos (WSN)



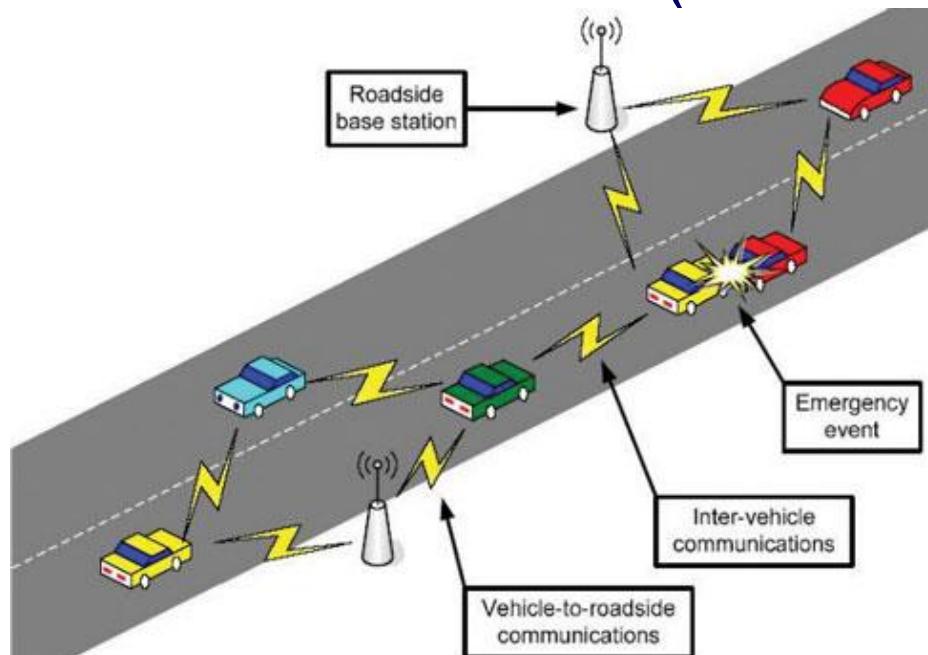
## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (19)*

- Redes de Área Personal Inalámbrica (WPAN)
  - Bluetooth.
    - Redes Ad Hoc Móviles (MANET)

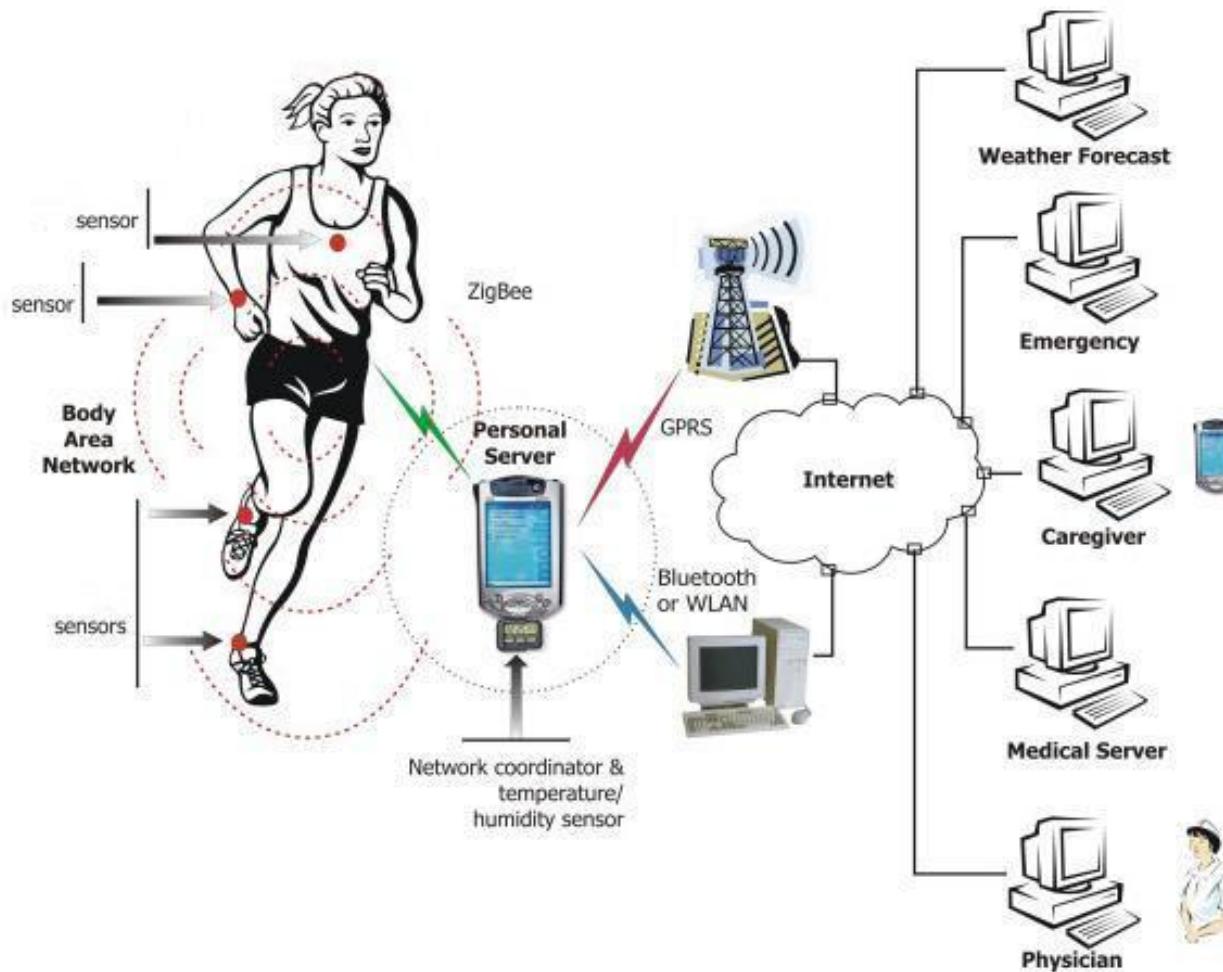


## *Evolución de los Sistemas de Comunicaciones Móviles. (19)*

- Redes de Área Personal Inalámbrica (WPAN)
  - Redes Ad Hoc Vehiculares (VANET)



## *Redes de Área Corporal Inalámbrica*



# Énfasis II: Radiocomunicaciones Móviles e Inalámbricas

