

**Universitatea Tehnica a Moldovei**

**Facultatea Calculatoare, Informatica si Microelectronica**

**Departamentul Informatica si Ingineria Sistemelor**

**Disciplina:**

**Interfete si Retele Industriale**

**Tema Nr. 7.1 Comunicatii Mobile si prin Satelot.**

**Titular de curs:**

**Conf.univ.,dr. V. Ababii**

# Subiecte abordate:

- \* Retele mobile;
- \* GSM, CDMA;
- \* Comunicatii prin satelit;
- \* Tehnologia GPS, GloNas.

# Comunicatii mobile:

## Problemele Comunicatiilor mobile:

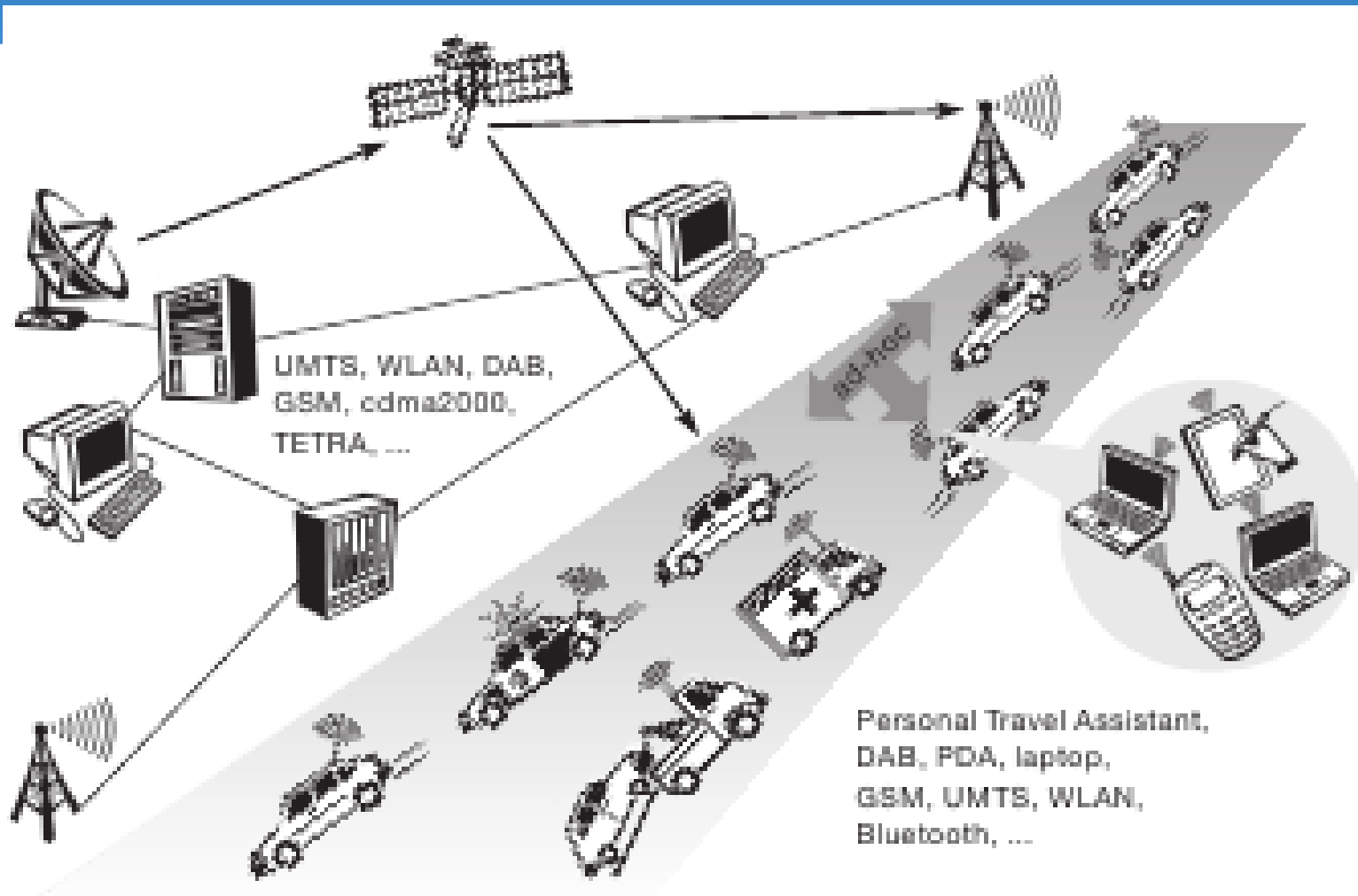
- \* Comunicatii telefonice analogice?
- \* Comunicatii in baza de madii cablate? Reteaua Internet?
- \* Problema frecventei de modulare a semnalelor analogice?
- \* Tehnica de salt de frecventa?
- \* Actrita Hedy Lamarr impreuna cu compozitorul George Antheil .....?
- \* Securitatea comunicatiilor mobile analogice?
- \* Multiplexarea canalelor analogice: Frecventa, Timp....
- \* Retele digitale pentru comunicatii mobile?
- \* Solutii pentru retele digitale?
- \* Multiplexarea in telecomunicatii mobile?

# Evolutia comunicatiilor mobile:

1873	Apare lucrarea <i>A Treatise on Electricity and Magnetism</i> în care James Clark Maxwell demonstrează matematic posibilitatea propagării prin aer a câmpului electromagnetic (unde radio)
1897	Gugliemo Marconi demonstrează practic transmisia informației prin unde radio
1902	Prima transmisie radio telegrafică transatlantică (Marconi)
1906	Prima transmisie radio transatlantică duplex de voce (Reginald Fessenden)
1921	Primele servicii de radio difuziune pe unde scurte Primul sistem de comunicații mobile (poliția din Detroit)
1934	Primele posturi de radio difuziune pentru zone urbane (S.U.A.)
1935	Patentarea tehnicii de modulație în frecvență (Edwin Armstrong)
1946	Primul sistem comercial de telefonie mobilă: DPLM (Saint Louis, Missouri)
1948	Claude Shannon publică lucrarea în care apare celebra expresie a capacității unui canal radio
1956	Apare primul telefon mobil automat (40 kg, Ericsson)
1964	Sisteme îmbunătățite comerciale de telefonie mobilă: IMTS (S.U.A.)
1969	Este prezentat public conceptul celular de organizare a sistemelor de comunicații mobile, elaborat de Bell Laboratories pe parcursul a 10 ani
1979	Primul sistem celular de comunicații mobile (NTT, Japonia)
1981	Primul sistem comercial NMT (Arabia Saudită)
1983	Primul sistem comercial tip AMPS (Chicago)
1991	Primul sistem comercial tip GSM (Finlanda)
1995	Primul sistem comercial tip cdmaOne (Hong Kong)
1999	Finalizarea specificațiilor pentru standardul GPRS
2000	Primele teste cu sisteme UMTS (Monaco și Isle of Man) Alocarea primelor licențe comerciale pentru sisteme UMTS (Marea Britanie)
2001	Primul sistem comercial 3G (DoCoMo, Japonia)
2002	Primul sistem comercial cdma2000 EV-DO (Coreea de Sud)
2006	Primul sistem comercial WiMax (Bro, Coreea de Sud)
2008	Publicarea primului standard de comunicații mobile: LTE (Release 8, în numerotarea ETSI); până acum au fost publicate alte 7 versiuni
2017	Publicarea versiunii a 8-a a standardului LTE (Release 15, în numerotarea ETSI), care cuprinde, de fapt, specificațiile finale pentru generația 5G (New Radio)
2019	Se estimează că în a doua jumătate a anului vor apărea primele implementări de sisteme 5G

# Comunicatii mobile:

## Aplicatii tipice ale comunic mobile



# Comunicatii mobile:

## Aplicatii tipice ale comunic mobile

**Mobile and wireless devices:**

**Sensor,**

**Embedded controllers,**

**Pager,**

**Mobile phones,**

**Personal digital assistant: PDAs,**

**Pocket computer,**

**Notebook/laptop,**

**IoT,**

**...**

# Comunicatii mobile:

## Aplicatii tipice ale comunic mobile

Pager, displays

- receive only
- simple text messages

Specialized PDAs

- graphical displays
- character recognition
- simplified WWW
- ruggedized

Laptop/Notebook

- fully functional
- standard applications

Sensors,  
embedded  
controllers



Classical mobile phones

- voice, data
- simple graphical displays

Smartphone/Tablet

- tiny virtual keyboard
- simple(r) versions of standard applications



**performance**

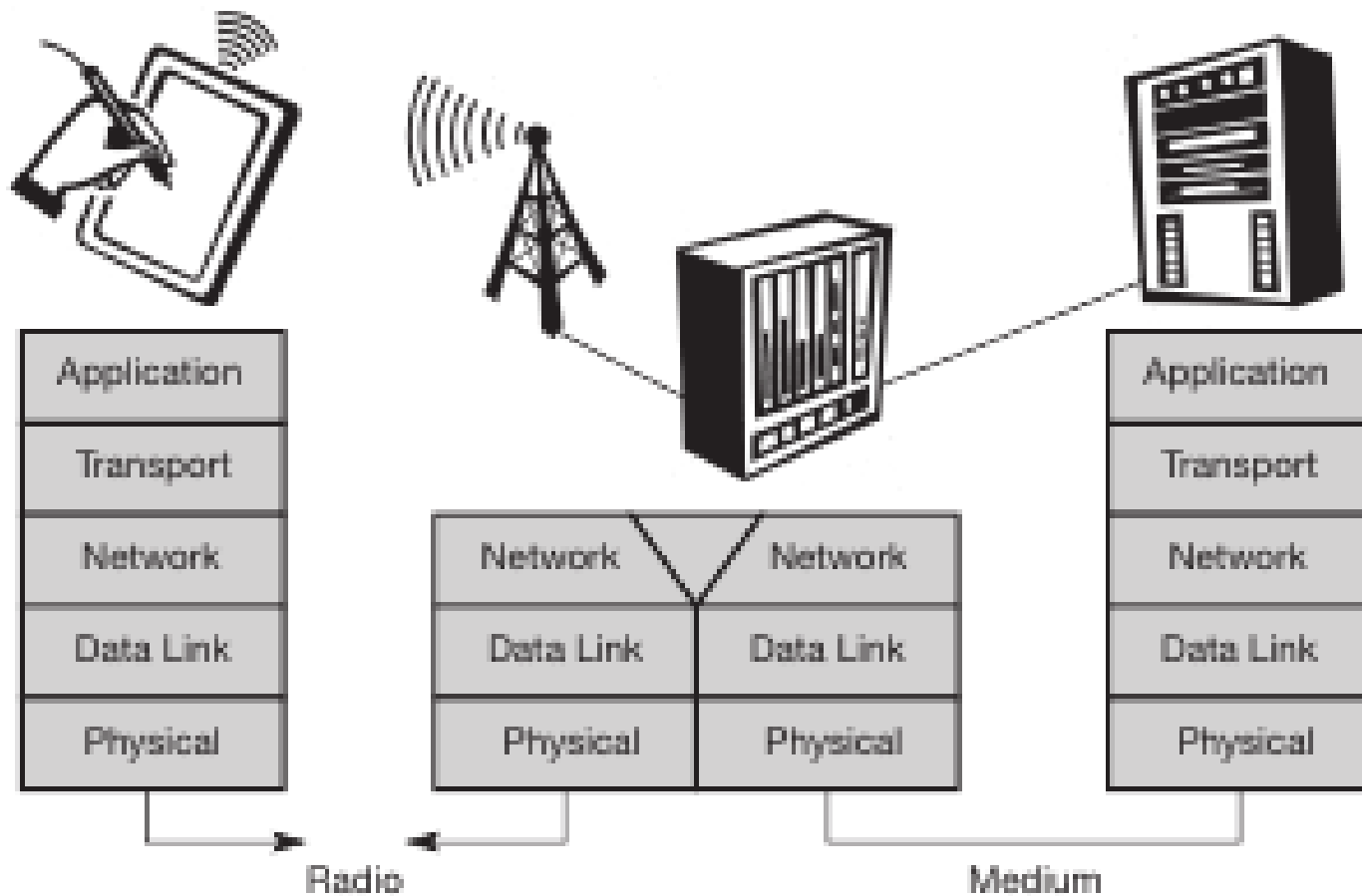
No clear separation between device types possible  
(e.g. smart phones, embedded PCs, ...)

# Comunicatii mobile: Evolutia comunicatiilor mobile

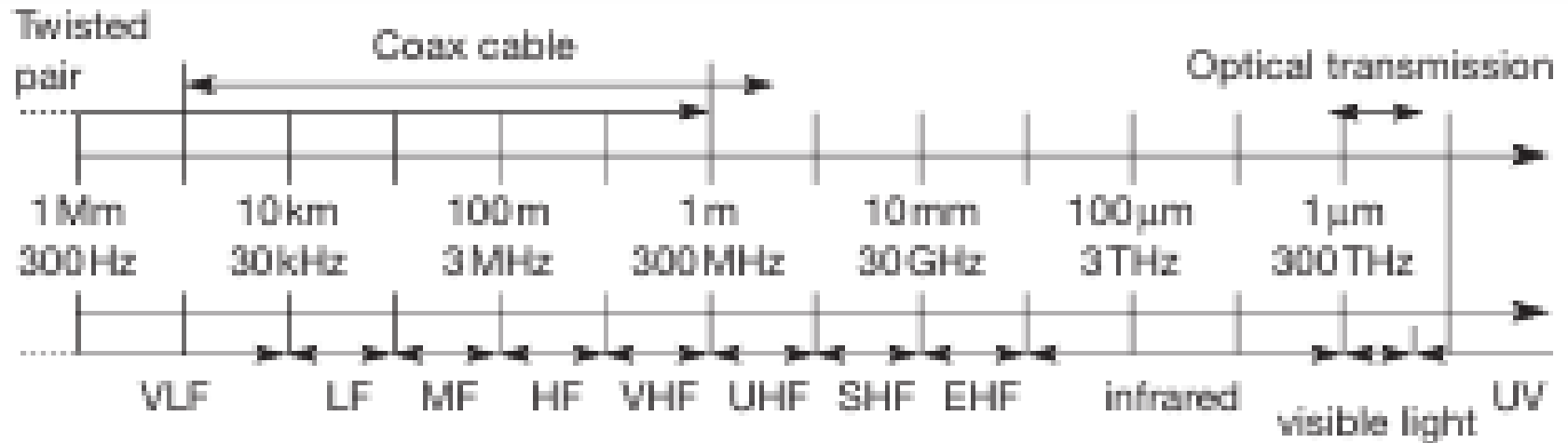
- \* 2002
  - \* WLAN hot-spots start to spread
- \* 2003
  - \* UMTS starts in Germany
  - \* Start of DVB-T in Germany replacing analog TV
- \* 2005
  - \* WiMax starts as DSL alternative (not mobile)
  - \* first ZigBee products
- \* 2006
  - \* HSDPA starts in Germany as fast UMTS download version offering > 3 Mbit/s
  - \* WLAN draft for 250 Mbit/s (802.11n) using MIMO
  - \* WPA2 mandatory for Wi-Fi WLAN devices
- \* 2007
  - \* over 3.3 billion subscribers for mobile phones (NOT 3 bn people!)
- \* 2008
  - \* “real” Internet widely available on mobile phones (standard browsers, decent data rates)
  - \* 7.2 Mbit/s HSDPA, 1.4 Mbit/s HSUPA available in Germany, more than 100 operators support HSPA worldwide, first LTE tests (>100 Mbit/s)
- \* 2009 – the story continues with netbooks, iPhone, VoIPoWLAN...
- \* 2010 – LTE available in some cities, new frequencies allocated
  - \* Reuse of old analog TV bands, LTE as DSL replacement for rural areas
- \* 2015 – VoLTE, LTE@700MHz, LTE advanced
- \* 2020 – Start of 5G planned



# Comunicatii mobile: Interconectarea serviciilor mobile si cablate



# Comunicatii mobile: Banda de frecvente si medii de cunicare



# Comunicatii mobile:

## Banda de frecvente si tarile care le utilizeaza p/u TM

	Europe	US	Japan
Mobile phones	<b>NMT</b>	<b>AMPS, TDMA, CDMA</b>	<b>PDC</b>
	453-457	824-849	810-826
	463-467	869-894	940-956
			1429-1465
			1477-1513
	<b>GSM</b>	<b>GSM, TDMA, CDMA</b>	
	890-915	1850-1910	
	935-960	1930-1990	
	1710-1785		
	1805-1880		
	<b>UMTS (FDD)/ W-CDMA</b>	<b>FOMA/ W-CDMA</b>	
	1920-1980	1920-1980	
	2110-2190	2110-2170	

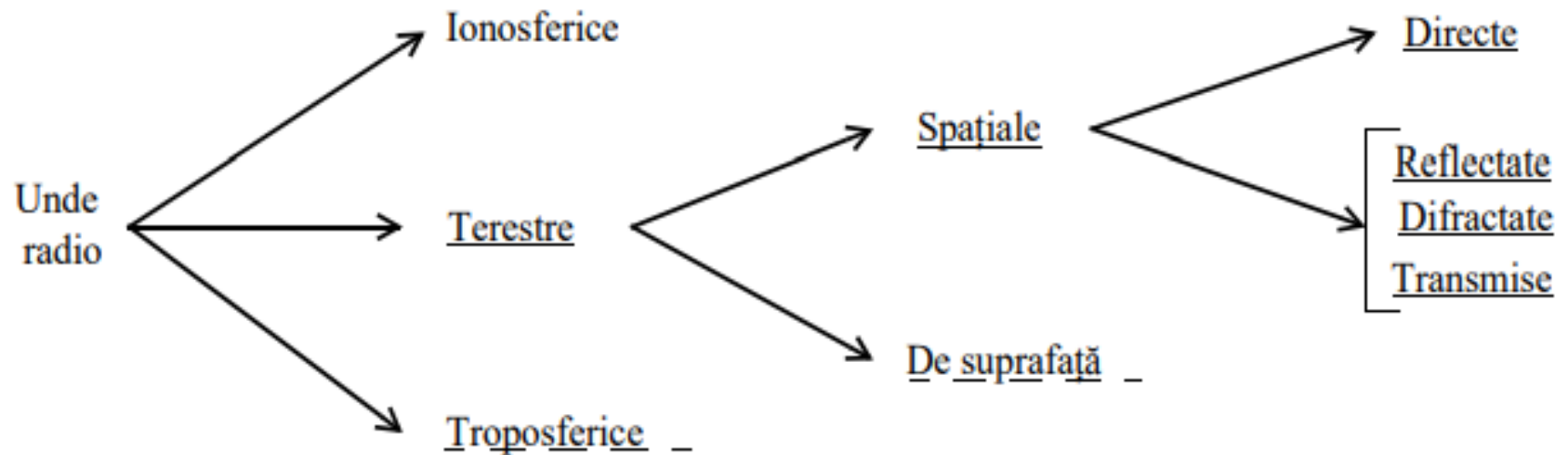
# Comunicatii mobile:

## Banda de frecvente si tarile care le utilizeaza p/u telefon fara fir, WiFi, others

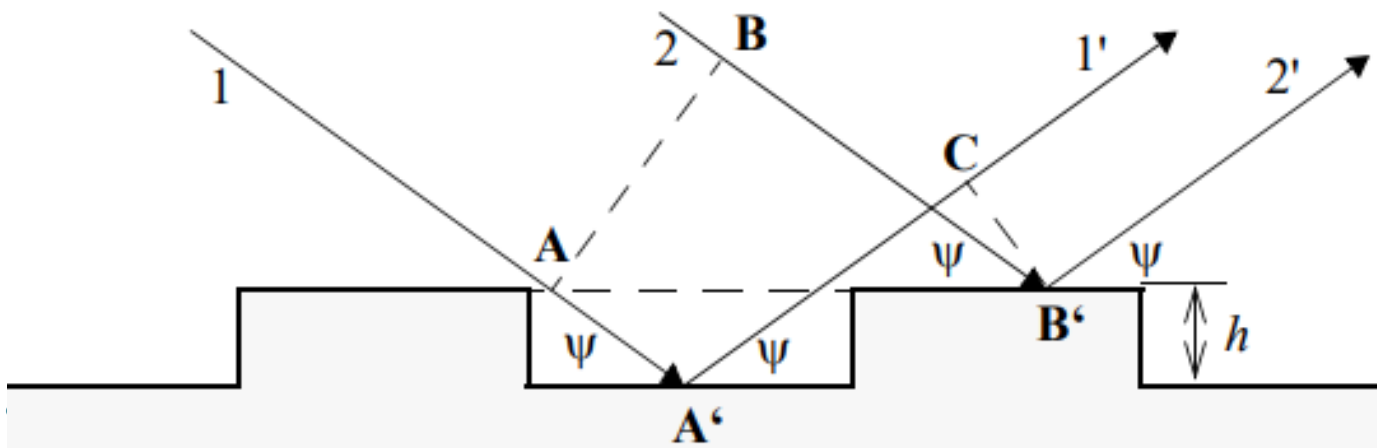
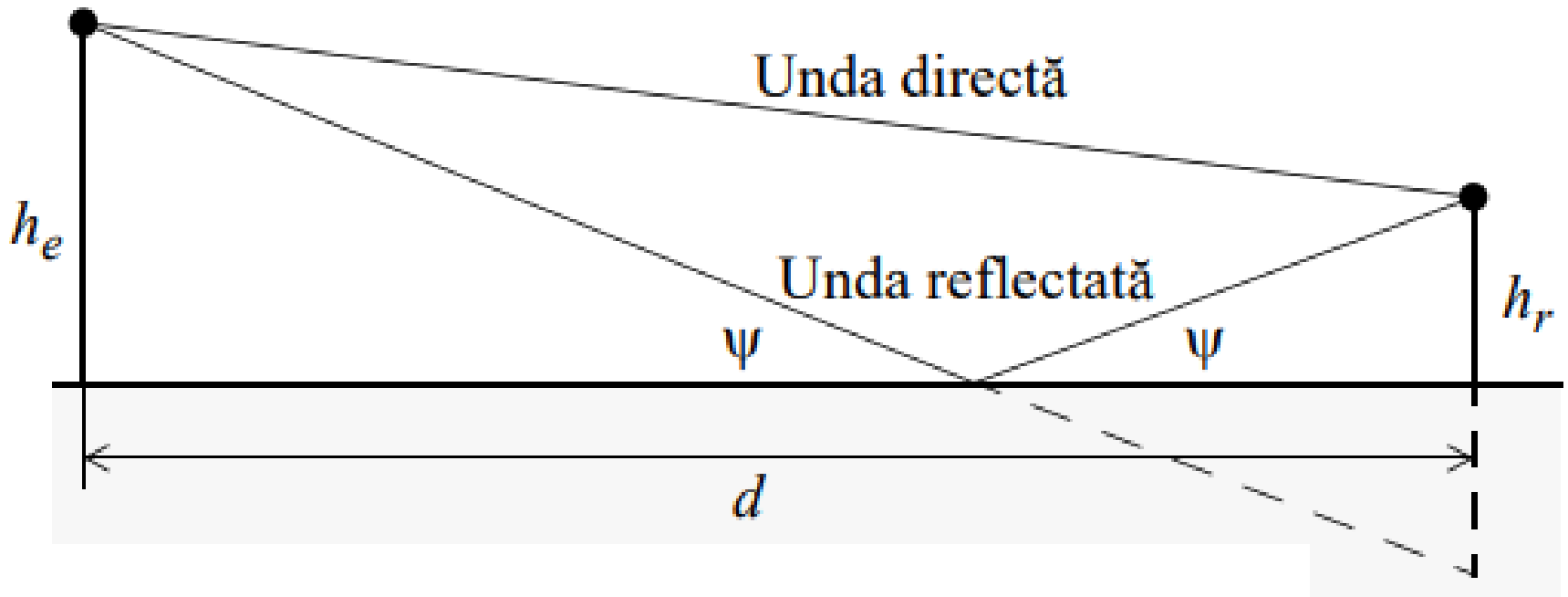
	<b>UMTS (TDD)</b> 1900-1920 2020-2025		
<b>Cordless telephones</b>	<b>CT1+</b> 885-887 930-932	<b>PACS</b> 1850-1910 1930-1990	<b>PHS</b> 1895-1918
	<b>CT2</b> 864-868	<b>PACS-UB</b> 1910-1930	<b>JCT</b> 254-380
	<b>DECT</b> 1880-1900		
<b>Wireless LANs</b>	<b>IEEE 802.11</b> 2400-2483	<b>IEEE 802.11</b> 902-928 2400-2483	<b>IEEE 802.11</b> 2400-2497
	<b>HiperLAN2, IEEE 802.11a</b> 5150-5350 5470-5725	<b>HiperLAN2, IEEE 802.11a</b> 5150-5350 5725-5825	<b>HiperLAN2, IEEE 802.11a</b> 5150-5250
<b>Others</b>	<b>RF-Control</b> 27, 128, 418, 433, 868	<b>RF-Control</b> 315, 915	<b>RF-Control</b> 426, 868
	<b>Satellite (e.g., Iridium, Globalstar)</b> 1610-1626, 2483-2500		

# Comunicatii mobile:

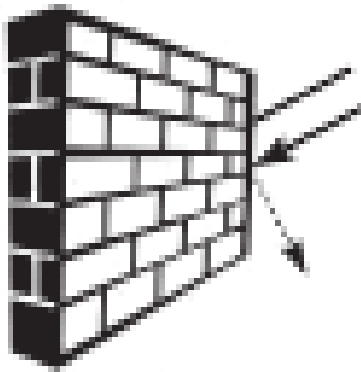
## Clasificare undelor dupa modul de propagare



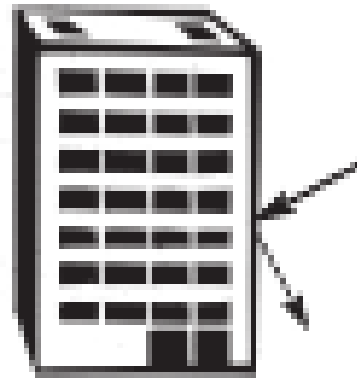
# Comunicatii mobile: Absorbția, reflectia și refracția undelor



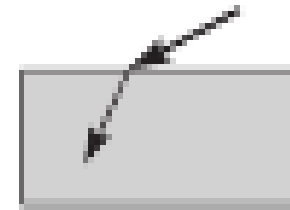
# Comunicatii mobile: Absorbția, reflectia și refracția undelor



Shadowing

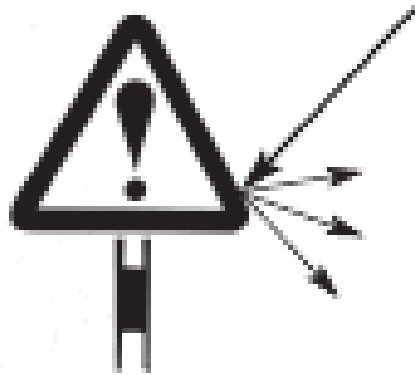


Reflection



Refraction

# Comunicatii mobile: Inprastierea si disractia undelor



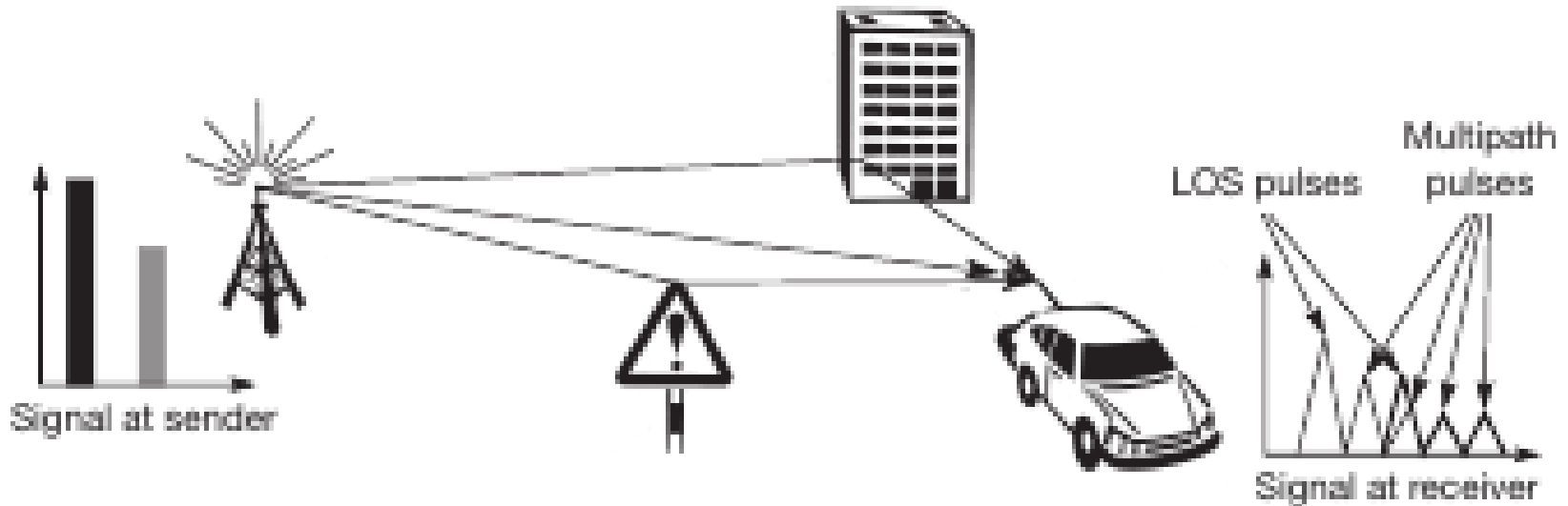
Scattering



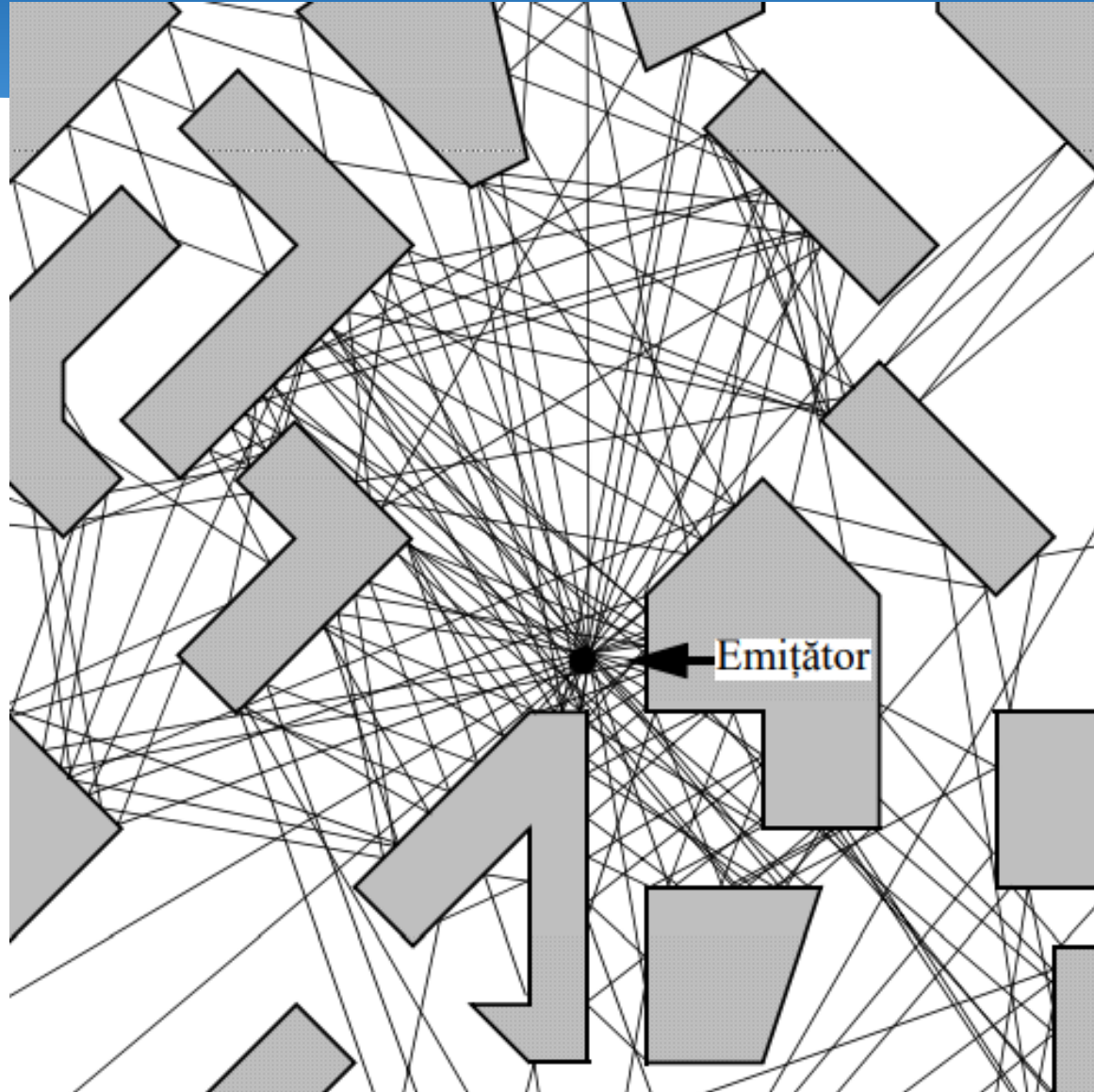
Diffraction



# Comunicatii mobile: Propogarea undelor pe cai multiple



# Comunicatii mobile: Propogarea undelor pe cai multiple



# Comunicatii mobile: Multiplexarea canalelor

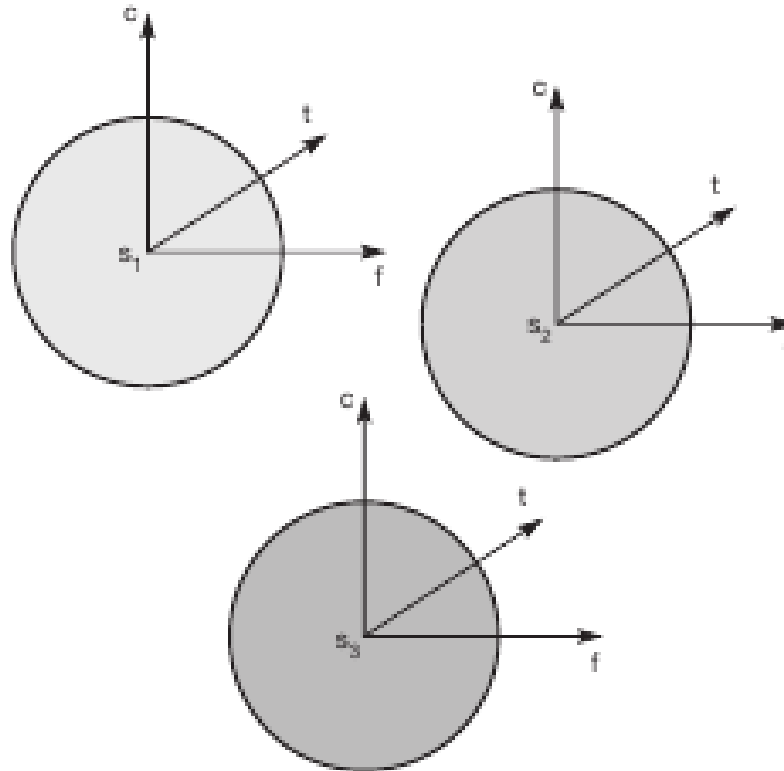
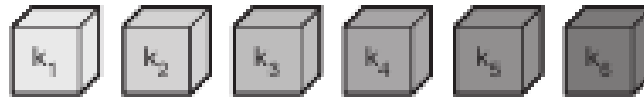
## TEHNICI DE ACCES MULTIPLU

Există patru scheme fundamentale de acces multiplu (MA – Multiple Access): cu diviziune în frecvență (FDMA – Frequency Division MA), cu diviziune în timp (TDMA – Time Division MA), cu diviziune de cod (CDMA – Code Division MA) și cu rezervare de pachete (PRMA – Packet Reservation MA). O nouă tehnică este actualmente în atenția cercetătorilor: cu diviziune ortogonală în frecvență (OFDMA – Orthogonal Frequency Division MA). Alte două tehnici aplicate în celelalte sisteme de comunicații nu sunt adecvate sistemelor mobile: cu diviziune de polarizare (PDMA – Polarisation Division MA) – deoarece în mediul radiomobil polarizarea se modifică aleatoriu în timp și spațiu prin reflexii și difracții multiple, și cu diviziune în spațiu (SDMA – Space Division MA) – deoarece reutilizarea spațială a canalelor este deja realizată în sistemele celulare, dar în altă formă.

# Comunicatii mobile: Multiplexarea canalelor

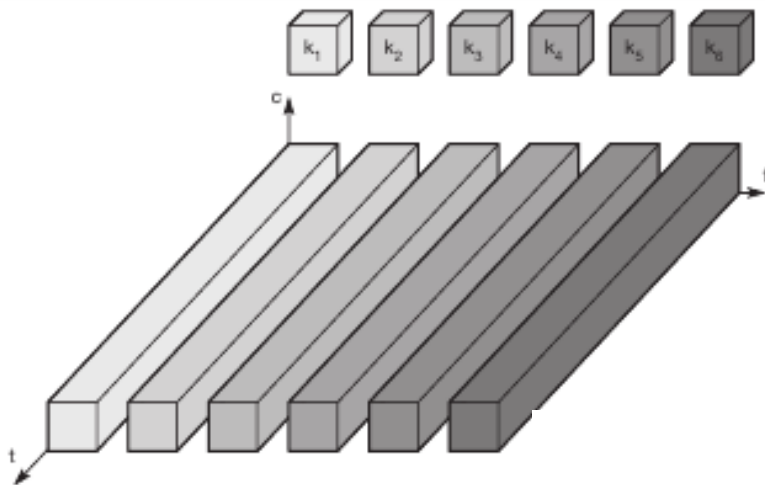
## Space division multiplexing

Channels  $k_i$

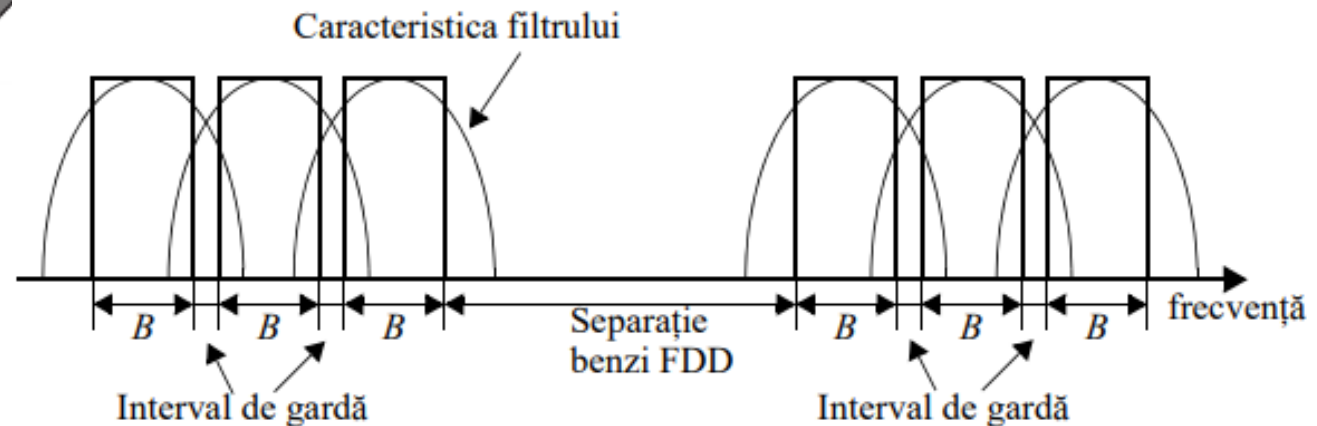


# Comunicatii mobile: Multiplexarea canalelor

## Frequency division multiplexing

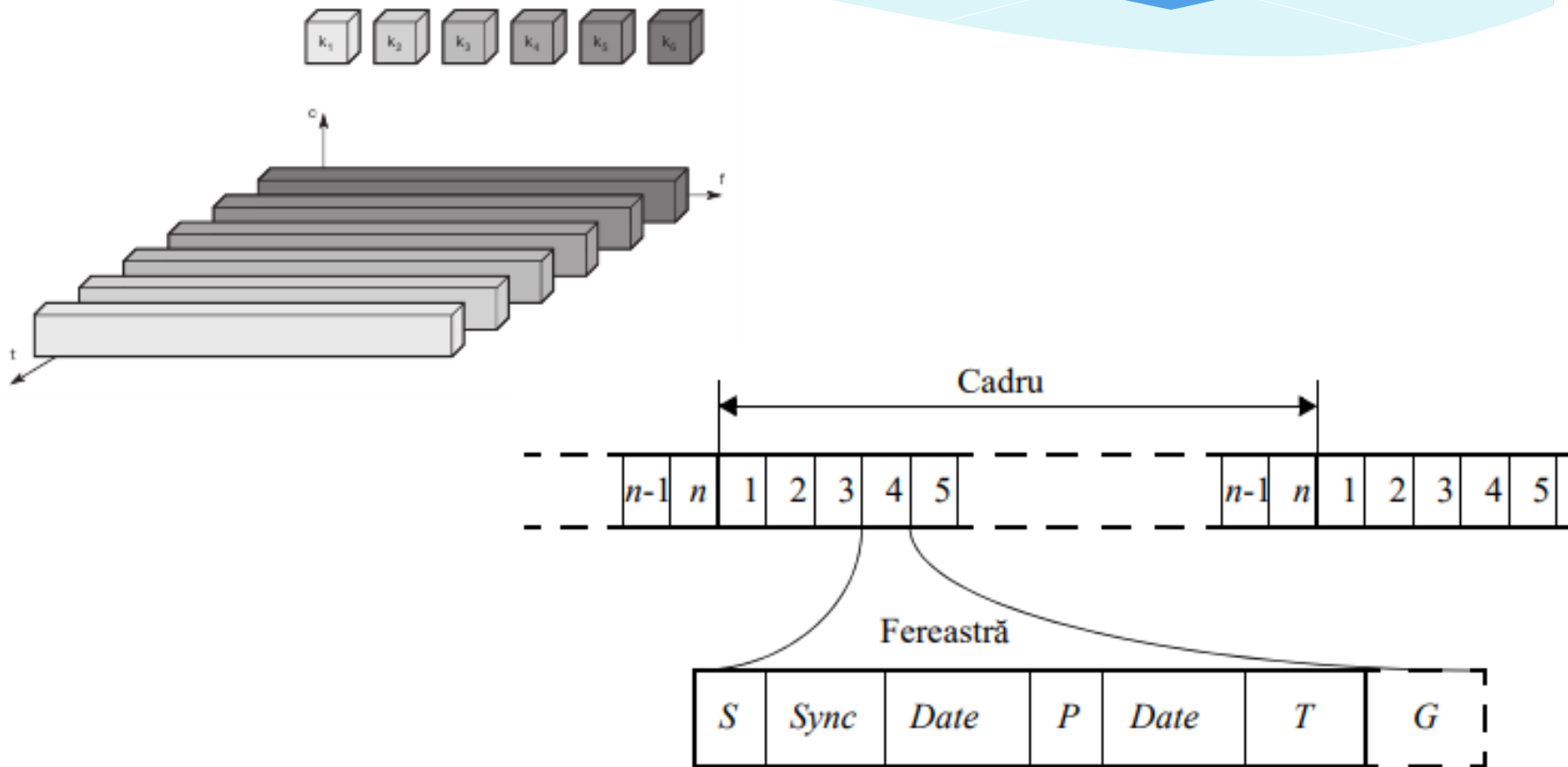


Canalele de comunicație trebuie să asigure transmiterea informației în ambele sensuri, adică să fie canale duplex. Cele două sensuri de comunicație se pot asigura fie prin diviziune în frecvență (FDD – Frequency Division Duplex), fie prin diviziune în timp (TDD – Time Division Duplex). În primul caz, spectrul alocat sistemului este divizat în două benzi egale și, acestea, la rândul lor, divizate în canale. Dacă  $B$  este banda unui canal în fiecare bandă, atunci canalul duplex FDD ocupă o bandă  $2B$ .



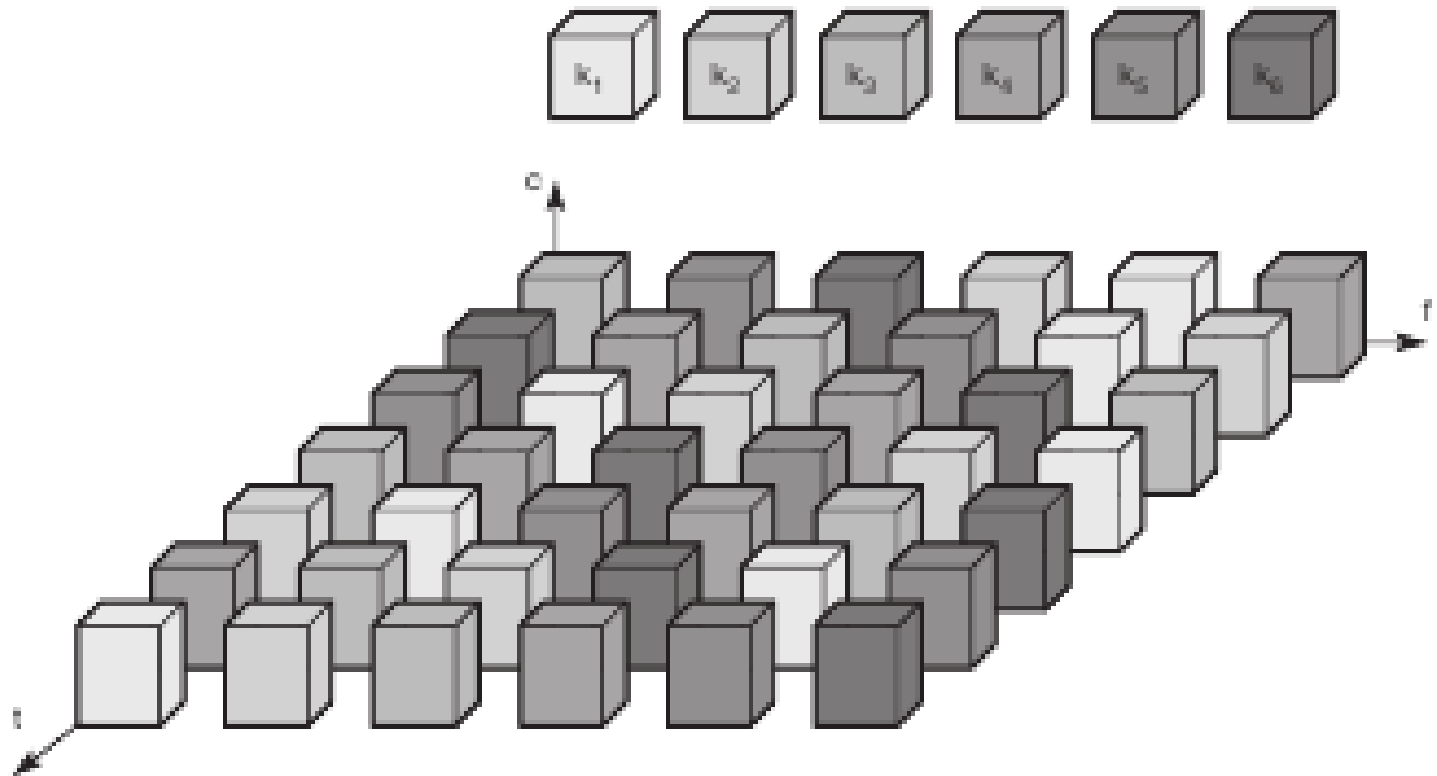
# Comunicatii mobile: Multiplexarea canalelor

## Time division multiplexing



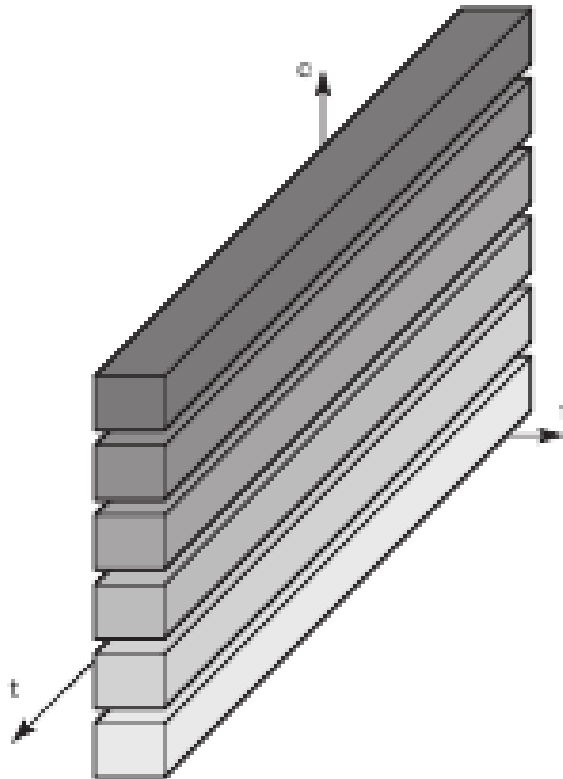
# Comunicatii mobile: Multiplexarea canalelor

Frequency and time  
division multiplexing  
combined



# Comunicatii mobile: Multiplexarea canalelor

## Code division multiplexing

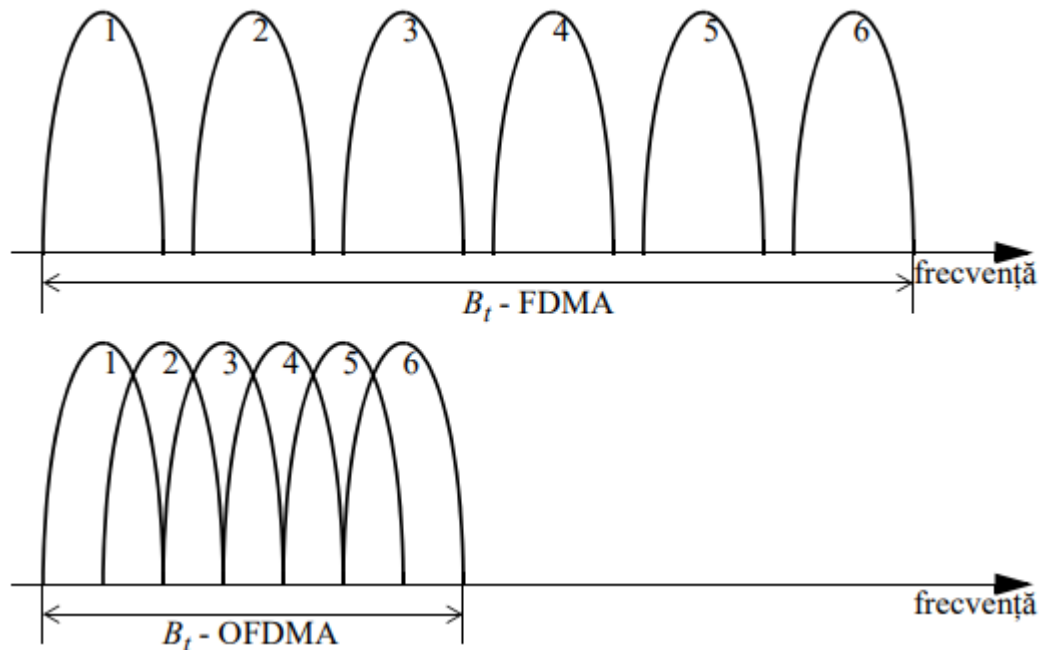


**CDMA:**  
 $010110101b =$   
 $ID = 1011 \rightarrow$   
 $1 = 1011b,$   
 $0 = 0100b$



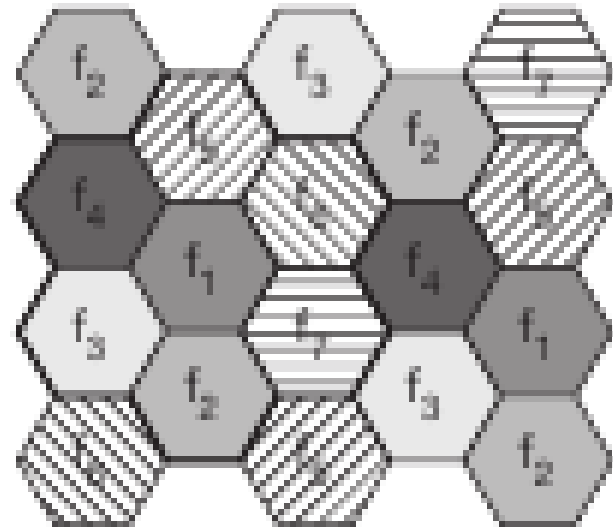
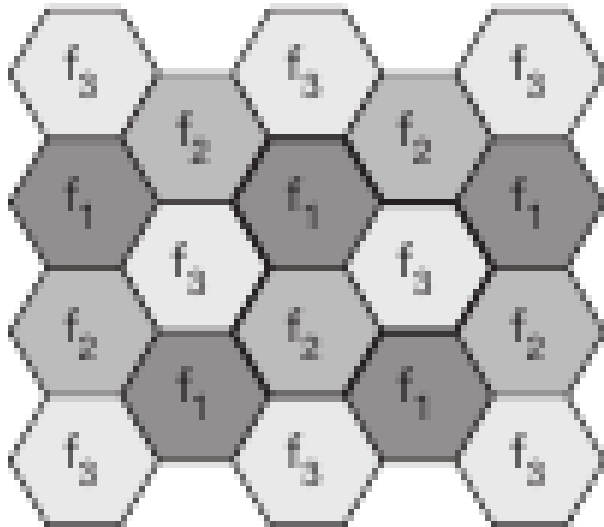
# Comunicatii mobile: Multiplexarea canalelor

Eficiența crescută a utilizării spectrului de frecvență în tehnica OFDMA



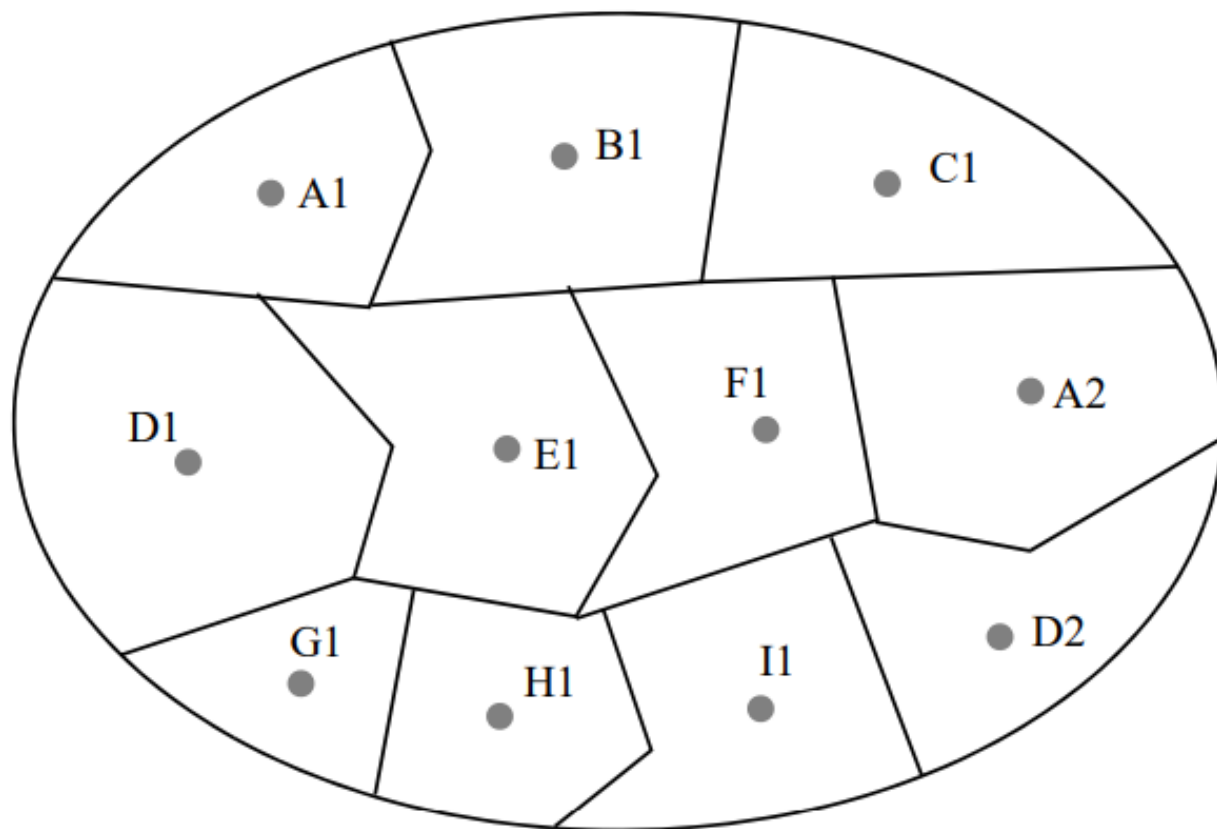
# Comunicatii mobile:

## Cellular systems



# Comunicatii mobile:

## Cellular systems

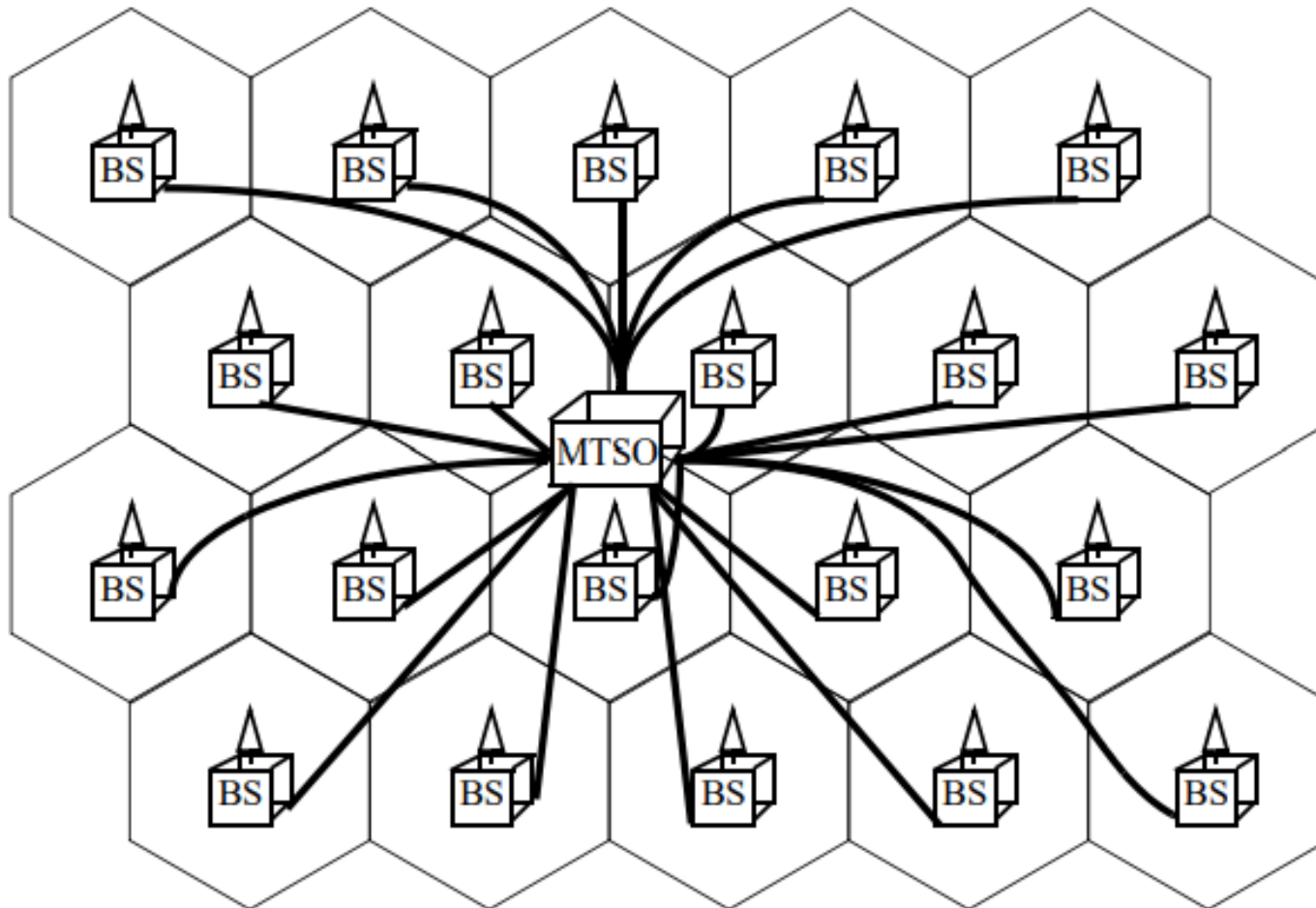


# Comunicatii mobile:

## Arhitectura standard a unei rețele celulare

MTSO – Mobile Telecommunications Switching Office

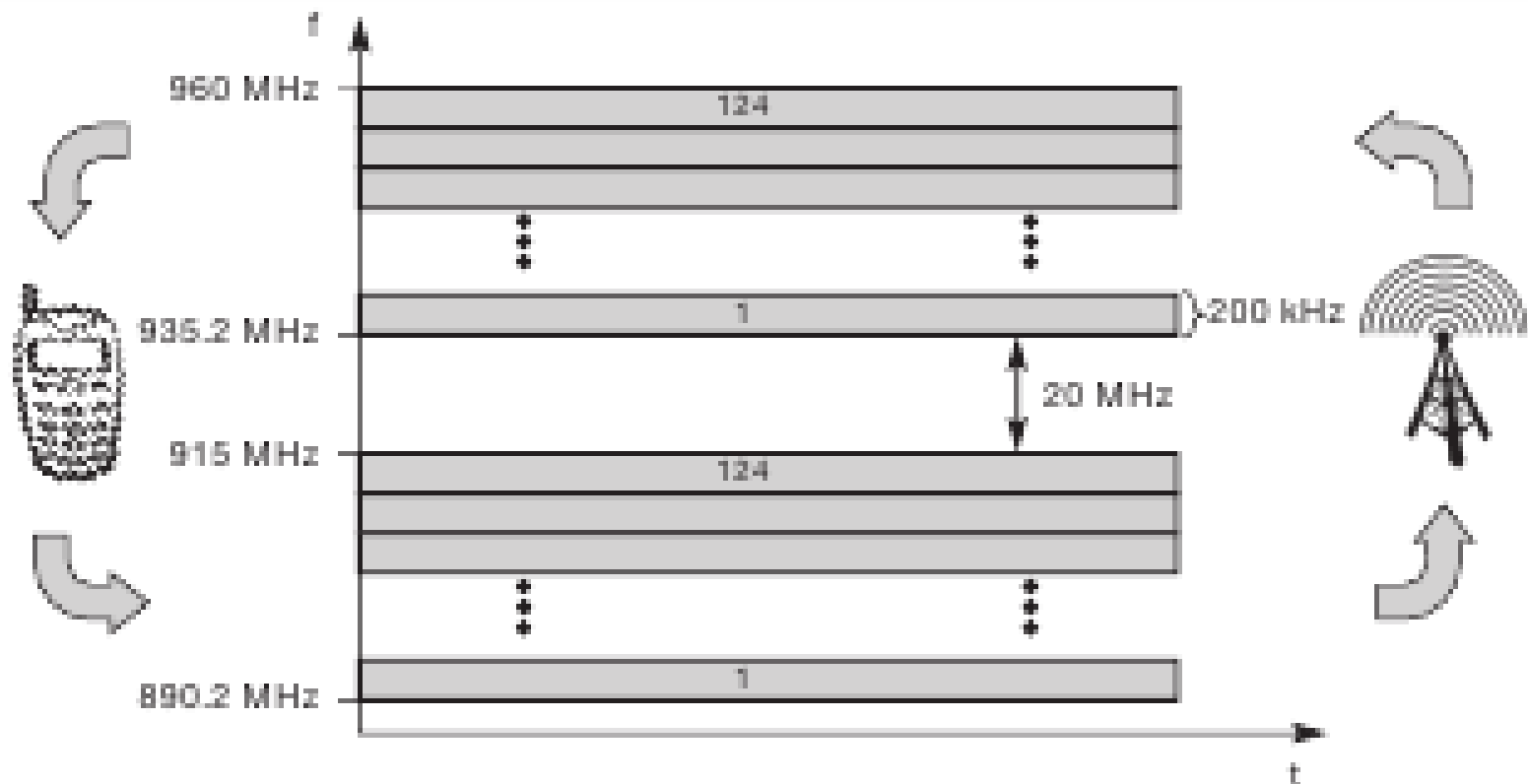
Stații de bază (BS), Unități mobile (MS).



# Comunicatii mobile: Acces multiplu la mediul de comunicare

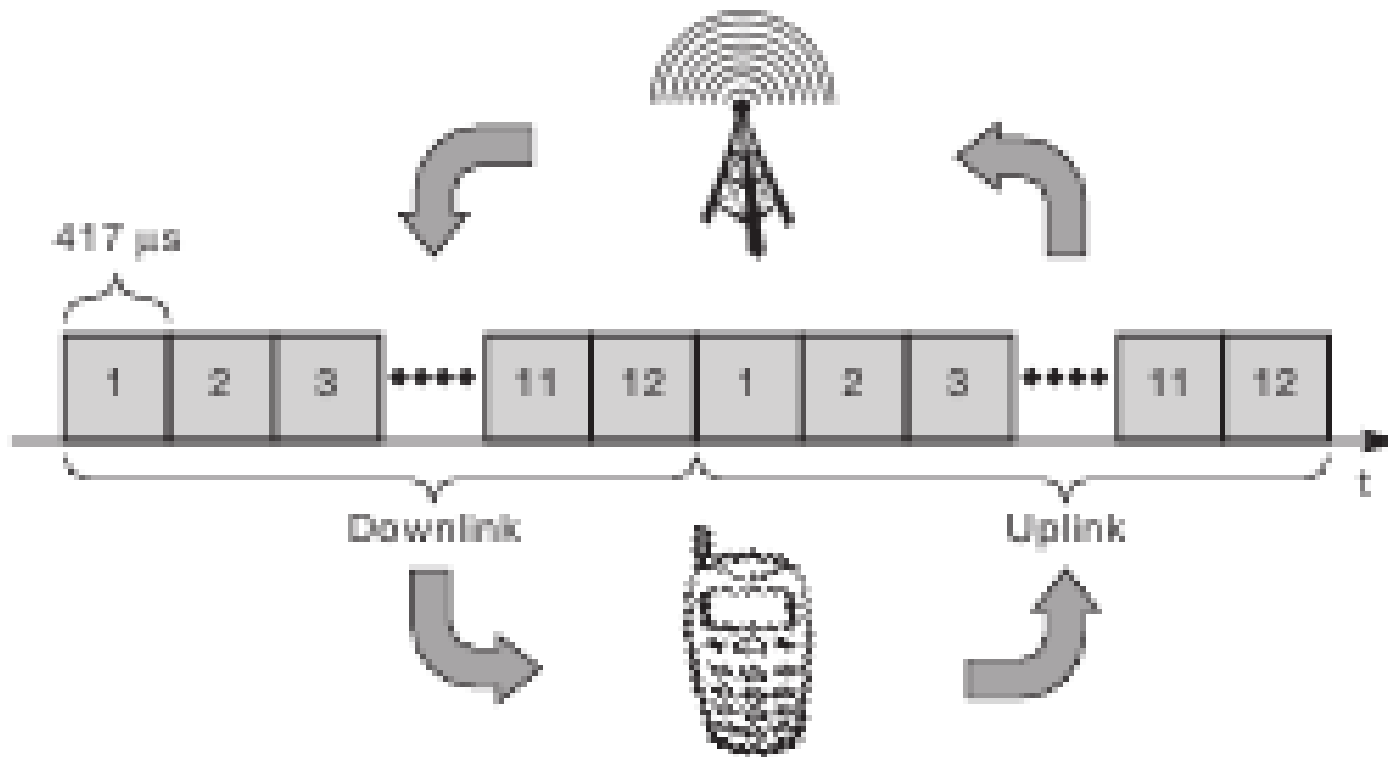
Space Division Multiple Access (SDMA)

Frequency division multiple access (FDMA)

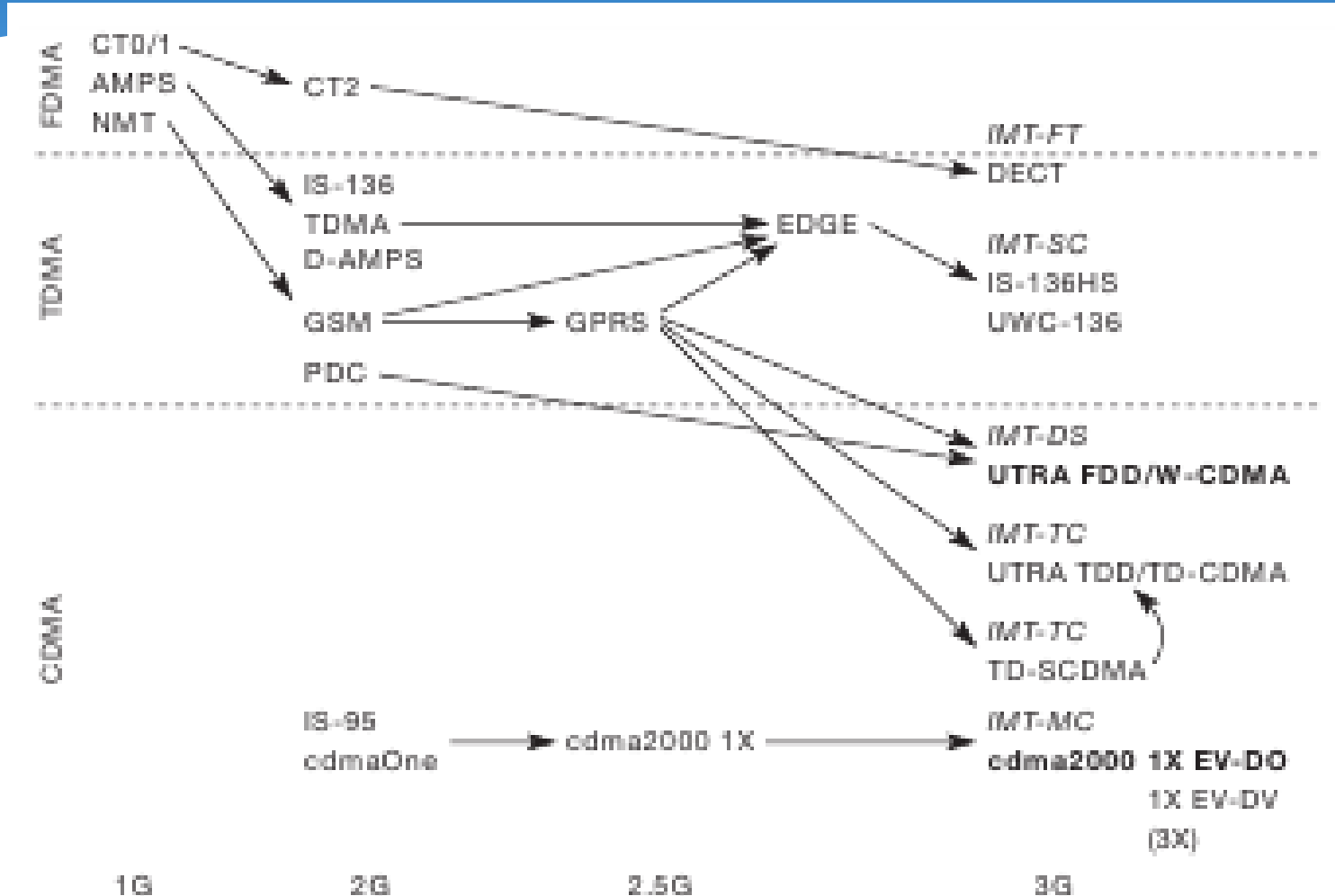


# Comunicatii mobile: Acces multiplu la mediul de comunicare

time division multiple access (TDMA)



# Comunicatii mobile: Evolutia generatiilor de telecomunicatii mobile



# Comunicatii mobile:

## Evolutia generatiilor de telecomunicatii mobile

CT0 - Radiotelefonie analogică

CT1 - Sistem comercial MF analogic pe 900 MHz cu arie extrem de redusă (de mărimea unui supermarket, de exemplu), necelular.

CT3 (ulterior DECT) - Sistem digital TDMA / TDD, cu posibilitatea de a transmite și date.

Date de referință:

1987- Lansarea ideii unui standard european unic pentru comunicații indoor și alegerea accesului multiplu TDMA/TDD.

1989- Formarea grupului de lucru în cadrul ETSI.

1992- Publicarea primului standard DECT, fără obligativitatea interoperabilității echipamentelor diverșilor producători pentru aplicații private; viteza de transmisie de 1,152 Mb/s era cea mai mare valoare prevăzută de un standard pentru comunicații mobile.

1995- Definitivarea specificațiilor de bază ale standardului și stabilirea obligativității interoperabilității echipamentelor destinate comunicațiilor vocale indiferent dacă aplicațiile erau publice sau private; primele implementări de echipamente DECT.

1996- Corecția unor specificații și definirea completă a GAP.

1997- Publicarea specificațiilor pentru serviciul de transmisii în pachete (DPRS - DECT Packet Radio Service), permițând interoperabilitatea echipamentelor DECT pentru transmisii vocale cu cele pentru date.

1999- Adoptarea unor tipuri de modulație suplimentare pentru creșterea vitezei de transmisie la 3,456 Mb/s.

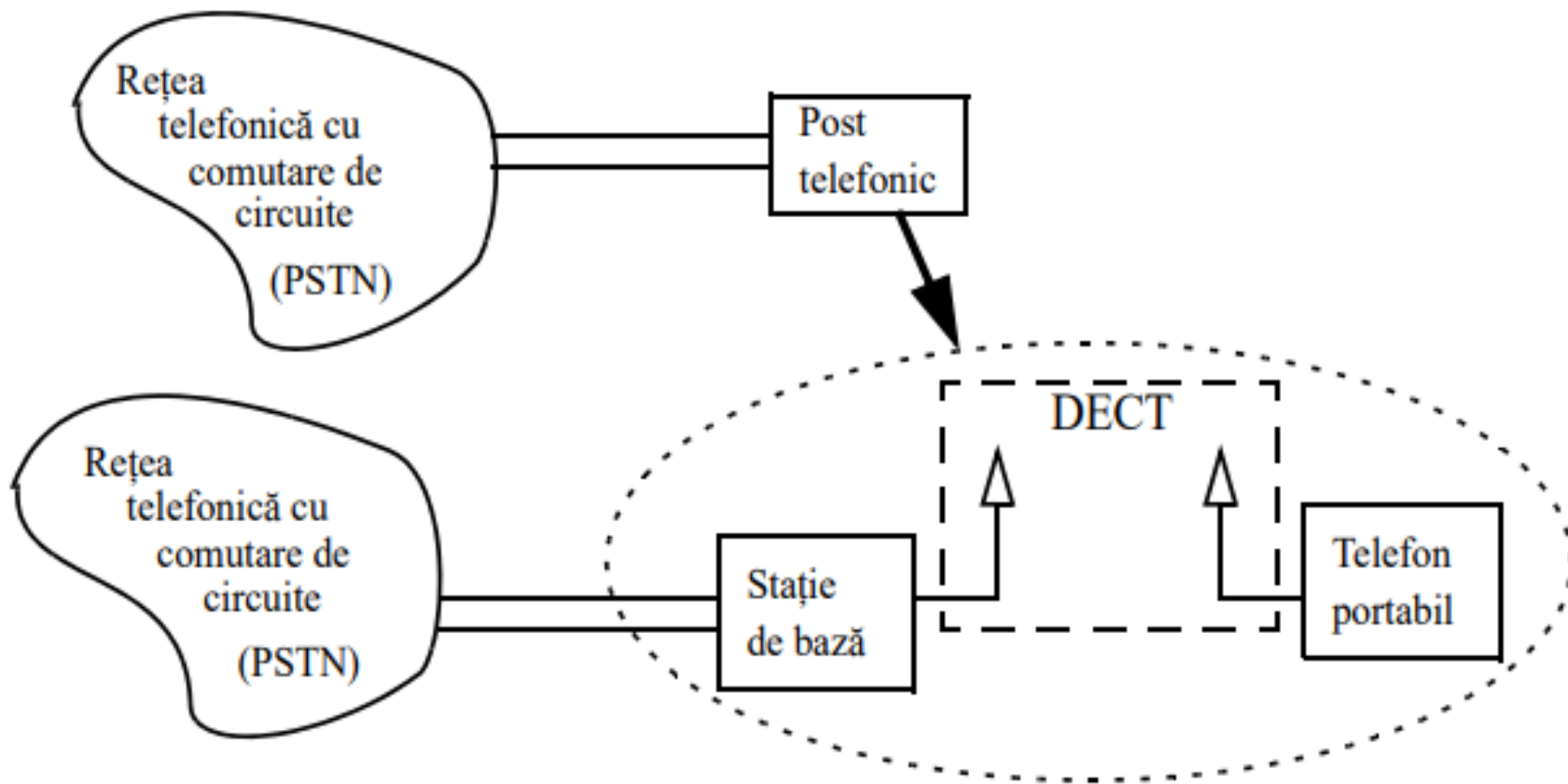
2000- Acceptarea DECT ca interfață radio alternativă pentru sisteme de comunicații mobile din generația a treia (3G). Ulterior au fost definite profilele de interoperabilitate cu alte sisteme DECT/GSM, DECT/ISDN, DECT/RLL (Radio Local Loop) etc. În continuare se fac cercetări pentru completarea specificațiilor în vederea atingerii unor viteze de transmisie de 20 Mb/s.

Not Primele rețele DECT au fost implementate în 1995 în Germania. Din 1995 numărul unităților portabile DECT s-a dublat în fiecare an, ajungând în 2002 la cca. 150 de milioane.



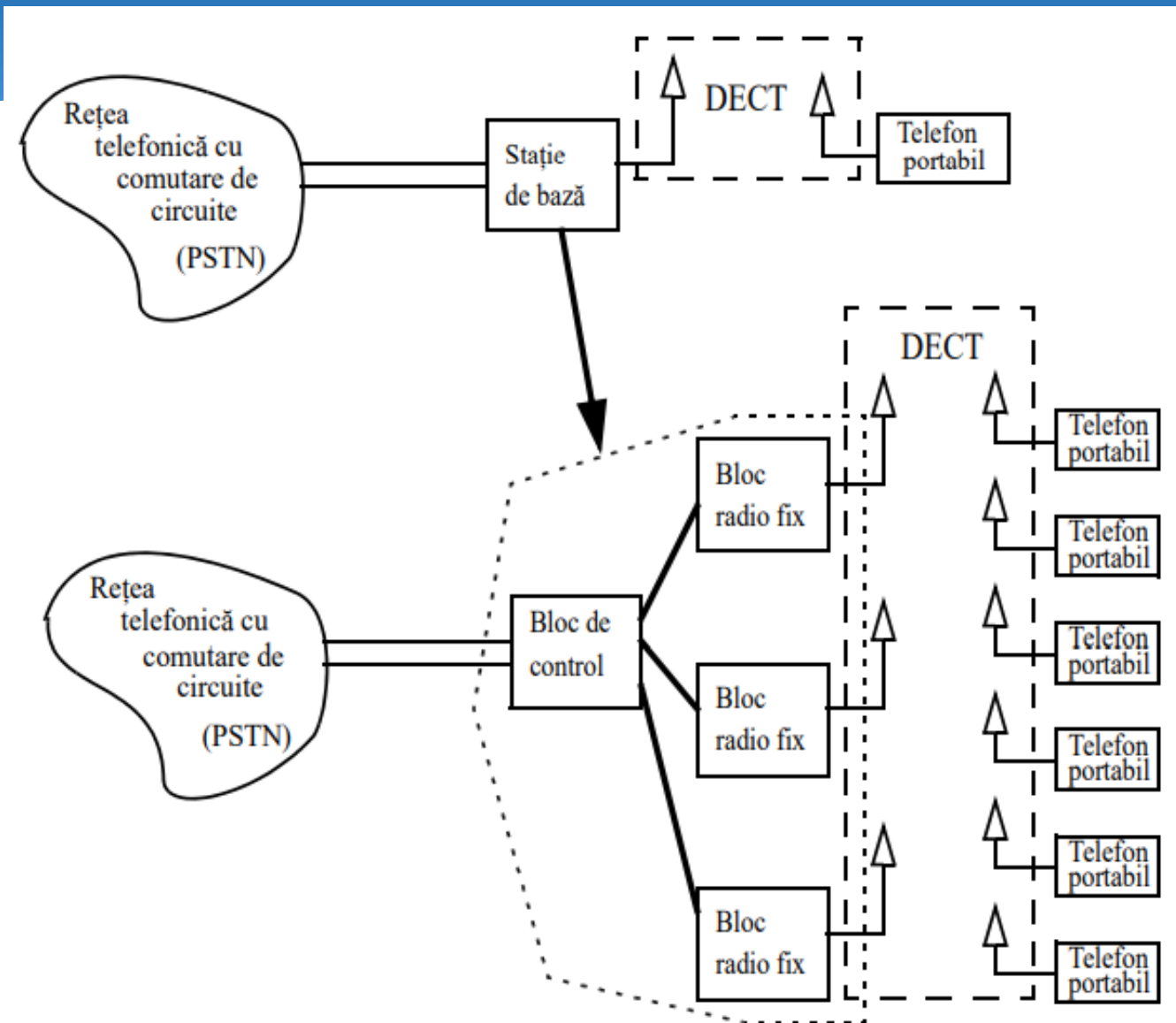
# Comunicatii mobile:

Cea mai simplă implementare a unui sistem DECT

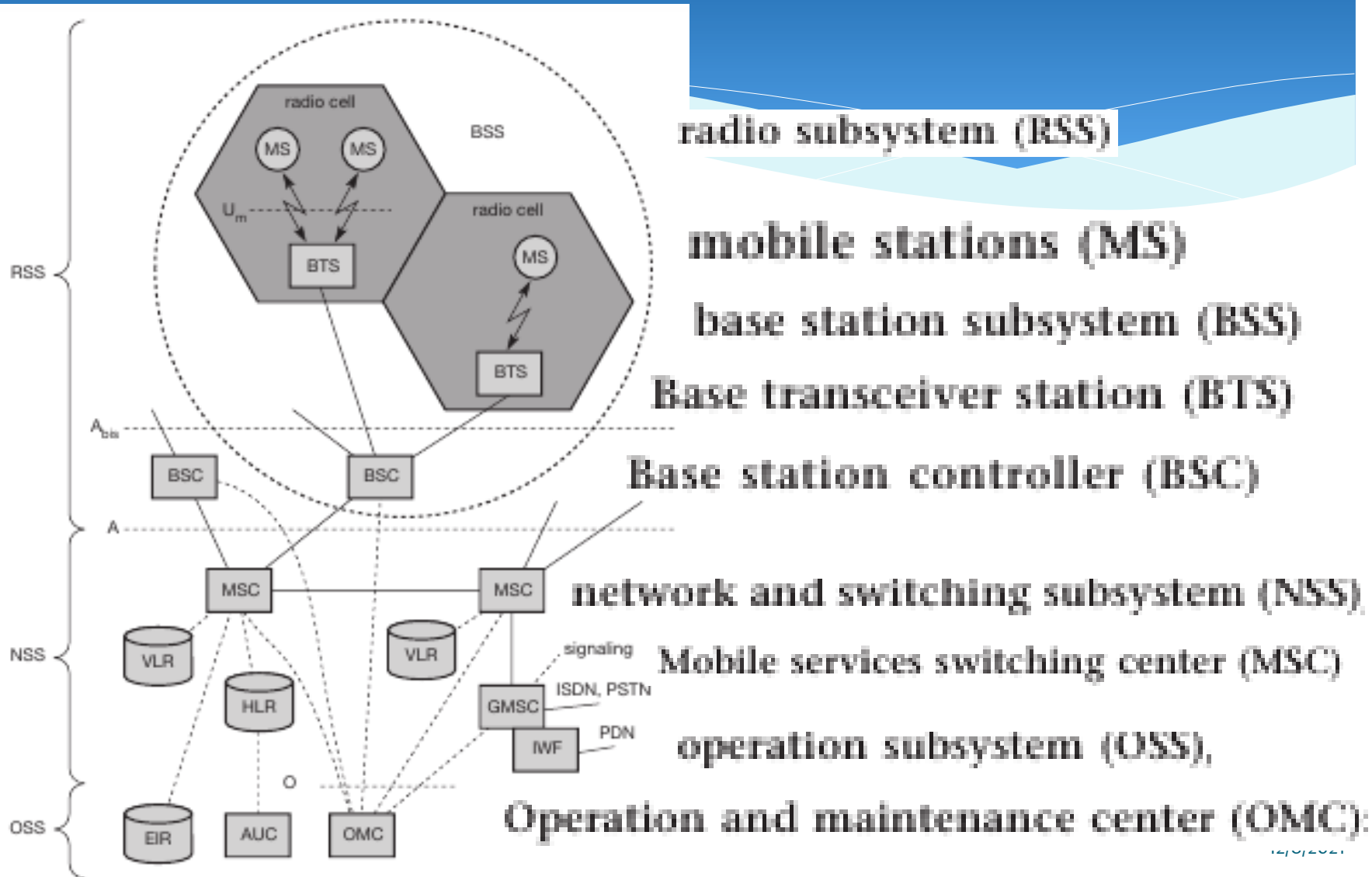


# Comunicatii mobile:

## Cea mai simplă implementare a unui sistem DECT



# Comunicatii mobile: GSM – Global System for Mobile Communications

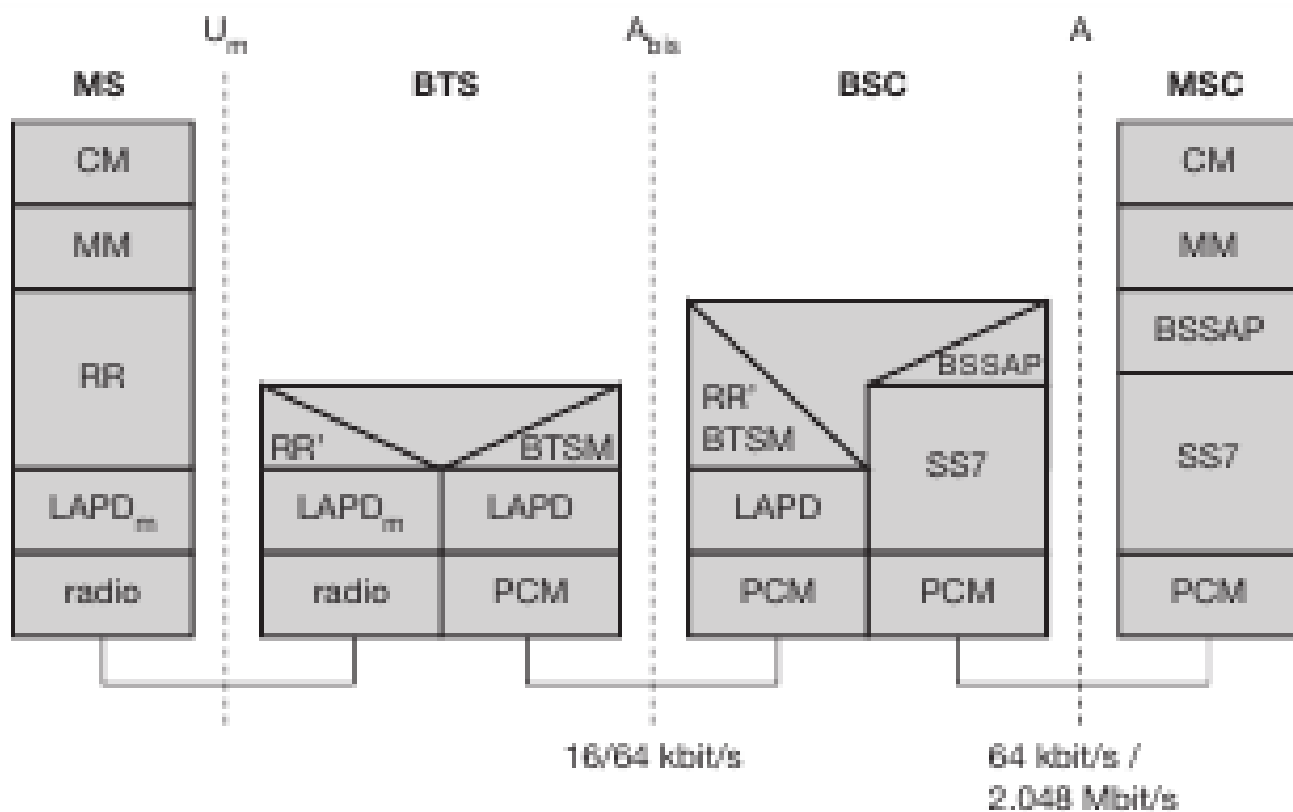


# Comunicatii mobile:

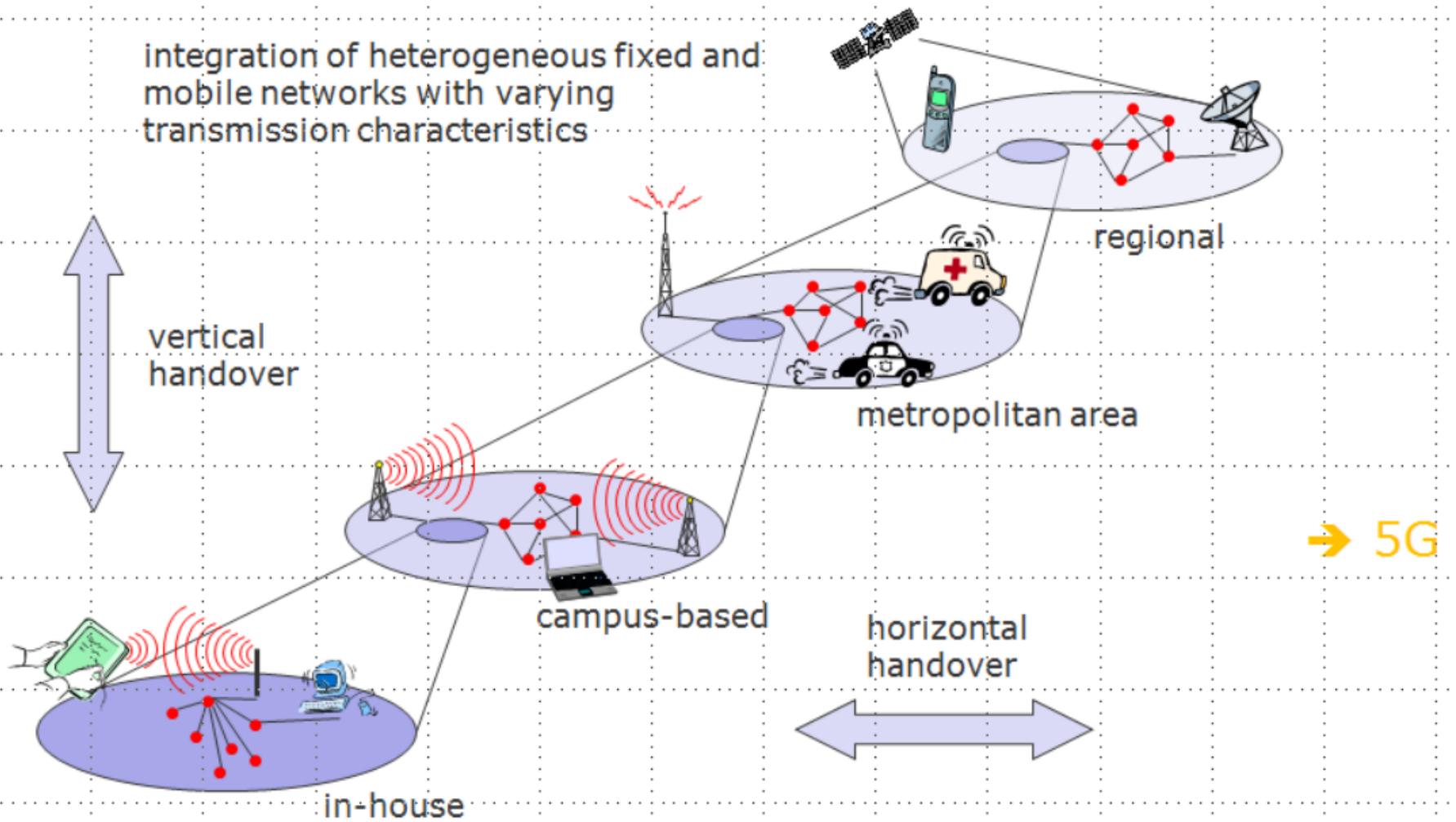
## GSM – Global System for Mobile Communications

Type	Channels	Uplink [MHz]	Downlink [MHz]
GSM 850	128-251	824-849	869-894
GSM 900 classical extended	0-124, 955- 1023 124 channels +49 channels	876-915 890-915 880-915	921-960 935-960 925-960
GSM 1800	512-885	1710-1785	1805-1880
GSM 1900	512-810	1850-1910	1930-1990
GSM-R exclusive	955-1024, 0- 124 69 channels	876-915 876-880	921-960 921-925

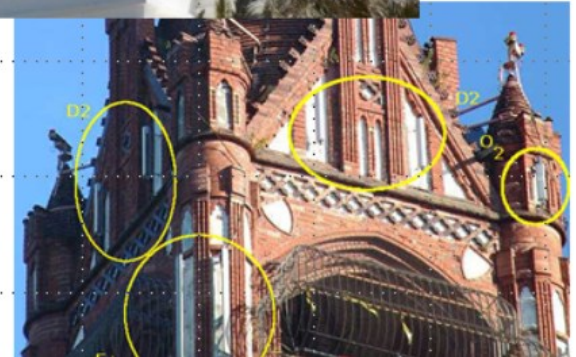
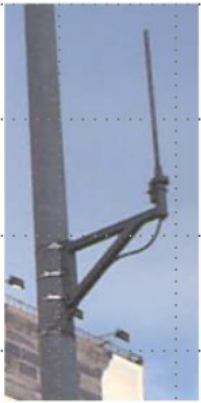
# Comunicatii mobile: GSM interactiunea dintre Protocoale



# Comunicatii mobile: Interconectarea serviciilor moobile si cablate



# Comunicatii mobile: Antene GSM



# Comunicatii mobile: Infrastructura GSM



Base Stations



Cabling



Microwave links





# Comunicatii mobile: Infrastructura GSM



Switching units



Management

Data bases

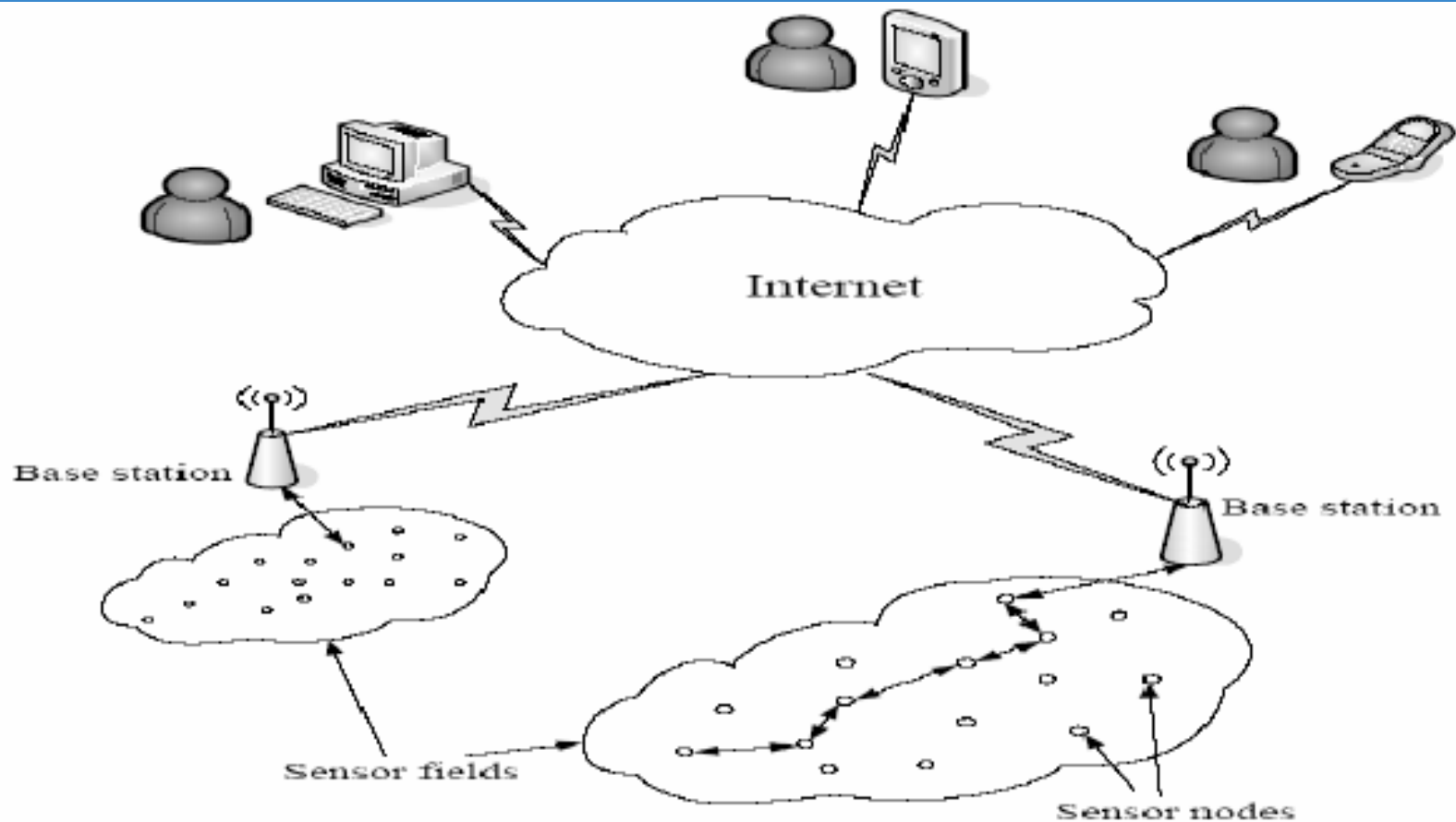
Monitoring

Not „visible“, but comprise the **major part** of the network (also from an investment point of view...)



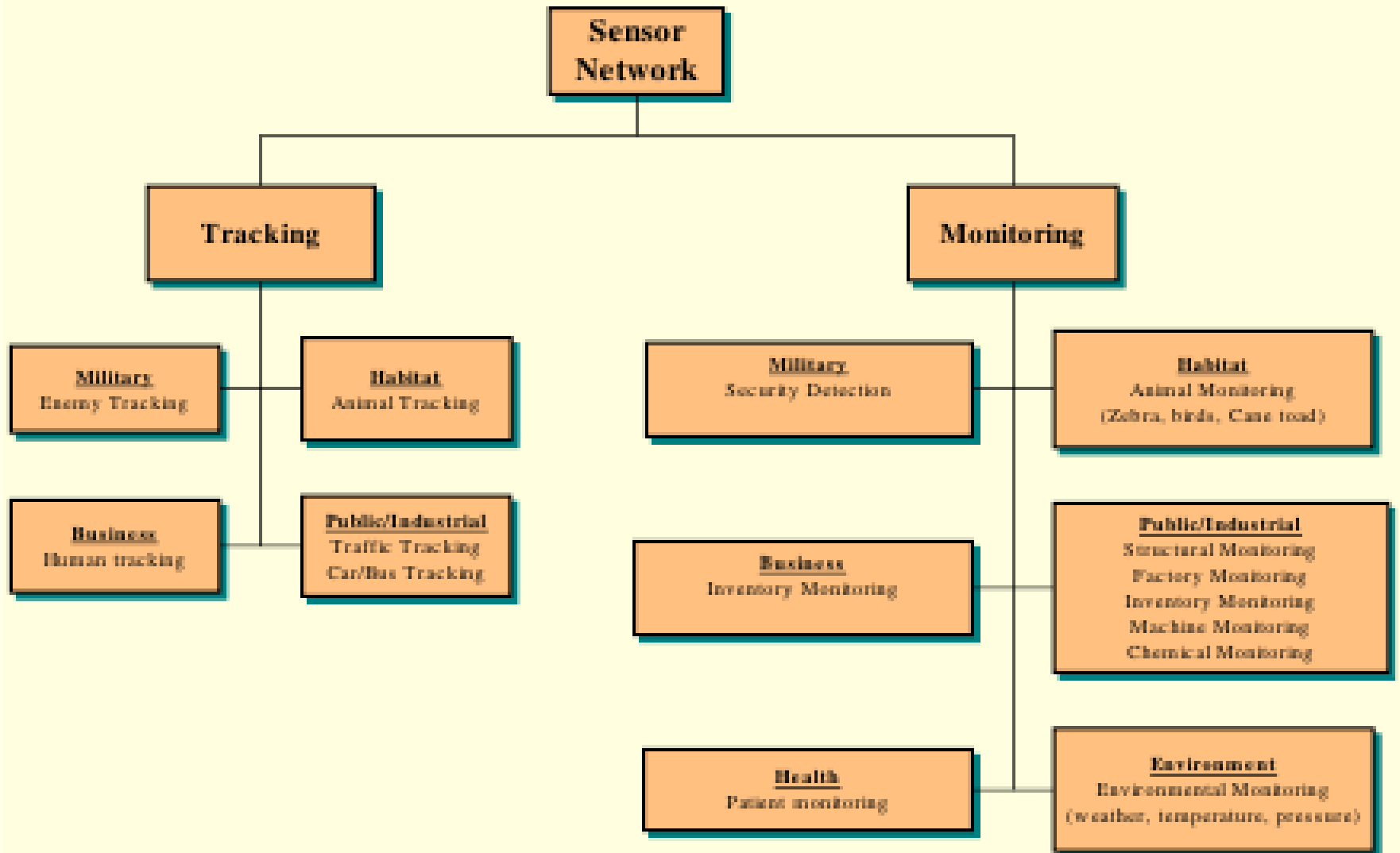
# Comunicatii mobile:

Topologie cu interconectare a diferitor tehnologii de comunicare



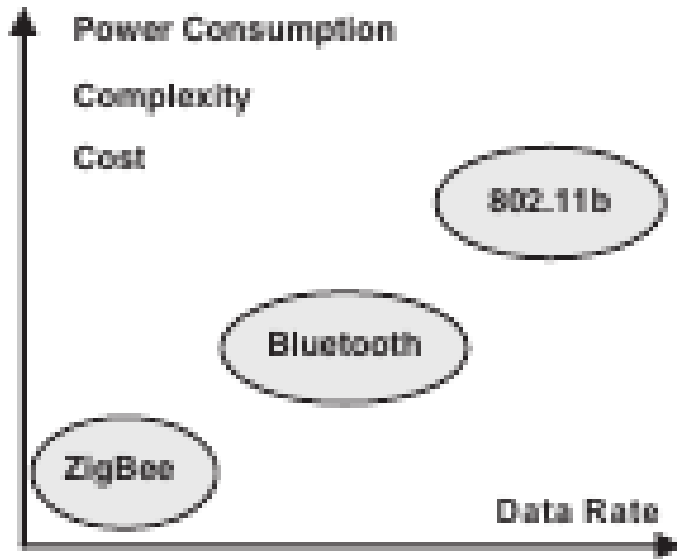
# Comunicatii mobile:

## Exemple de aplicare a rețelelor senzoriale

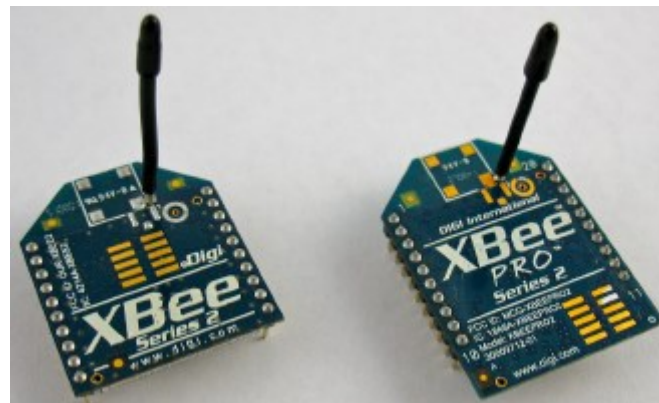


# Comunicatii mobile:

Analiza comparativă a standardelor IEEE 802.15.4, IEEE 802.15.1 și IEEE802.11

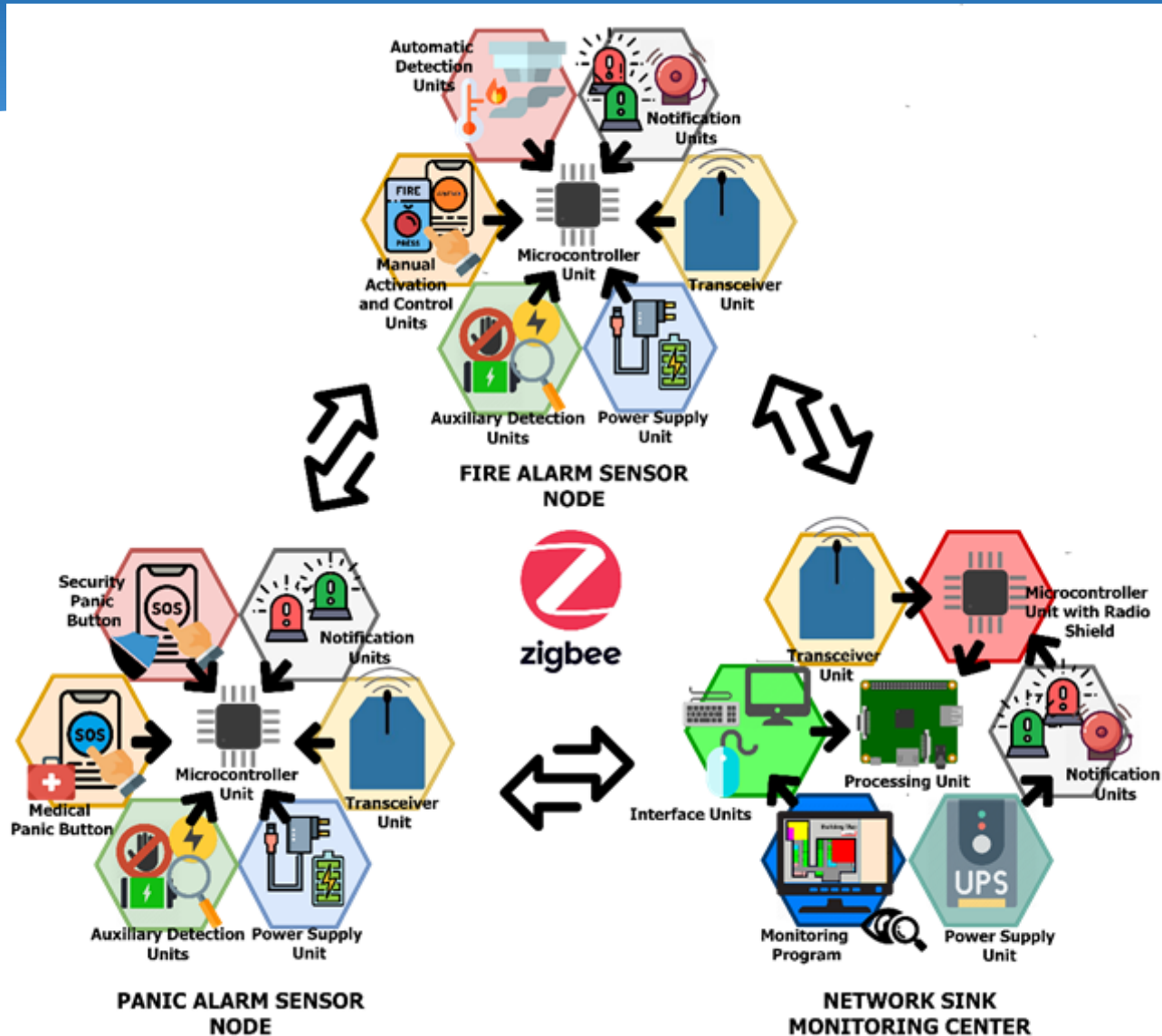


	Data Rate	Typical Range	Application Examples
ZigBee	20 to 250 Kbps	10–100 m	Wireless Sensor Networks
Bluetooth	1 to 3 Mbps	2–10 m	Wireless Headset Wireless Mouse
IEEE 802.11b	1 to 11 Mbps	30–100 m	Wireless Internet Connection

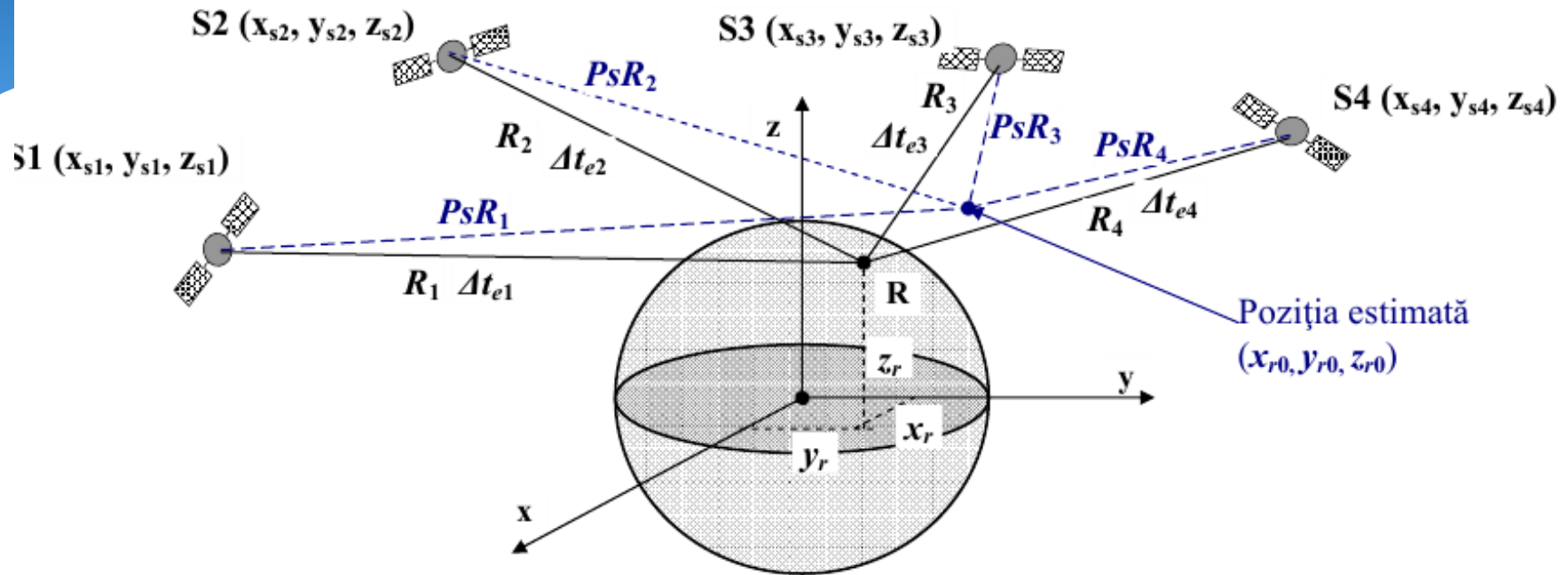


# Comunicatii mobile:

Rețea senzorială model cu integrarea serviciilor



# Comunicatii mobile: Sistemul GPS



$$R_{a1} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

$$R_{a2} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

$$R_{a3} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

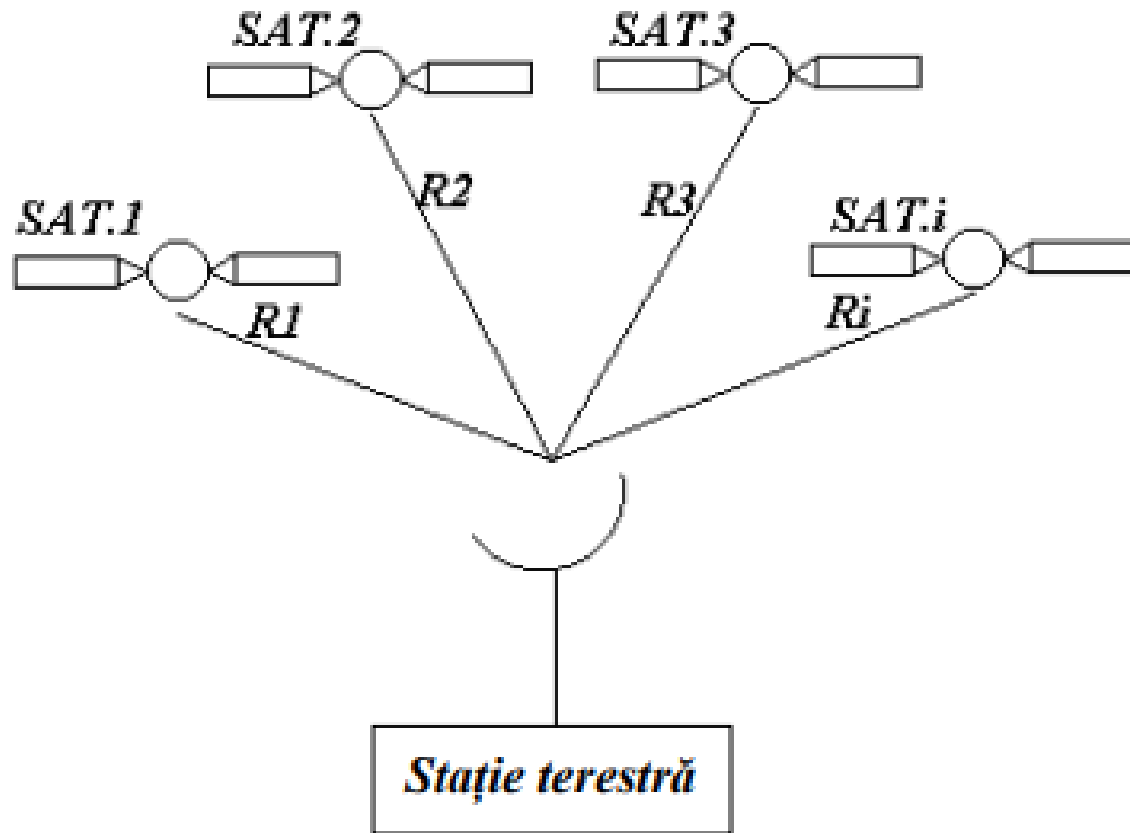
$$R_{a4} = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} PsR_1 = \sqrt{(x_{s1} - x_r)^2 + (y_{s1} - y_r)^2 + (z_{s1} - z_r)^2} + c\Delta t_e \\ PsR_2 = \sqrt{(x_{s2} - x_r)^2 + (y_{s2} - y_r)^2 + (z_{s2} - z_r)^2} + c\Delta t_e \\ PsR_3 = \sqrt{(x_{s3} - x_r)^2 + (y_{s3} - y_r)^2 + (z_{s3} - z_r)^2} + c\Delta t_e \\ PsR_4 = \sqrt{(x_{s4} - x_r)^2 + (y_{s4} - y_r)^2 + (z_{s4} - z_r)^2} + c\Delta t_e \end{array} \right.$$

# Comunicatii mobile: Sistemul GPS

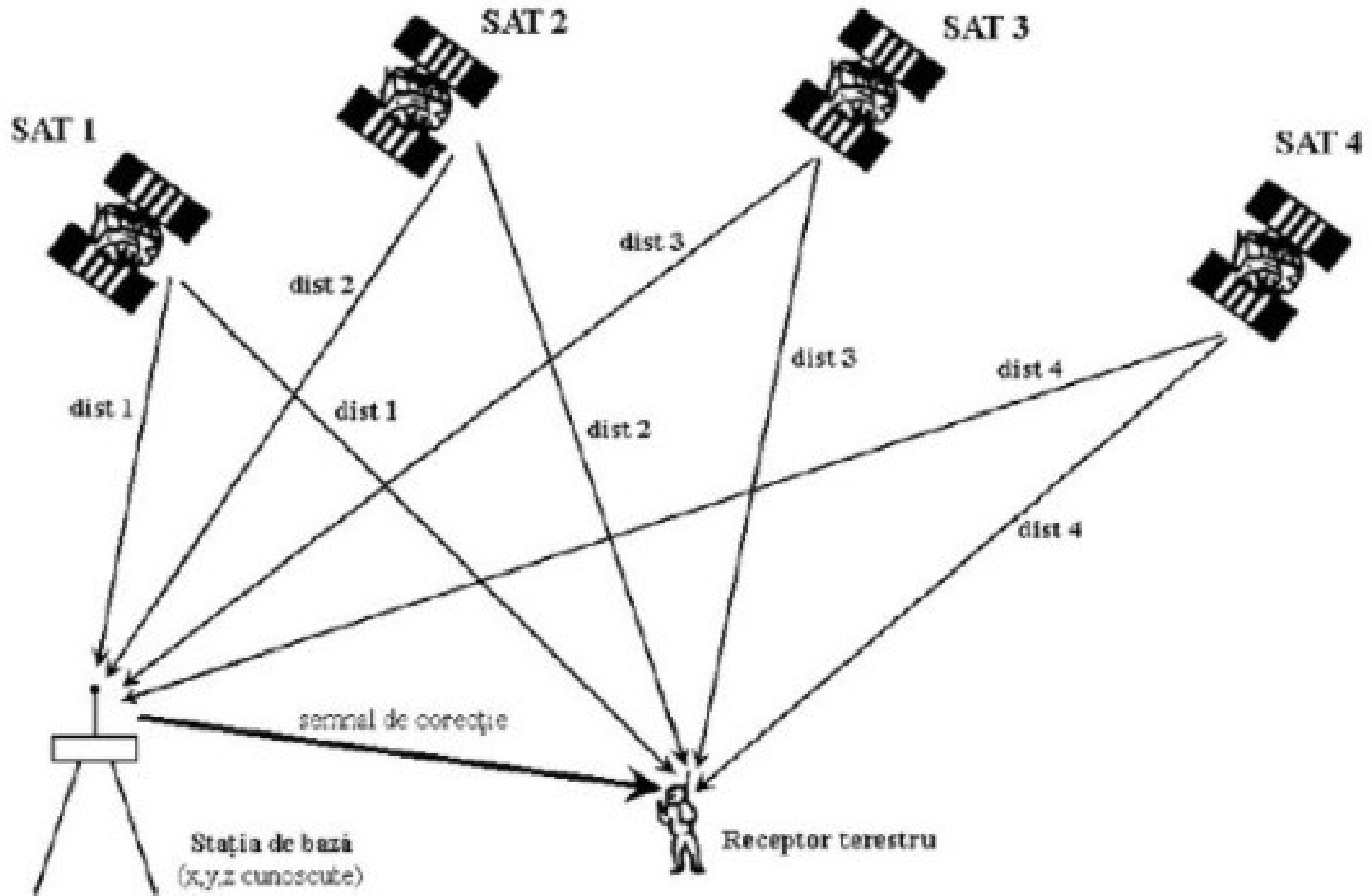


# Comunicatii mobile: Sistemul GPS





# Comunicatii mobile: Sistemul GPS

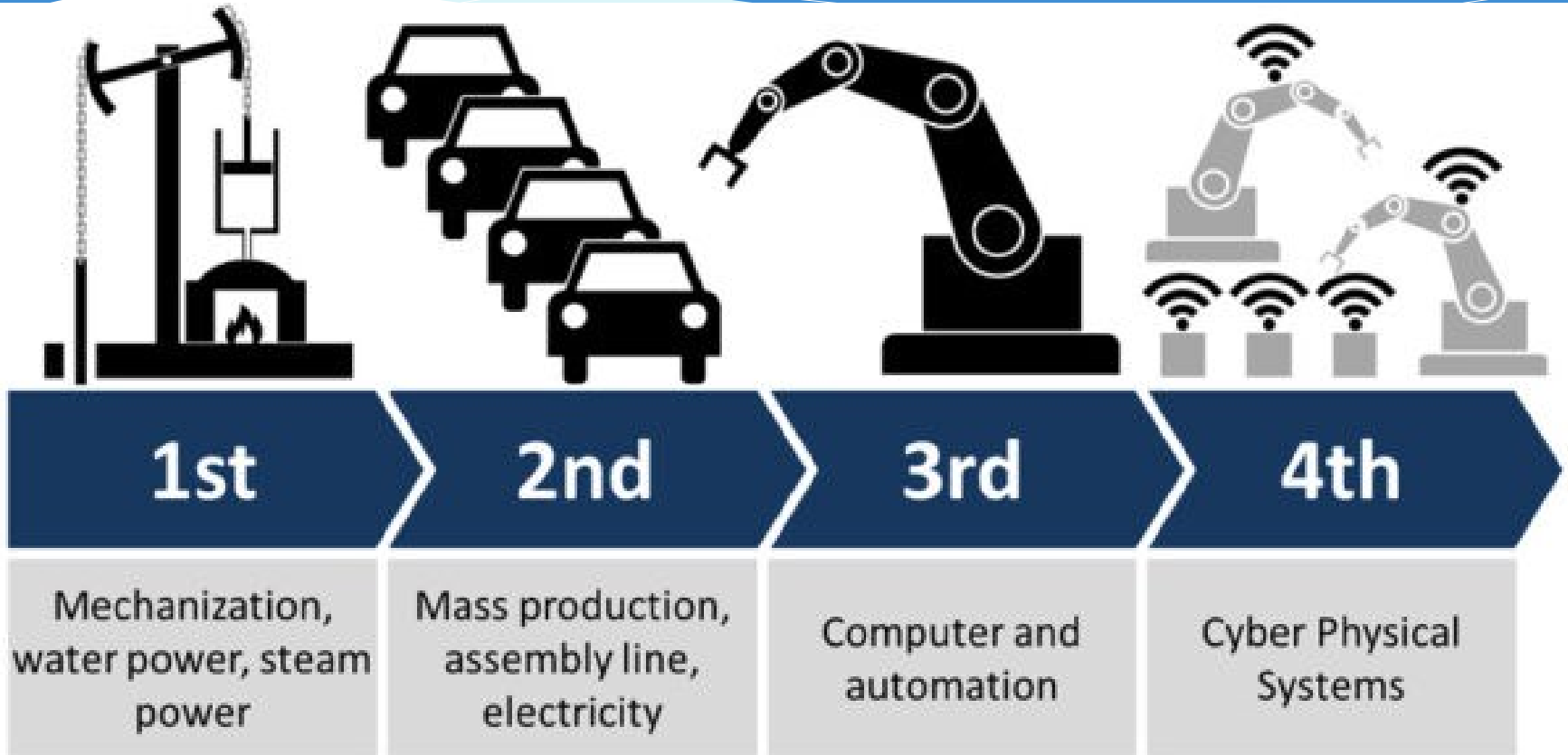


## **Comunicatii mobile:**

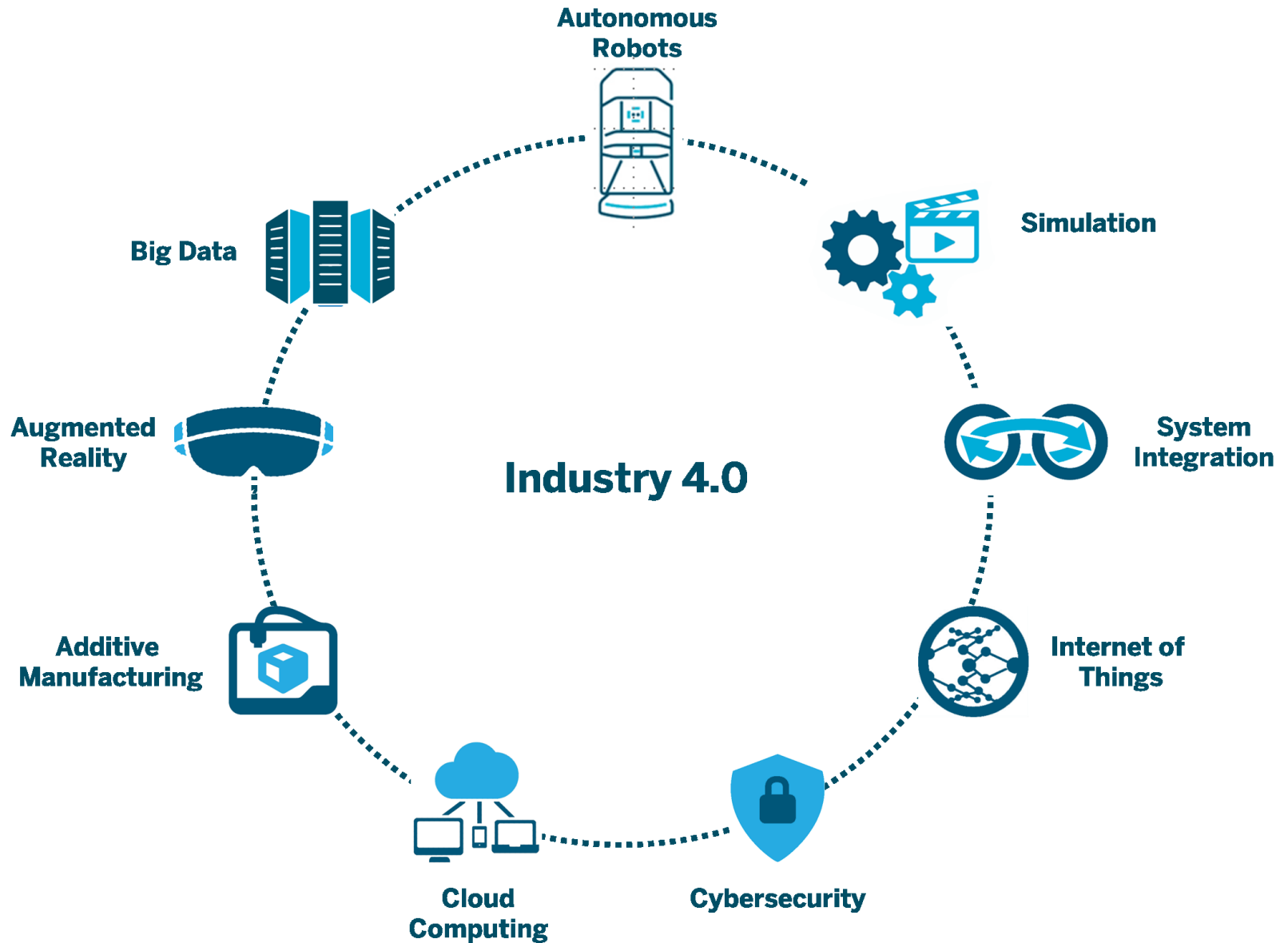
**1G – 2G – 3G – 4G – 5G – Este baza tehnologiei  
Industry – 4.0**

# Industry 4.0

1784 -> 1870 -> 1969 -> 2020 ->...?



# Industry 4.0



# Industry 4.0

