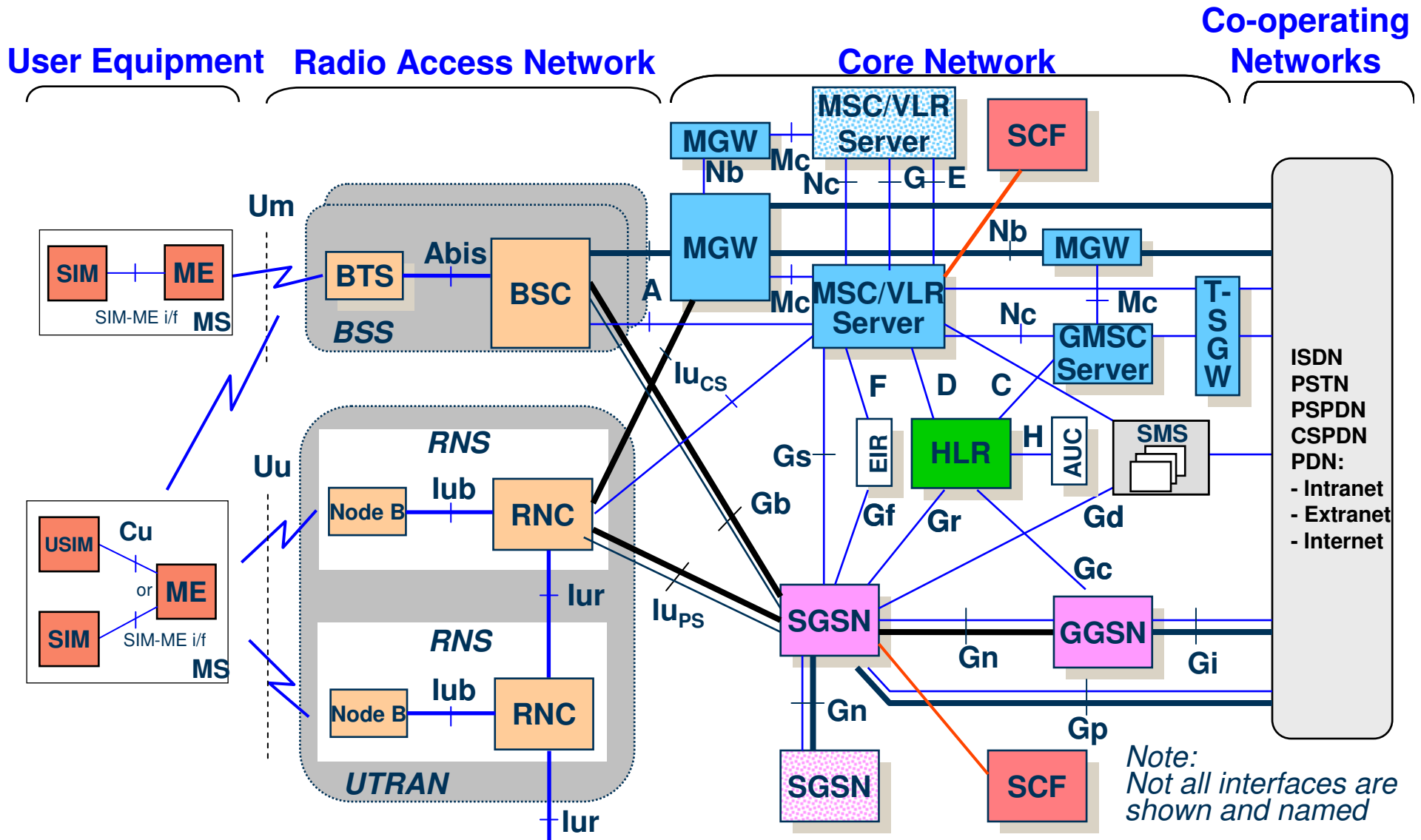


# Hullámok a távközlésben

Ericsson Magyarország  
2007. március 16.



# Hálózati architektúra



# Tartalmi áttekintés

- Történelmi áttekintés
- Digitális jelátvitel
- Csatorna hozzáférési módszerek
- Bevezetés a 3G-be



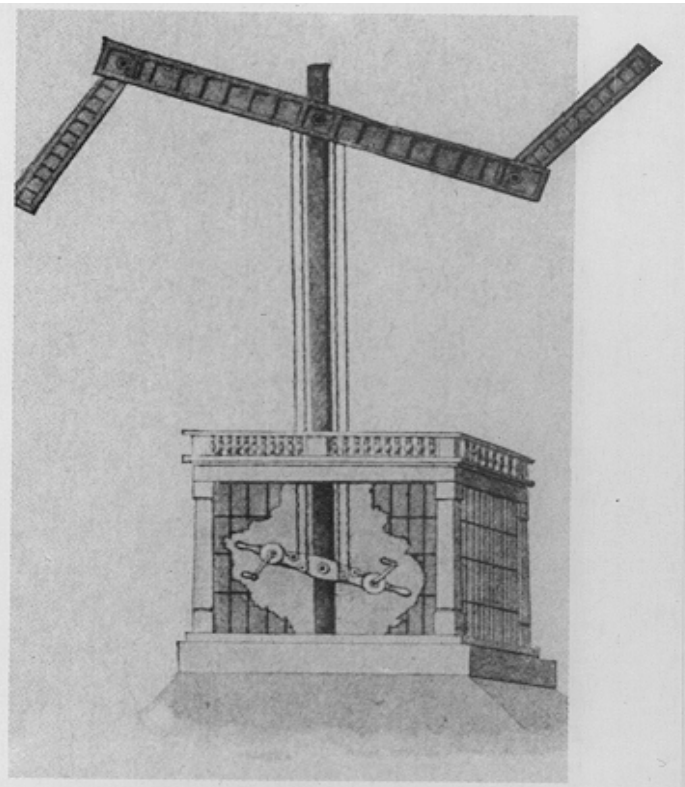
# Korai vezeték nélküli technikák

i.e. 1184. **Füstjeles távíróvonal** Trója és a Peloponnészoszi félsziget között Agamemnon felesége így tudta meg férje győzelmét.

i.e.450. **Kleoxenos and Democritos fáklyás távíró módszere:**  
Az ABC betűit 5 csoportba osztották, mindegyikben 5 betűvel. A hírnök két fáklyát használ: egyiket annyiszor mutatja fel, ahányadik csoportból választ betűt, a másikkal a csoporton belül választ betűt.

1792. **Optikai távírórendszer: Chappe testvérek.**

└	┐	┌	┘	└	┐	┌	┘
A	a	B	b	C	c	D	d
[	]	└	┘	┌	┐	└	┘
E	e	F	f	G	g	H	h
└	┐	┌	┘	└	┐	┌	┘
I	i	K	k	L	l	M	m
└	┐	┌	┘	└	┐	┌	┘
N	n	O	o	P	p	Q	q
└	┐	┌	┘	└	┐	┌	┘
R	r	S	s	T	t	U	u
└	┐	┌	┘	└	┐	┌	┘
V	v	W	w	Z	z	Å	å
└	┐	┌	┘	└	┐	┌	┘
J	j	Ö	ö	Ü	ü	Ch	ch
✓	✗	—	—	—	—	└	┐
Sch	sch	/	/	ε	/	.	:
└	┐	—	—	—	—	└	┐
(	)	1.	2.	3.	4.	5.	6.
└	┐	┌	┘	└	┐	┌	┘
7.	8.	9.	0.				



# Elektromos jelátvitel

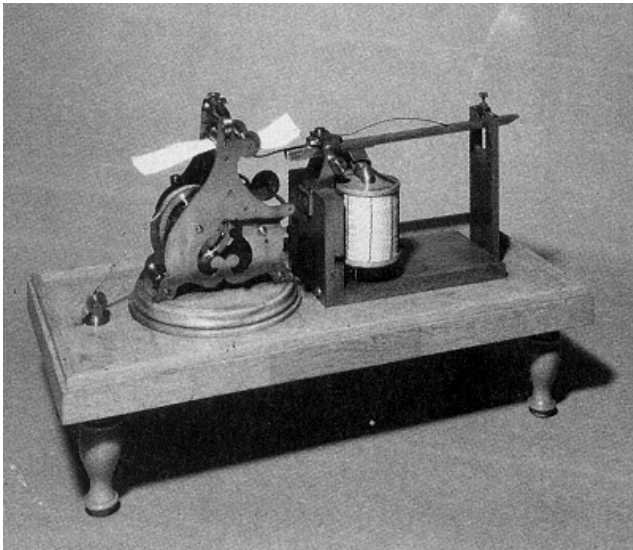
1832-33

**Schilling orosz diplomata 6 tús távírója, Gauss-Weber tús távírója.**  
Mágneses elven működő két drótos távíró, csengetési funkcióval.



1844.

**Morse és William Fardely egymástól függetlenül találták fel a relét.**



# Kereskedelmi méretű távközlő hálózatok

1850. **Tenger alatti kábel Calais és Dover között.**  
1851. **Siemens & Halske: tűzjelző hálózat Berlinben**

A hálózatba kötött tűzjelző oszlopoknál egy kar meghúzásával az oszlop saját morse-kódját egy tárcsával továbbította a központba.

1858. **Kábel Európa és Amerika között.**



1876. **Alexander Graham Bell telefonja.**  
Adó- és vevőoldali membrán, telefonos összeköttetés 3,2 km-en.

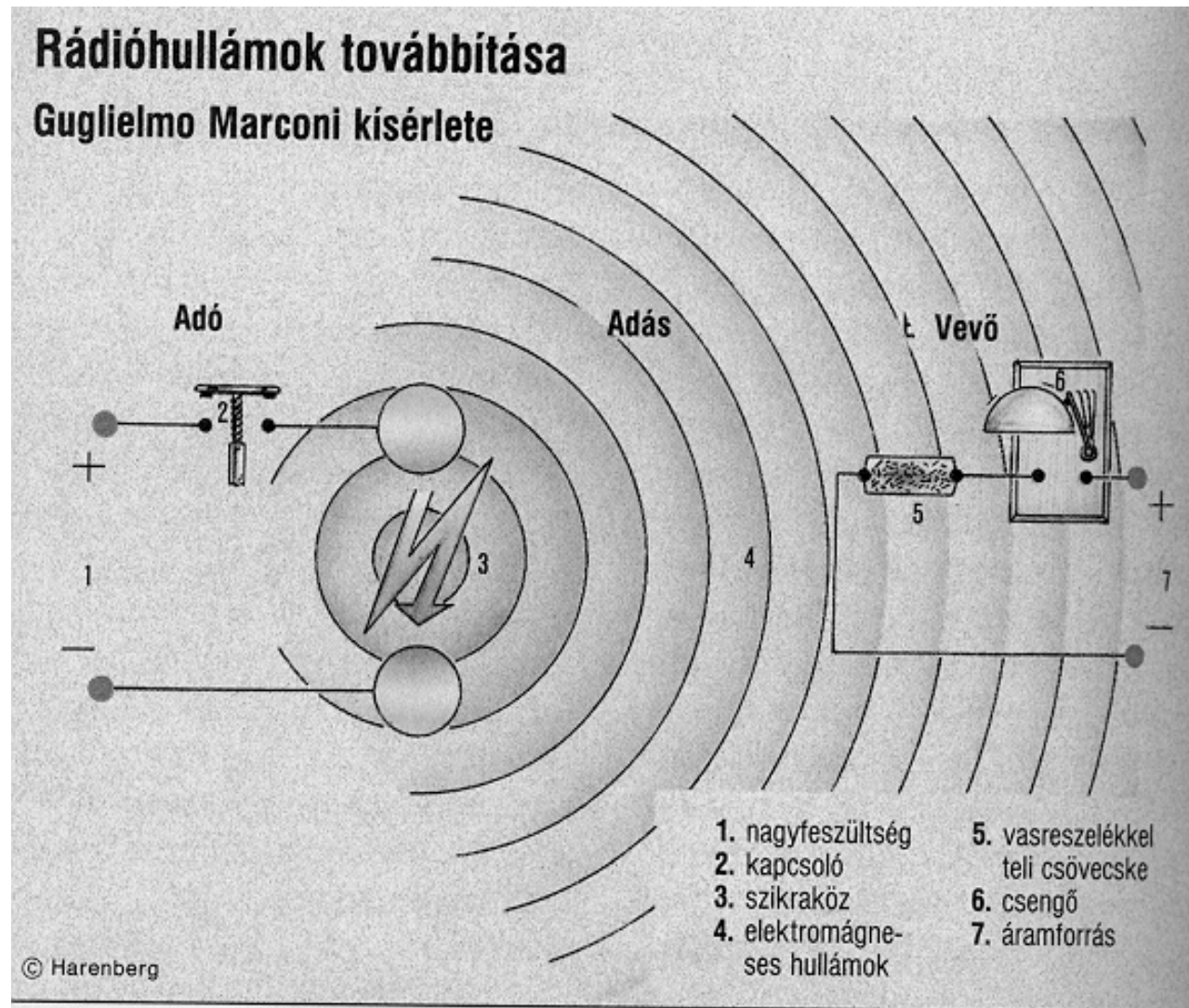
1879. **Puskás Tivadar**  
Első telenfonközpont Párizsban



# A rádiótechnika megjelenése

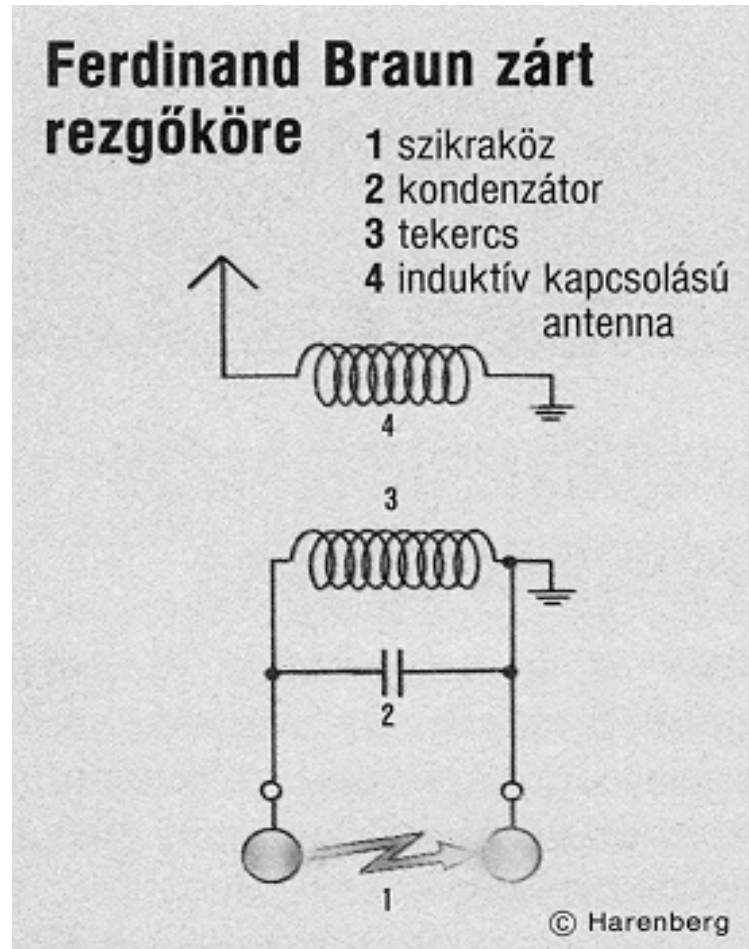
1894.

**Popov és Marconi egymástól függetlenül rádióösszeköttetést valósítottak meg.**



1898

## Braun német fizikus oszcillátora a vezeték nélküli táviróhoz





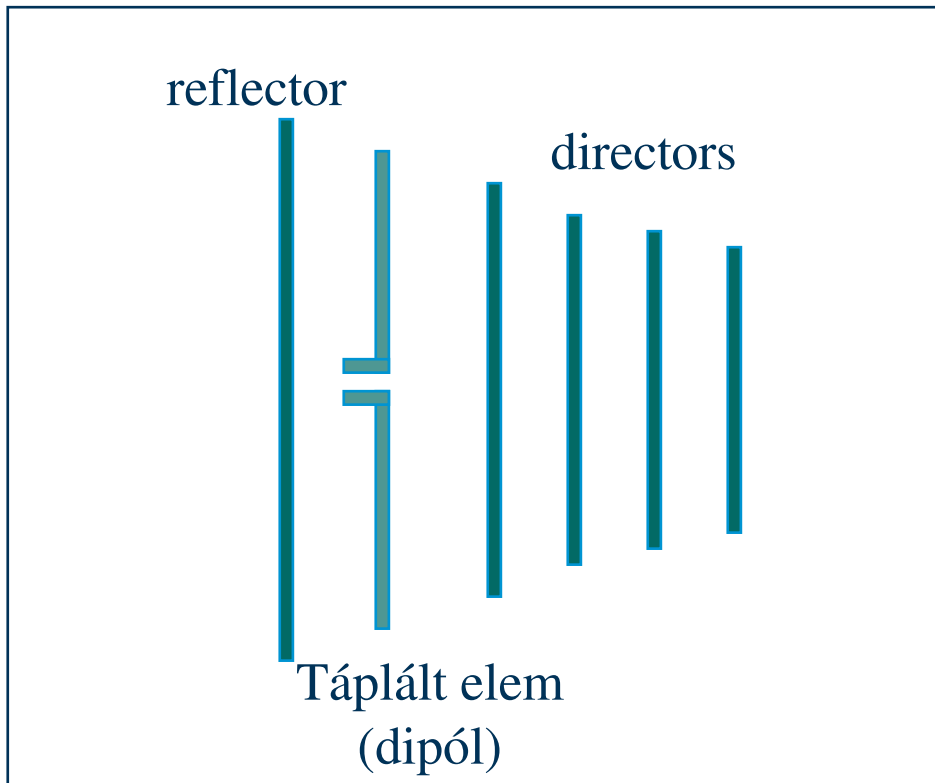
1899

**Az Atlanti óceánt áthidaló vezeték nélküli táviró összeköttetés**

### **Yagi-Uda antenna**

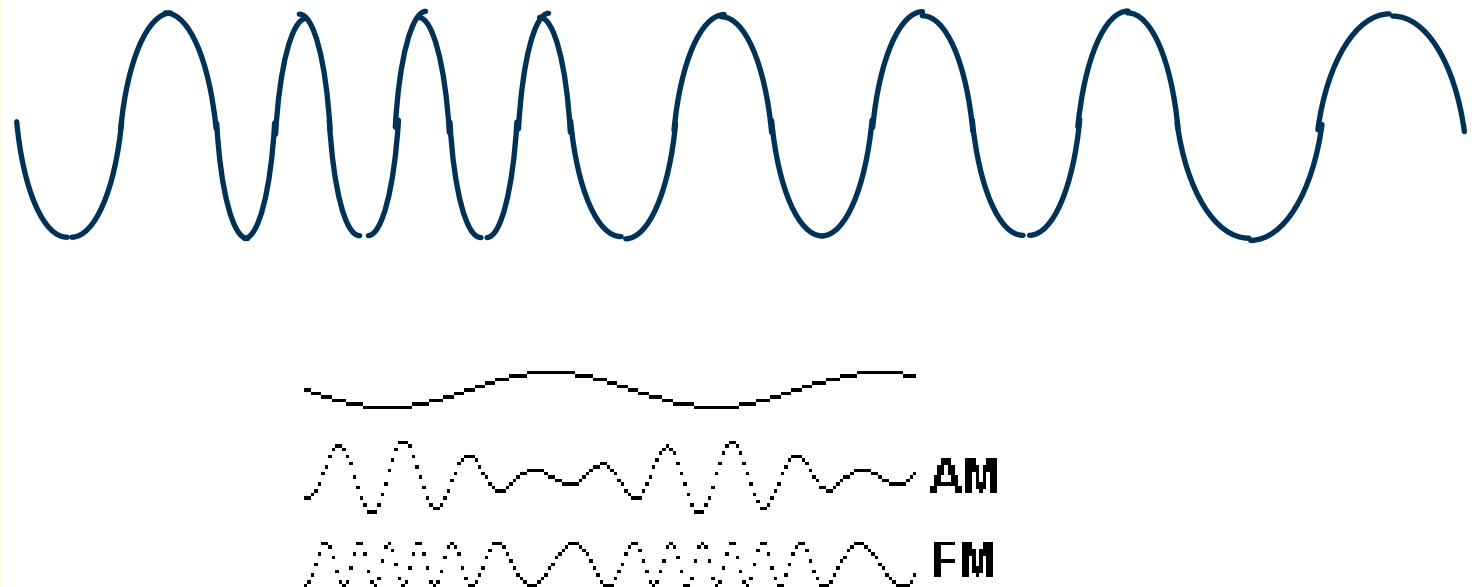
1926

Dr. Hidetsugu Yagi és Dr. Shintaro Uta a Tohoku Császári Egyetemen kifejlesztették az irányított antennát.



1928

**E. H. Armstrong javasolta a frekvenciamoduláció (FM) alkalmazását az amplitudó moduláció helyett (AM).**

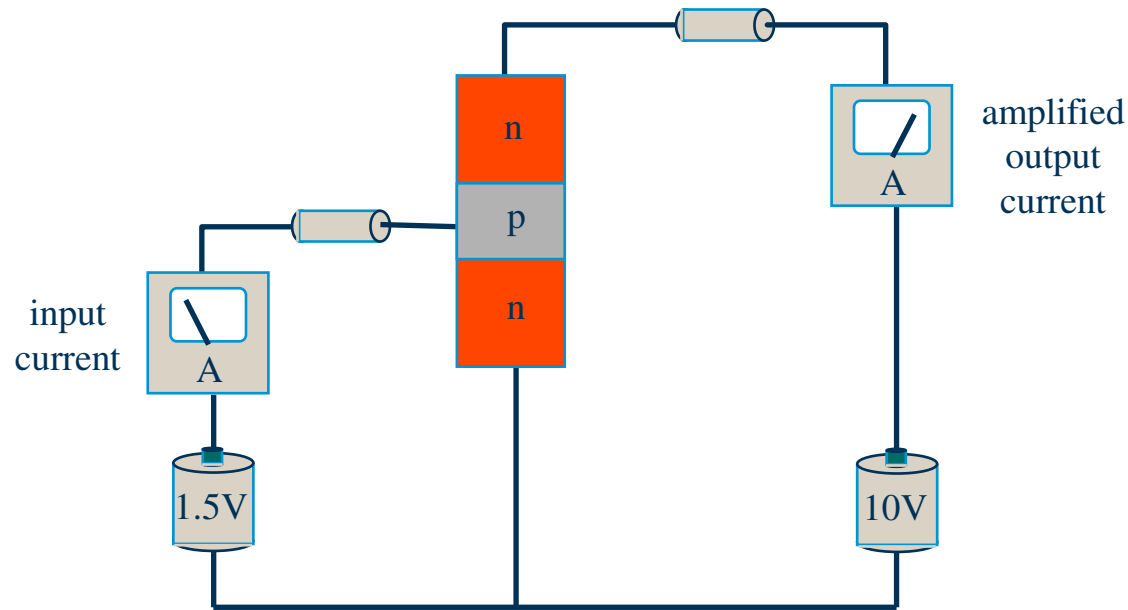


1933

**Walter Schottky német fizikus: pn-átmenet leírása a félvezetőkben → félvezető eszközök gyártásának lehetősége**

1948

A Bell Laboratóriumban kifejlesztették a germánium tranzisztort, mely erősítő eszköznek is alkalmas.



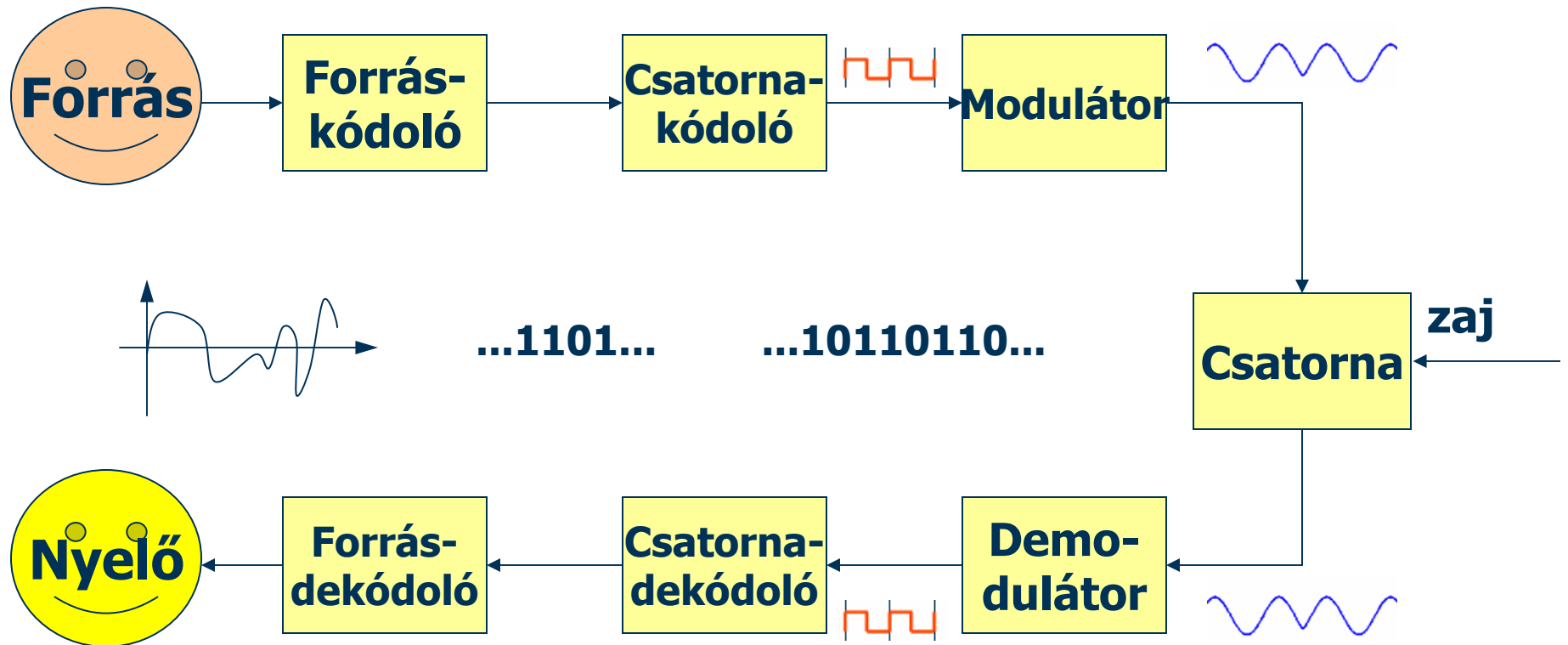
*Transistor vs tube*

# Az elektronika fejlődése, mobil hálózatok megjelenése

- 1949 **Nyomtatott áramkörök**
- 1952 **Integrált áramkörök**
- 1961 **Az USA pályára állította az első távközlési műholdat (MIDAS-3).**
- 1921 A detroiti rendőrség a rendőrautókban 2MHz-es sávban üzemelő mobil telefonokat használt.
- 1933 A New Yorki Rendőrkapitányságon üzembe helyezték az első kétirányú mobil szolgáltatást.
- 1946 A Bell Telephone Laboratories St. Louisban bevezette az első nyilvános mobil rendszert.
- 1971 A Bell System egy a mai cellás elven alapuló új rendszert javasolt.
1981. NMT-450: analóg cellás mobilhálózat Szaud Arábia, Svédország, Norvégia, később Dánia és Finnország)
1991. Digitális mobilhálózat: Az első GSM hálózat működésbe lép Finnországban.

# Digitális jelátvitel

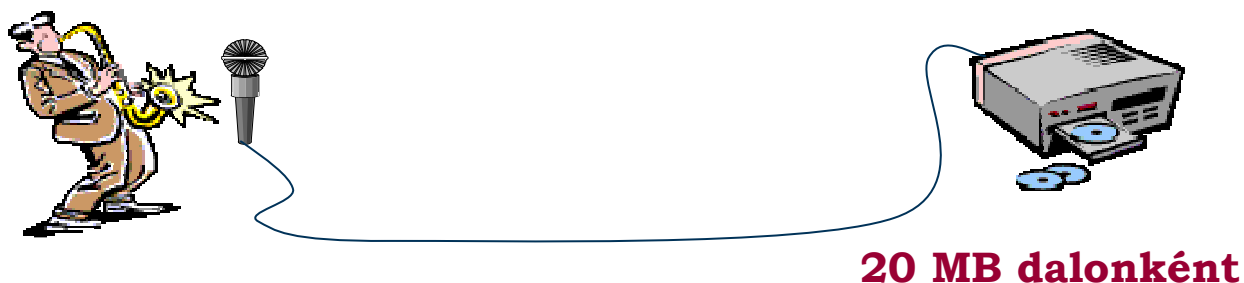
# A digitális jelátvitel általános modellje



# Forráskódolás

- Forráskódolás

- Beszédkódolók
- Multimédiás források kódolása (JPEG, MP3, ...)



# Csatornakódolás

- Csatornakódolás

- A rádiócsatorna zajos ezért bithibák lépnek fel az átvitelben
- Bit Error Rate (BER) = hibás bitek száma / összes bit
  
- hibafelismerés
- hibajavítás
- bithibák hatásának csökkentése



# Jelek alapsávi leírása

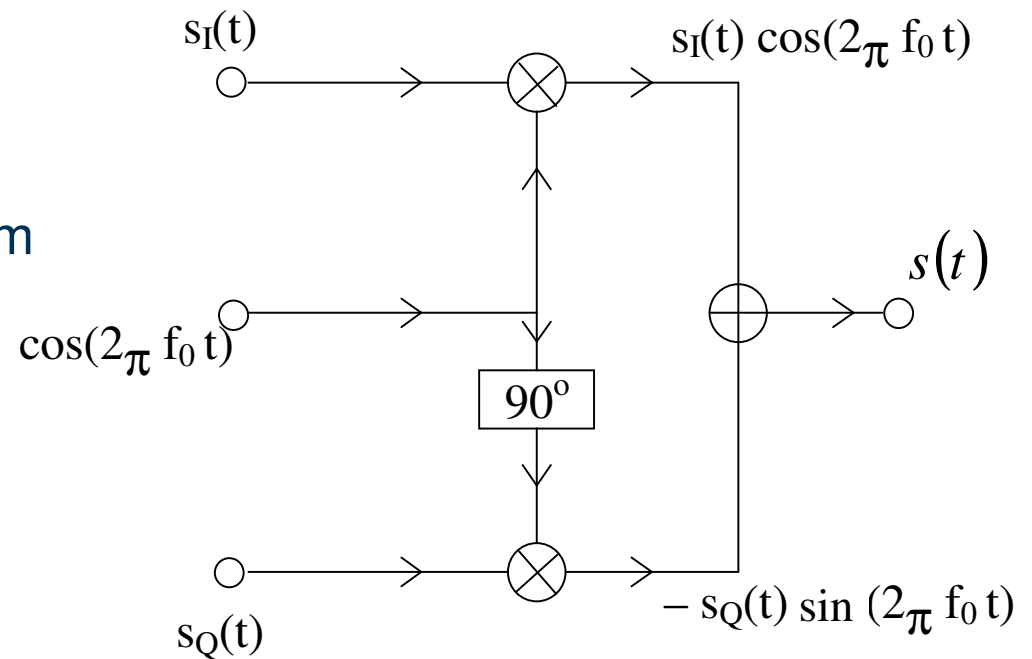
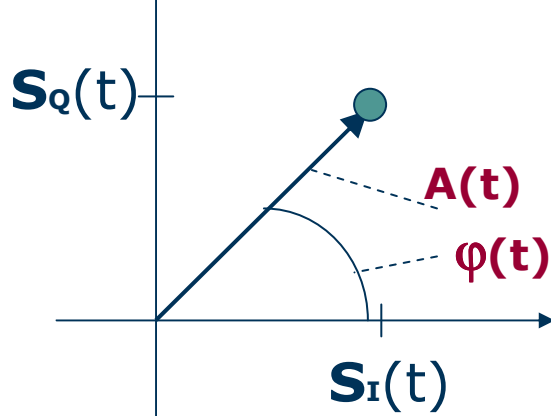
$$s(t) = A(t) \cos(\omega_c t + \varphi(t)) =$$

$$= \underbrace{A(t) \cos \varphi(t)}_{s_I(t)} \cos \omega_c t - \underbrace{A(t) \sin \varphi(t)}_{s_Q(t)} \sin \omega_c t$$

$$\overline{s_{ekv}}(t) = s_I(t) + i \cdot s_Q(t)$$

$$s(t) = \text{Re} \left\{ \overline{s_{ekv}}(t) e^{i\omega_c t} \right\}$$

Fazorábra, Konstellaációs diagram

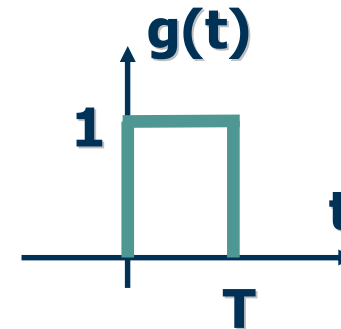


# Lineáris modulációs rendszerek

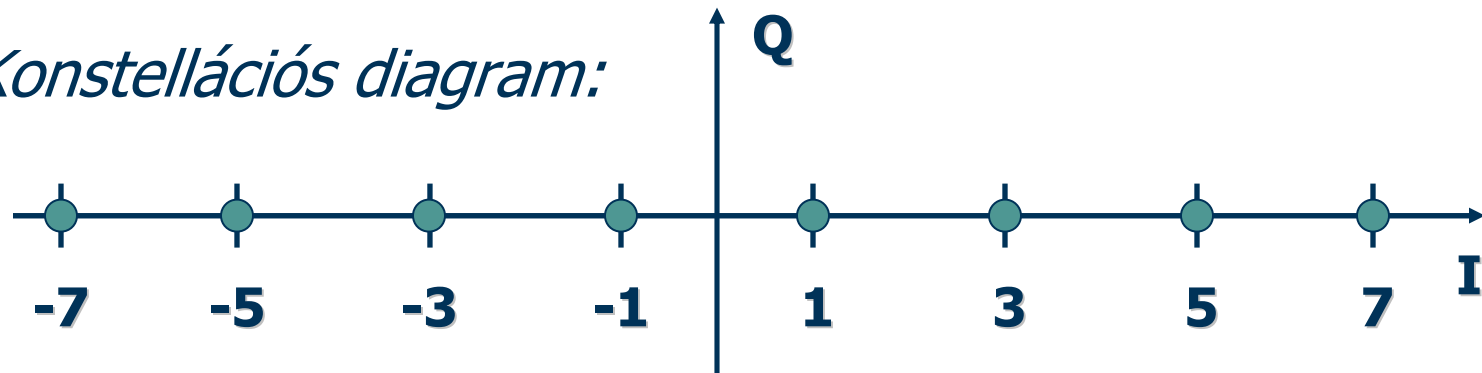
- 1. Amplitúdóbillentyűzés (Amplitude Shift Keying, ASK)
  - A forrás M állapotát a vivő amplitúdójának változtatásával kódoljuk:

$$s_{szimbólum}(t) = a_k \cos(2\pi f_c t); k = \{1, 2, \dots, 8\}$$

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{k,n} g(t - nT) \cos(2\pi f_c t)$$



*Konstellációs diagram:*

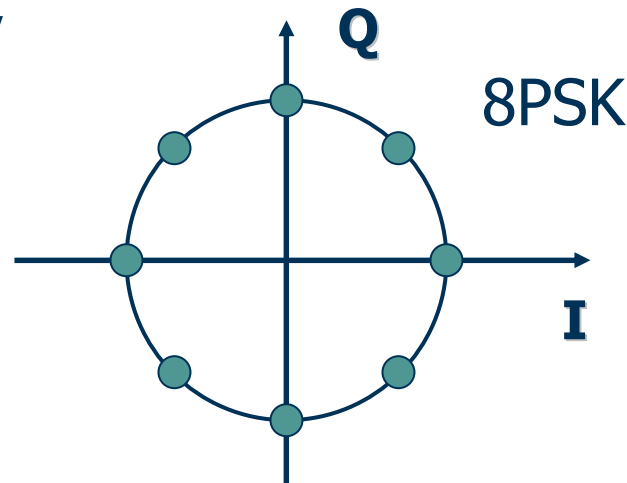


# Lineáris modulációs rendszerek

- 2. Fázisbillyentyűzés (Phase Shift Keying, PSK)
  - A forrás M állapotát a vivő fázisának a változtatásával kódoljuk:

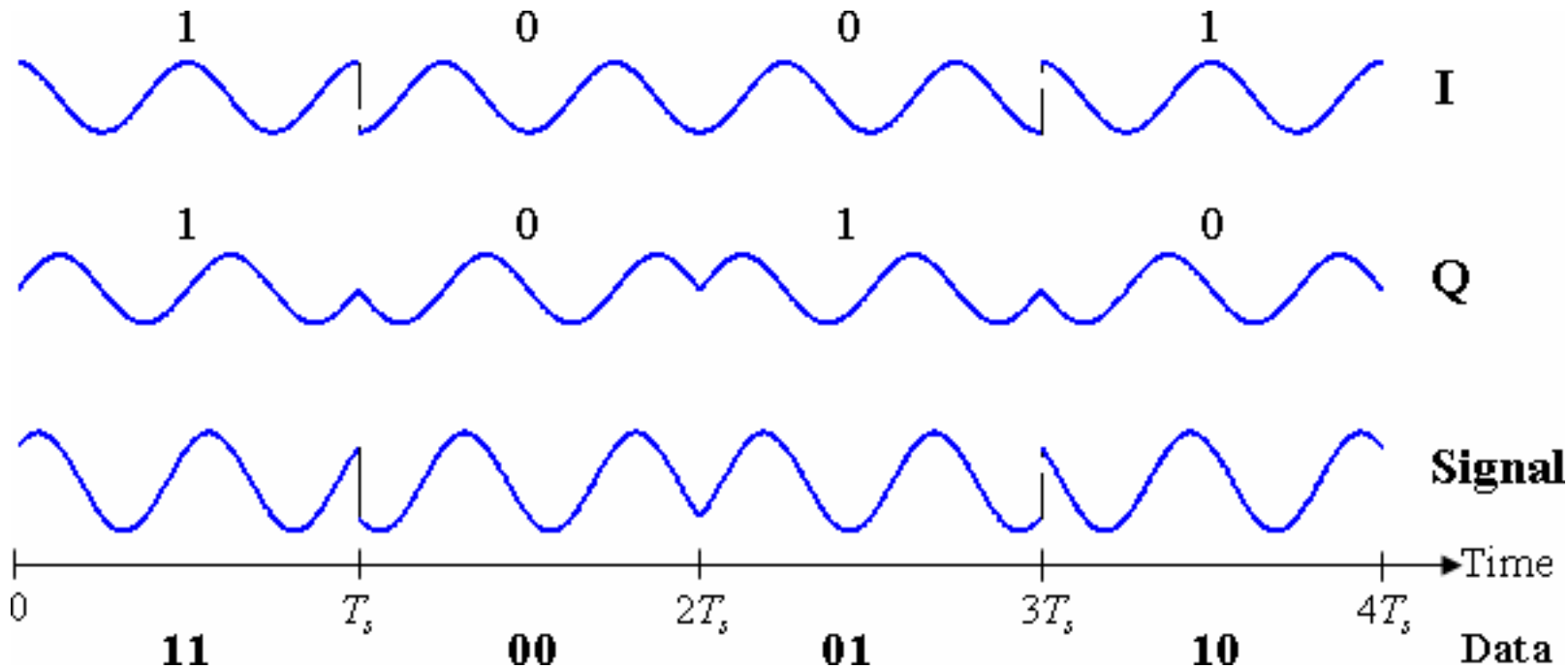
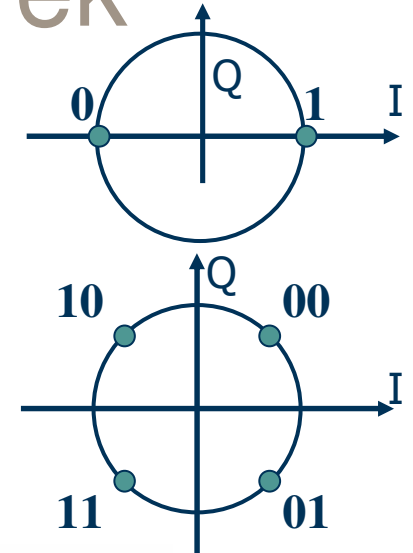
$$s_{szimb.}(t) = \cos(2\pi f_c t + \Theta) \quad \Theta \in 0, \frac{2\pi}{M}, \dots, \frac{2(M-1)\pi}{M}$$

*Konstellációs diagram:*



# Lineáris modulációs rendszerek

- Speciális esetek:
  - $M=2$ : Binary PSK, BPSK (egydimenziós)
  - $M=4$ : Quaternary PSK, QPSK

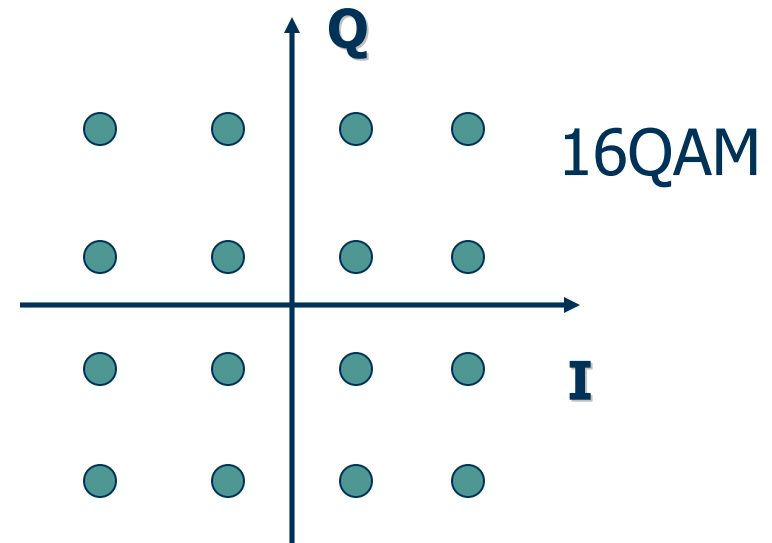


# Lineáris modulációs rendszerek

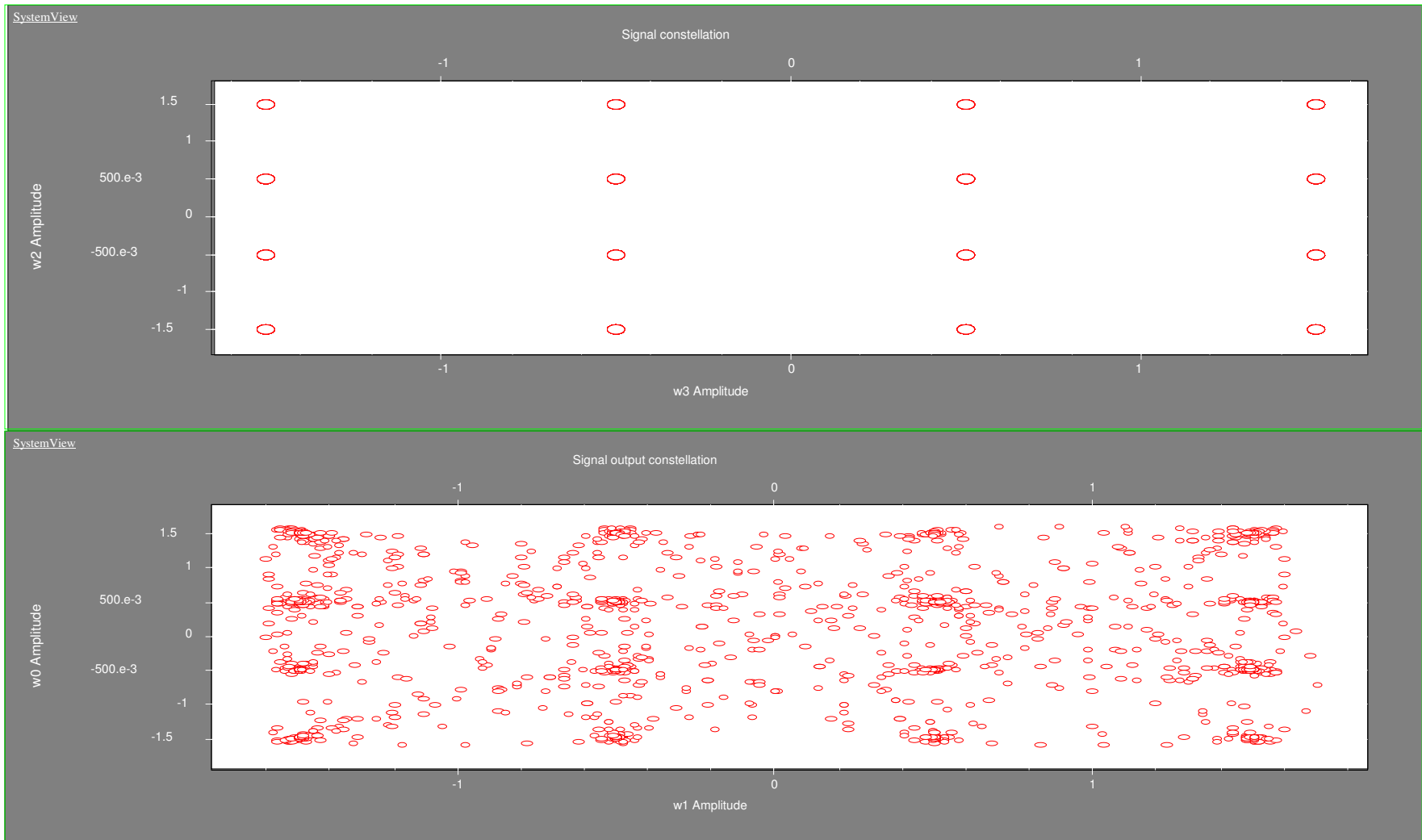
- 3. Kvadratúra-amplitúdómoduláció  
(Quadrature Amplitude Modulation, QAM vagy QASK)
  - ASK a vivő mindkét kvadratúraösszetevőjén
  - $M=8$  felett jobb a PSK-nál
  - Példa: 16QAM

$$s_{szimb.}(t) = I \cos(2\pi f_c t) - Q \sin(2\pi f_c t)$$

$$I, Q = \pm \frac{2k-1}{\sqrt{M}-1}; k = 1, 2, \dots, \frac{\sqrt{M}}{2}$$



# A zaj hatása (16QAM példán)



# Csatorna hozzáférés

# Csatornafelosztás

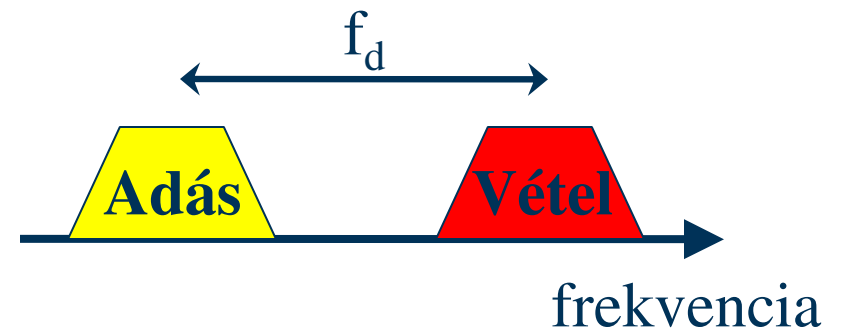
- **Szimplex**
  - egyirányú kommunikáció
- **Félduplex**
  - kétirányú kommunikáció, de egyidejűleg csak az egyik végpont adhat, a csatornát felváltva használják
- **Duplex**
  - egyidejű, kétirányú kommunikáció

Feladat: duplex esetben az **adási és a vételi irány elválasztása** (duplexing)



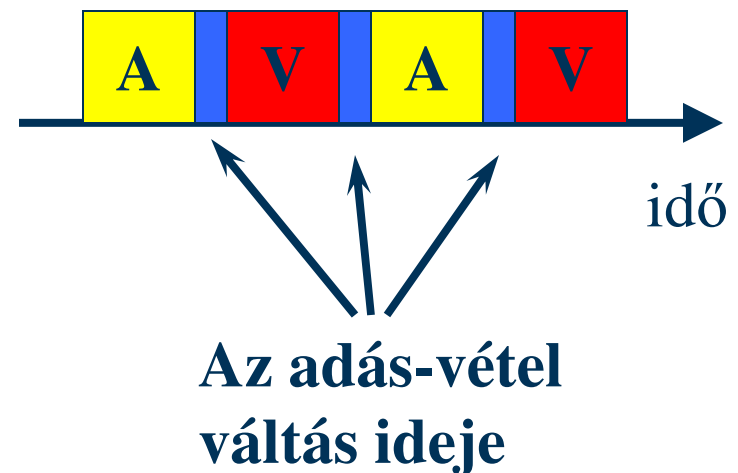
# A duplexing módszerei

- **Frekvenciaosztásos duplex**  
(Frequency Division Duplexing, FDD)
  - Adás és vétel két különböző frekvencián történik



# A duplexing módszerei

- **Időosztásos duplex (Time Division Duplexing, TDD)**
  - Adás és vétel felváltva, “ping-pong”-módszerrel ugyanazon a frekvencián (gyors váltogatás, a felhasználó nem érzékeli)



# A többszörös hozzáférés (Multiple Access)



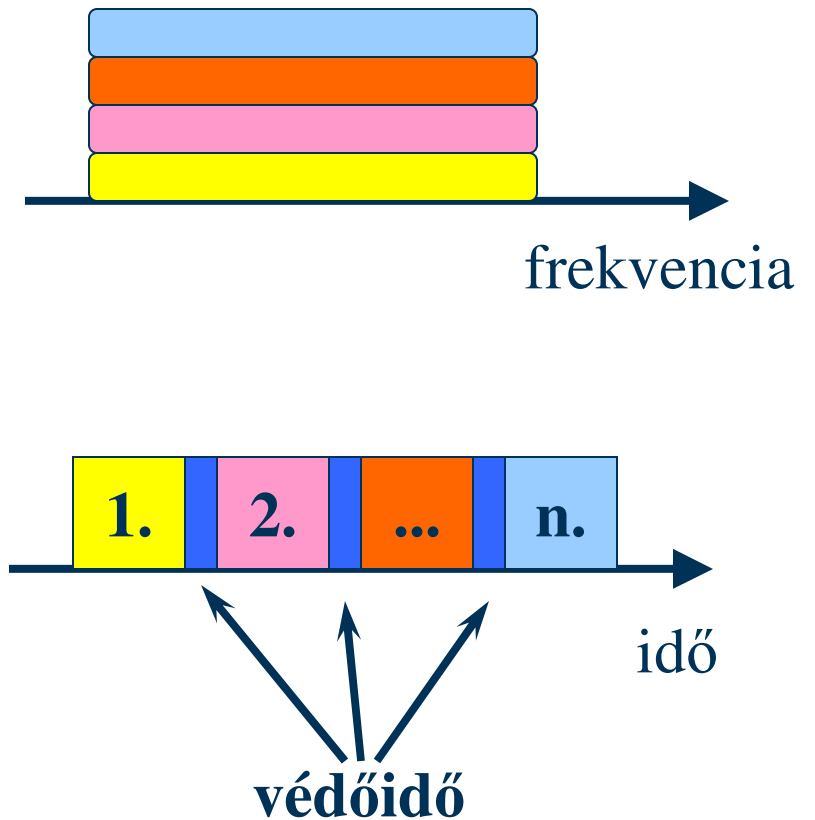
- Feladat: **több felhasználó között** meg kell osztani a rendelkezésre álló csatornát.
- Probléma: a felhasználói igények egyidejűleg jelentkeznek.

# A többszörös hozzáférés módszerei

- Időosztás (TDMA)
- Frekvenciaosztás (FDMA)
- Kódosztás (CDMA)
- Térosztás (SDMA)
  
- A fentiek kombinációi

# Időosztásos többszörös hozzáférés (Time Division Multiple Access, TDMA)

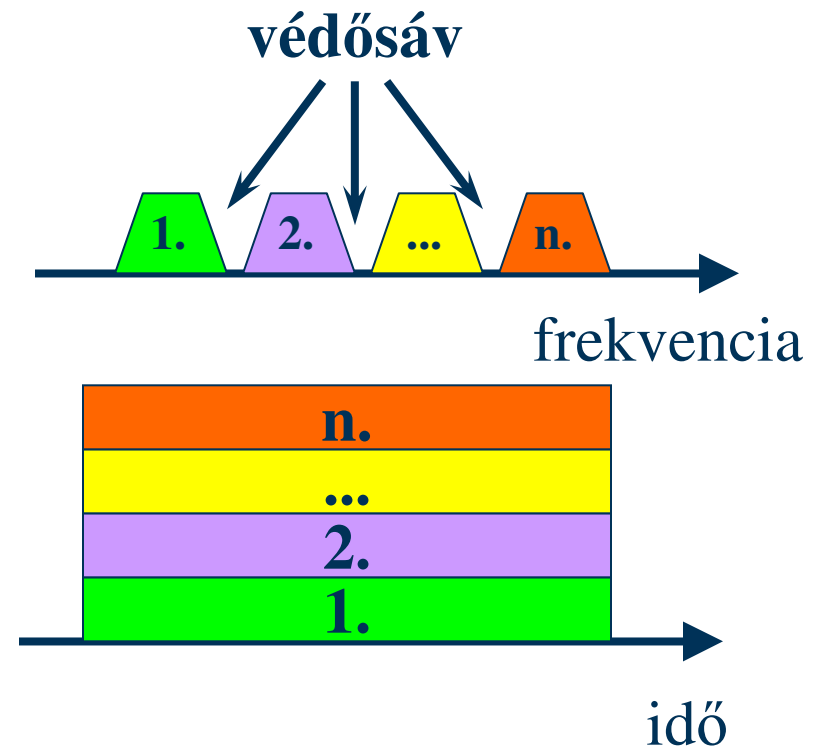
- A rendelkezésre álló idő felbontása ortogonális (nem átlapolódó) időrésekre
- Egy időrést egy felhasználóhoz rendelünk
- Az időrések között védőidő (guard time) szükséges lehet



# Frekvenciaosztásos többszörös hozzáférés

(Frequency Division Multiple Access, FDMA)

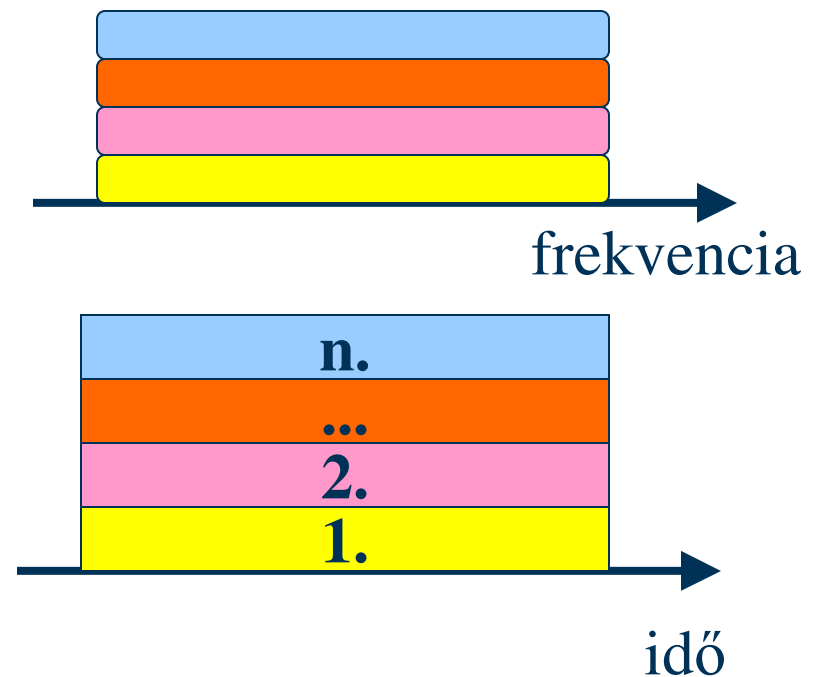
- A rendelkezésre álló frekvenciatartomány felbontása átlapolódásmentes csatornákra
- A csatornák között védősávok (guard band)



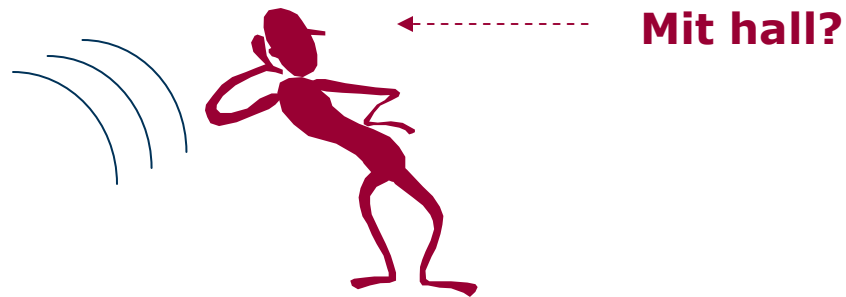
# Kódosztásos többszörös hozzáférés

(Code Division Multiple Access, CDMA)

- A felhasználók szórt spektrumú jelekkel kommunikálnak, kváziortogonális kódokat használva
- Minden felhasználó egyidejűleg, ugyanazon a frekvencián forgalmaz, a felhasználókat a kódjaik választják szét



# CDMA koktélparti

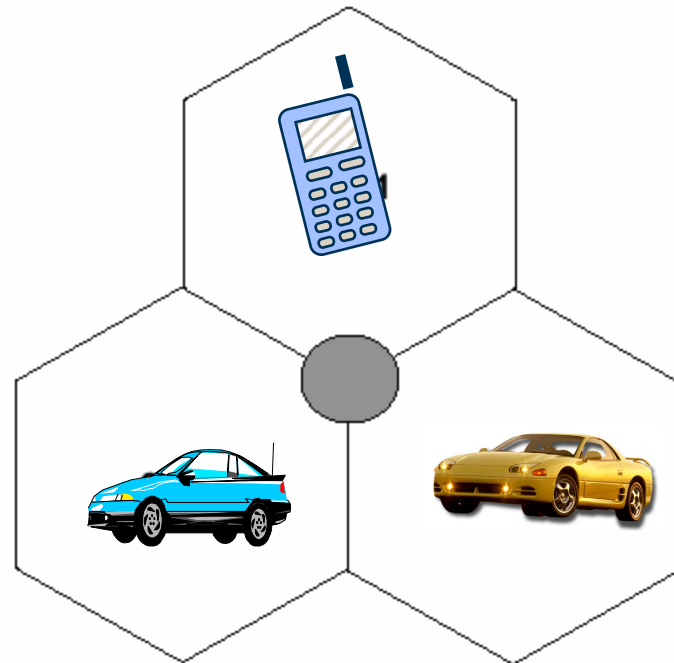




# Térosztásos többszörös hozzáférés

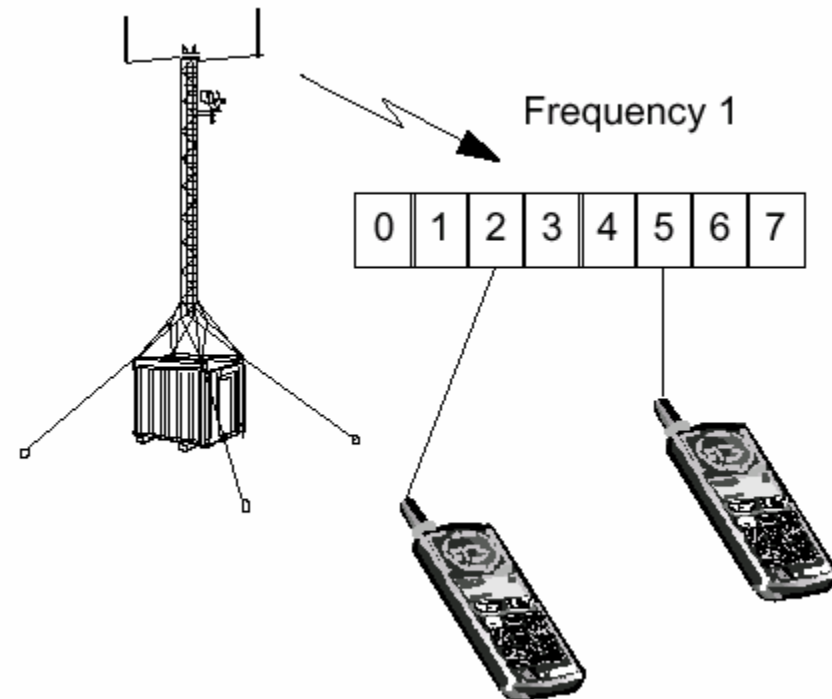
(Space Division Multiple Acces, SDMA)

- A felhasználókat térben választják el egymástól, pl. irányított antennák ill. szektorizált cellák segítségével



# Példa: a GSM rendszer

- FDMA/TDMA/FDD rendszer:
  - Több frekvenciasáv áll rendelkezésre (mindegyik 200 kHz széles)
  - Az egyes frekvenciasávokon belül időosztást alkalmaznak, a 8 időrés mindegyike 1-1 beszédkapcsolat
  - Az adás és a vétel különböző frekvenciákon történik, a duplex távolság 45 MHz

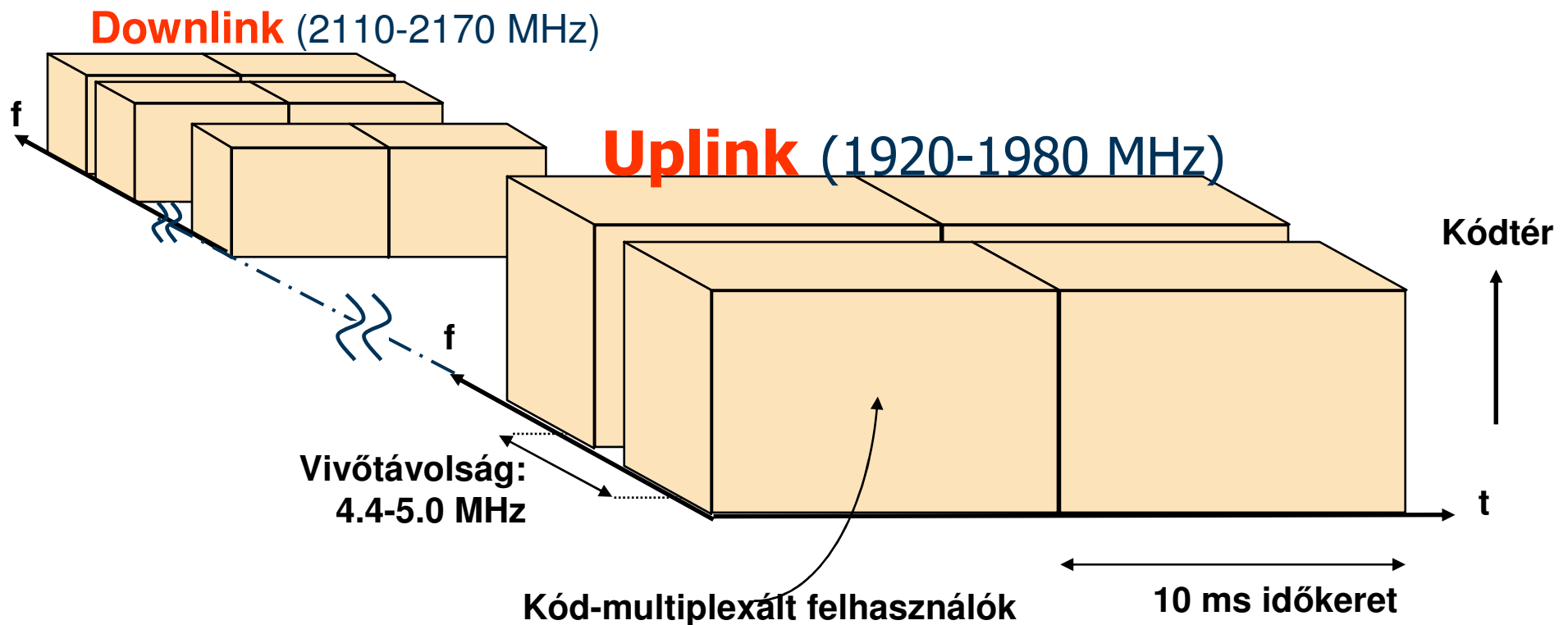


# Példa: WCDMA

CDMA  $\equiv$  WCDMA (amely egy szabványt is jelent)

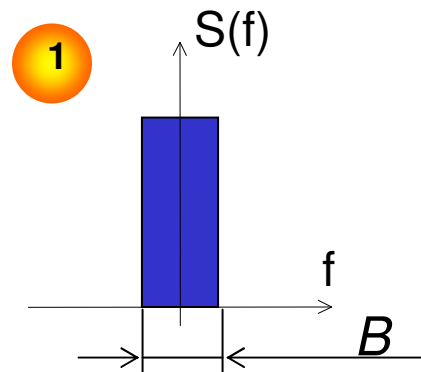
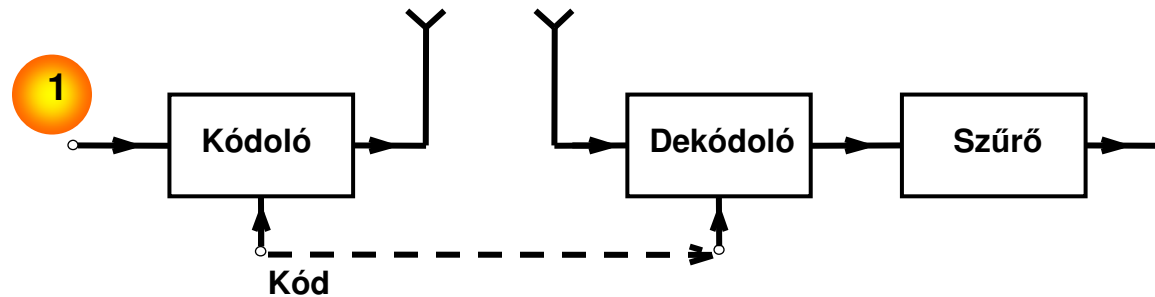
Duplexelés: FDD (Frekvenciaosztásos duplex)

A fizikai csatorna azonosítása: egy kóddal és egy frekvenciával



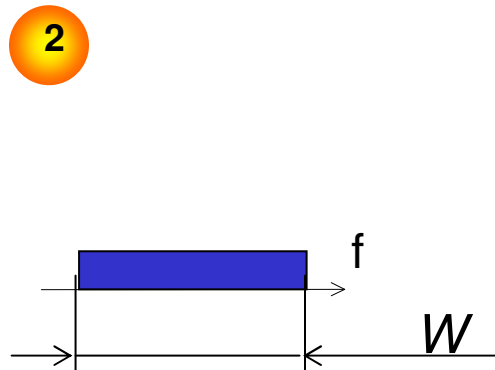
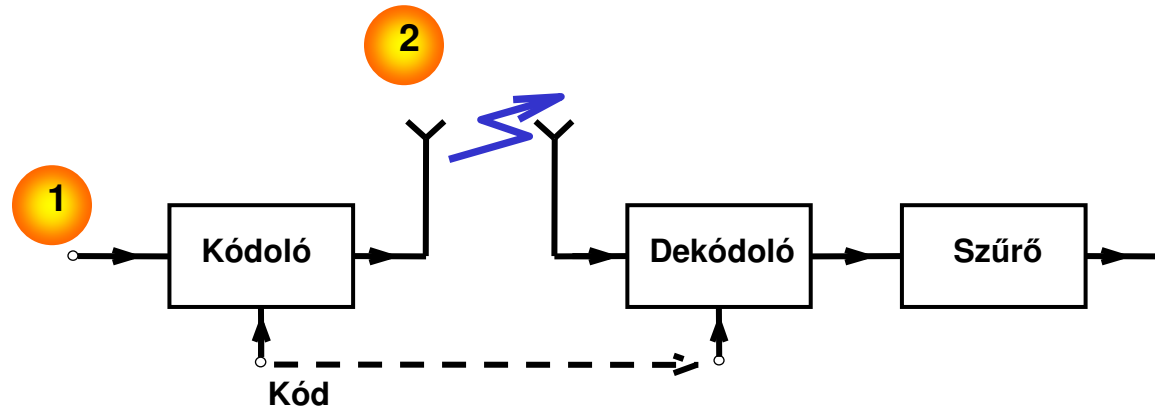
# Bevezetés a 3G-be

# A szórt spektrumú adatátvitel elve Frekvenciatartomány



# A szórt spektrumú adatátvitel elve

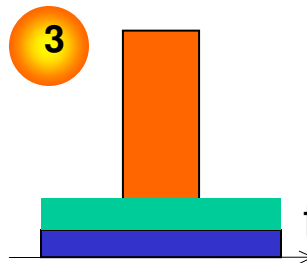
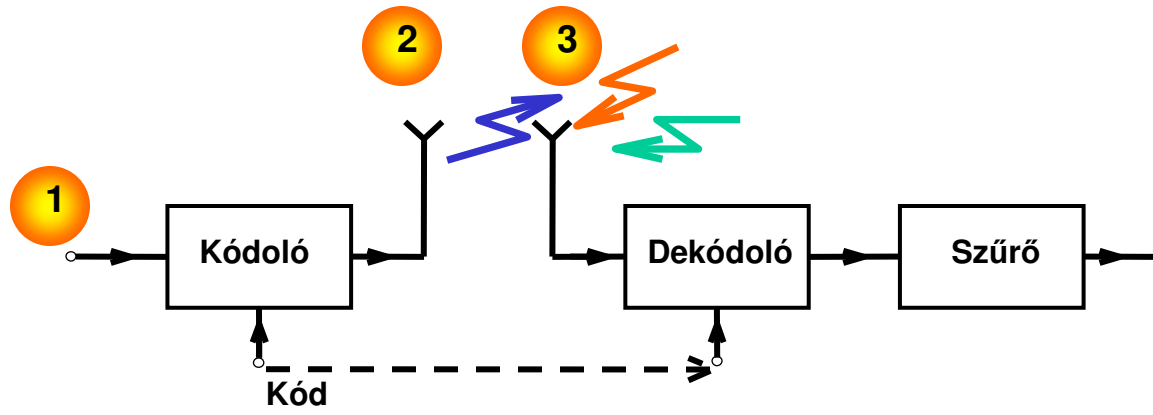
## Frekvenciatartomány



A kiterjesztő művelet semlegesíti önmagát (önadjungált):  $f(f(x)) = x$

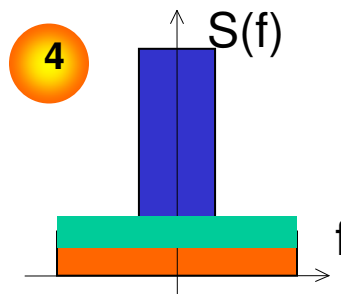
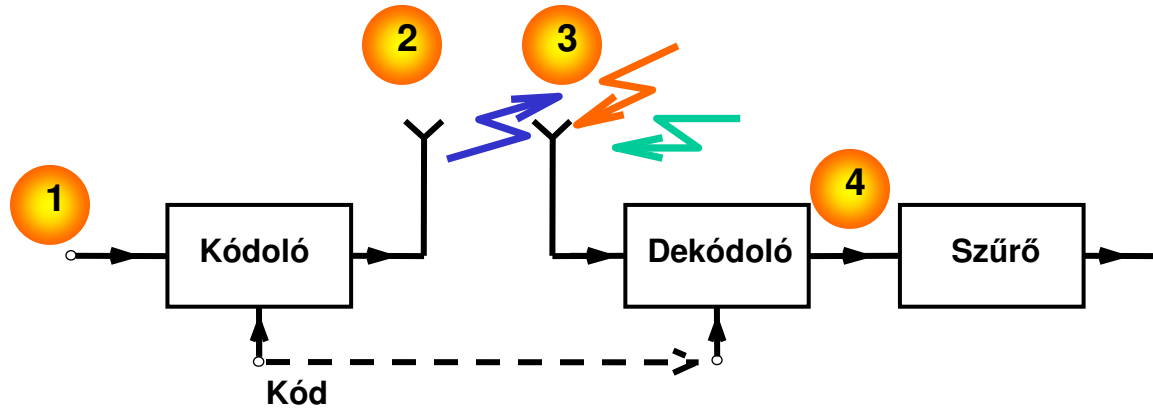
# A szórt spektrumú adatátvitel elve

## Frekvenciatartomány



# A szórt spektrumú adatátvitel elve

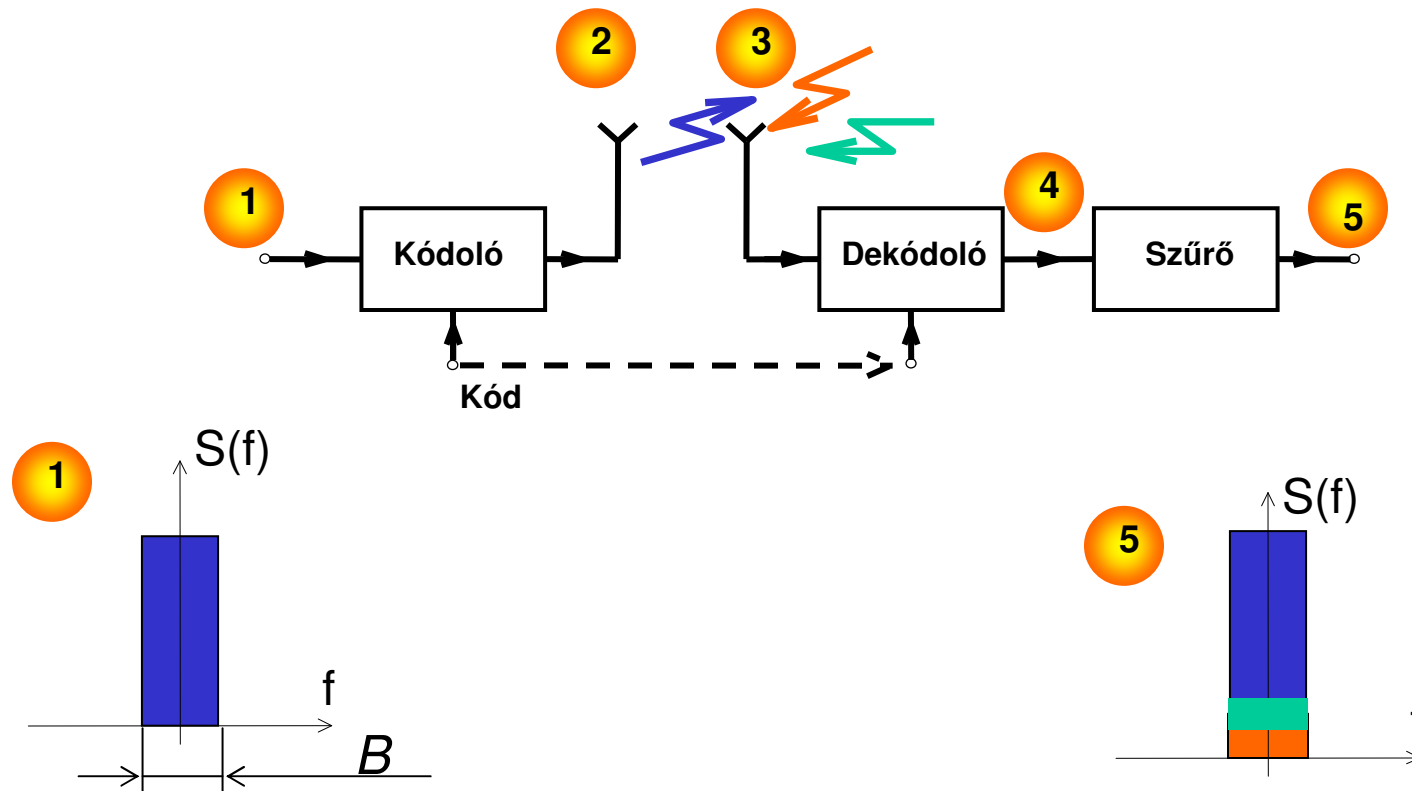
## Frekvenciatartomány





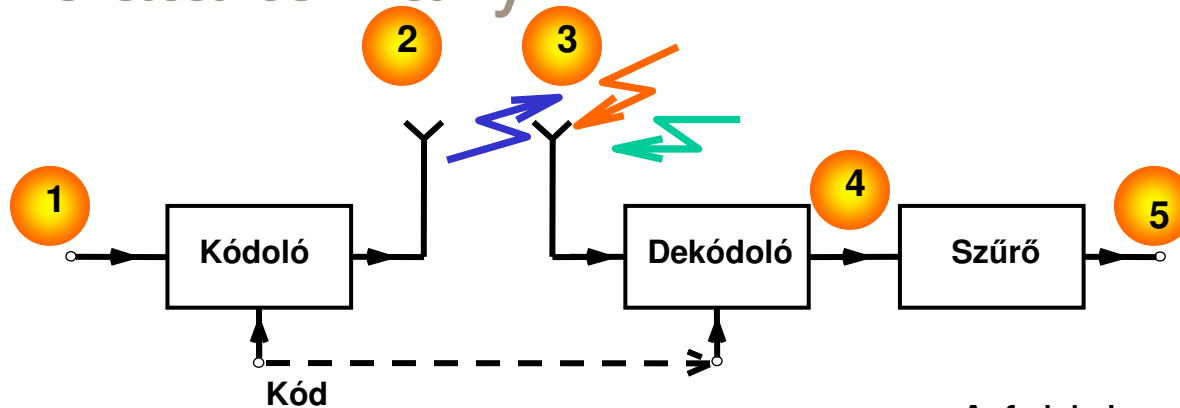
# A szórt spektrumú adatátvitel elve

## Frekvenciatartomány



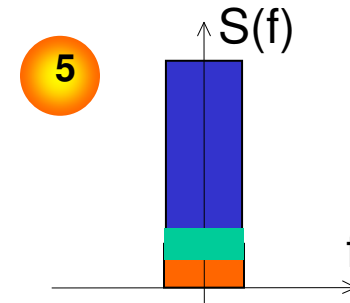
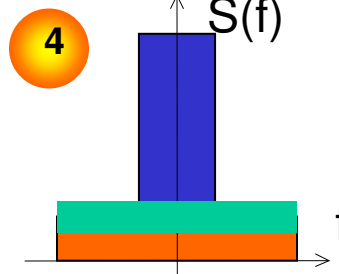
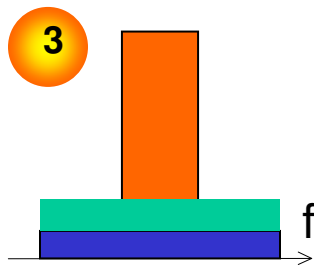
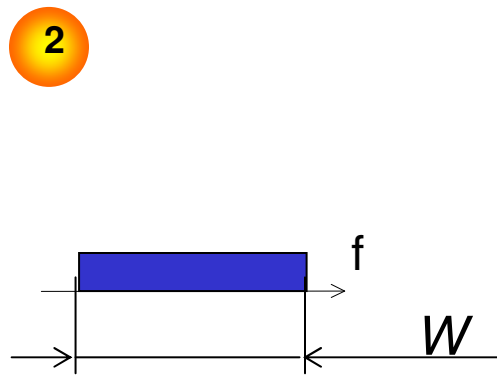
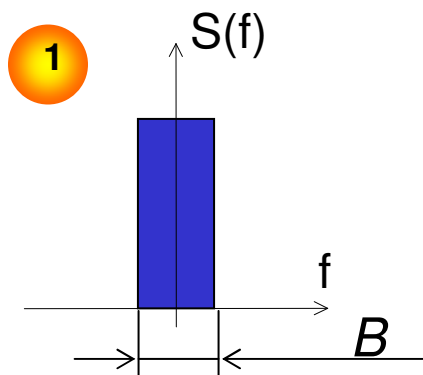
# A szórt spektrumú adatátvitel elve

## Frekvenciatartomány



A feldolozási nyereség  
(Processing Gain):

$$PG = \frac{W}{B}$$



# SS (Spread Spectrum) technika előnyei

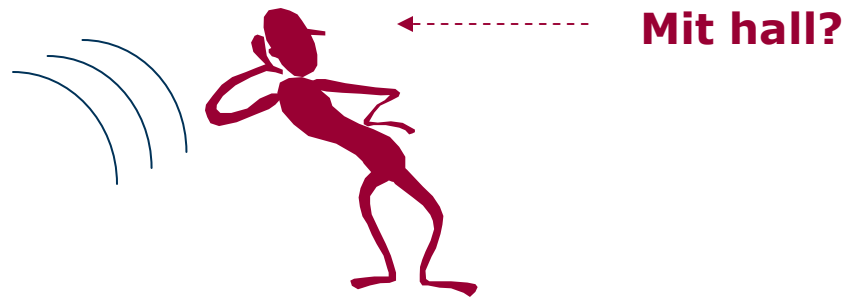
Pont-pont közötti átvitelben:

- Interferencia elnyomás (Anti Jamming)
- Kis spektrális sűrűség
- Frekvenciaszelektív csatorna elleni védelem:  
“diversity” képesség (~ frekvency diversity)

Többfelhasználós üzemmódban

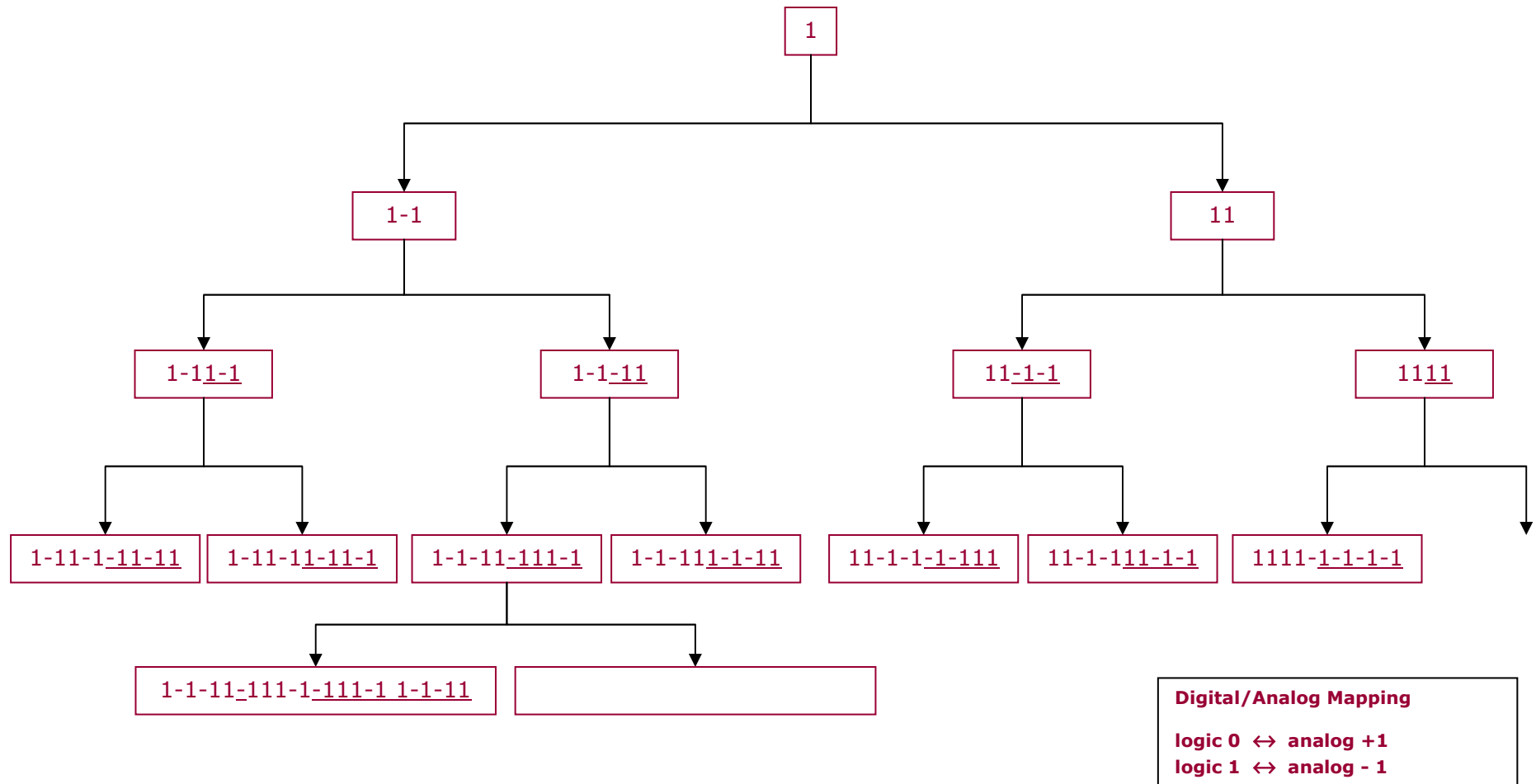
- Kódosztás: azonos frekv.sávban több felhasználó lehet
- TDMA-hoz képest egyszerűbb rendszerszinkronizálás
- Spektrális kihasználtság előnyös

# CDMA koktélparti

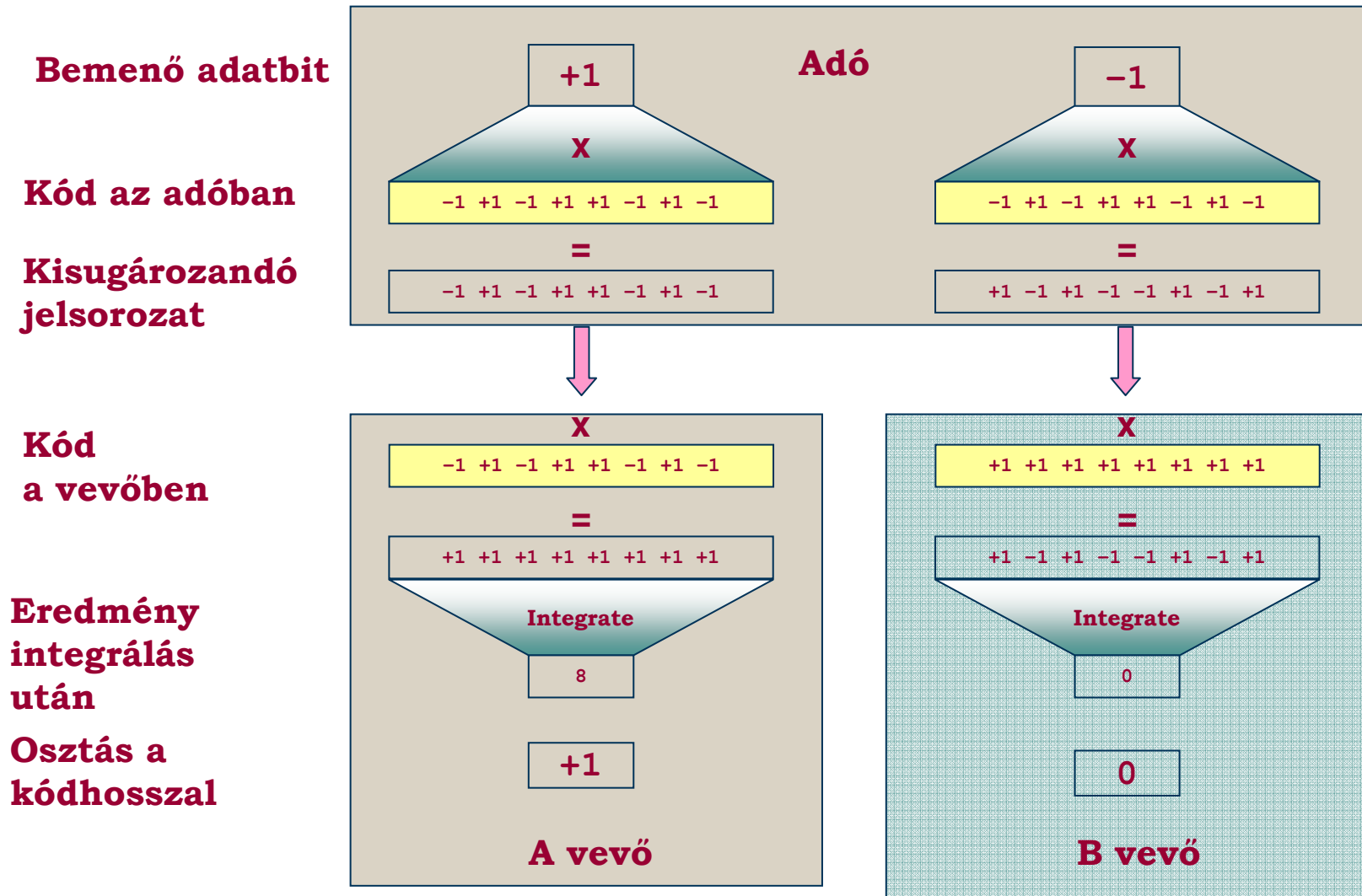


# Ortogonalis kódok generálása

## Példaként a Walsh kódja

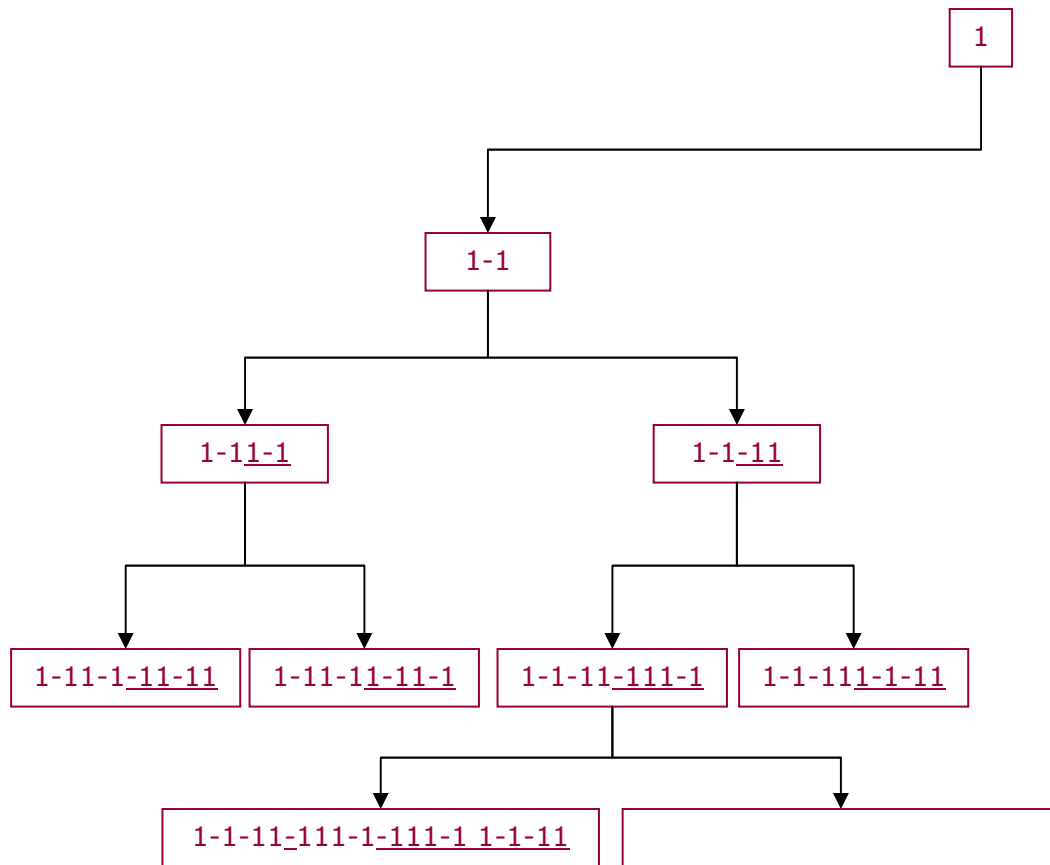


# Ortogonalis kódok tulajdonságai



# Ortogonalis kódok generálása

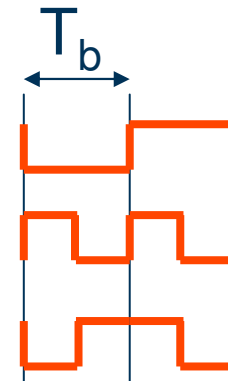
## Példaként a Walsh kódja



Eredeti adat

Kód (1 -1)

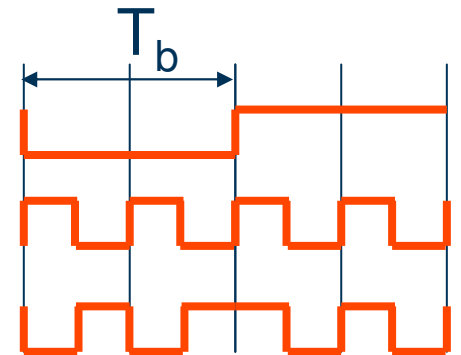
Kódolt adat



Eredeti adat

Kód (1 -1 1 -1)

Kódolt adat



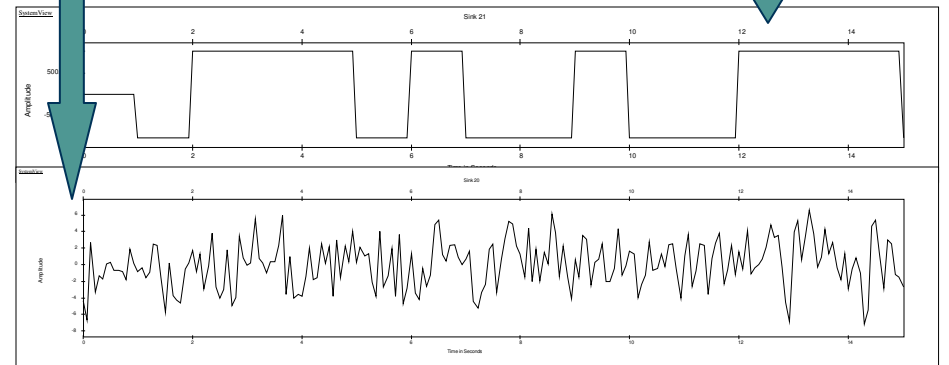
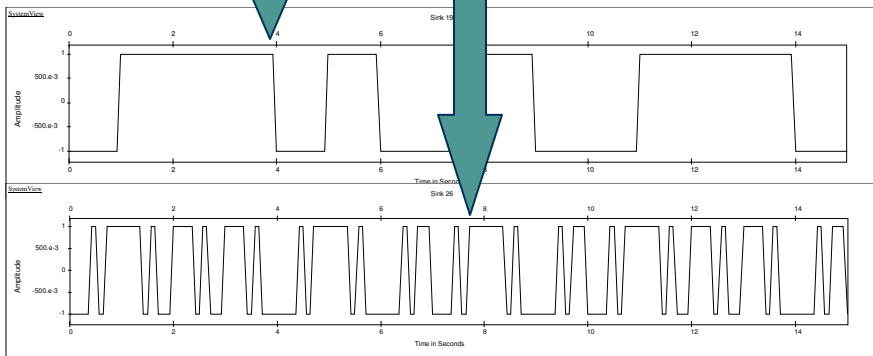
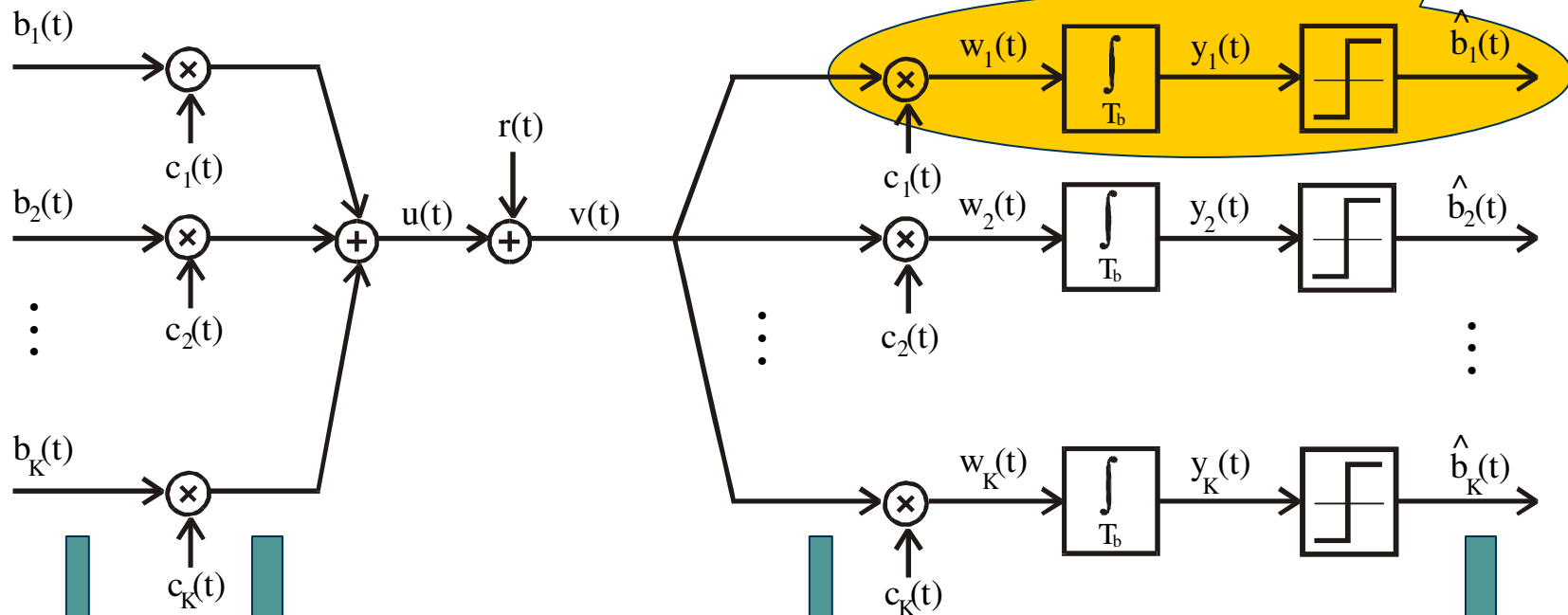
**Digital/Analog Mapping**

logic 0 ↔ analog +1

logic 1 ↔ analog -1

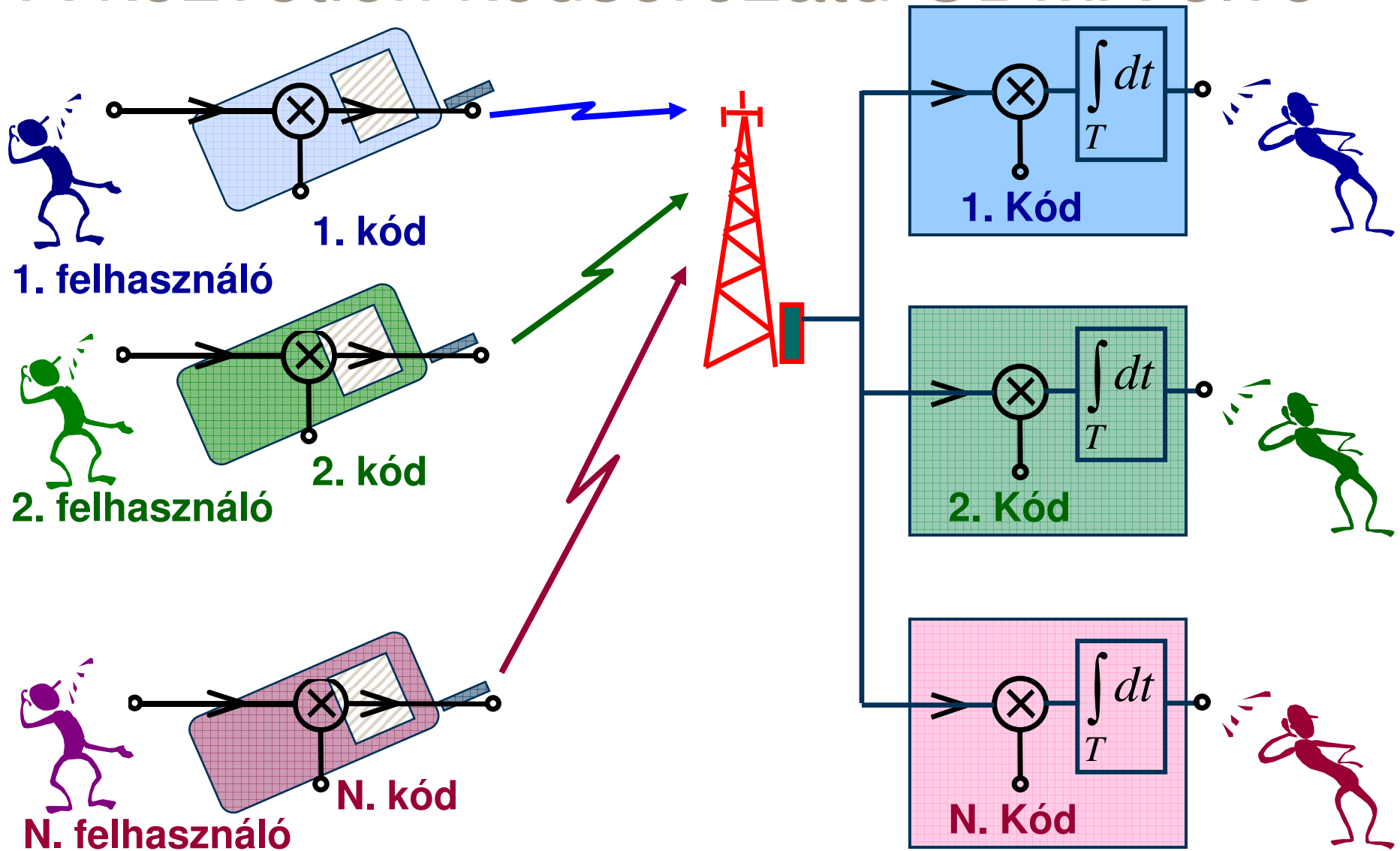
# DS-SSM átvitel

## Korrelációs vevő

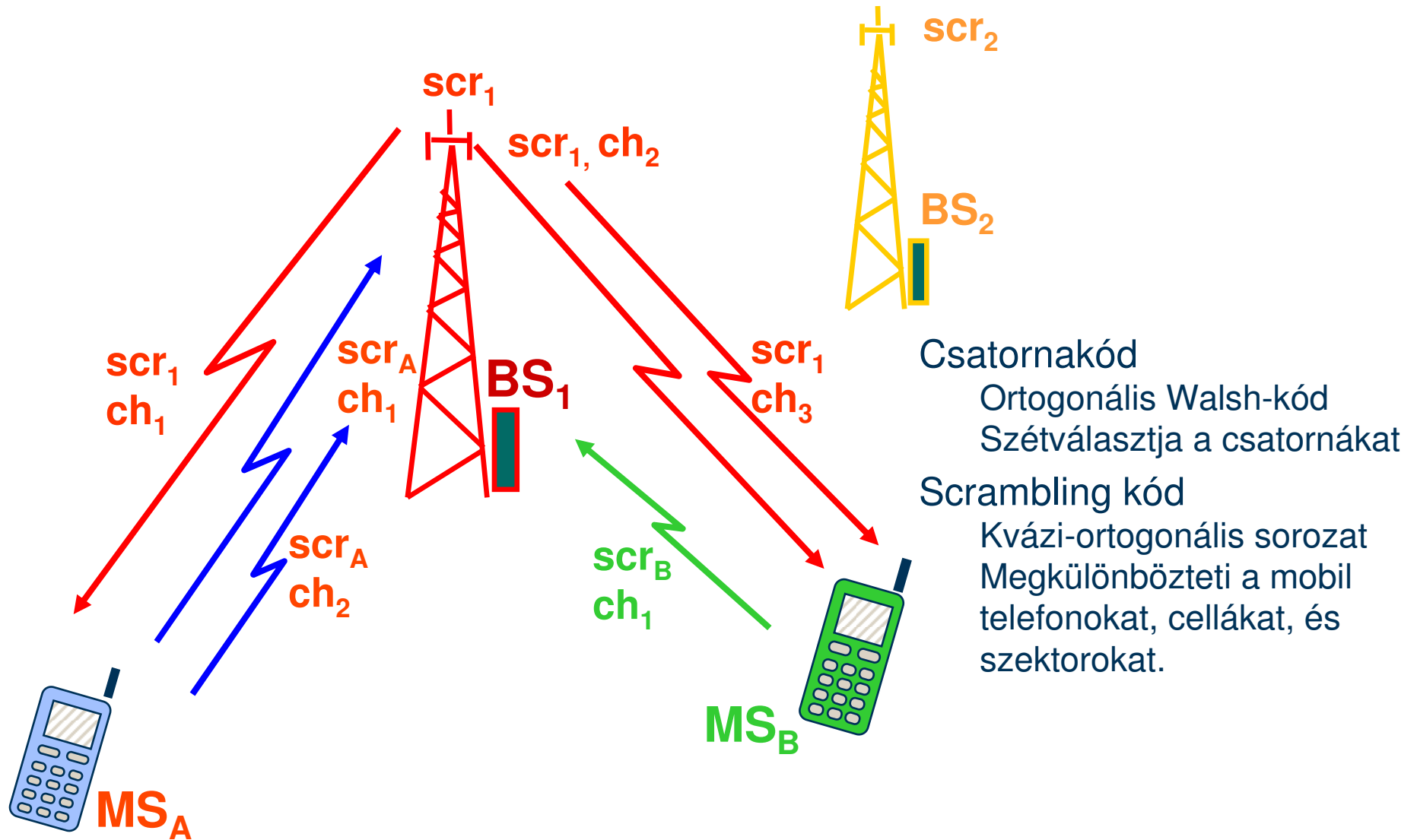




# A közvetlen kódsorozatú CDMA elve

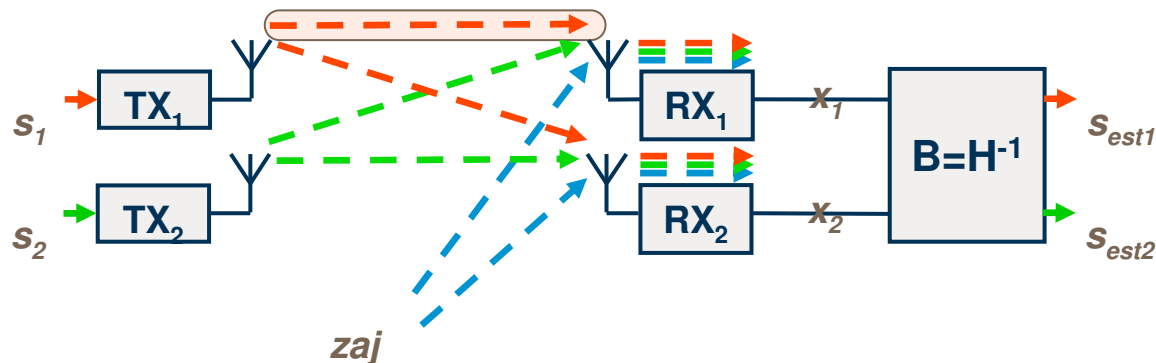


# Kódok a WCDMA-ban



# Sebesség- és kapacitásnövelő technológiák

- HSDPA: gyors csomagalapú letöltés, 11Mbps sebesség elérése
  - 16QAM és 64QAM és adaptív moduláció
  - gyors ütemezés
  - gyors újraküldési funkció
- HSUPA: gyors csomagalapú feltöltés, 16QAM, 5 Mbps
- Fejlett vételi eljárások: többutas terjedés okozta interferencia kiszűrése
- MIMO: több bemenetű – több kimenetű antennarendszerek: >21Mbps elérése (16QAM-el)



# A 3G mobiltávközlés fejlődése

## 1992. **IMT-2000 rendszerek definiálása**

A Nemzetközi Távközlési Szervezet (ITU) döntése a 2000 MHz-es sávok felhasználásáról nagy sávszélességű mobilhálózatok céljára (2000 kbps, 2000 MHz-en 2000-re).

1998.

**CDMA technológia** kiválasztása az IMT-2000 céljára.

1999.

**Elkészül a 3GPP Release-99** szabvány.

2000.

## **3G spektrum aukciók**

2001.

A japán NTT DoCoMo elindítja az első szélessávú CDMA hálózatot.

2004.

Az Ericsson demonstrálja a nagysebességű letöltést (**HSDPA**), 11Mbps-os sebességgel.

2005.

Az Ericsson 1.6 Mbps-os nagysebességű feltöltést (**HSUPA**) valósít meg.

2006.

Las Vegasban az Ericsson 28 Mbps-os letöltést mutat be több bemenetű – több kimenetű (**MIMO**) technika segítségével.

2007.

Az Ericsson a **3G LTE** tesztrendszerén 144 Mbps sebességet mutatott be.

2000. év spektrum tenderei	Licencdíj (€ / lakos)
UK	650
Hollandia	170
Németország	615
Olaszország	212
Ausztria	105
Lengyelország	51
Portugália	40
Svájc	20

