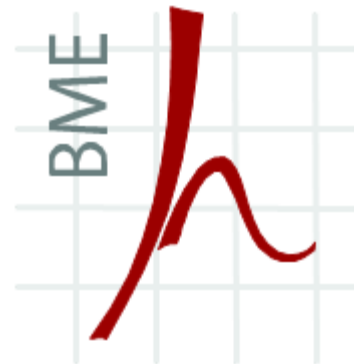




1. ELŐADÁS

Bevezetés, alapok, ismételés

- Schulcz Róbert
- schulcz@hit.bme.hu
- I.E.504.
- tananyag: <http://www.hit.bme.hu/~schulcz/> oldalon
- féléves követelmény:
 - gyakorlati órákon való részvétel
 - 1 db nagyzárthelyi dolgozat legalább elégséges megírása
- vizsga: írásbeli



Az érintett témakörök

- alapfogalmak ismételése
 - OSI modell, modulációk, csatornakódolás, közeghozzáférési eljárások
- némi alaptudás „konyhanyelven”: jelek alapsávi leírása, fading modellek, csatornamodellek, cellás elv
- közcélú rendszerek: 2G -> 4G
- vezeték nélküli adathálózatok: 802.11 család, lokális hálózatok
- IP, mobil IP, IP mikromobilitás
- ad-hoc hálózatok, Bluetooth,
- a jövő hálózatai, 5G

- **Azt halljuk, hogy a mobil távközlési szektor jövedelmező üzletág. Mennyi volt 2015-ben a mobil távközlési szolgáltatásokból származó árbevétel globálisan?**
 - A) kb. 1300 milliárd USD
 - B) kb. 1000 milliárd USD



(Összehasonlítás: Volkswagen csoport (dízel botrány előtt) kb. 260 milliárd USD; gyógyszergyártás kb. 1000 milliárd USD 2012-ben)

- Hallottam a tévében, hogy népszerű az okostelefon. A 2014-es évben másodpercenként átlagosan hány okostelefont adtak el világszerte?

- A) kb. 20
- B) kb. 40



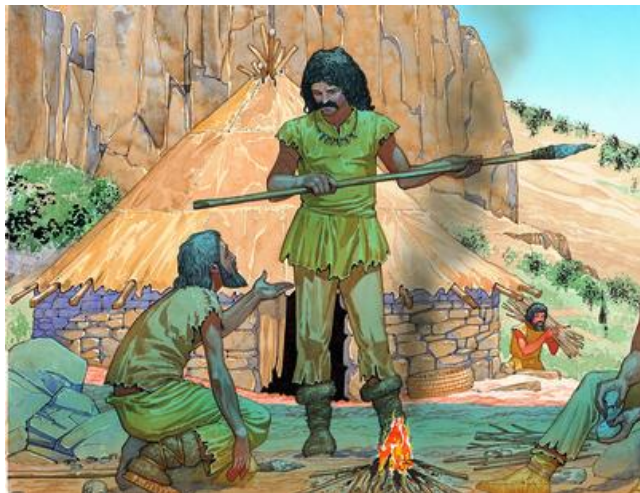
- Összesen kb. 1.3 milliárd fogyott 2014-ben

- **Állítólag nagyon népszerű szolgáltatás világszerte a rövid szöveges üzenetek küldése. Átlagosan óránként hány SMSt küldenek a világon?**
 - A) kb 856 000 000 (kb 10 000 x Shakespeare összes)
 - B) kb 1 900 000 000 (kb 22 000 x Shakespeare összes)



- kb. 7500 milliárd/év

- Állítólag az emberiség mobiltelefonálni is szeret. Egy óra alatt összesen kb. mennyi mobiltelefonos beszélgetés zajlik világszerte?
 - A) kb 700 évnnyi
 - B) kb 2000 évnnyi



- Össz 9500 milliárd perc 2012 -ben

▪ Mikor indult az első kereskedelmi mobiltelefon szolgáltatás Magyarországon?

- A) 1990 október 15 -én
- B) 1991 július 15 -én



January 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

April 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

July 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

October 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
1	2	3	4	5	6	
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

February 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

May 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

August 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

November 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

March 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

June 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

September 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

December 1990

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
						1
						2
						3
						4
						5
						6
						7
						8
						9
						10
						11
						12
						13
						14
						15
						16
						17
						18
						19
						20
						21
						22
						23
						24
						25
						26
						27
						28
						29
						30
						31

- **Mindig azt halljuk, hogy a mobiltelefonok használata Magyarországon nagyon elterjedt. Mennyi a 2014. április-június időszakban mobil hanghívást lebonyolító SIM kártyák száma Magyarországon?**
 - A) 9 973 700
 - B) 11 070 600



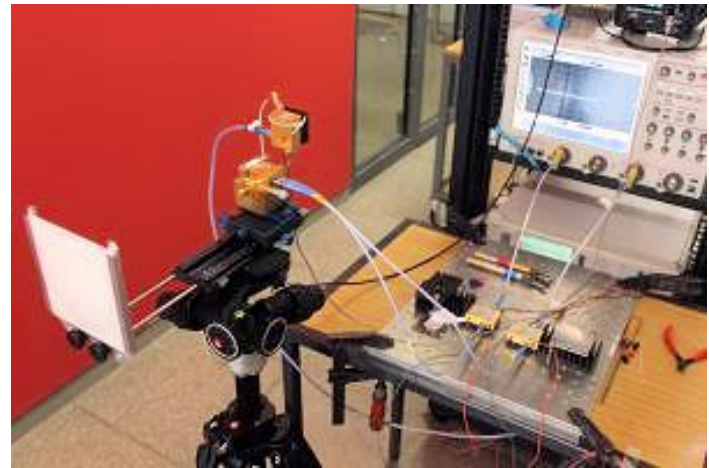
- Azt mondják, halálos sugárzás ér, ha a szolgáltató a háztetőnkre építi a bázisállomását. Ha tíz méter távolságban állok nyílt terepen a nagy teljesítményű, 20 W –os 3G bázisállomással szemtől szemben, akkor a fülemhez tartott telefonhoz képest mekkora sugárzást kapok a bázisállomástól?
 - A) kb az egy százalékát
 - B) kb százezred részét



- Beszélnek róla, hogy az 5G rendszerekben már a Gbps átviteli sebesség sem lesz elképzelhetetlen. Az NTT DoCoMo 5 Gbps (1 DVD / 7.5 sec) átviteli sebességet demonstrált kültéri, városi környezetben, 10 kmph-val mozgó terminál felé, csupán 100 MHz sáv szélesség felhasználásával. Mikor?
 - A) 2011 június
 - B) 2006 december



- **Laboratóriumi körülmények között, 1000 méter távolságra a 273 Ghzes sávban a Fraunhofer 2013 nyarán vezeték nélküli átviteli sebesség rekordot döntött. Mekkora átviteli sebességet értek el?**
 - A) 40 Gbps (1.05 DVD / sec)
 - B) 100 Gbps (2.66 DVD / sec)



- Egy mobil bázisállomás átlagosan kb. 1.5 kW teljesítményt használ, ami nem sok; mint egy hajszárító. A világ bázisállomásainak táplálásához kb. mekkora erőművi kapacitás kell?
 - A) kb. 25 paksi blokk
 - B) kb. 15 paksi blokk



- Egy mobil készülék átlagosan kb. 0.3 W teljesítményt használ, ez igazán csekélység. A világ mobiltelefonjainak táplálásához kb mekkora erőművi kapacitás kell?
 - A) kb. 3-4 paksi blokk
 - B) kb. 7-8 paksi blokk



- Szakma
- Gyártók
- Szolgáltatók
- Beszállítók



A tárgy motivációi

- hagyományos távközlés, műsorszórás és számítástechnika konvergenciája (eszközökben és hálózatokban)
- mobil beszédhálózatok elképesztő sikere (GSM)
- hordozható készülékek egyre nagyobb számítási kapacitása, csökkenő mérete
- rádiós átviteli technológiák folyamatos fejlődése („okos antennák”, többvívős modulációs rendszerek, szórt spektrum, UWB)
 - vezetékes hozzáféréssel összemérhető fizikai adatátviteli sebesség rádión
- hálózati technológiák kiterjesztése vezeték nélküli/mobil környezetre (mobil Internet Protokoll, mobil ATM)



A tárgy motivációi

- nagyon kis területű hálózatok (Bluetooth, UWB)
- egyre terjedő nagysebességű vezeték nélküli helyi hálózatok (WLAN)
- új, ígéretes városi méretű vezeték-nélküli hálózatok (Wimax, LTE)
- nagysebességű mikrohullámú pont-pont és pont multipont hálózatok
- globális lefedettséget nyújtó műholdas hálózatok
- A rádiós és mobil átvitel mindenütt jelen van, aránya egyre növekszik

A tárgy motivációi

- miért más mint a vezetékes kommunikáció?
- kutatás/fejlesztés legnagyobb kihívásai két fő problémakörből adódnak:
- **a csatorna:**
 - kis kapacitás (sávszélességtől és adóteljesítménytől függ, sávszélesség nagyon drága) (Shannon **átviteli sebesség** $< B \cdot \log_2(1+S/N)$)
 - zaj; időben és helytől függően (drasztikusan) változó csatorna csillapítás; interferencia (mások is használhatják ugyanazt a sávot, vagy valami behallatszik)
 - a keskeny csatornát a lehető leghatékonyabban kell kihasználni (legtöbb bit per szekundumot átpréselni): de minden felhasználó látja, valahogy el kell köztük osztani
 - mivel mindenki hallja, sokkal könnyebb lehallgatni, ill. zavarni: kényes a biztonság



A tárgy motivációi

- **felhasználói mobilitás:**
 - a felhasználók rádiós interfészen keresztül csatlakoznak a (globális) hálózathoz, egy hálózati csatlakozási ponton keresztül (bázisállomás, hozzáférési pont) (rajzot!)
 - mozgás során eltávolodhatnak, másikhoz csatlakozhatnak (ha kommunikáció közben történik: handover) (rajzot!): ez történhet akár különböző szolgáltatók, vagy hálózatok között is!
 - ennek úgy kell megtörténnie, hogy a felhasználó ne vegye észre
 - hívások, adatcsomagok átirányítása az új hely felé, manapság szolgáltatási minőségről (QoS) beszélnek, ezt kell biztosítani
 - rádiós erőforrásnak kell rendelkezésre állnia az új csatlakozási pontnál is
 - a felhasználót meg kell találni a hálózatban, ha felé irányuló kommunikáció van

A tárgy motivációi

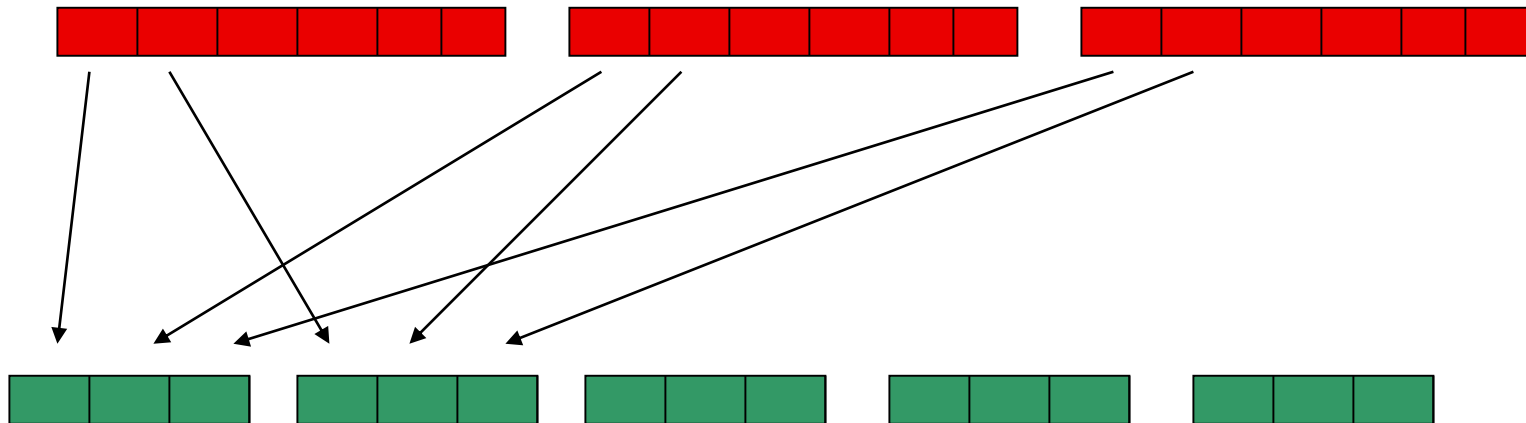
- további fejlődés és kutatás a rádiós, mobil kommunikációt érintő minden területen
- **rádiós átvitel:** többvivős rendszerek; okos antennák; összetett antennák; ultra-szélessávú (UWB) kommunikáció; vak csatornakegyenlítés
- **hibamentes adatátvitel:** turbó kódolás; iteratív kódolók; együttes forrás és csatornakódolók; többfelhasználós vevők
- **intelligens csatornamegosztás:** QoS alapú és prioritásos ütemezők; elosztott, központi koordináció nélküli csatornamegosztás; MIMO antennák, térben osztott csatorna
- **felhasználó mozgása:** helyzet követési, helyzet frissítési, helyzet előrejelzési eljárások
- **hálózati technológiák:** mobilitást kezelő hálózati protokollok, mobilitást támogató hálózati eszközök; önszervező mobil hálózatok



A tárgy motivációi

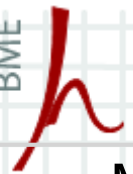
- **hálózati transzport:** rádiós átvitelhez igazított transzport protokollok, mobilitást, adatbiztonságot együtt nyújtó transzport protokollok
- **alkalmazások:** kis képernyőre, kis bitsebességre optimalizált hálózati alkalmazások; felhasználó helyétől függő alkalmazások, szolgáltatások

- Hogyan lehet a rossz csatorna hatásait kivédeni?
 - Hibavédő kódolások (FEC – Forward Error Correction)
 - Pl. konvolúciós kódolás, blokk-kódolás, turbó kódolás, stb.
 - Redundancia (több bit átvitele) kell hozzá
 - Bizonyos mennyiségű bithibát képesek javítani, még többet jelezni, ha a hibák elszórtak, függetlenek...de a hibák tipikusan börsztösen jelentkeznek
 - ...ezért: interleaving (átlapolás)
 - Scrambling (bitkeverés)



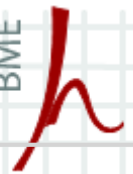
- Hogyan lehet a rossz csatorna hatásait kivédeni?
 - Nyugtázás/újraadás (több verzió is létezik)
 - Pl. pozitív nyugta minden csomagra, küldési ablakos megoldások, negatív nyugta
 - Általában a magasabb szintű moduláció és a kisebb kódolási redundancia kevésbé zavartűrő
 - Adaptív moduláció és kódolás
 - A csatorna állapotától függ, hogy egy adott pillanatban milyen modulációval, milyen hibavédő kódolással küldik az adatot
 - A hasznos átviteli sebesség is a csatornától függ

- Szervezett és véletlen közeghozzáférés
 - A véletlen hozzáférés versengéssel jár
 - Hasonló fogalom: multiplexálás
- Szervezett: frekvenciaosztásos, időosztásos, kódosztásos hozzáférés
 - az egyes felhasználók egy frekvenciasávot, egy időszeletet vagy egy speciális jel-transzformációt jellemző kódot kapnak
- Véletlen hozzáférés:
 - ALOHA: felhasználó akkor ad, amikor akar, ütközés lehet, ütközés esetén véletlen várakozás után újra próbálkozás
 - Vivőérzékeléses (CSMA) eljárások: adás előtt az állomás belehallgat a csatornába, ha nincs másik adás, akkor próbál adni

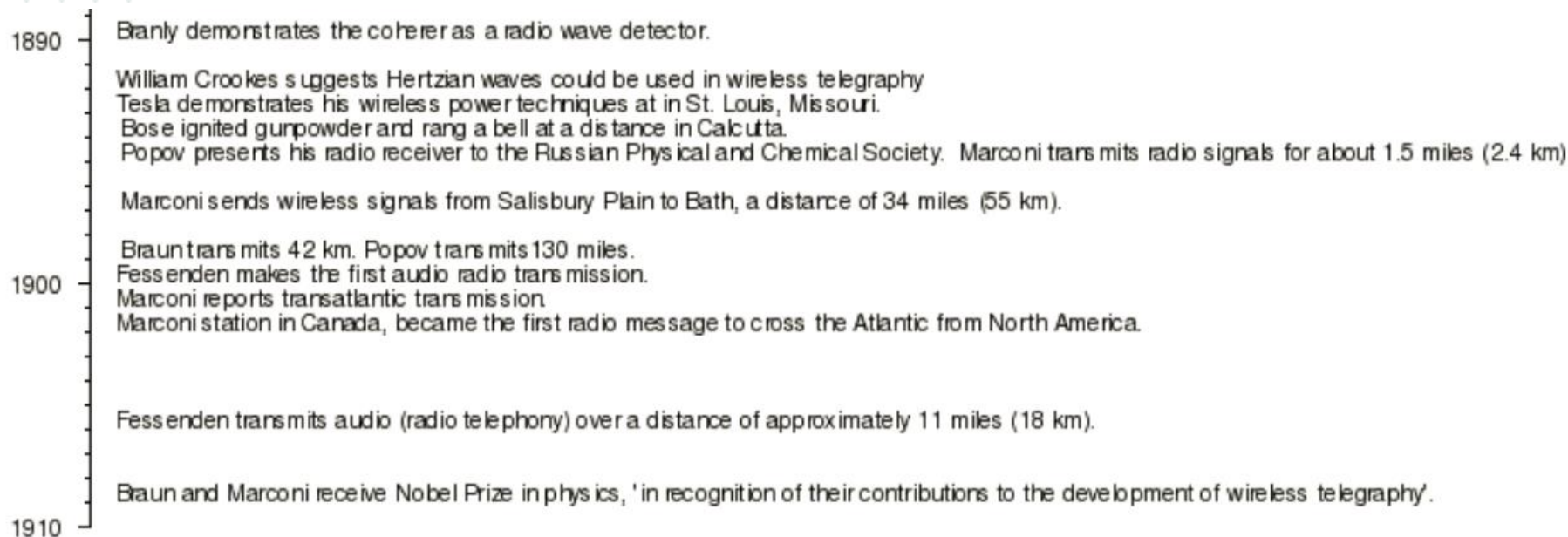


Történeti áttekintés

- Mi az első név amit rádiós kommunikációban meg kell említeni?
 - **1864:** James Clerk Maxwell megjósolja az elektromágneses hullámok létezését
 - **1888:** Hertz kísérletileg igazolja az EM hullámok létezését
- Tesla vs. Marconi: Ki találta fel a rádiót?
 - **1897 március 2.:** British Patent No. 12,039 – Marconi:
„Improvements in Transmitting Electrical Impulses and Signals and in Apparatus There-for”
 - **1897 szeptember 2.:** U.S. Patent 0,645,576 – Tesla:
„System of transmission of electrical energy”
 - 1898: U.S. Patent 0,613,809 – Tesla:
„Method of and Apparatus for Controlling Mechanism of Moving Vehicle or Vehicles”
 - 1901: Első transzatlanti átvitel – Marconi
 - 1909: Fizikai Nobel-díj Marconi-nak (Tesla pedig beperelte)
 - 1943: Az USA legfelsőbb bírósága Teslának tulajdonítja az érdemet
- **1895 december 15.:** Alexander Stepanovich Popov
 - Elkészíti az első rádióvevőt (villámdetektor), nem szabadalmaztatta

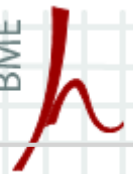


Történeti áttekintés



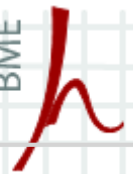
Mindezeket követően indult be az „amatőr” rádiózás

- 1920: Első kereskedelmi rádió
- 1921: Detroiti rendőrség egyirányú rádiós kommunikációja
- 1933: Kétirányú rendőrségi rádiós kommunikáció
 - push to talk (PTT)
- 1940: Első duplex rádió (Motorola)
- 1946: Autóba szerelhető telefon, rádió-PSTN kapcsolat



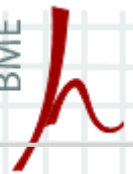
Történeti áttekintés

- Cellás rádiótelefon hálózatok
 - 1968: Cellás elv, frekvencia újrafelhasználás elve
 - 1979: AMPS (Advanced Mobile Phone System): analóg cellás mobiltelefon rendszer
 - 1981: NMT (Nordic Mobile Telephone system), analóg cellás rendszer (Westel 450 , ha még emlékszik valaki)
 - 1985: TACS (Total Access Communication System), Japán (analóg)
 - **1989: GSM szabvány**, első rendszerek a '90-es évek elején
 - 1991: IS 54, amerikai digitális rendszer
 - 1993: IS 95 szórt spektrumú digitális rendszer, JDC (Japan Digital Cellular) rendszer
 - **1999 UMTS szabvány** első verzió, 2001-es verzióban: HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)



Történeti áttekintés

- Rádiós adatkommunikáció
 - 1970: ALOHA rendszer: Hawaii, szigeteken elhelyezett terminálok és központi terminál közti kommunikáció, 1972 réselt ALOHA
 - CSMA protokollok alapja, ez alapján pl. 1976: Ethernet (CSMA CD)
 - 1991 NCR WaveLAN (1 és 2 Mbps sebesség)
 - 1997 IEEE 802.11 (1 és 2 Mbps)
 - később további verziók (a/b/g/n/ac)
 - 90-es évek közepe: Internet protokoll mobil kiterjesztése
 - 90-es évek közepe: ATM mobil kiterjesztése, mobil ATM kísérleti hálózatok (WAND, WATMNet, stb.) -> mobil ATM fejlesztések befejeződtek
 - 90-es évek közepe-vége: Hiperlan1, abbamaradt
 - Hiperlan2: Nem sikerült legyűzni a 802.11-et



Történeti áttekintés

■ Műholdas kommunikáció

- 1945 Arthur C. Clarke (híres sci-fi szerző, pl. 2001 Űrodüsszeia): geoszinkron pályán keringő műhold elve
 - Az egyenlítő adott pontja fölött kering 24 órás keringési idővel, 3 db. ilyennel a Föld lakott részének nagy része lefedhető
- 1964 első geoszinkron pályás műhold
- 1965: Intelsat 1, első kereskedelmi távközlési műhold
- 60 as évektől: műholdas műsorszórás
- '70-es évek, Inmarsat, műholdas navigációs rendszerek
- 90-es évek: LEO (Low Earth Orbit – pár száz km) pályán keringő műholdakkal megvalósított globális mobiltelefon és adathálózatok terve (Teledesic, Globalstar, Iridium)
- Iridium: Motorola fejlesztette, 66+11 műhold, szolgáltatás indítása 1998 végétől, nem volt előfizető, leállították