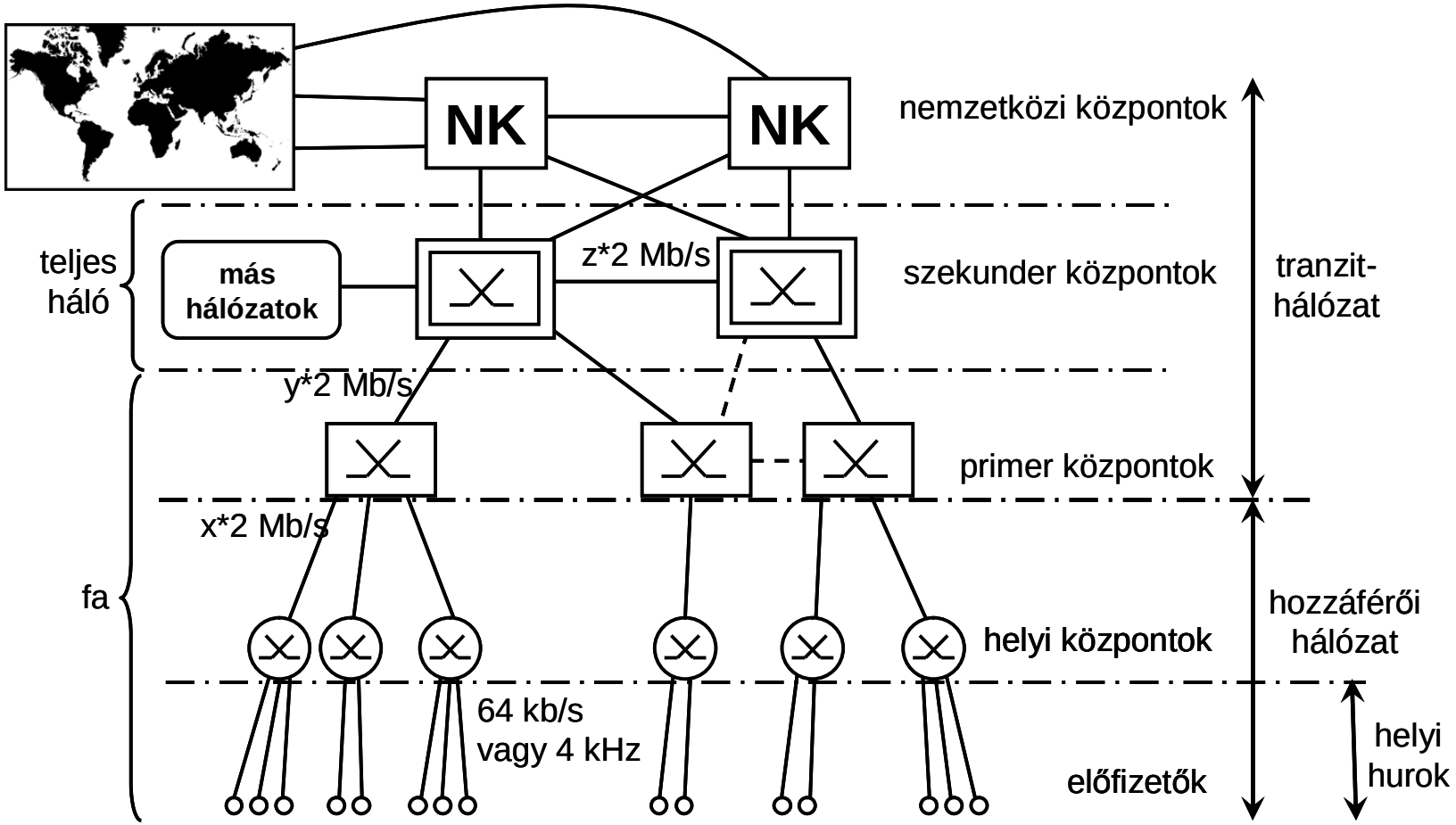
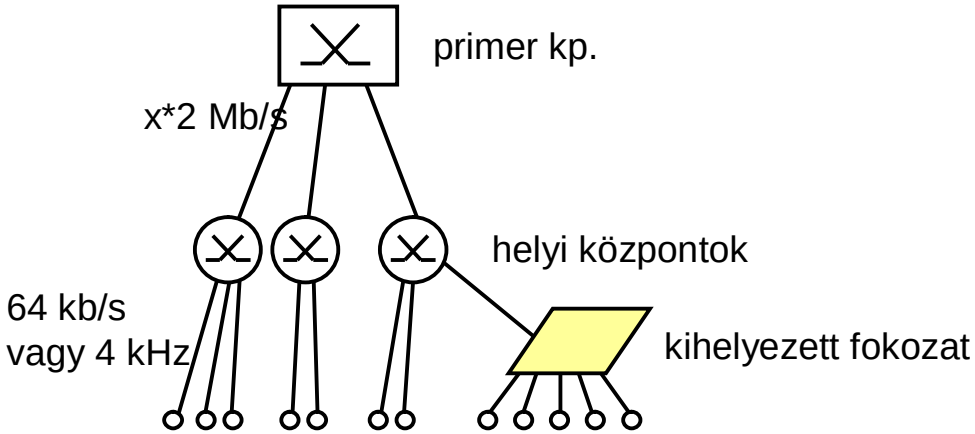
Tipikus homogén, nyilvános kapcsolt (vezetékes) távbeszélő hálózati hierarchia – régebben (bő 5 éve)



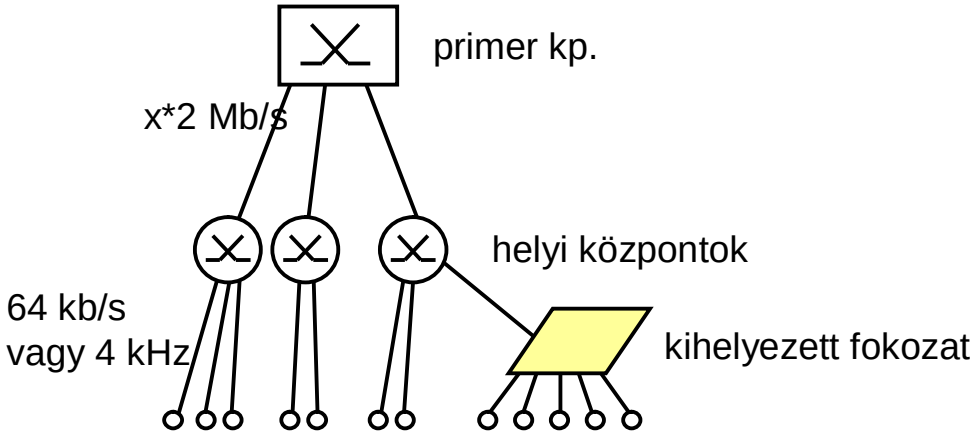
- Megjegyzések:
  - szaggatott vonal: alternatív v. haránt összeköttetés: cél: hálózat megbízhatóbbá tétele; forgalmi túlcsordulás kezelése
  - Tipikus sebességértékek (nagyságrendileg): x=10-20, y=30-50, z=100
  - Ez egy homogén, azaz egyszolgáltatós hálózat. Több szolgáltató esetén a helyzet némileg bonyolultabb.
  - „más hálózatok”: pl. mobiltelefon-hálózatok
  - az analóg világban: Magyarországon 4 hierarchiaszint, USA-ban 10 hierarchiaszint,
  - a digitális világban: Magyarországon 3 hierarchiaszint (10 szekunder központ), USA-ban 3 hierarchiaszint (135 szekunder központ)

Kihelyezett fokozatok



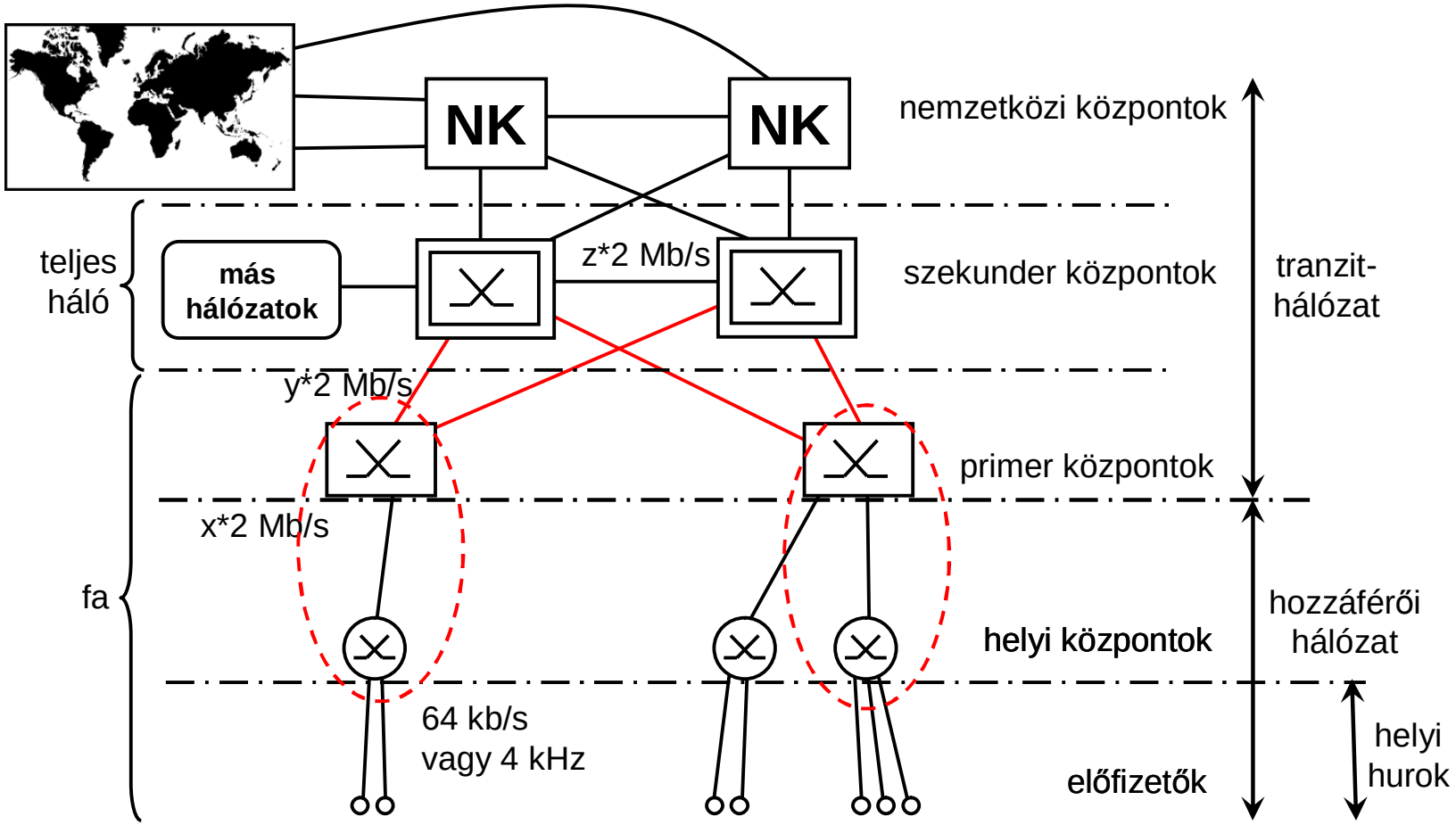
- Kihelyezett fokozattól a helyi központig nyalábolt átvitel:
  - egy, vagy néhány érpáron egyszerre (nyalábolva, multiplexálva) sok beszélgetés
  - de összesen kevesebb, mint ahány előfizető csatlakozik a kihelyezett fokozathoz
    - hiszen úgysem beszél mindenki egyszerre
  - tipikus sebességérték: egynéhányszor 2 Mb/s
  - jelentős költségmegtakarítás!
- Egy példa: 5000 előfizető 2 km-re a központtól
- Kihelyezett fokozat nélkül:
  - (5000 érpár = 10 000 rézdrót) x 2 km = 20 000 km rézdrót!
    - a Föld kerületének a fele!
- Kihelyezett fokozattal lényegesen olcsóbb

Kihelyezett fokozatok



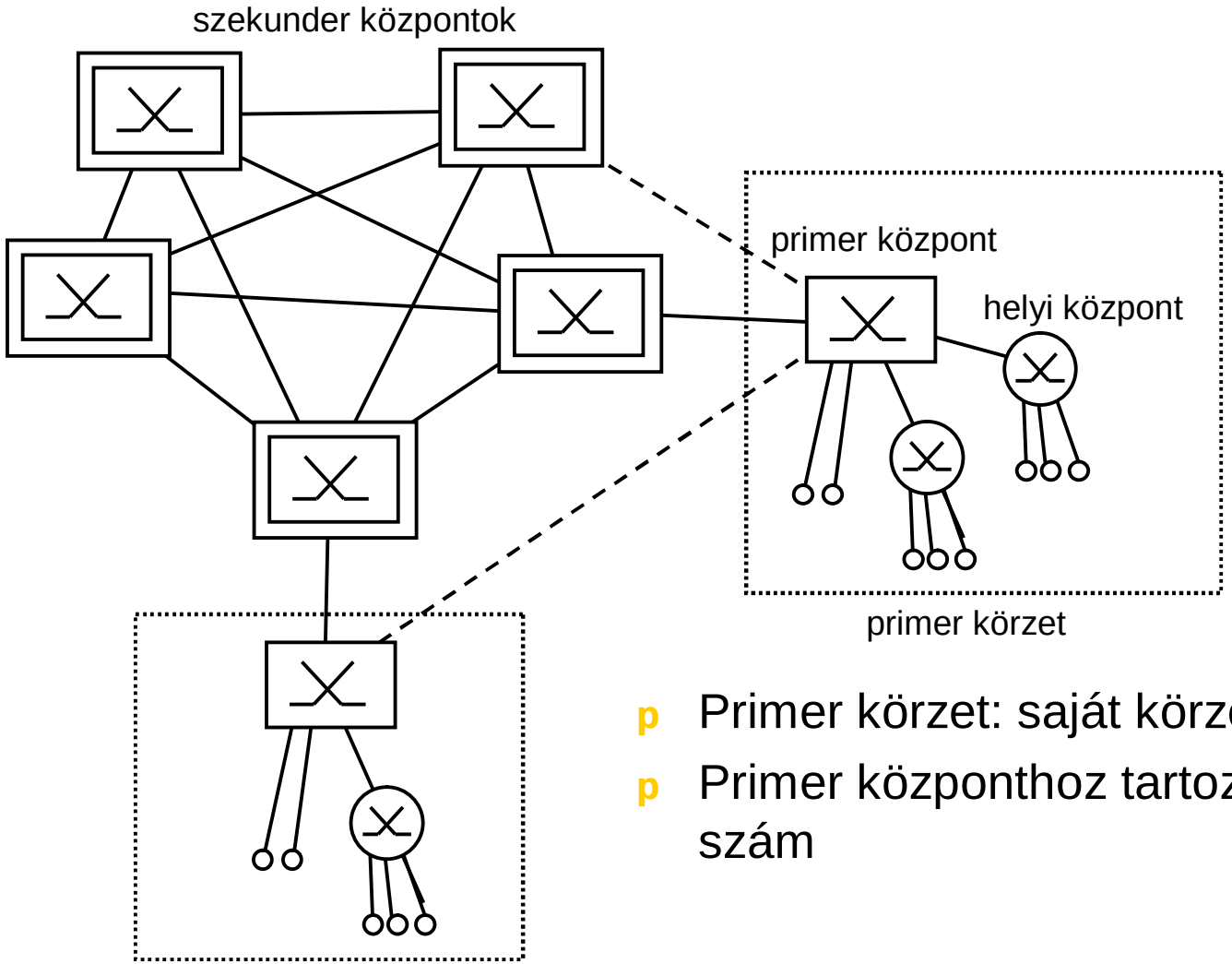
- Képes lehet kapcsolásra a hozzá tartozó előfizetők között
  - Ugyanakkor nem önálló központ, a vezérlést távolról, a helyi központból kapja
  - A helyi kapcsolás nem olyan lényeges: kicsi a helyben maradó forgalom
  - A számlázás miatt jobb is felküldeni a központnak
  - A központról leszakadás esetén vész üzemben helyi kapcsolás lehetséges

Tipikus homogén, nyilvános kapcsolt (vezetékes) távbeszélő hálózati hierarchia – ma



- Megjegyzések:
  - Egy primer két szekunderhez kötve: redundancia
  - Primer és helyi kp-ok egybeépültek: egy kp-ban mindkét funkcionalitás
  - Kevés helyi kp
  - Sok-sok kihelyezett fokozat

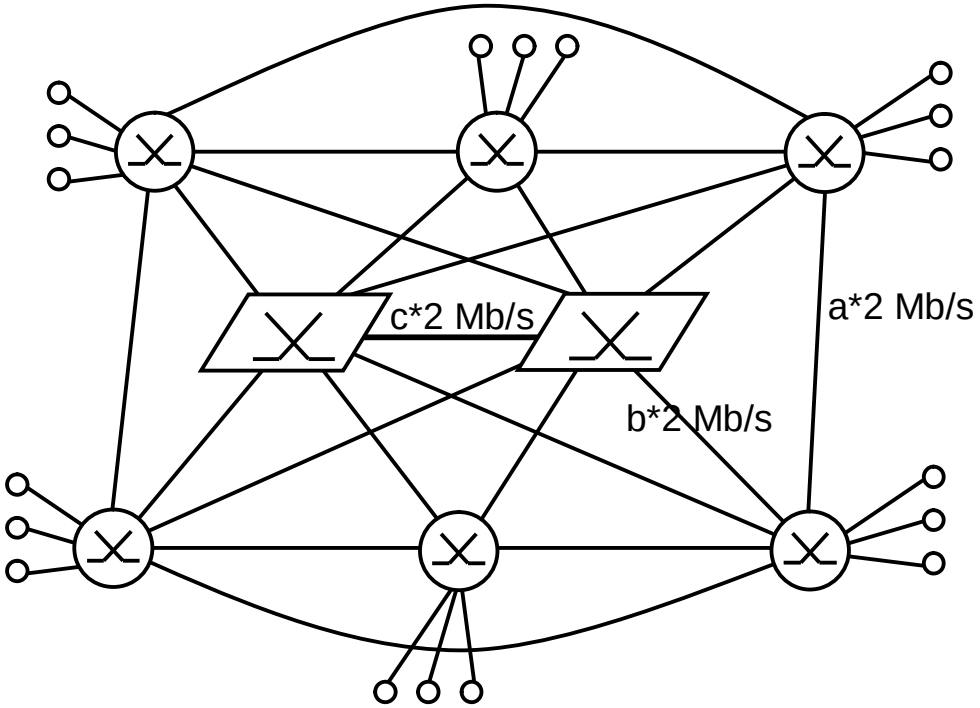
Példa földrajzi topológia (pont-pont kapcsolatokkal)



- Primer körzet: saját körzetszám
- Primer központhoz tartozik ez a szám

– – – – – – : alternatív v. haránt összeköttetés

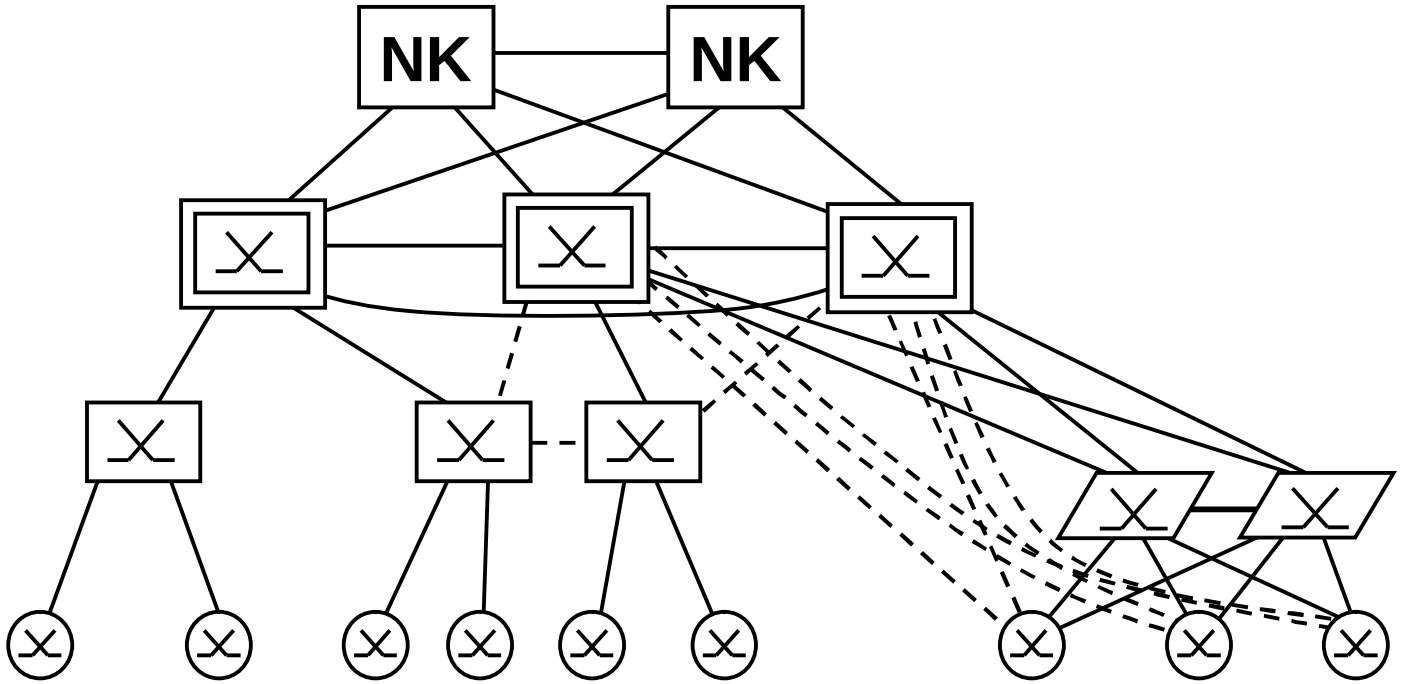
Nagyvárosi architektúra (pont-pont kapcs.)



- Pl. Budapesti topológia:
  - kb. 20-30 helyi központ
  - 2 *tandem központ*
  - kettős csillag
    + szövevényes közvetlen összeköttetés
- A tandem központok:
  - logikailag a helyi központok hierarchiaszintjén vannak
  - Bp.: Városmajor, Angyalföld (ezekben van: helyi központ, tandem központ)
- Speciális helyzet:
  - a helyi központok és a két tandem központ: egy primer körzet (külön primer központ nélkül)
- Sebességértékek nagyságrendileg:
  - a: kb. 5-10,
    b: kb. 20,
    c: kb. 50-100

Országos és nagyvárosi topológia együtt

- a két budapesti szekunder központ mellett van egy-egy nemzetközi központ is
  - Kelenföld, Józsefváros (ezekben van: helyi központ, szekunder központ, nemzetközi központ)
- a közös hierarchia (kicsit leegyszerűsítve):

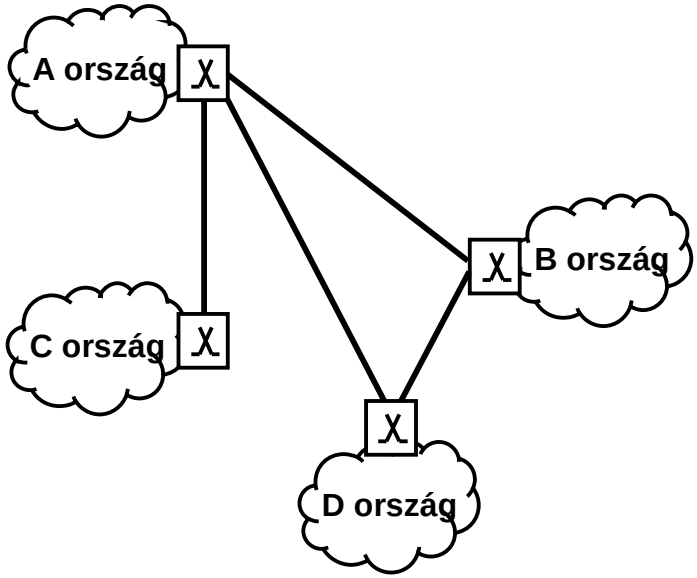


Közcélú távbeszélő központok Magyarországon

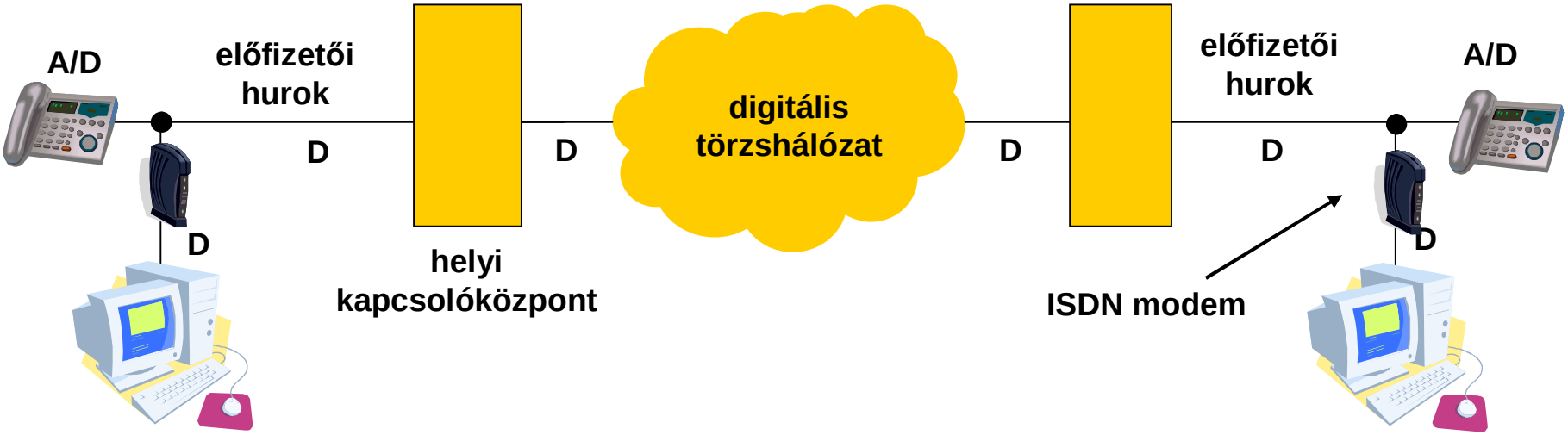
- 2 nemzetközi központ
  - Kelenföld, Józsefváros
- 2 tandem központ
  - Városmajor, Angyalföld
- 10 szekunder (5+5 a Duna két oldalán) központ
  - Kelenföld, Józsefváros
  - Győr, Zalaegerszeg, Pécs, Székesfehérvár
  - Szeged, Szolnok, Debrecen, Miskolc
- 54 primer központ
- kb. 60 helyi központ
  - max. néhány tízezer előfizető/központ
  - Ericsson AXE és Siemens EWSD központok
- kb. 1300 kihelyezett fokozat

Nemzetközi telefonhálózat

- Nagyobb országos szolgáltatók rendelkeznek nemzetközi „kapuközponttal”
- Több, egymással konkuráló nemzetközi szolgáltató biztosítja ezek összekötését
- Nem kell minden ország között közvetlen kapcsolat...
- ... de egy nemzetközi összeköttetés max. 6 trönköt (7 nemzetközi központot) tartalmazhat



ISDN Internet elérés



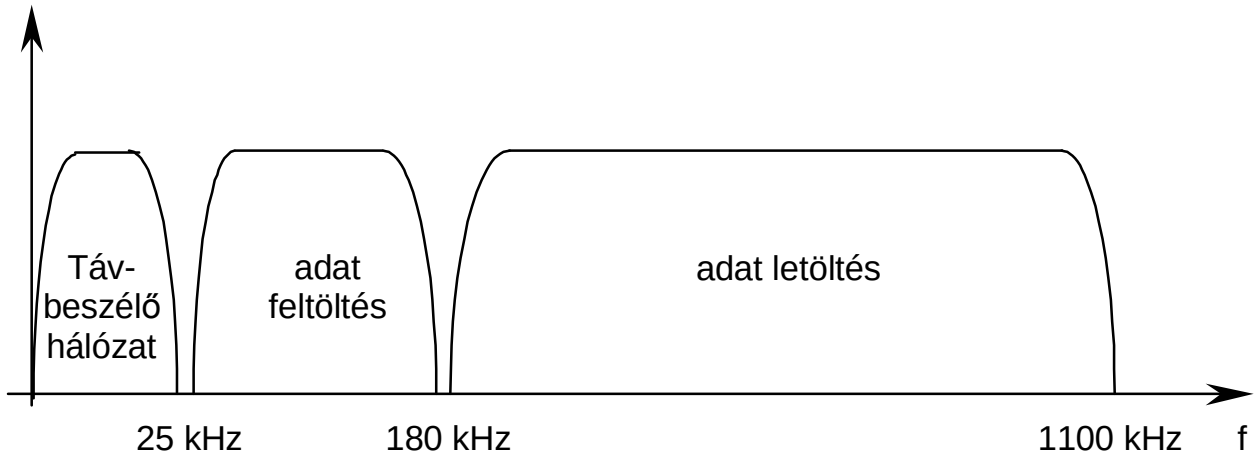
- 2B+D: 128 kbps max.
- 2000. körül roppant népszerű volt
- ADSL megjelenése óta nem vonzó
  - Lassú, drága (időarányos díjazás), telefonálás mellett csak 64 kb/s
  - Viszont az ADSL-lel ellentétben bárhol elérhető

ADSL

- ADSL = Asymmetric Digital Subscriber Line, aszimmetrikus digitális előfizetői vonal
- Cél: az előfizetői hurok kihasználtságának maximalizálása
  - azaz a cél természetesen: $$$$:)
  - a legnagyobb érték egy távbeszélő-hálózatban!!
  - „last critical mile”
- Telefonbeszélgetés (analóg vagy ISDN) és adatátvitel egyidejűleg

ADSL működése

- Működés: FDM:



- Pontosabban:
  - 0-4 kHz – beszéd
  - (4-25 kHz – védősáv)
  - 25-160 kHz – feltöltési sáv
  - 200 kHz - 1.1 MHz – letöltési sáv
- De ez csak tájékoztató jellegű
  - Analóg/ISDN tel. előfizetés esetén más
    - *de mindkettő lehetséges!!*
  - van, hogy az adat fel/le átlapolódik
  - függ a zajtól is

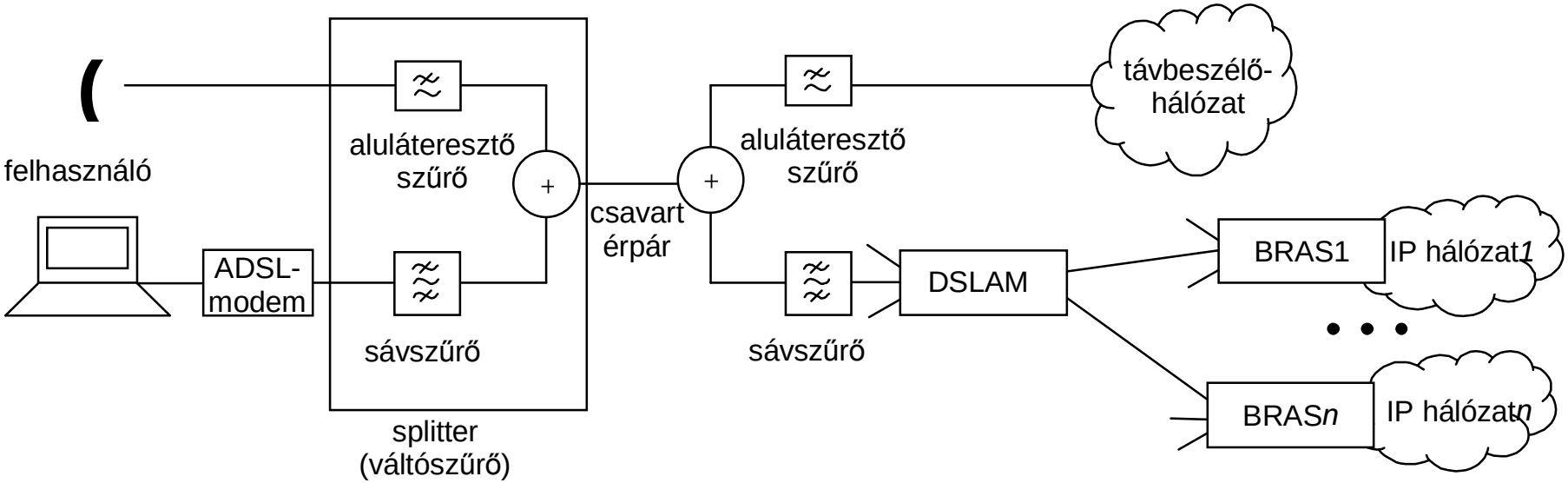
ADSL moduláció

- DMT – Discrete Multitone Modulation (ITU-T: G.992.1)
  - 1,1 MHz-es frekvenciatartomány
  - 256 csatorna, egyenként 4,3125 kHz
    - 0. csatorna – POTS (beszéd)
    - 1-5. csatorna – védősáv (üres)
      - A beszéd és adatátvitel közötti interferenciák elkerülésére
    - a maradék 250 csatornából 1 a feltöltés, 1 a letöltés jelzése
    - a többi a felhasználói forgalomé
      - ha rossz az átvitel egy adott csatornán, akkor azt nem használják
      - nagyobb távolságra nagyobb frekvencián nagyobb a csillapítás

ADSL sebesség

- Aszimmetrikus:
  - szándékosan, többet töltünk le, mint fel
  - de nem mindig (pl. peer-to-peer, videotelefon)
- fel: 16 kbps -- 1 Mb/s
- le: 0,1 -- 8 Mb/s
  - távolságtól függ (legjobb: 2,5 km alatt, legrosszabb: 5 km felett)
  - szolgáltató tovább korlátozhatja

ADSL topológia



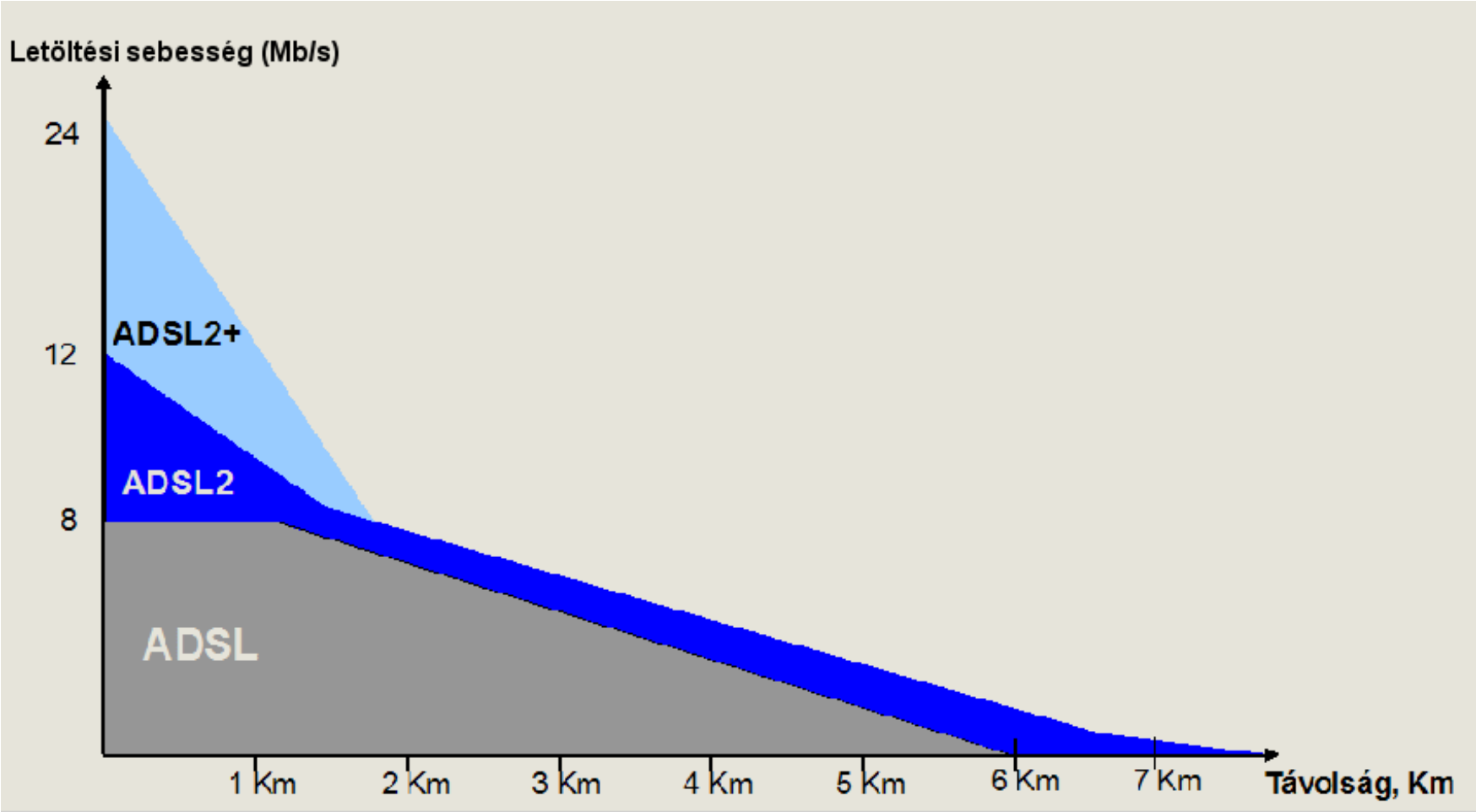
- DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, digitális előfizetői vonal hozzáférési nyaláboló):
  - modem ellenpárja (A/D átalakítást végez a DMT szerint)
  - nyalábol is: sok modemmel tart egyszerre kapcsolatot, de csak egy (néhány) kimenete van (ez utóbbi manapság tipikusan Ethernet)
- BRAS (Broadband Remote Access Server, szélessávú (távoli) hozzáférési kiszolgáló): bejelentkezések kezelése, sávszélesség korlátozás. Ez az Internet szolgáltatónak egy speciális routere
- Adatátviteli útból a beszédkodek kihagyva (analóg: tel. központ; ISDN: végberendezés)

ADSL2/2+

- ADSL2 (G.992.3)
  - jobb modulációs hatékonyság, letöltés max. 8-12 Mb/s
  - kb. 200 m-rel nagyobb hatótáv
  - átmenetileg a beszédcsatornát is használhatja
  - energiatakarékos üzem: figyeli, hogy van-e forgalom
- ADSL2+ (G.992.5)
  - a max. frekvencia 2,2 MHz-re bővül
  - a hangátvitelre, illetve az adatfeltöltésre használt frekvenciák nem változnak
  - a maximális letöltési sávszélesség 16-25 Mb/s-ra nő
  - 1,5 km-es távolságon belül

ADSL technológiák összehasonlítása

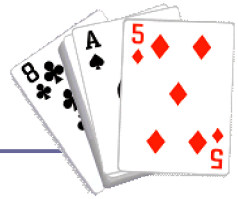
Csak kb. értékek, tájékoztatásul:



xDSL

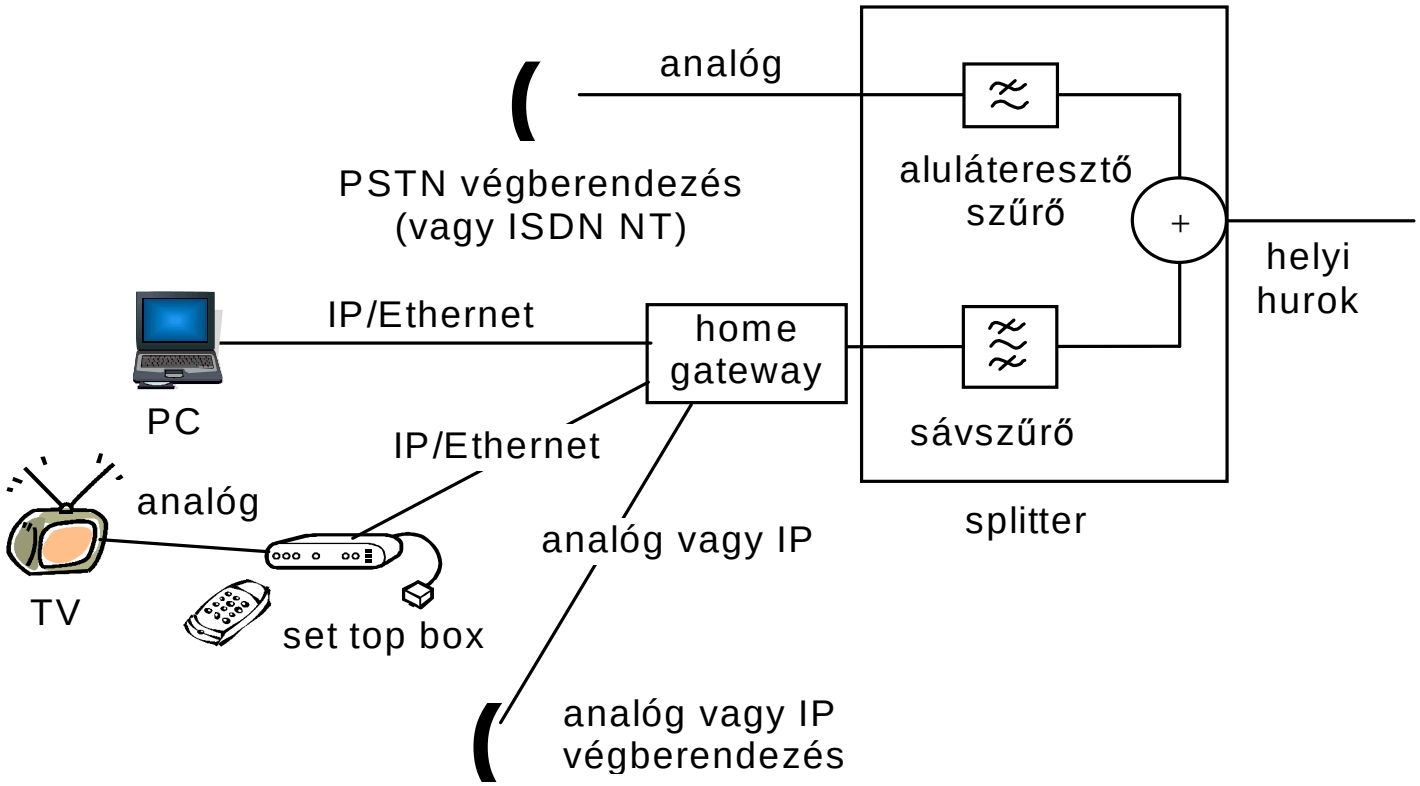
- Ötlet ugyanaz: előfizetői hurok kihasználása
- SHDSL: Symmetric High-speed DSL (G.991.2):
  - 2,3 Mbit/s max. mindkét irányban
  - max 3 km-ig
  - beszédátvitel nincs
  - 2001-es szabvány
  - inkább üzleti, mintsem lakossági felhasználóknak ajánlott
- VDSL - Very high rate Digital Subscriber Line (G.993.1)
  - 13 Mbps - 55 Mbps (le), 1-3 Mbps (fel)
  - vagy 26-26 Mbps szimmetrikusan
  - 300 - 1500 méter sodort rézpár, onnan optikai átvitel
- VDSL2 (G.993.2)
  - 100 Mbps mindkét irányba
  - 30 MHz-es frekvenciatartomány
  - DSLAM kompatibilis az ADSL modemekkel
- xDSL: ezek együtt

Triple play



- Triple play
  - marketing elnevezés egy IP szolgáltatásra mely magába foglalja a következő három szolgáltatást:
    - Internet
      - 5 Mb/s a cél legalább
    - Televízió
      - jellemzően legalább 3 TV csatorna egyidejű vétele háztartásonként
    - Telefónia
      - Voice over IP (VoIP, IP feletti beszédátvitel)
  - Inkább egy üzleti modell, mintsem egy technológiai szabvány
  - A hordozó közeg lehet pl.
    - sodrott érpár/ADSL (telefontársaságok)
    - koax kábel (kábel-TV társoságok)
    - UTP/Ethernet (Internetszolgáltatók)
    - üvegszál (a fentiek mind...)
    - jövőben: vezeték nélküli hozzáférésen át is

Triple play ADSL-en



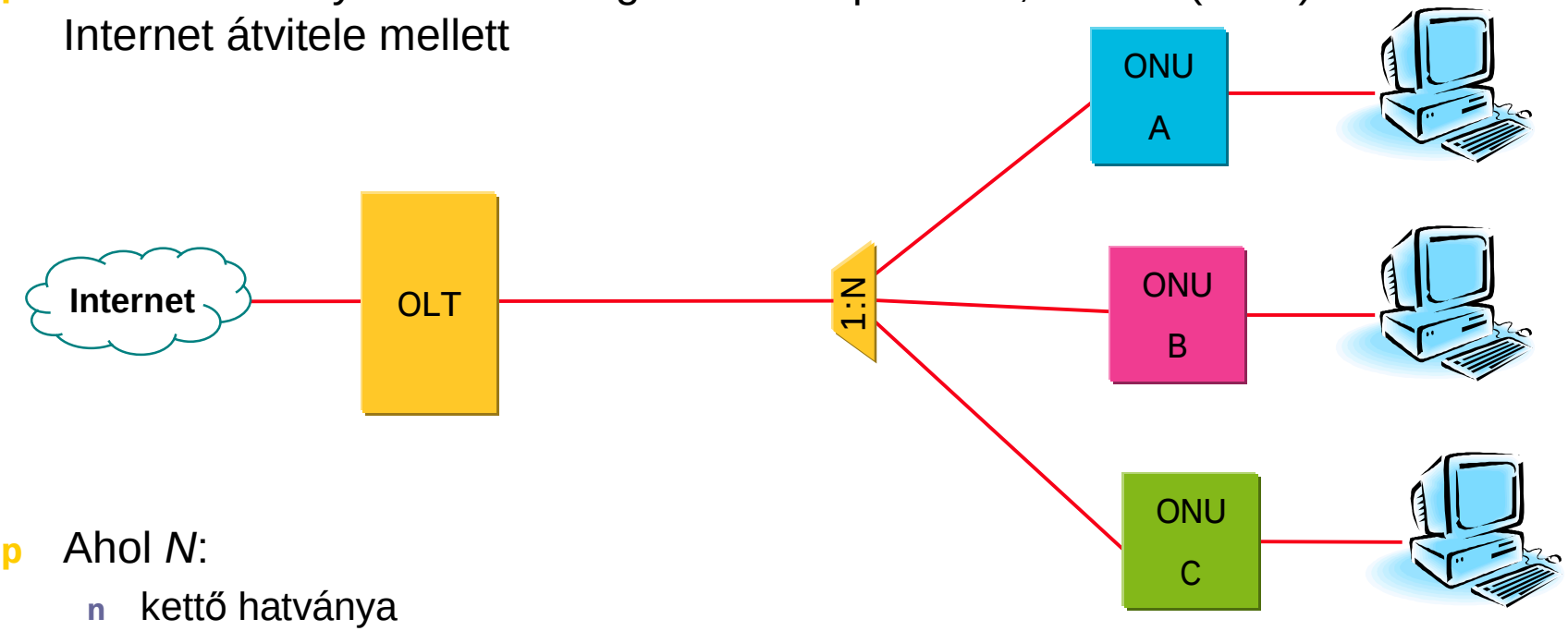
- beszéd, videó prioritást élvez az adatforgalom felett
- pl. külön-külön ATM VC / Ethernet VLAN mindhárom
- home gateway: IP/PSTN átjáró is (ld. majd a VoIP-nál is)
- extra szolgáltatások, pl:
  - video-on-demand = virtuális videotéka
  - igény szerinti sávszélesség hozzárendelés

Kábel vs. DSL

	ADSL(2+)	kábel-TVs Internet
közeg	sodrott érpár	koax
elérés (csak az első routerig...)	dedikált sávszélesség	osztott közeg
tipikus sávszélesség	néhány Mb/s	néhányszor tíz Mb/s
sávszélesség növelése	fizikai akadályok	kisebb szakaszok: nagyobb sávszélesség: még van tartalék a rendszerben
lefedettség	tel. kp. közelében	kábel-TV területen bárhol
biztonság	fizikai elválasztás	titkosítás
több ISP	gyakori, törvény is	ritkább, de Magyaro-n így sincs igazán árverseny

PON architektúra (egyszerűsített)

- OLT: Optical Line Termination (optikai vonalvégződés)
- ONT: Optical Network Termination, avagy más néven:
  ONU: Optical Network Unit (optikai hálózatvégződés/hálózati elem)
- Lehetnek bonyolultabb konfigurációk is: pl. videó, telefon (VoIP) átvitele az Internet átvitele mellett



- Ahol *N*:
  - kettő hatványa
  - elvi max.: 256
  - gyakorlatban: 32, 64 tipikusan
    - egy vagy több szintből összerakva, pl. 4x8

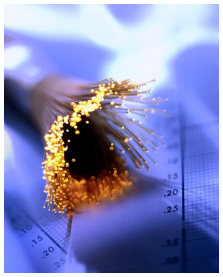
PON rendszerek összehasonlítása

	GPON	**EPON**
Szabványosító szervezet	ITU-T	IEEE
Közeghozzáférés	TDM	Ethernet
Elterjedtség	Európa, USA	Ázsia
Beszédátvitel	Beszédinformációnak fenntartott hely a keretekben	Beszéd az adatok között, QoS-t kell biztosítani
TV jel átvitele	USA-ban analóg módon külön sávon (1550 nm), amúgy IP	IP

GPON sebességek

- Ma használt felfele irányú aggregált sebesség: 1,2 Gb/s
- Ma használt lefele irányú aggr. sebesség: 2,5 Gb/s
- Ez pl. 32 részre osztva felhasználónként:
  - Fel: 37 Mb/s
  - Le: 78 Mb/s
- Már vannak 10 Gb/s rendszerek is...

Összefoglalás



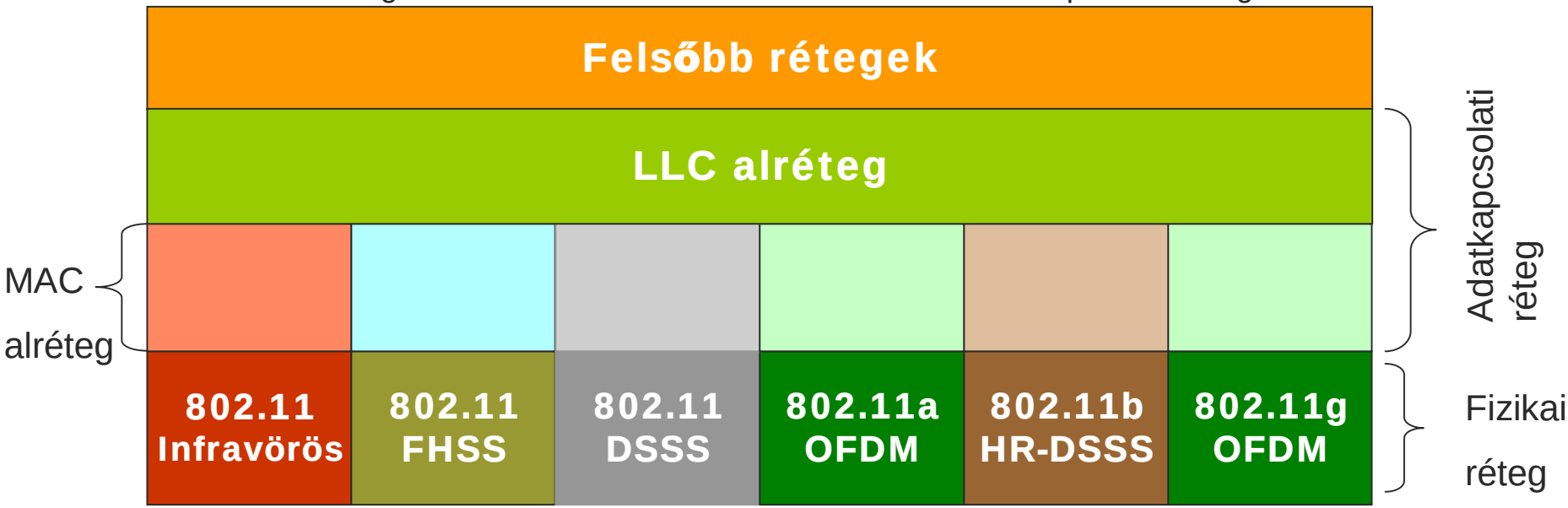
- Az optika alkalmazása az előfizetői hálózatokban elkezdődött
- Egymással versengő technológiák: pont-pont, pont-multipont, aktív, passzív
- Különféle szabványos megoldások vannak
- Európában beválni látszik: GPON
- Tovább fejlesztési lehetőségek: 10 Gbit/s, WDM PON

IEEE 802.11

- WLAN – Wireless Local Area Network
  - A legelterjedtebb WLAN megoldást az IEEE 802.11 szabvány definiálja
  - Más megoldások: HiperLAN, HomeRF
- Mire jó?
  - Épületen belüli WLAN-ok
  - Épületek közötti összeköttetés
  - Otthoni alkalmazás
    - Vezetéknélküli kiterjesztése az otthoni szélessávú előfizetésnek
  - Nyílvános internetszolgáltatások (hotspot)
    - Reptereken, szállodákban, internet-kávézókban

A 802.11 protokollkészlete

- Fizikai réteg
  - Nagyjából az OSI fizikai rétegének felel meg
  - Különböző verziókban különböző átviteli módszerek
- MAC alréteg – Medium Access Control
  - Dönt a csatornakiosztásról
    - Ki lesz a soron következő adó
- LLC alréteg – Logical Link Control
  - Elrejti a különböző 802-es változatok eltéréseit a hálózati réteg elől
  - Megbízható kommunikációt tud biztosítani az adatkapcsolati rétegben



DCF vs. PCF

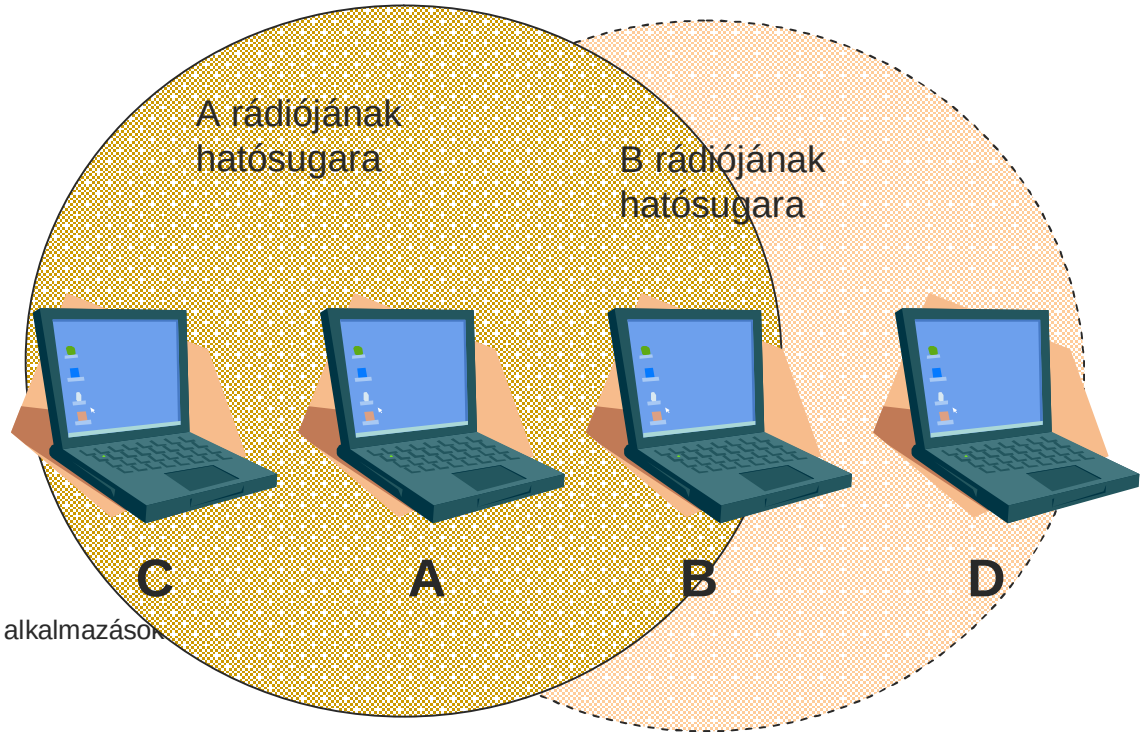
- Két másik megoldás:
  - DCF – Distributed Coordination Function
    - Nem használ központi vezérlést
    - Minden megvalósításnak támogatnia kell
  - PCF – Point Coordination Function
    - A bázisállomás segítségével vezényel minden tevékenységet a cellában
    - Támogatása opcionális

802.11 DCF

- CSMA/CA-t használ
  - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
    - CSMA ütközéselkerüléssel

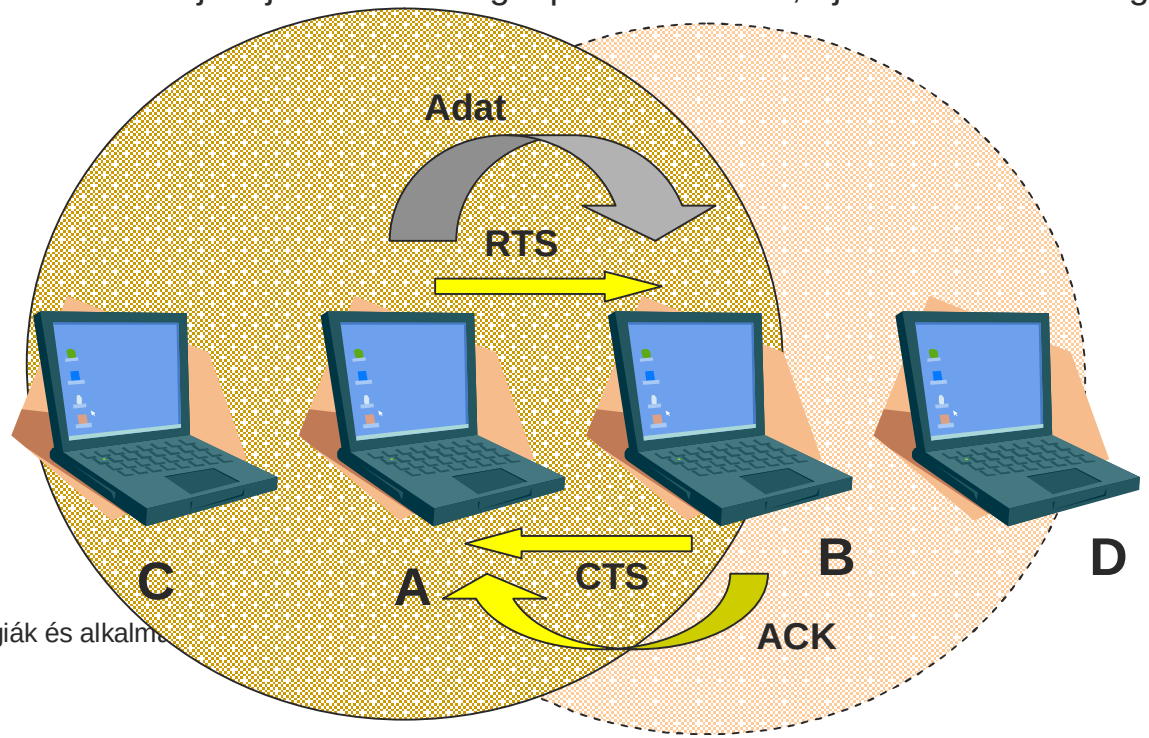
MACAW

- Multiple Access with Collision Avoidance for Wireless
  - Virtuális csatornaérzékelés
- A szeretne küldeni B-nek
  - C az A állomás vételkörzetében van
  - D a B állomás vételkörzetében, de az A vételkörzetén kívül



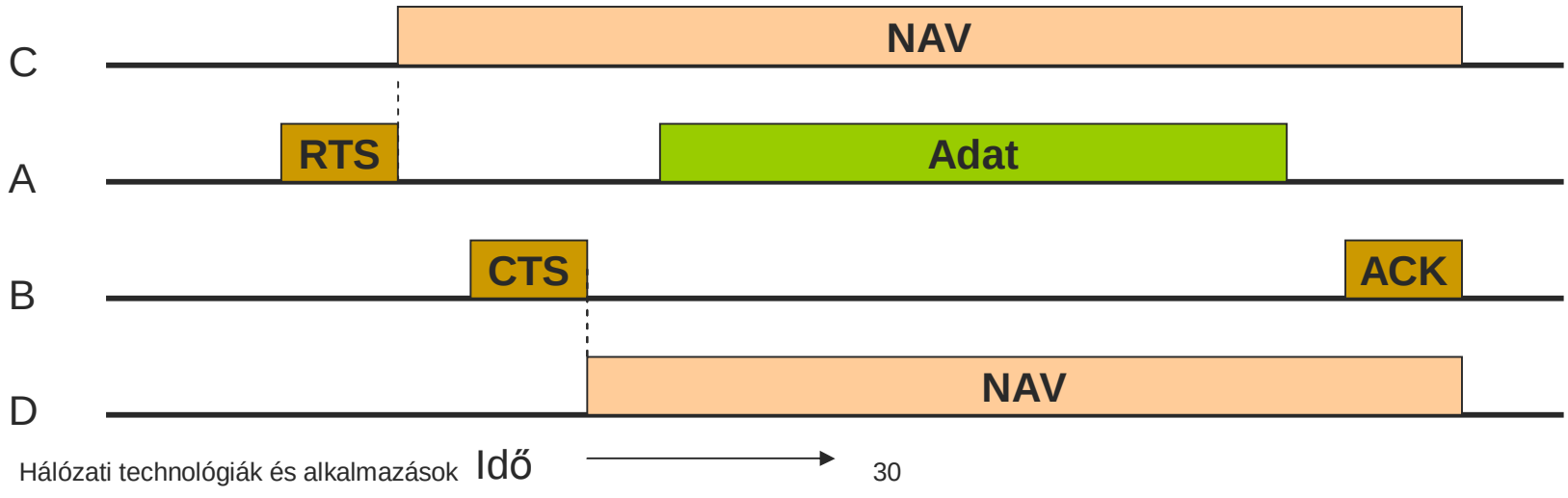
MACAW

- A egy RTS keretet küld B-nek, és engedélyt kér egy adatkeret küldésére
  - Request To Send
- Ha B megadja az engedélyt, visszaküld egy CTS keretet
  - Clear To Send
- A elküldi a keretet és elindít egy ACK időzítőt
  - Ha B megkapja rendben az adatokat, válaszol egy ACK kerettel
  - Ha az A időzítője lejár mielőtt megkapná az ACK-ot, újból kezdődik az egész



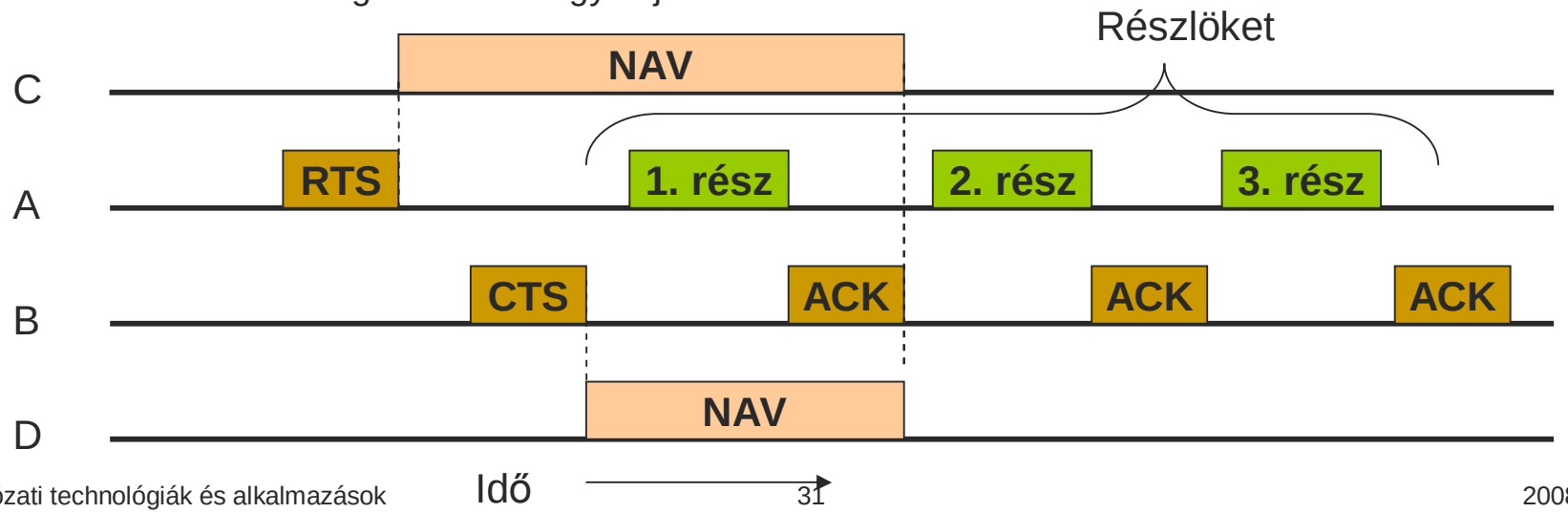
MACAW

- C hallja A-t, megkaphatja az RTS keretet
  - Rájön, hogy nemsokára valaki adatokat fog küldeni
  - Eláll adatküldési szándékától, amíg az üzenetváltás véget nem ér
    - Hogy mikor lesz vége tudja az ACK időzítőből
  - Foglaltra állít magának egy virtuális csatornát
    - NAV – Network Allocation Vector
- D nem hallja az RTS-t, de a CTS-t igen
  - Ő is beállítja magának a NAV-ot
- A NAV belső emlékeztető hogy csendben kell lenni, nem küldik el



Fragment burst

- Vezeték nélküli hálózatokban nagy zaj, nagy csomagvesztés
  - Minél nagyobb egy keret, annál nagyobb a valószínűsége a hibának
- A kereteket fel lehet darabolni
  - Ha RTS/CTS-el megszerzi a csatornát, több részt küldhet egymás után
    - **Fragment burst - részlöket**
  - Nő az átbocsátóképesség
    - Ha hiba van, nem kell a teljes keretet újraküldeni
  - A NAV eljárás csak az első részre kerüli el az ütközést
    - Más megoldásokkal egy teljes részlöket átküldhető ütközés nélkül

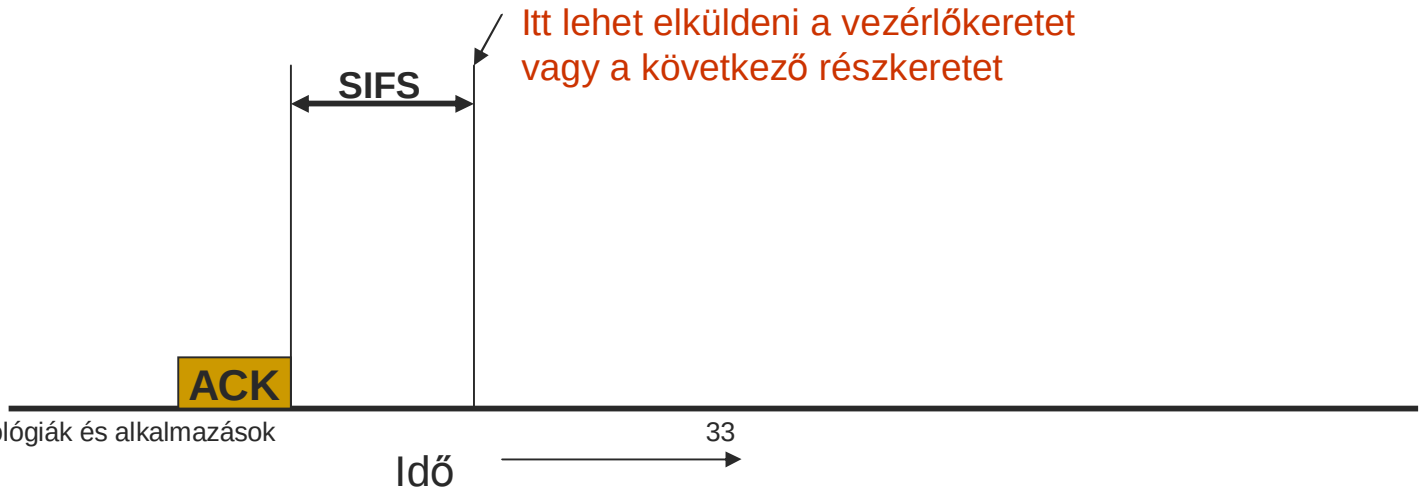


802.11 PCF

- A bázisállomás vezérli a kommunikációt
  - Nincsenek ütközések
- Körbekérdezi a többi állomást, hogy van-e elküldésre váró keretük
  - A szabvány csak a körbekérdezés menetét szabályozza
    - Nem szabja meg annak gyakoriságát, sorrendjét
    - Nem írja elő, hogy minden állomásnak egyenlő kiszolgálásban kell részesülnie
- A bázisállomás periódikusan elküld egy beacon frame-et
  - 10-100 beacon/s
  - Rendszerparamétereket tartalmaz
    - Ugrási sorozatok és tartózkodási idő (FHSS-nél), óraszinkronizáció, stb.
  - Ezzel hívja az új állomásokat is, hogy csatlakozzanak a körbekérdezéshez
- A bázisállomás utasíthatja az állomásokat, menjenek készenléti állapotba
  - Addig amíg a bázisállomás vagy a felhasználó fel nem ébreszti őket
    - Kíméli az állomások akkumulátorát
  - A bázisállomás puffereli a készenléti állapotban lévőknek szánt kereteket

PCF vs. DCF

- A PCF és a DCF egy cellán belül egyszerre is működhet
  - Egyszerre elosztott és központosított vezérlés?
    - Gondosan definiálni kell a keretek közti időintervallumot
    - Egy keret elküldése után kell egy holtidő, mielőtt bárki elkezdene küldeni valamit
- Négy ilyen intervallumot rögzítettek
  - SIFS – Short Inter-Frame Spacing
    - A legrövidebb intervallum, a rövid párbeszédet folytatókat részesíti előnyben
    - A SIFS után a vevő küldhet egy CTS-t egy RTS-re
    - Egy vevő küldhet egy ACK-ot egy részre vagy a teljes keretre
    - A részlöket adója elküldheti az újabb részt, új RTS nélkül

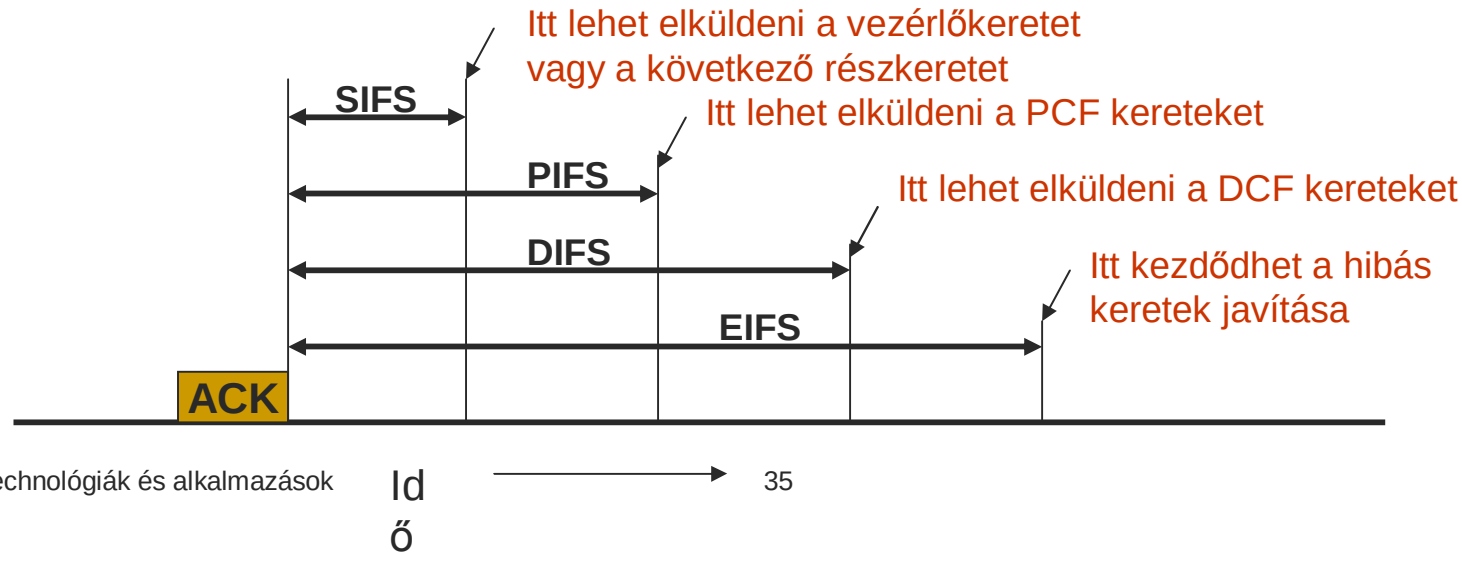


PCF vs. DCF

- PIFS – PCF Inter-Frame Spacing
  - PCF keretek közti időköz
  - A SIFS után mindig egyvalaki adhat csak
  - Ha ezt nem teszi meg a PIFS végéig, a bázisállomás elküldhet egy új beacon-t vagy egy lekérdező keretet
    - Az adatkeretet vagy részlöketet küldő nyugodtan befejezheti a keretet
    - A bázisállomásnak is van alkalma magához ragadnia a csatornát
      - Nem kell a mohó felhasználókkal versengenie érte

PCF vs. DCF

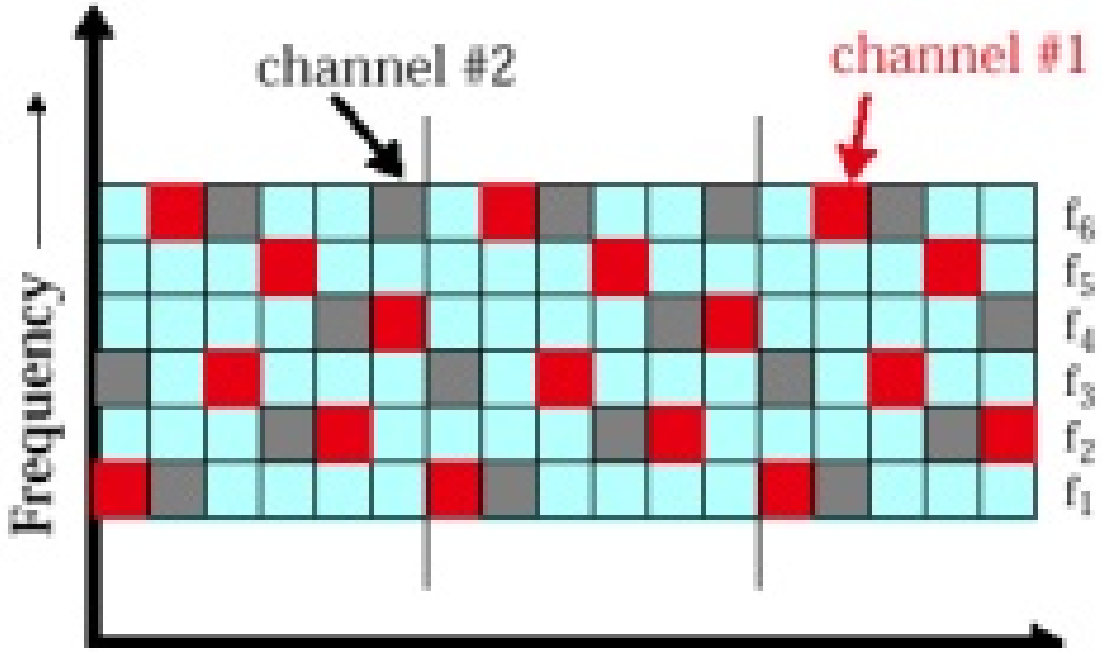
- DIFS – DCF Inter-Frame Spacing
  - DCF keretek közti időköz
  - Ha a bázisállomásnak nincs mondanivalója, a DIFS elteltével bárki megpróbálhatja megszerezni a csatornát
    - Szokásos versengési szabályok
    - Kettes exponenciális visszalépés ütközés esetén
- EIFS – Extended Inter-Frame Spacing
  - Olyan állomások használják, akik egy hibás vagy ismeretlen keretet vettek, és ezt próbálják jelenteni
    - Legalacsonyabb prioritás



FHSS

- Frequency Hopping Spread Spectrum (frekvenciaugrásos szórt spektrum)
  - 2.4 GHz-s ISM sávban
    - 79 db 1 MHz-es csatorna 2.402 GHz és 2.480 GHz között (Európa, USA)
    - 23 db csatorna 2.473 GHz és 2.495 GHz között (Japán)
  - Álvéletlenszám generátorral előállított frekvencia ugrássorozatok
    - Ha két állomás ugyanazt a kezdőértéket (seed) használja, akkor ugyanazokat a frekvenciákat fogjak egyszerre végigjárni
      - Időben szinkronban kell maradniuk
    - 78 db ugrássorozat, mindegyik 79 csatornával (USA, Európa)
      - Az 1. sorozat az USA-ban 3,26,65,11,46,19,74,50,22,64,79,32,62...
    - 12 db ugrássorozat, mindegyik 23 csatornával (Japán)
  - A tartózkodási idő (dwell time) az egyes frekvenciákon állítható
    - Nem lehet nagyobb 400 ms-nál
    - Leggyakrabban használt értékek: 32 ms vagy 128 ms

FHSS

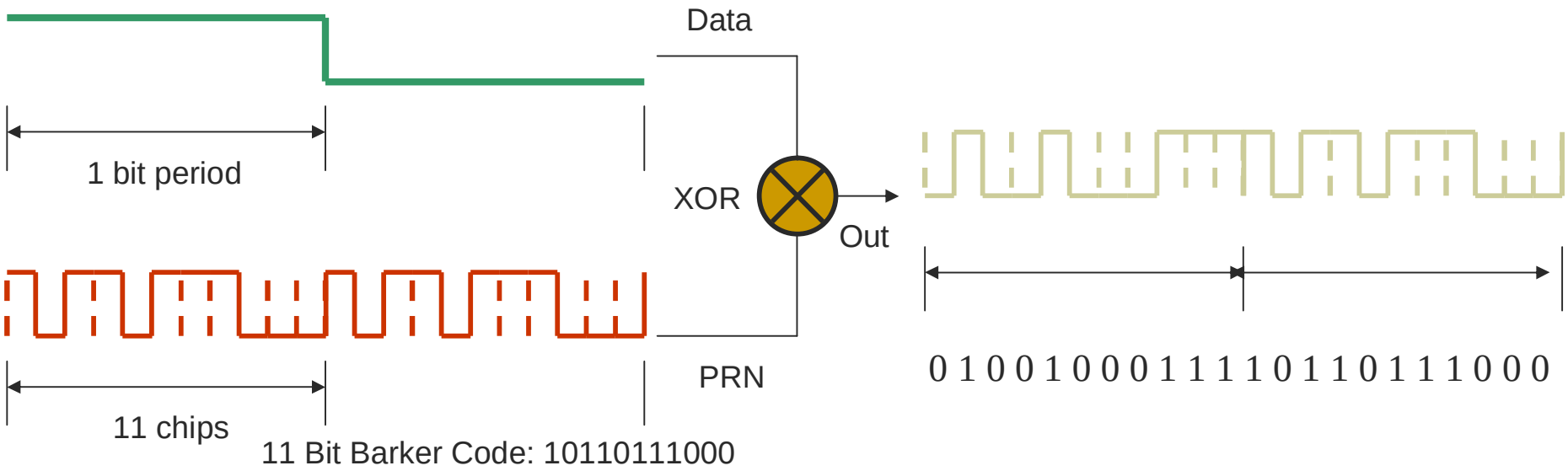


FHSS

- Előnyök
  - Hatékony spektrumkihasználás a szabályozatlan ISM sávban
  - Valamennyire biztonságos
    - Aki nem ismeri az ugrássorozatot vagy a tartózkodási időket, nem tud lehallgatni
  - Jó védelem a többutas csillapítás (multipath fading) ellen
    - A jel az adótól elindulva, különböző tárgyakról visszaverődve terjed
      - Többször is eléri a vevőt
    - A vevő csak egy rövid ideig hallgat azon a csatornán
      - Nem fogják zavarni a késéssel érkező jelek a régi csatornán
  - Kevéssé érzékeny a rádiós interferenciára
    - A zavaró jelek egy adott frekvenciatartományra korlátozódnak
      - A vevő hamar kiugrik onnan
- Hátrányok
  - Kis sávszélesség (1 Mb/s)

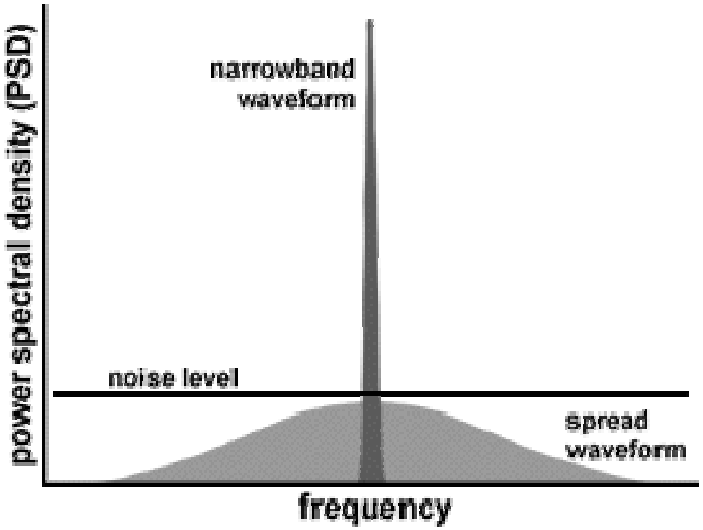
DSSS

- Direct Sequence Spread Spectrum (közvetlen sorozatú szórt spektrum)
  - Átviteli kapacitás szintén 1 vagy 2 Mb/s
  - A „hasznos” adatokat szétszórjuk a teljes frekvencia tartományban
    - XOR művelet 11 bitből álló chip-kóddal (zaj)
      - Pseudo-random sorozat, 1-ből és 0-ból, sokkal nagyobb frekvencián mint az eredeti jel
    - A zajt a fogadó ki tudja szűrni
      - Vissza tudja állítani a hasznos adatokat



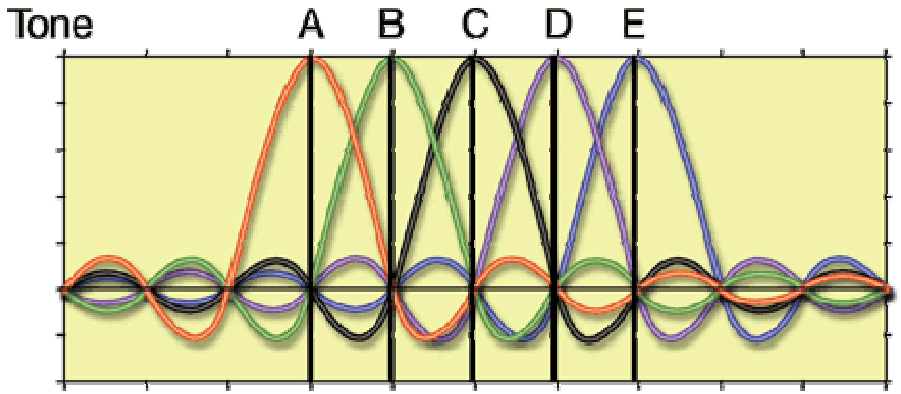
DSSS

- A hasznos adatot szétszórjuk a teljes frekvenciatartományban
  - A szélessávú jel nehezebben detektálható
    - Aki le szeretne hallgatni csak „zajt” érzékel
      - Nem tudja kiszűrni belőle az információt
    - Eredetileg katonai alkalmazásokra vezették be
  - 11 bites chip-kód esetén 22 MHz széles sávra szór
    - 30 MHz két DSSS rendszer között, az interferenciák elkerülésére
    - Az ISM sáv 83.5 MHz széles
      - csak 3 DSSS rendszer működtethető egyszerre egy helyen interferencia nélkül



802.11a (Wi-Fi5)

- A nagyobb sávszélesség érdekében újabb eljárásokat dolgoztak ki (‘99)
- OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing
  - 5 GHz-es ISM sávban
  - Akár 54 Mb/s-os átviteli sebesség
    - A frekvenciatartomány több apró szeletre osztva
    - Az átvivendő jelet is részekre osztjuk
    - Egyidejűleg több frekvencián (alvivőn) is átvitel, nagyobb átviteli sebesség
  - A hagyományos FDM-ben védősávok az interferenciák elkerülésére
    - Kevesebb lehetséges frekvenciaszelet
  - Az OFDM-ben ortogonális frekvenciák
    - Az egyes alvivők középfrekvenciáján a többi jel nulla értéket vesz fel

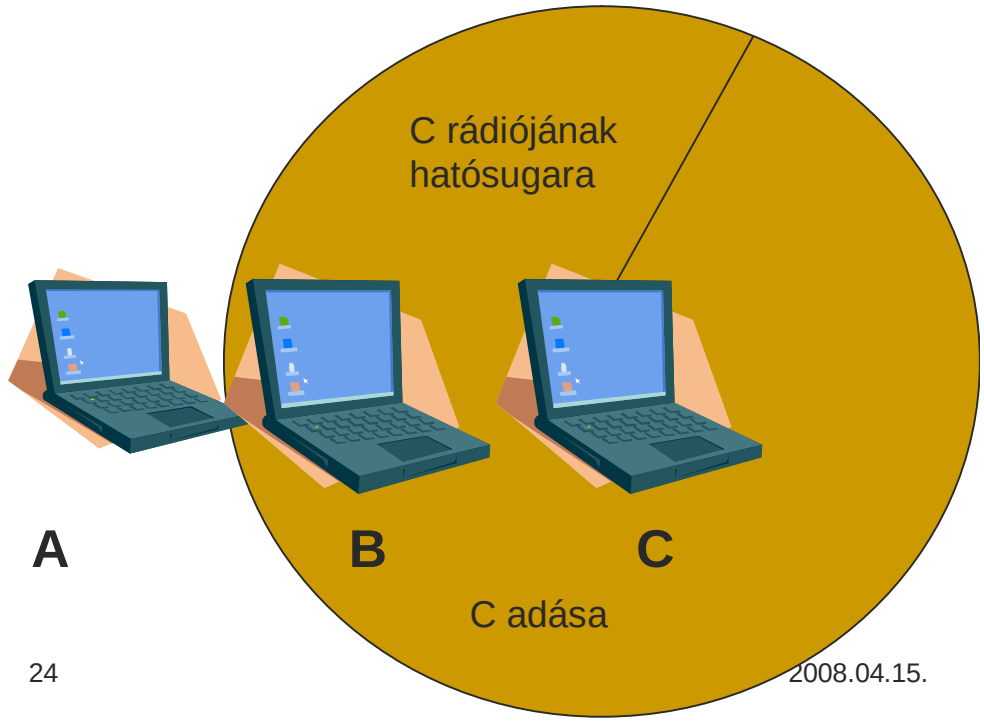


802.11b (Wi-Fi)

- Wireless Fidelity
  - Vezetéknélküli torzításmentesség
- Ez az első 802.11x szabvány
  - Nem a 802.11a utóda, egyszerre fejlesztették őket
- HR-DSSS
  - High Rate Direct Sequence Spread Spectrum
    - Hatékonyabb moduláció mint a hagyományos DSSS-ben
  - 4 átviteli sebesség a 2,4 GHz-es sávban
    - 1, 2, 5.5 és 11 Mb/s
  - Gyakorlatban szinte mindig 11 Mb/s, 100 méteres hatótávolságon
- Kisebb sebesség mint a 802.11a-nál
  - Nagyobb működési tartomány

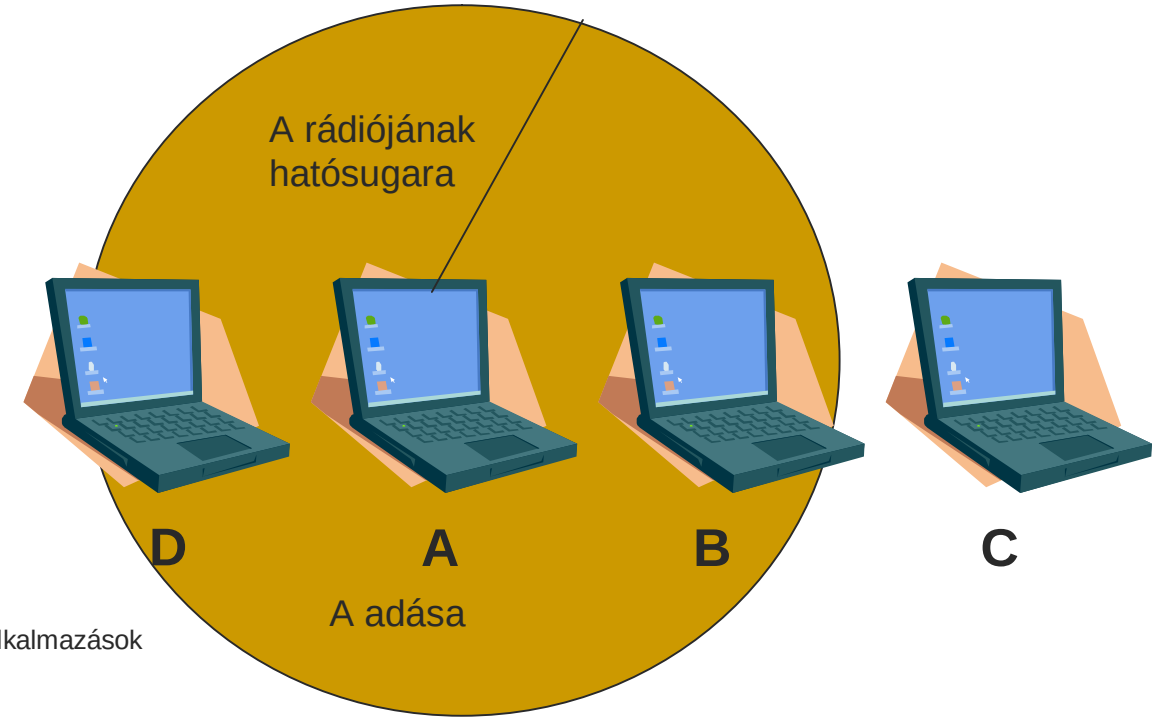
802.11 MAC alréteg

- Vezeték nélküli környezetben a CSMA nem működik
- Rejtett állomás problémája
  - Nem minden állomás tartózkodik az összes többi vételkörzetében
    - C ad a B-nek
    - A nem hall semmit a csatornán
    - Ő is elkezd adni B-nek



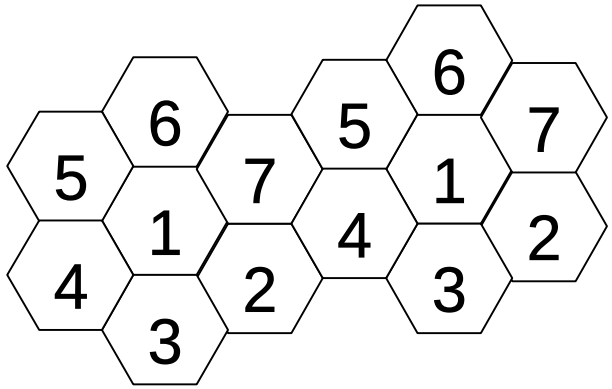
Látható állomás problémája

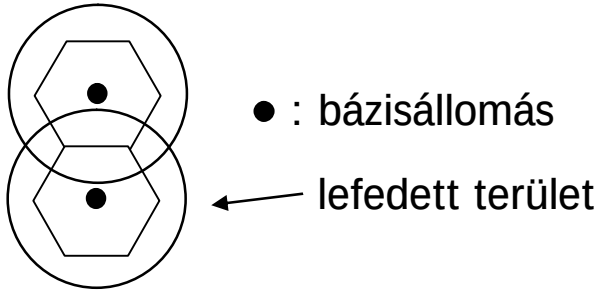
- B akar küldeni C-nek
  - Belehallgat a csatornába, és látja hogy foglalt A által
  - Arra következtet, hogy nem küldhet C-nek
  - Lehet, hogy A D-nek küld, nem zavarná C-t



Földfelszíni mobil TH-k

- Cellás elv:
  - frekvenciatartomány felosztva pl. hét részre
  - cellás lefedés az ábra szerint
  - azonos frekv.: két cella távolság, így nincs interferencia
  - ez csak az elv, a gyakorlatban a cellák nem pont ilyenek! (pl. bázisállomás sokszor a cella „sarkában” van)
- Cellaméret?
- Kisebb cellák előnye:
  - kis adóteljesítmény elég
    - kisebb élettani kockázat
    - kisebb fogyasztás
  - nagyobb forgalom bonyolítható adott területen (nagyobb forgalomsűrűség)
- Kisebb cellák hátrányai:
  - sok bázisállomás kell
    - költséges
    - csúnya





1G rendszerek

- 1G: első generációs mobil távbeszélő rendszerek
  - 1970-es évek vége, 1980-as évek eleje
  - Analóg rendszerek
  - Sok, egymással nem kompatibilis hálózat
  - Pl.: NMT (Nordic Mobile Telephone System, északi mobil távbeszélő rendszer)
    - Skandináviában 1981-től
    - Hazánkban 1990-től 2003. június 30-ig (Westel 0660)
    - Jellemzően 450 Mhz körüli frekvenciasáv
    - Viszonylag nagy, 30-50 km átmérőjű cellák
    - Gyenge beszédátviteli minőség, kevés szolgáltatásfajta
  - További példák 1G rendszerekre:
    - USA: Advanced Mobile Phone Service (AMPS),
    - GB: Total Access Communication System (TACS)
    - Németo: B-Network (C450)

GSM

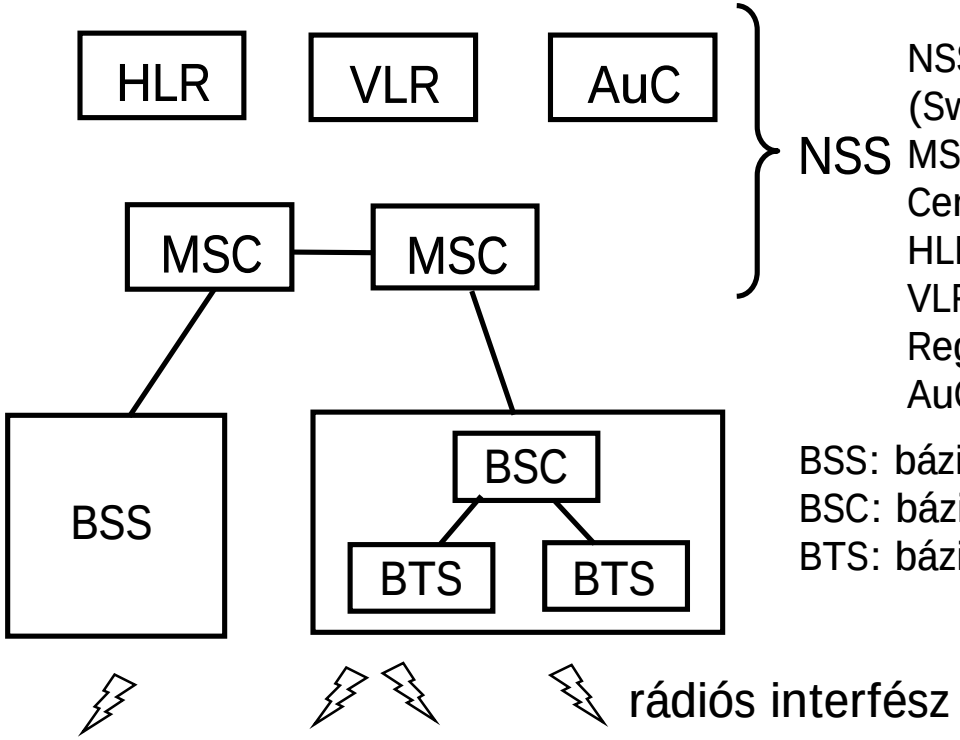
- Rádiós közeghozzáférés: FDMA+TDMA (Frequency/Time Division Multiple Access, frekvencia-/időosztásos többszörös hozzáférés)
- GSM 900 (Primary-GSM, P-GSM)
  - mobil adó: 890-915 MHz, bázisállomás 935-960 MHz
  - e tartományban kisebb frekvencia kisebb csillapítást szenved, így kisebb teljesítményt igényel, ezért a mobil adóé az alsó sáv
  - 25 MHz-es sáv, egy vivő 200 kHz: 124 vivő (FDMA)
    - ezen az összes helyi szolgáltató osztozik
    - hazánkban kb. 40 vivő (frekvenciasáv)/szolgáltató e sávban
  - vivőnként 8 db időrés (TDMA)
  - 40*8/10 ≈ 32 csatorna / cella
    - 10: ennyi féle frekvenciakiosztású cella van (a bevezető fólián (méhkaptár...) mutatott 7-nél reálisabb) -- sőt több is...

GSM

- GSM 1800
  - mobil adó: 1710-1785 MHz, bázisállomás: 1805-1880 MHz
  - 75 MHz-es sáv (plusz háromszoros kapacitás!)
  - de: rosszabb a hullámterjedése
    - egyenesen terjed
    - gyorsan csillapodik
  - emiatt országos lefedésre nem, csak nagy forgalmú kis területek ellátására alkalmas
- van még: (nem kell tudni ZH-ra/vizsgára, de érdekes)
  - Extended-GSM 900, E-GSM: +10 MHz irányonként: +50 vivő
  - R-GSM: Railways GSM: 876-880/921-925 MHz
  - GSM 1900: 1850-1910/1930-1990 MHz (USA)
  - GSM 850: 824-849/869-894 MHz (USA)
- kétnormás készülékek, automatikusan váltanak frekvenciatartományt
  - újabban elterjedtek a háromnormás (900/1800/1900) és négynormás (850/900/1800/1900) készülékek is

GSM hálózatok felépítése

- Részletesebben:



NSS: hálózati (kapcsoló) alrendszer (Network (Switching) Subsystem)
MSC: mobil kapcsolóközpont (Mobile Switching Center)
HLR: honos helyregiszter (Home Location Register)
VLR: látógatói helyregiszter (Visitor Location Register)
AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)

BSS: bázisállomás-alrendszer (Base Station Subsystem)
BSC: bázisállomás-vezérlő (Base Station Controller)
BTS: bázisállomás (Base Transceiver Station)

mobil berendezés (Mobile Equipment, ME)

előfizetői azonosító modul (Subscr. Identity Module, SIM)

Bázisállomás-alrendszer

- Bázisállomás (BTS)
  - egy vagy több elemi adó/vevő (elementary transmitter/receiver)
  - Átkódoló és sebességillesztő egység (Transcode/Rate adapter Unit, TRAU)
    - 13 (5,6) kb/s FR, HR, EFR kodek ⇔ 64 kb/s PCM
      - Full Rate (teljes sebességű), Half Rate (fél seb.), Enhanced Full Rate (javított teljes seb.)
    - Adatátvitelnél is sebességillesztés: kisebb sebességek (pl. 14.4 kb/s) ⇔ 64 kb/s (a felesleges bitek beékelése/kiiktatása)
- Bázisállomás-vezérlő (BSC)
  - egy vagy több bázisállomást vezérel
  - kapcsolás
  - rádiócsatorna-hozzárendelés
  - hívásátadás-vezérlés

Hálózati alrendszer

- Mobil kapcsolóközpont (MSC)
  - egy „hagyományos” kapcsolóközpont
  - mobil-specifikus bővítésekkel
    - autentikáció
    - helyzetnyilvántartás
    - hívásátadás BSC-k között
    - barangolás
    - stb.
- Honos helyregiszter (HLR)
  - előfizetőre vonatkozó adatok, szolgáltatási jogosultságok, aktuális tartózkodási hely
  - egy HLR hálózatonként
- Látogatói helyregiszter (VLR)
  - Elvileg földrajzi területenként (location area) egy-egy
  - Gyakorlatilag az MSC-vel egybeépítve: egy MSC körzete egy földrajzi terület
  - A HLR információinak egy részét tárolja ideiglenesen (ami a hívásfelépítéshez szükséges) az ott tartózkodó mobil állomásokról
- AuC: hitelesítő központ (Authentication Center)

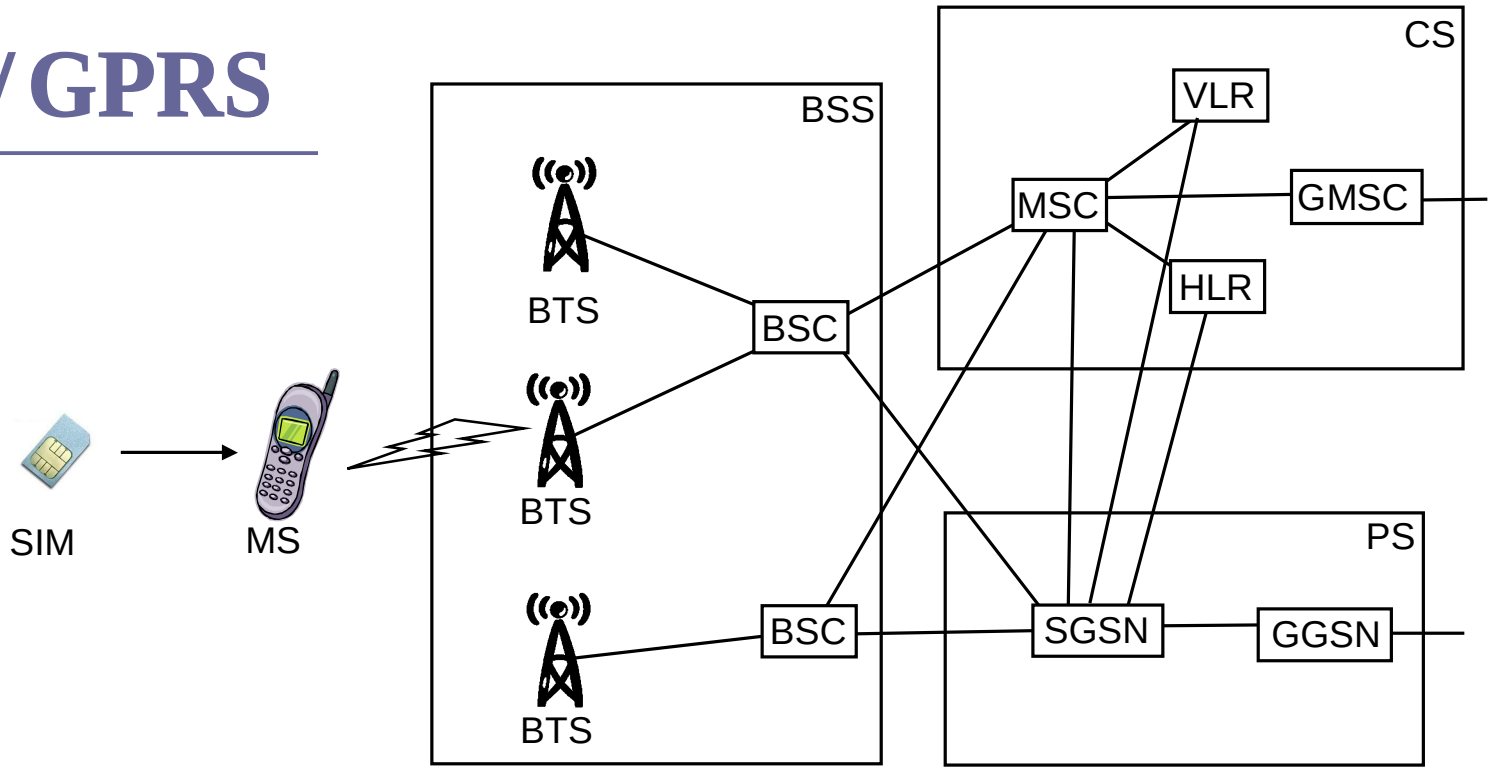
GSM szolgáltatások – 1

- Beszédátvitel
  - kodek sebessége 13 kb/s (később: 5,6 kb/s)
  - kompromisszum: viszonylag gyenge hangminőség, jobb frekvenciakihasználtság
- SMS (Short Message Service, rövid szöveges üzenet szolgáltatás)
  - 160 karakter max.
- Adatátvitel
  - alapesetben 9,6 kb/s, később 14,4 kb/s
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data, nagy sebességű áramkörkapcsolt adatátvitel)
  - adatátvitel továbbfejlesztése: több 14,4 kb/s csatorna összefogása
  - elvileg max 8
  - gyakorlatilag max 4, hogy beférjen egy 64 kb/s csatornába (PDH)
    - 43,2, 57,6 kb/s a tipikus sebességértékek
  - áramkörkapcsolt, 4 csatorna egyszerre: drága!

GSM / GPRS

- GPRS (General Packet Radio Service, általános csomag alapú rádiós szolgáltatás)
  - 2001. óta elérhető szolgáltatás
  - csomagkapcsolt adatátvitel, a GSM kiegészítése
  - előny:
    - jobb kihasználtság
    - fizetés kilobájt alapon, nem perc szerint
  - sebesség
    - kezdetben max. 56 kb/s
    - elvi max: 8 x 20 = 160 kb/s
    - tipikusan 60-80 kb/s lefele, 20-40 kb/s felfele
      - felfele kevesebb csatornát használnak
  - felhasználási lehetőség ma:
    - (WAP elérés)
    - Internet elérés
  - komoly hálózatfejlesztést igényelt (ld. következő dia)

GSM / GPRS



SIM: Subscriber Identity Module, előfizetői azonosító modul

MS: Mobile Station, mobil állomás

BTS: Base Transceiver Station, bázisállomás

BSC: Base Station Controller, bázisállomás-vezérlő

BSS: Base Station Subsystem, bázisállomás-alrendszer

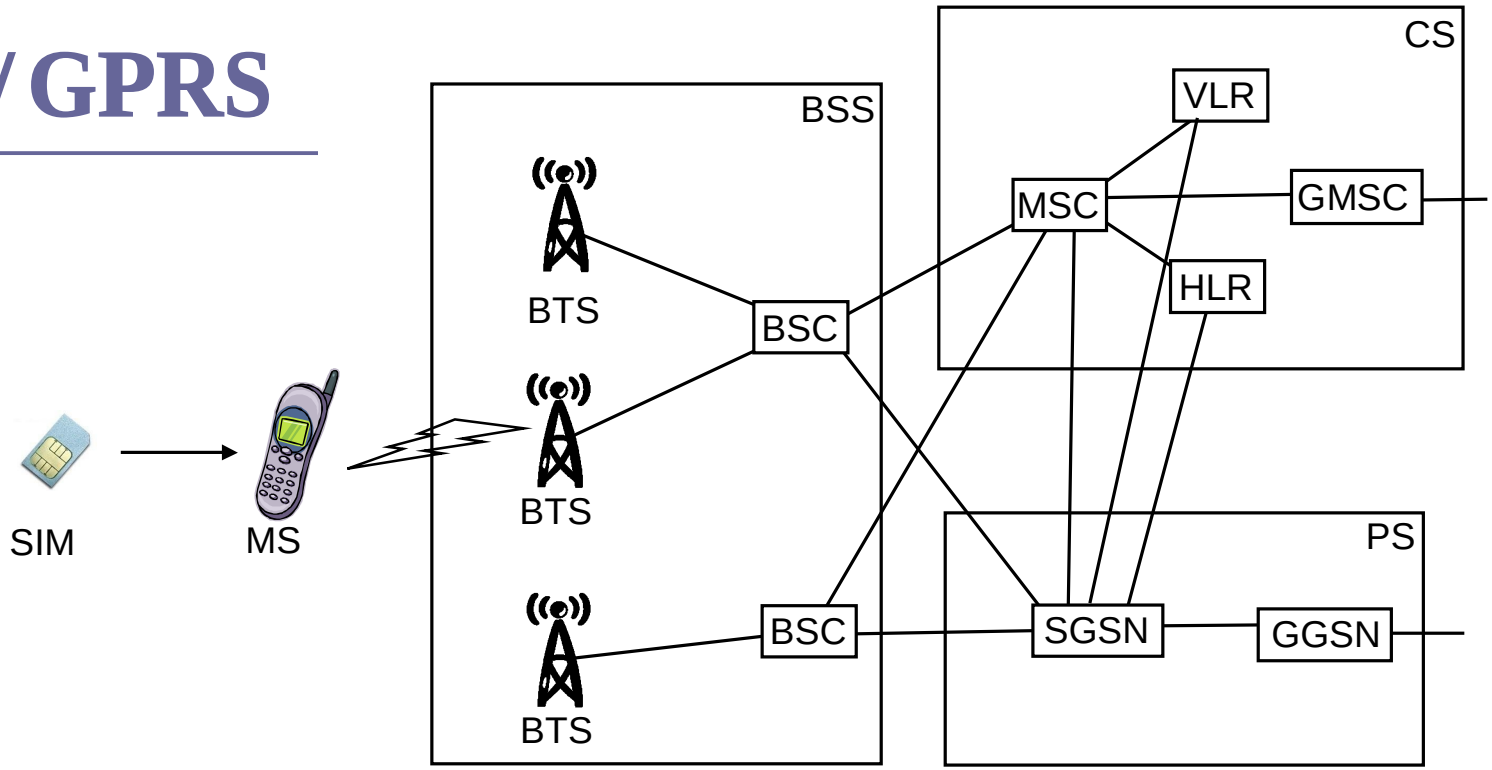
MSC: Mobile Switching Center, mobil kapcsolóközpont

HLR: Home Location Register, honos helyregiszter

VLR: Visitor Location Register, látógatói helyregiszter

GMSC: Gateway MSC: MSC és egyben átjáró más hálózatok felé (pl. ISDN)

GSM / GPRS



CS: Circuit Switched, áramkörkapcsolt alrendszer

SGSN: Serving GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez (útválasztó)

GGSN: Gateway GPRS Support Node, csomagkapcsolást végez és egyben átjáró más csomagkapcsolt hálózatok felé (pl. Internet)

PS: Packet Switched, csomagkapcsolt alrendszer

GSM/EDGE

- *EDGE* (Enhanced Data Rate for Global/GSM Evolution, kb. továbbfejlesztett adatsebesség a globális/GSM fejlődésért – no comment...)
  - 2003-tól
  - használható:
    - az áramkörkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced Circuit Switched Data (ECSD)
    - illetve a csomagkapcsolt adatátvitel gyorsítására: Enhanced GPRS (EGPRS)
  - javított modulációs eljárás
    - eredetileg 1 bit/szimbólum volt (Gaussian minimum shift keying, GMSK)
    - EDGE: 8PSK, 3 bit/szimbólum
    - háromszoros adatátviteli sebesség
    - de ez csak jobb jel/zaj viszony esetén működik (kevésbé zavartűrő)
    - csak a bázisállomás közelében használható, nem a teljes cellában
  - kisebb mértékű hálózatfejlesztést igényel: EDGE-képes kártya a bázisállomásra + BSC szoftverfrissítés
  - értelemszerűen csak akkor használható, ha a végberendezés is EDGE-kompatibilis

UMTS

- UMTS: Universal Mobile Telecommunications System, Egyetemes mobil távközlési rendszer
- Cél egy valóban univerzális 3G rendszer volt
  - 1G rendszerek: azonos típusú hálózatok között sincs barangolás
  - 2G: még mindig több, egymással inkompatibilis rendszer
  - 3G: ez sem sikerült maradéktalanul...
- ITU: IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) szabvány
  - UMTS (Eu)
  - FOMA: Freedom of Mobile Multimedia Access (Japán)
    - UMTS kompatibilis
  - CDMA2000: Code Division Multiple Access (US)
- UMTS-nek is vannak alverziói: 3GPP szabványosítja
  - 3GPP: 3rd Generation Partnership Project, 3G partnerségi projekt
    - www.3gpp.org

Közgazdasági háttér

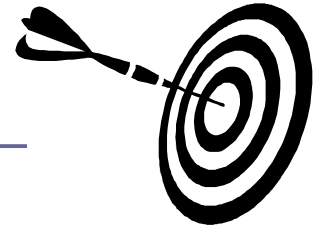
- UMTS: 2000 körül a koncessziókat árverésre bocsátották
  - Koncesszió: piacra lépési engedély:
    - az állami jogok, kötelezettségek → vállalkozás(ok)
    - meghatározott piaci pozíció: monopol vagy oligopol.
    - cserébe: kötelezettségek, járadék

Németország	49,7 milliárd euró***	2.5% éves GDP
Nagy-Britannia	38,2 milliárd euró	2.5% éves GDP
Olaszország	12,5 milliárd euró	1.1% éves GDP

***kb. Magyarország 2001-es GDP-jének 80%-a!

  - Ezt a távközlési szektorból vonták el
  - Emiatt sok országban elhalasztották az UMTS tendert
  - Pl. Magyarországon is éveket késett
    - Végül: T-Mobile 17 milliárd Ft, Pannon 19 mrd. Ft, Vodafone 16,5 mrd Ft. Koncesszió 15 évre, ez alatt kell a díjat befizetni
    - szolgáltatás 2005 vége óta

UMTS célok

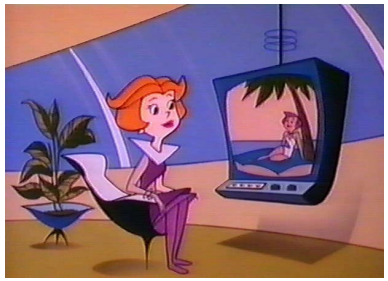


- UMTS célok:
  - jobb beszédhangminőség (PSTN-t elérő)
  - jobb spektrumkihasználtság (földi és elvben műholdas is)
  - nagyobb adatátviteli sebesség
  - GSM kompatibilitás

UMTS szolgáltatások

- Beszédátvitel:
  - Adaptive MultiRate (AMR) kodek: ld. később
  - 4,7 – 12,2 kb/s
- Adatátvitel, Internet elérés
  - városban tipikus max. 384 kb/s
  - vidéken tipikus max. 144 kb/s
  - helyi rendszerben max. 2 Mb/s
    - (emlékezzünk:
      - GSM: kb. 14 kb/s
      - GSM/GPRS, HSCSD: kb. 50-80 kb/s
      - EDGE+GSM/GPRS (E-GPRS): kb. 150-180 kb/s)
- Multimédia szolgáltatások
  - TV adások közvetítése
  - Rádió hallgatás
  - MMS

UMTS szolgáltatások



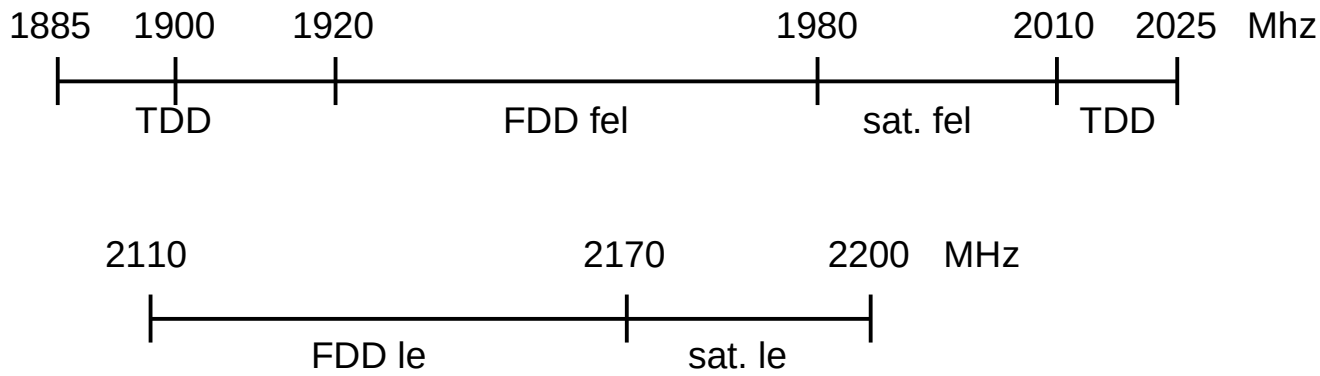
- UMTS szolgáltatások ma Magyarországon:
  - beszédátvitel
  - adatátvitel
  - videotelefon (60-160 Ft/perc)
  - TV nézés
    - T-Mobile: kb. 400 Ft/nap (5 óra), 2000 Ft/hó (40 óra), díjmenetes próba!
      - ATV, Duna Tv, Eurosport, Eurosport 2, Hír TV, Life Network, Magyar Televízió 1-2 , Ozone Network, RTL Klub, Stroytv, TV6, VIVA
    - Vodafone: előre rögzített tartalmak csak (0,400,1000 Ft/24 h)
    - Telenor: már nem nyújt ilyen szolgáltatást
  - Több korábbi szolgáltatás már megszűnt
    - Rádió hallgatás
    - Forgalomfigyelő kamerák
    - Hungarorama (kamerák több városban)
    - Videók, zenék letöltése (részben van még)
- Kell egy „killer application”!!
  - Mára kiderült: ez az Internet-elérés

Duplexitás kezelés UMTS-ben

- Feladat: fel- és lefele irányú adatok elkülönítése
- Alkalmazott lehetséges megoldások:
  - időben
  - frekvenciában
- Mindkettőt használják UMTS-ben (de nem egyszerre)
  - FDD: Frequency Division Duplexing
    - nagyobb frekvencia a lefele irányban (nagyobb csillapítás → nagyobb teljesítmény kell)
  - TDD: Time Division Duplexing
    - előnye: a fel/letöltés aránya dinamikusan változtatható az aktuális igények függvényében
    - (ping-pong módszer, ld. korábban)

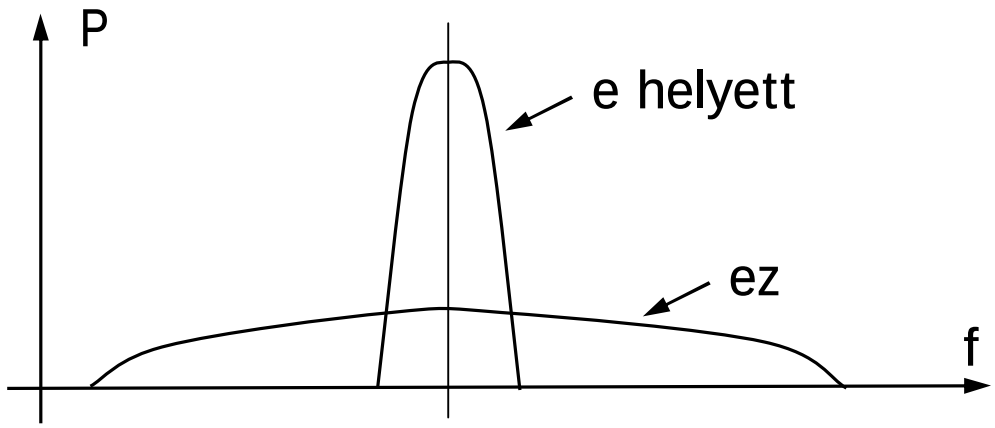
Rádiós közeg

- Frekvenciák:
  - 1885-2025 és 2110-2200 MHz:
    - TDD: 1885-(1900-)1920 Mhz (1900 alatt: DECT) és 2010-2025 MHz
    - FDD: 1920-1980 (fel) és 2110-2170 (le)
    - műholdas (tervezett): 1980-2010 MHz (fel) és 2170-2200 MHz (le)
  - Nagy frekvencia: csupán pár (3-5) km átmérőjű cellák
  - A frekvenciákat 5 MHz-es csatornákra osztják, melyekben CDMA-t használnak
    - egy szolgáltató néhány csatornát, különböző szolgáltatók különböző csatornákat



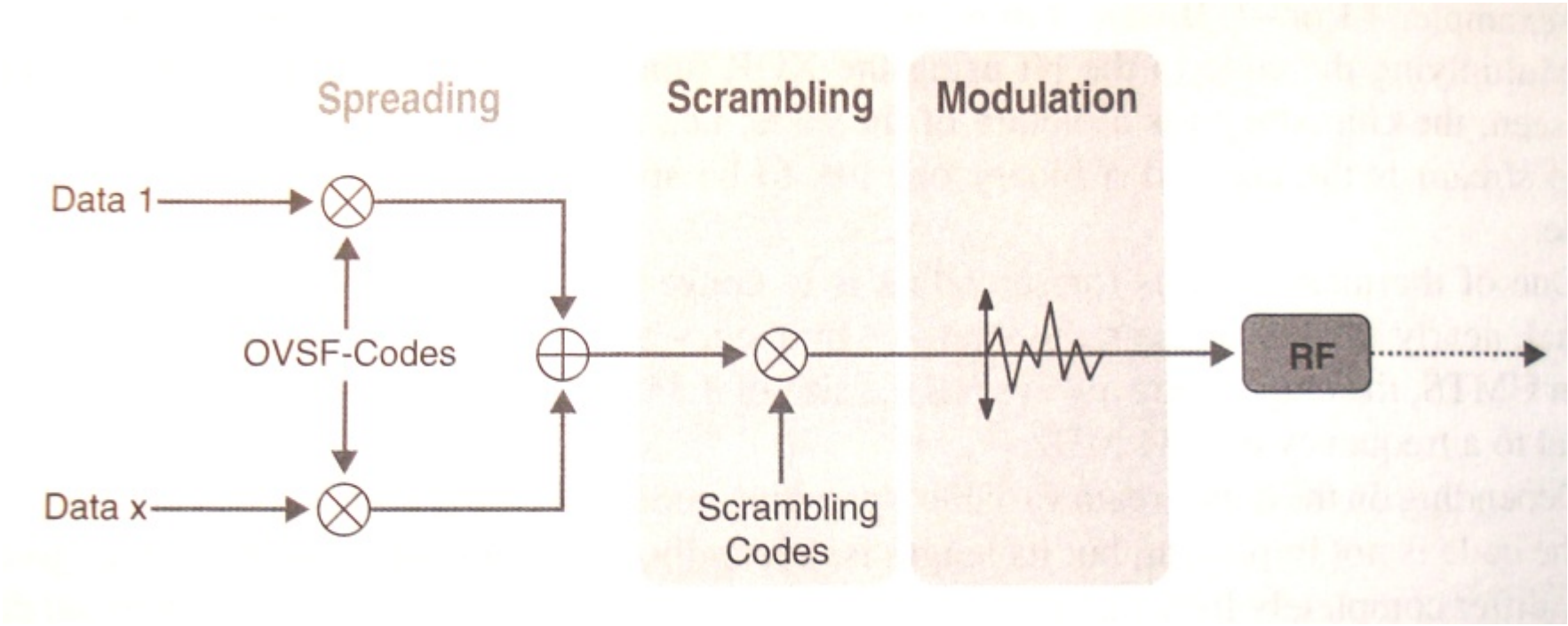
Rádiós közeg

- Közeghozzáférés:
  - *CDMA*, Code Division Multiple Access, kódosztásos többszörös hozzáférés (SzgH. tárgy már érintette)
    - pontosabban: DS-CDMA (ld. hamarosan)
  - Ugyanaz a frekvencia, ugyanaz az idő, más kód
    - példa: soknyelvű reptéri váró
  - Minden jel „szétkenve” a teljes spektrumra, de kis teljesítménnyel
  - Cél: jobb spektrumkihasználtság



UMTS kódosztás

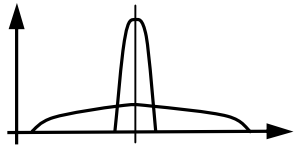
- A kódolás két menetben történik
  - csatornázási kód (channelisation code)
  - keverő kódolás (scrambling)
  - utána jön a modulálás, kisugárzás



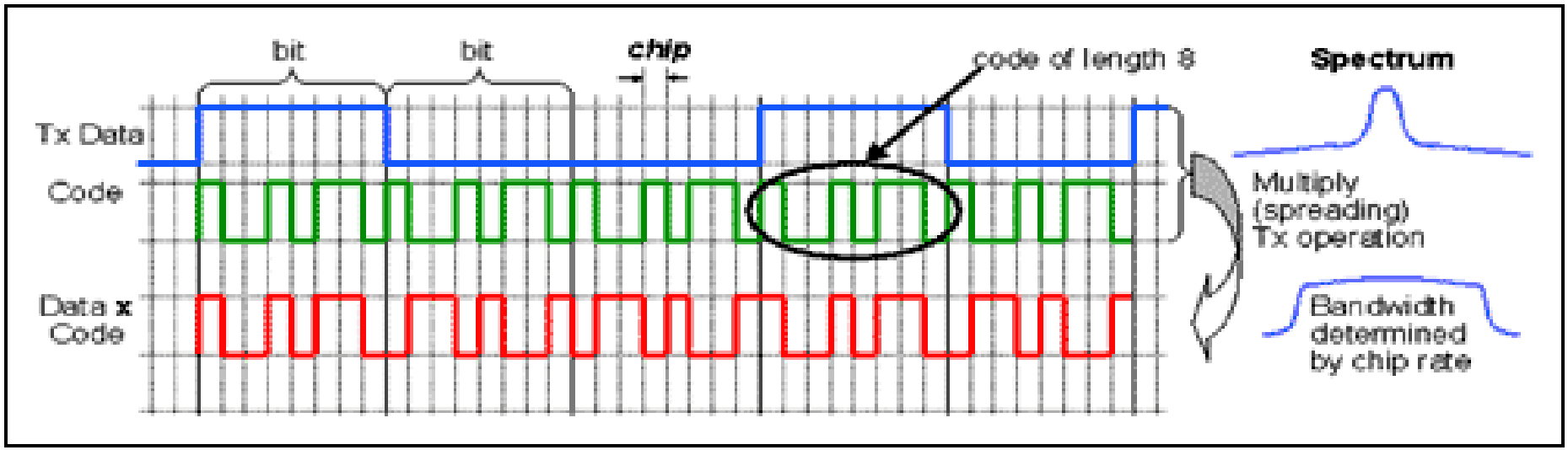
UMTS kódosztás

- A kódolás két menetben történik
  - csatornázási kód (channelisation code)
  - keverő kódolás (scrambling)
- Sőt, a nulladik lépés a csatornakódolás (channel coding)
  - ez nem ugyanaz, mint a csatornázási kódolás
  - ez hibajavító kódolás (avagy előremenő hibajavítás, forward error correction, FEC)
  - továbbiakban erről nem lesz szó

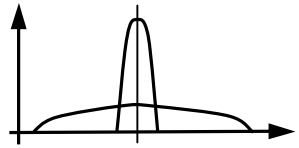
Csatornázási kód



- Működés: DS-CDMA (Direct Sequence CDMA, közvetlen sorozatú CDMA)
  - a digitális jelet összeszorozzuk egy ún. szóró kóddal (spreading code), és ezt sugározzuk ki
  - a szorzás pontosabban: NOT(XOR(bit1,bit2))
  - a kisugárzott jel hozzáadódik a többi adó által kisugárzotthoz
- A szóró kód bitsebességge (chiprate) sokkal nagyobb (kb. 100x)
- A szóró kódok ortogonálisak, azaz egy bitidőre átlagolva két szórókód szorzatát nullát kapunk

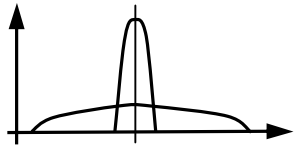


Kódosztás

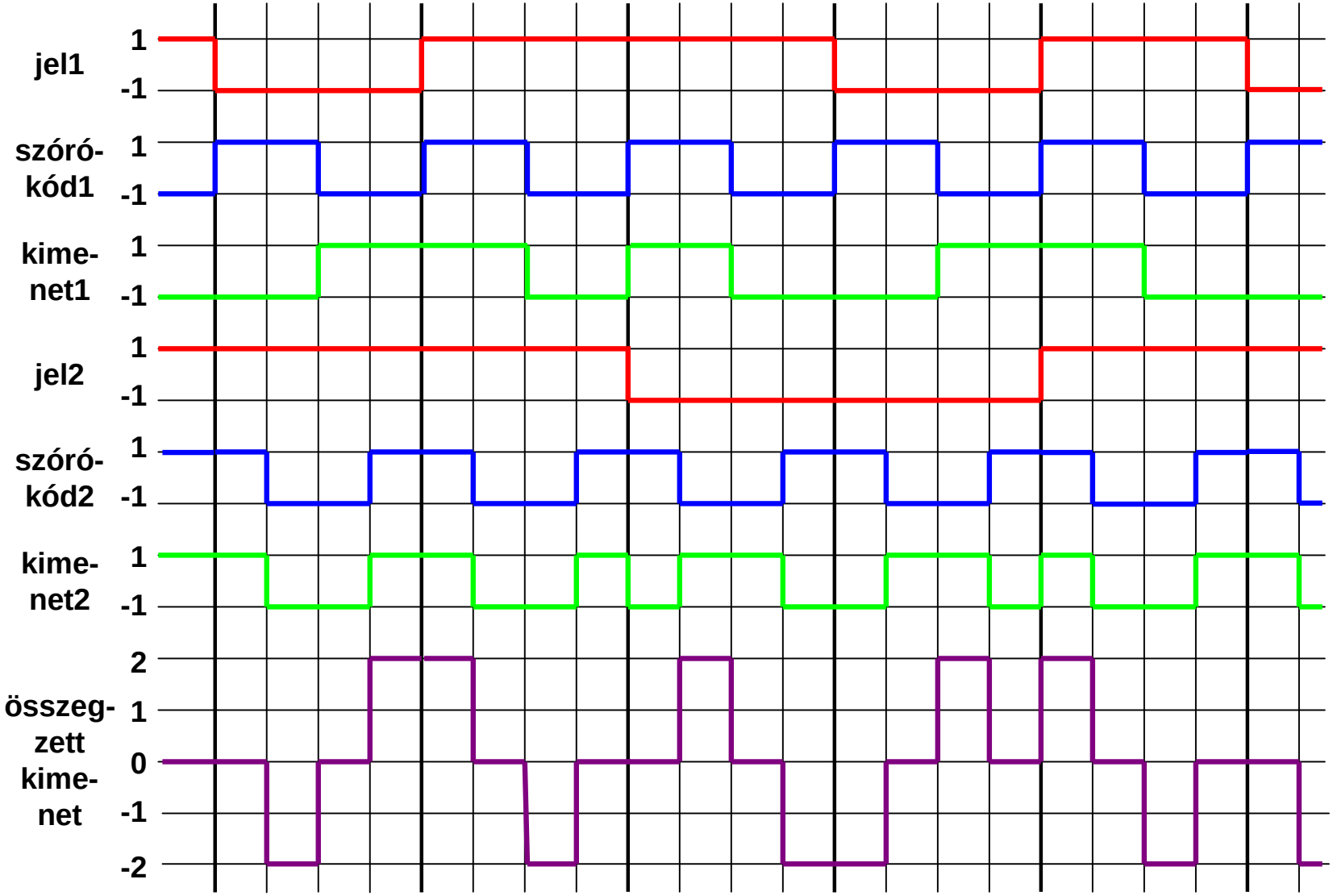


- Kicsit részletesebben:
- Kódolás
  - STEP 1. A szóró kódot és az elkódolni kívánt adatot is reprezentáljuk a következőképp:
    - $1 \rightarrow 1$
    - $0 \rightarrow -1$
    - Vegyük észre: ekkor NOT(XOR(a,b)) valójában a*b, azaz szorzás
      - 1*1=1, 1*-1=-1, -1*1=-1, -1*-1=1
  - STEP 2. Végezzük el a szóró kód összeszorzását a küldendő adattal
    - a szóró kód összes bitjét szorozzuk az adat egy adott bitjével, így jelentősen megnő a jelsebesség
  - STEP 3. Sugározzuk ki az így kapott jelet a közös frekvencián
    - Modellünkben egyszerűen összeadjuk az összes így kapott jelet
- Dekódolás
  - STEP 1. A vett jelet (a kódolás STEP 3 összege) szorozzuk meg az adó szóró kódjának a bitjeivel sorban. Ahány bitet kívánunk venni, annyiszor ismételjük ezt meg
  - STEP 2. Az így kapott értékeket átlagoljuk bitidőkre
  - STEP 3. Ha az átlag 1: a küldött bit 1. Ha az átlag -1: a küldött bit 0
  - STEP 4. Ismételjük meg mindezt az összes vevőre

Kódosztás

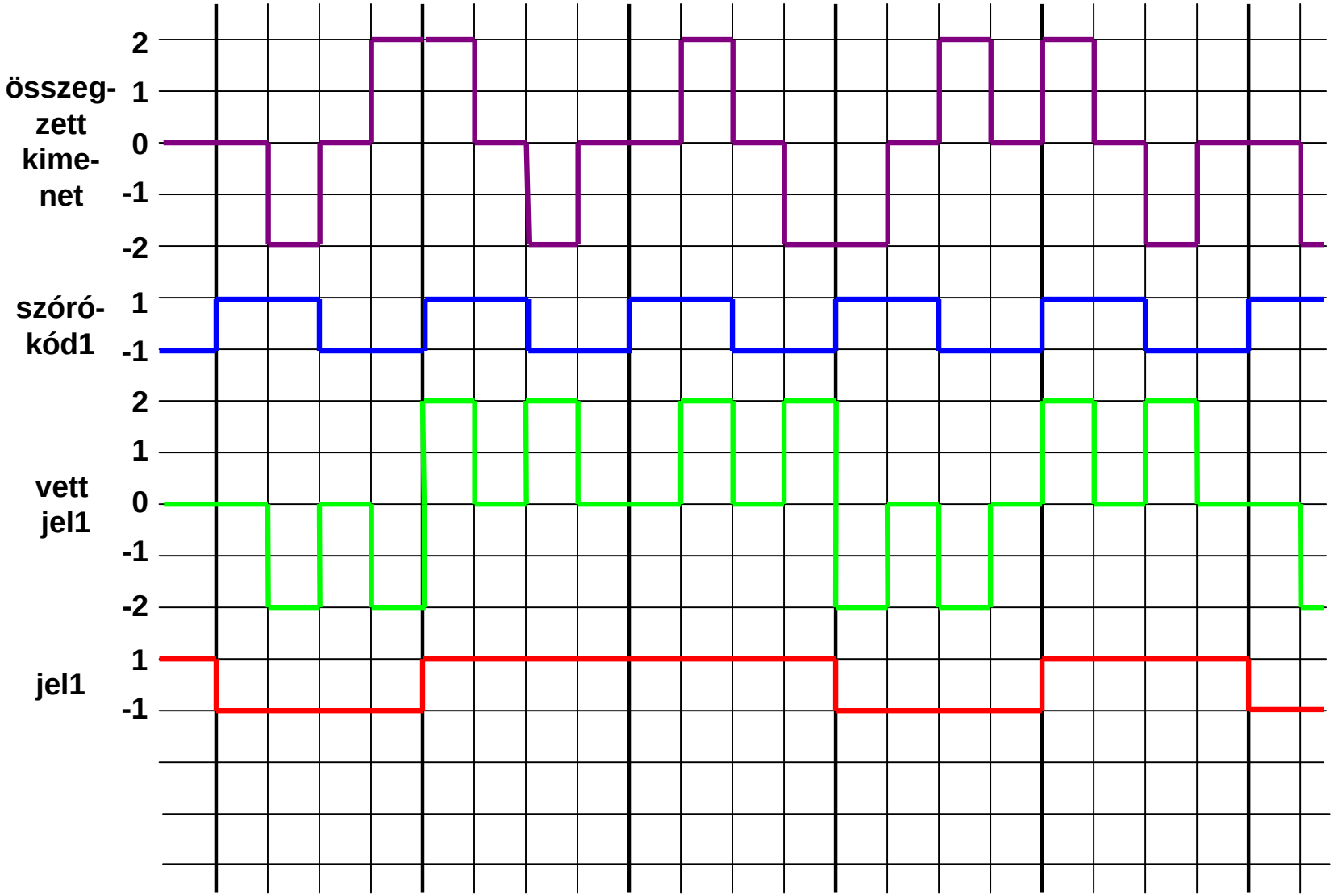


- A kódolás szemléltetése:

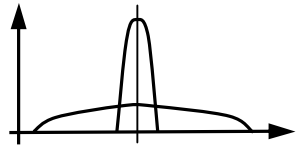


Kódosztás

- A dekódolás szemléltetése:



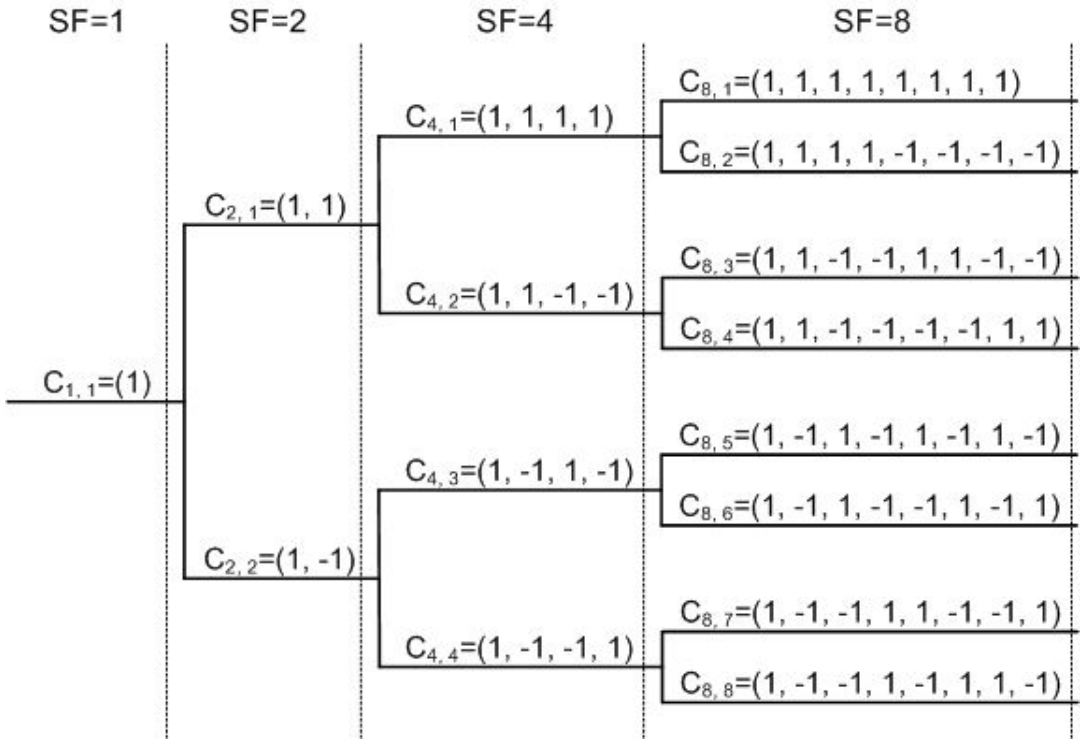
Kódosztás



- Nézzünk egy számpéldát!
  - Vigyük át az (1, 0) és az (1, 1) jeleket az (1, 1, 0, 0), ill. (1, 0, 0, 1) szóró kódokat használva
- Kódolás:
  - STEP 1. Az átviendő jel legyen
    - A: (1, -1)
    - B: (1, 1)
  - STEP 1. A két szóró kód legyen
    - A: (1, 1, -1, -1)
    - B: (1, -1, -1, 1)
  - STEP 2. Az elküldendő jelek:
    - A: 1,1,-1,-1,-1,-1,1,1
    - B: 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1
  - STEP 3.Ezek összege:
    - 2, 0, -2, 0, 0, -2, 0, 2
- Dekódolás
  - STEP 1. A szorzat:
    - A: 2, 0, 2, 0, 0, -2, 0, -2
    - B: 2, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 2
  - STEP 2. Az átlagok:
    - A: 1, -1
    - B: 1, 1
  - STEP 3: A vett jel:
    - A: 1, 0
    - B: 1, 1
- Megj: mindez azért sikerülhetett, mert a szóró kódok valóban ortogonálisak, azaz a kettő szorzatának az átlaga nulla:
  - A szorzat: 1, -1, 1, -1
  - Az átlag: 0

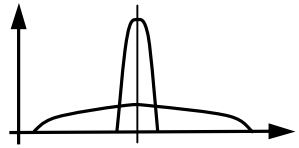
Csatornázási kód

- OVSF kód generálása



- Vagyis:
  - $C_{2x,2y-1}=(C_{x,y},C_{x,y})$ és $C_{2x,2y}=(C_{x,y},-C_{x,y})$
  - Látszik, hogy 2^n hosszú kódból 2^n darab van
  - Könnyen bizonyítható az ortogonalitás is (teljes indukció)
    - Bizonyítandó: $\underline{C_{i,a}}\,\underline{C_{i,b}}=0$, ha $a\neq b$
    - i=2-re igaz: 1*1+1*(-1)=0
    - $\underline{C_{i,a}}\,\underline{C_{i,b}}=(\underline{C_{i-1,x}},\pm\underline{C_{i-1,x}})\bullet(\underline{C_{i-1,y}},\pm\underline{C_{i-1,y}})=\underline{C_{i-1,x}}\bullet\underline{C_{i-1,y}}\pm\underline{C_{i-1,x}}\bullet\underline{C_{i-1,y}}=0\pm0=0$

Csatornázási kód



- E kód a keskenysávú bemenő jelet szélessávúvá alakítja
- A kiterjesztési faktor változik 4 és 512 között
  - azt adja meg, hogy hányszorosa lesz a chipsebesség a bitsebességnek
  - másképpen: hány chip hosszú egy szóró kód
  - ismét másképp: hány db. szóró kód van
- A chipsebesség viszont mindig fix: 3 840 000 chip/sec
  - azaz 3,84 MChip/s, 3,84 Mcps
- Tehát kisebb adatsebességhez nagyobb kiterjesztési faktor tartozik, nagyobb adatsebességhez kisebb
  - több hosszabb kód van, kevesebb rövidebb
  - azaz kisebb adatsebességből többet tudunk küldeni egyszerre, nagyobb sebességből kevesebbet, a szorzat állandó
    - logikus, nem? :)

Csatornázási kód

- Példa: beszédátvitel esetén 128-szoros a kiterjesztési faktor (spreading factor, SF)

Data rate (After channel coding)	SF	Chip rate
960 kbit/s	4	3.84 Mcps
480 kbit/s	8	3.84 Mcps
240 kbit/s	16	3.84 Mcps
120 kbit/s	32	3.84 Mcps
60 kbit/s	64	3.84 Mcps
30 kbit/s	128	3.84 Mcps
15 kbit/s	256	3.84 Mcps
7 .5 kbit/s	512	3.84 Mcps

FDD Example:

A Call requires a 12.2 kbit/s voice channel. With special channel coding it will increase up to 30 kbit/s.

Looking into the table will indicate to use SF=128 (C_{128}).

Keverő kódolás

- Csak kvázi ortogonálisak egymásra, ugyanakkor önmaguk időbeli eltoltjára is kvázi ortogonálisak
- Fajtájuk ún. pseudo-noise, „ál-zaj” kódok, nevük Gold kód
- Célja az adóberendezések megkülönböztetése. Adónként van egy ilyen kód
  - lefele irány: cellák (azaz Node B-k) elkülönítése
  - felfele irány: végberendezések elkülönítése
- Nem igényelnek szinkronizációt a források között
- „Cserébe” nem teljes az ortogonalitás: a vevő az egyik forrás jelének dekódolásakor a többi forrás jelét enyhe zajnak érzékeli
- A cella kapacitását itt az szabja meg, hogy meddig nem zavaró még ez a zaj a dekódolásban
  - Ez nem egy fix korlát!
  - A GSM FDMA/TDMA rendszerében a vivők/időrések száma fix korlátot adott

Keverő kódolás

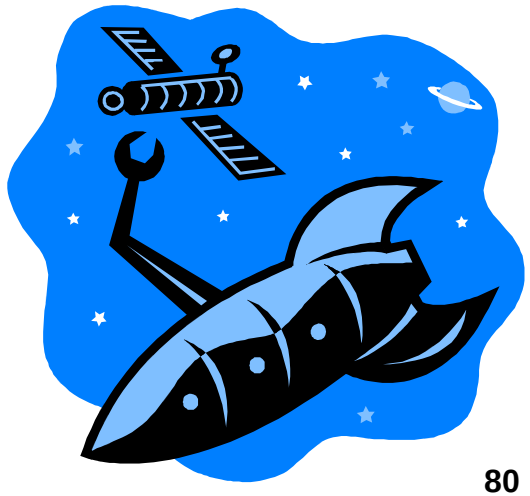
- Az NOT(XOR(a,b)) szorzás itt bitenként történik: egy bit a kódolandó jelfolyamból, egy bit a kódból
  - azaz nem történik sávkiterjesztés, a bemenet és a kimenet ugyanannyi bitből (amit itt már chipnek nevezünk) áll
- A kódszavak hossza:
- Lefele: 38 400 bit (10 msec-enként ismétlődik)
- Felfele: 38 400 bit, vagy 256 bit. Ez utóbbi, ha a Node B speciális vevővel rendelkezik (ún. rake vevő)

Összefoglalás

	csatornázási kód	keverőkód
cél	forráson belüli adatfolyamok elkülönítése	források elkülönítése
kódhossz	4..256 chip (felfele), 4..512 chip (lefele)	38400 vagy 256 chip (fel), 38400 chip (le)
kiterjesztés	van, növeli az adási sávszélességet	nincs
ortogonalitás	tökéletes	nem tökéletes
szinkronizáció	szükséges	nem szükséges

Műholdas mobil információközlő hálózatok

- „Bázisállomás” a műholdon
- Előny:
  - nagy földfelszíni lefedettség
- Hátrány:
  - drága
  - nagyobb késleltetés
  - nagyobb teljesítmény

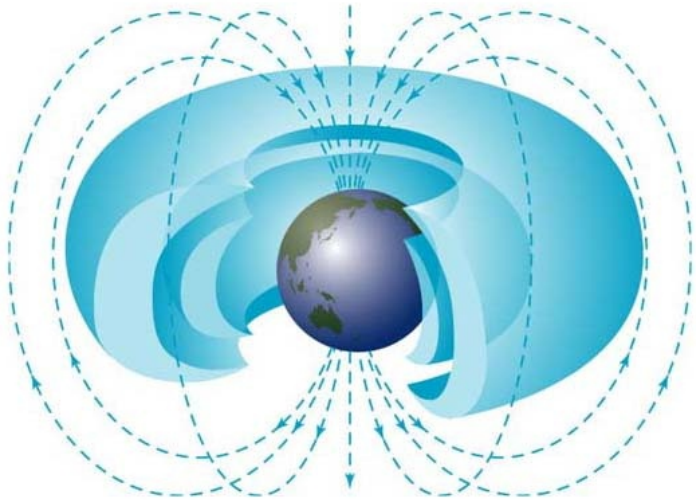


Műholdas mobil inf.közlő hálózatok

- Hálózattípusok:
  - SzgH és TH is
- Hálózatrészek
  - Gerinchálózat
    - rögzített állomások, nagy sebesség
  - Hozzáférési hálózat
    - mozgó állomások, kisebb sebesség
    - ezt nézzük most

Műholdpályák

- Pálya alakja:
  - kör
  - ellipszis (egyik gyújtópontban a Föld)
- Pályamagasság
  - „elvileg” „bármi”
  - azonban:
    - légkörön kívül kell: az fékezne
      - nem hirtelen ér véget, nehéz meghatározni a tetejét (pedig ez jogilag is érdekes lehet)
      - kb 100 - 1000 km
    - van Allen sugárzási övek
      - elektromosan töltött részecskékből
      - belső: 3200 km körül (proton)
      - külső: 15.000-19.000 km körül (elektron)
    - túl nagy magasság felesleges



Műholdpályák

- 3 főbb műholdmagasság:
- LEO:
  - Low Earth Orbit, alacsony magasságú pálya
  - 400 - 1500 km (a Földfelszínhez képest)
- MEO:
  - Medium Earth Orbit, közepes magasságú pálya
  - 5000 - 13.000 km
- GEO:
  - Geostationary Earth Orbit, geostacionárius pálya
  - egyenlítő felett, csak egy ilyen pálya!
  - a műhold szögsebessége egyezik a Föld forgási sebességével: mindig az egyenlítő ugyanazon pontja felett látszik
  - 35.785 km (kb.= 36.000 km)

Inmarsat

- International Maritime Satellite Telecommunication, nemzetközi tengerészeti műholdas rendszer
  - 1979 óta, folyamatosan fejlesztve
  - később szárazföldi is
- 3 db GEO műhold, globális lefedettség
  - +5 előző generációs műhold
  - +2 kettővel korábbi gen. műhold
- Különféle végberendezések, nem mind kézben hordozható
  - Beszédátvitel
  - Adatátvitel: max. 492 kb/s
- Következő generáció pár éven belül:
  - 50/5 Mb/s (le/fel) sebesség egy 60 cm átmérőjű antennával

Mobil, zárt célú hálózatok

- Készenléti szolgálatok részére: tűzoltók, rendőrség, mentők, katasztrófavédelem, stb.
- (Részben professzionális polgári alkalmazások, pl. szállítmányozás)
- Megnövelt igények a GSM-mel szemben:
  - kisebb hívásblokkolás
  - híváprioritások (fontos hívások megszakíthatják a kevésbé fontosakat)
  - diszpécserszolgáltatás
  - csoporthívás (automatikus fogadás és kihangosítás)
  - nagy megbízhatóság
  - nagy adatbiztonság