



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

Hálózatok alapjai és üzemeltetése

Mobil rendszerek
14. előadás

Gódor Győző

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
godorgy@hit.bme.hu

Budapest,
2022.04.22.

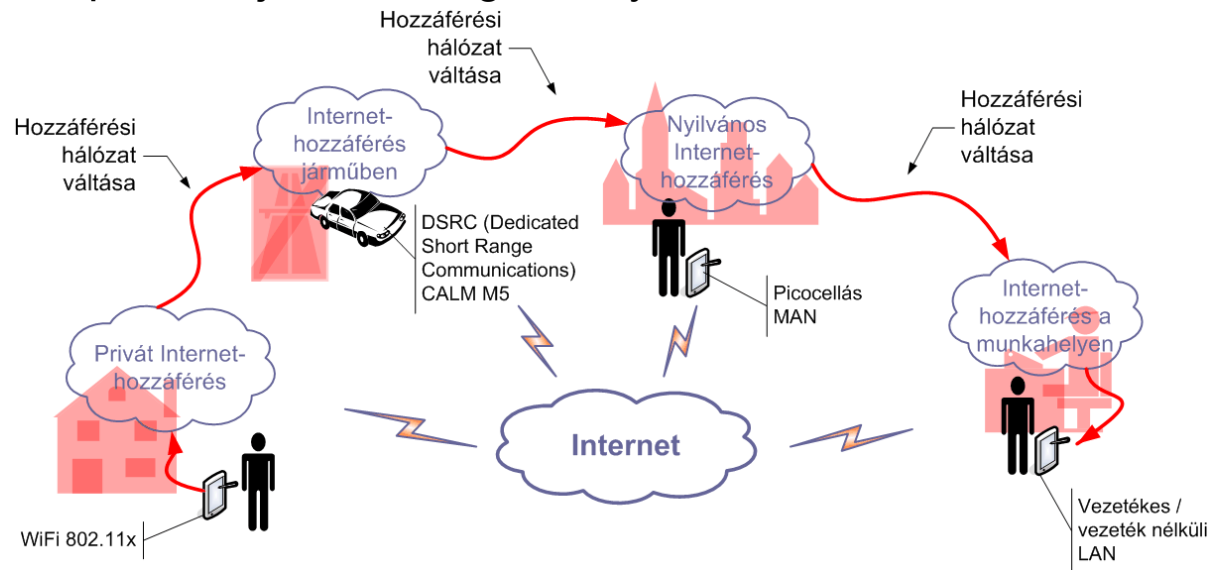


- Mobilitáskezelés IP alapú hálózatokban
- Cellás rendszerek



Mobilitáskezelés IP alapú hálózatokban

- Internet-hozzáférés mindig és mindenütt
 - háztartási eszközökben/berendezésekben
 - üzletekben, nyilvános helyiségekben (pl.: netcafé, utcai bútorok)
 - járművekben (pl.: gépkocsi, vonat)
 - embereken (pl.: PAN)
 - állatokon (pl.: nyomkövető megoldások)
- Kulcskérdések
 - átjárás különböző hozzáférési rendszerek között
 - az Internet protokolljainak mozgó környezetre való felkészítése: IP MOBILITÁS!



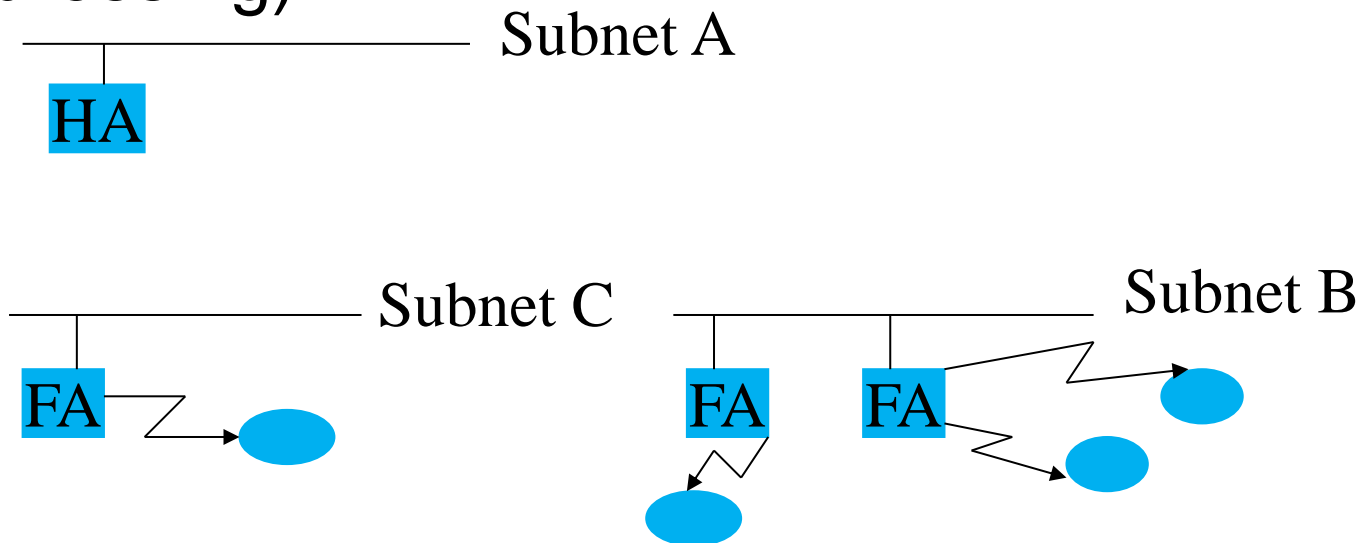
- IP csomópontok címzési követelményei
 - topológiailag helyes cím
 - minden interfészen olyan cím, ami az adott linken érvényes hálózati előtagnak (prefixnek) megfelelő
- IP szintű mobilitás
 - hálózati csatlakozási pont megváltozása = IP alhálózat megváltozása
 - IP alhálózat megváltozása = változások az útvonalirányításban
- Mindehhez a jelenlegi TCP/IP modellt adaptálni kell
 - eredetileg az Internetet fix csomópontok használatára tervezték
 - megsértették a rétegek függetlenségének elvét (az IP cím a hálózati és a szállítási rétegben is használatos)
 - az IP cím szemantikailag túlterhelt:
 - interfész azonosító szerep (Identifier)
 - topológiai helymeghatározó szerep (Locator)
 - az IP cím on-the-fly módosítása megszakítja a futó kapcsolatokat
 - az IP cím változatlanul hagyása alhálózat váltásnál a routing mechanizmusokban hibákat okoz
- Mobilitást támogató kiegészítésekre van szükség!

- **Mi az a mobil IP?**
 - Ez egy IP módosítás, amikor is a csomópontok attól függetlenül képesek folyamatosan adatok fogadására/küldésére, hogy éppen hol kapcsolódnak a hálózatra.
- A mobil IP-t olyan mozgó hosztoknak találták ki, akik nem változtatják hozzáférési pontjukat gyakrabban, mint 1/másodperc. Vagyis a protokoll jól működik, amíg a mozgás frekvenciája nem éri el a mobil IP kontroll üzenetek oda-vissza idejét.

- Követelmények mobil IP megvalósításhoz:
 - a mozgó node képes legyen kommunikálni másik csomópontokkal, miközben változtatja a hozzáférési pontját.
 - Mobil IP-t használó hosztoknak képesnek kell lennie mobil IP-t nem használó hosztokkal kommunikálni. Más hosztokban, vagy routerekben ne kelljen protokollmódosítást végrehajtani, kivéve, ha csak azok nem képeznek egy új architektúra elemet.
 - minden mobil node helyzetére vonatkozó információt hitelesíteni kell, hogy védekezzünk a távoli átirányításos támadás ellen.
 - lehetőleg csökkentsük a küldendő üzenetek számát, valamint annak mérete is lehetőleg legyen minél kisebb.
 - az IP címek ne legyenek korlátozva semmilyen globálisan korlátozott címtartományra .

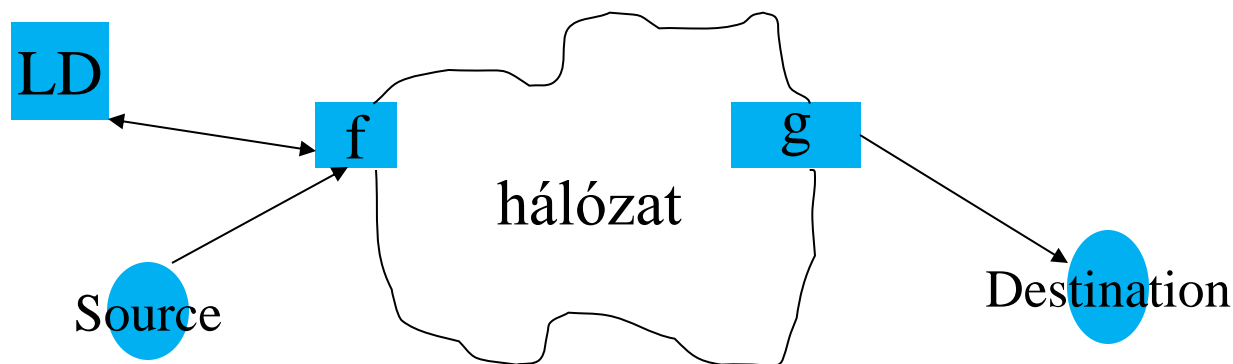
- Új entitások:
 - **Mobile Node**: kapcsolódási pontját változtató mobil eszköz
 - **Home Agent (HA)**: a mobil node otthoni hálózatában lévő router, ami tunnelezi az adatokat, így juttatva el azokat a távolban lévő mobil node-hoz.
 - **Foreign Agent (FA)**: egy router a node jelenlegi hálózatában, mely felelős az adatok továbbításáért a node felé, amíg az a hálózatban tartózkodik.
- A mobil node otthoni IP címét **home address**-nek nevezik (~permanens cím IP-nél).
Ha eltávolodunk a home network-ból, akkor kapunk egy **care-of address**-t (CoA), ami tükrözi az új helyünket.

- A home agent két részből áll:
 - Location Directory (LD)
 - redirecting function
- Ebből következik, hogy az idegen ágensnek valamilyen inverz műveletet kell ellátnia (inverse readdressing)



- két IP cím tartozik minden mobil node-hoz, ezeket tárolni kell (Location Directory)
- home network, home- és care-of address
- ha csomag érkezik:
 - node otthon van, továbbítjuk neki
 - nincs otthon, továbbítjuk care-of address címre (readdressing: home addr. → care-of address) (inverse readdressing)

- Összefoglalva a következő funkciók szükségesek a mobilitás megvalósításához:
 - újracímzés az otthoni hálózatban
 - home- és care-of address összerendelésének karbantartása
 - datagramm eljuttatása a care-of címre
 - care-of címnél inverz újracímzés



- **agent discovery**: a home/foreign agent-ek **hirdethetik** magukat minden linken, ahol szolgáltatást nyújtanak. Egy újonnan érkezett mobil ágens így értesülhet a szolgáltatásokról.
- hirdetés: az ICMP router advertisement üzenettel, a rendelkezésre álló szabad IP címeket, **ügynök sűrgetés**: a mobil további hirdetési üzeneteket kér

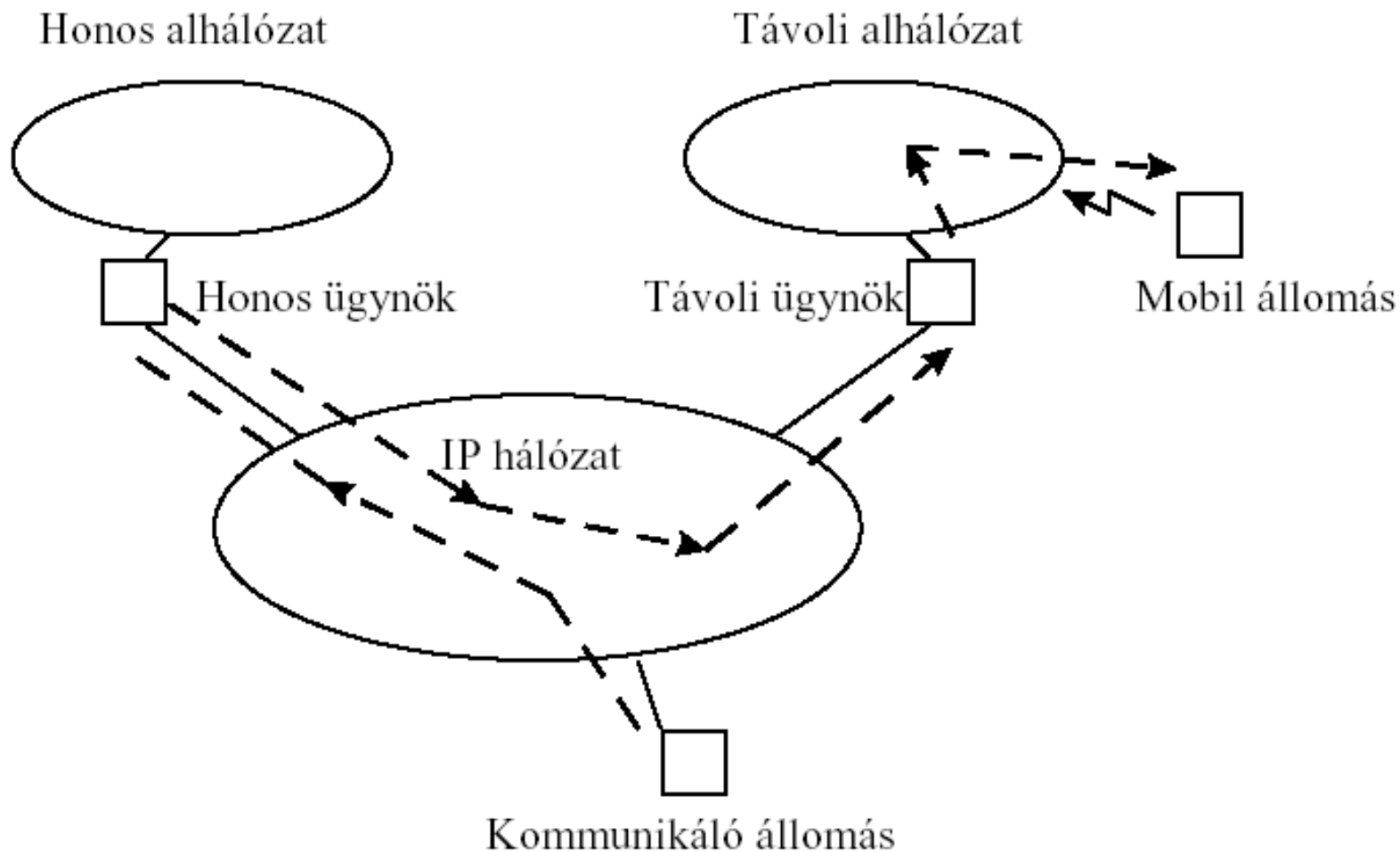
- **registration**: ha a node távol van, regisztráltatnia kell care-of address címét a home agent-nél. Ez történhet közvetlenül, vagy a foreign agent igénybevételével is.
regisztrációs kérelem: HA címe, saját cím, igényelt CoA, ennek élettartama
 - FA HA-nak továbbítja, ez **elfogadja**, ekkor frissíti a CoA-node IP cím összerendelést, vagy
 - **visszautasítja**: túl hosszú igényelt időtartam, elérhetetlen otthoni hálózat, elérhetetlen honos ügynök port, túl sok összeköttetés stb.

- Kétféle módon lehet care-of address-t szerezni:
 - care-of address = a foreign agent címével. Ekkor a tunnel vége a foreign agent.
Előnyös, mert kevés címet használ fel a szűkös címtartományból, a FA saját listán tárolja a csatlakozott idegen mobilok IP címét.
 - egy helyi IP címet utalunk ki a mobil node-nak (co-located care-of address) dinamikusan (DHCP). Ekkor a mobil node a tunnel vége.

- **binding (kötés):** mobil IP címe, CoA-ja és ennek élettartama együtt
- A regisztrációs folyamat lezajlik minden új FA-hoz való érkezéskor, illetve bekapcsoláskor.
- Ha az ideiglenes cím élettartama lejárt, a távoli ügynök más mobil egységnek adhatja azt. Ezért, ha a mobil terminál az időtartam alatt nem fejezte be a kommunikációt, újabb regisztrációs kérést kell küldenie az ügynök felé az adott ideiglenes címre vonatkozóan.
- Ha a terminál az élettartam lejárta előtt kívánja megszüntetni a kapcsolatot, akkor is regisztrációs csomagot kell küldenie, az élettartam mezőbe nullát, a kért ideiglenes cím mezőbe pedig a saját otthoni ügynöke címét írva.


- **becsomagolás (encapsulation):** a HA a node számára érkező IP csomagot új fejléccel látja el és úgy küldi tovább
- **tunneling:** a HA továbbítja a CoA-ra a mobilnak szóló csomagot, egyfajta alagutat hozva létre a hálózatban, a küldő úgy látja, hogy ezen az alagúton keresztül közvetlenül eléri a címzettet a csomag

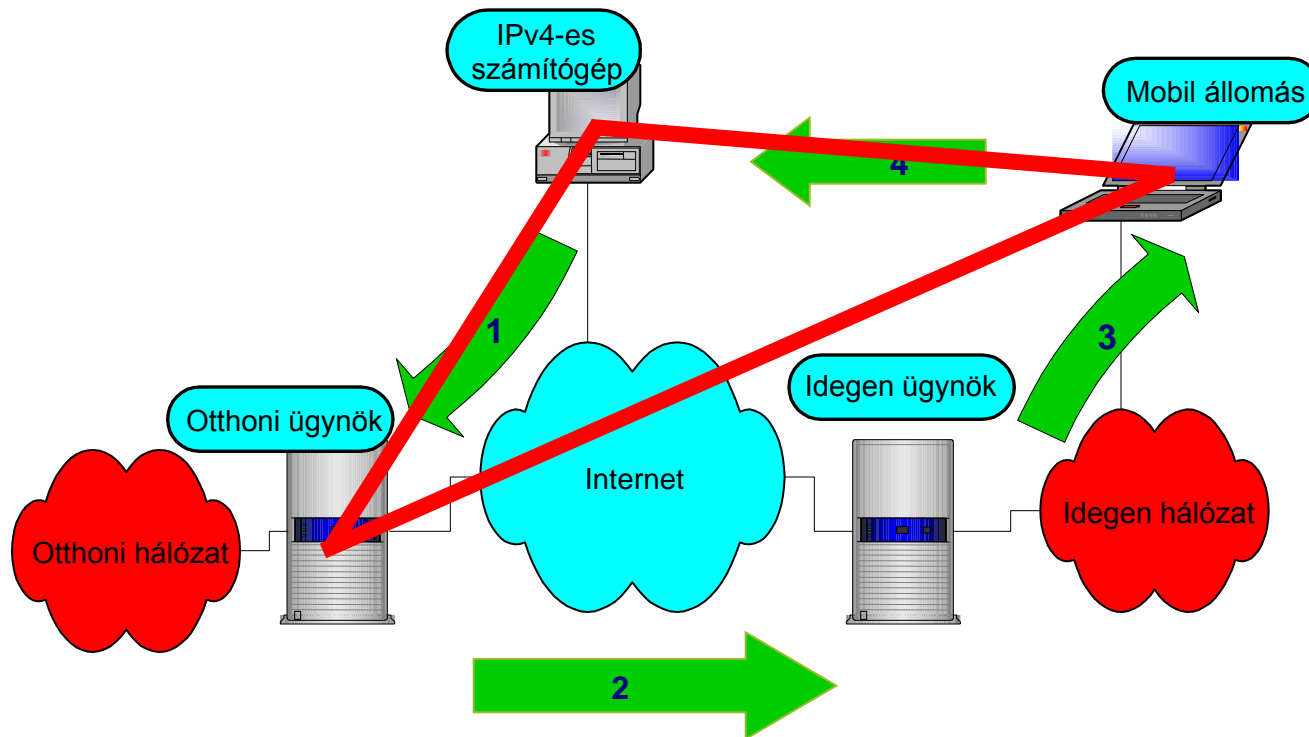
- **A Mobil IP protokoll működése:**
 - a home/foreign ágensek meghirdetik szolgáltatásukat, amikről a mozgó node-ok értesülnek.
 - A node eldönti a hirdetésből, hogy otthon van-e vagy sem.
 - Ha otthon van, akkor mobilitást támogató funkciók nélkül kommunikál, ha hazatért egy másik hálózatból, akkor egy deregistration-t hajt végre home agent-ével.
 - Ha a node új hálózat területére téved, care-of address-t igényel. Ez lehet vagy a foreign agent címe, vagy egy co-located cím. Az otthonától távol lévő node regisztráltatja új care-of címét a home agent-tel. Ehhez esetleg igénybe veszi a foreign agent segítségét.
 - A mobil hoszt otthonába küldött adatokat a home agent továbbküldi a care-of címre, egy tunnel segítségével.
 - Fordított irányban, amikor a mozgó hoszt küld adatot, akkor lehet használni a jó öreg IP routálást, a home agent nélkül.



- Ha a másik kommunikáló fél is egy olyan mozgó állomás, amelyik egy idegen alhálózatban tartózkodik, mindkét fél honos ügynökén keresztül folyik az adatátvitel, még akkor is, ha történetesen a két mobil ugyanabban az idegen alhálózatban tartózkodik.
- Ez nyilvánvalóan a hálózat felesleges túlterhelését jelenti. Az átvitel minősége így érzékenyebb lesz a fix hálózat topológiájára, valamint a minden kapcsolatot kezelő otthoni ügynök az adatátvitel szűk keresztmetszetévé válhat.
- Jelentősen megnövekedhet az IP csomagok késleltetése, ami késleltetés-érzékeny alkalmazások esetén (pl. voice over IP) a minőség romlásához vezet.

- **Megoldás:** ún. kötés-tárak létrehozása (binding cache) a hálózat lehetséges végpontjaiban
- **Binding cache:**
 - a mobil IP címe,
 - ideiglenes címe és az ideiglenes cím hátralévő élettartama van nyilvántartva.
 - ha a címzett mobilról van bejegyzés a küldőben, akkor arra a címre küldi az IP csomagot
 - élettartam lejártával törlik a bejegyzést
 - ha nincs bejegyzés, az eredeti mobil IP szerint

- A hierarchikus címzés: egyszerre globális azonosító és hely azonosító
- Egyszerű útvonalválasztás  mobilitás támogatás
- Megoldás: az otthontól távol lévő mobil állomás két címmel rendelkezik (home address, care-of address)
- Két új hálózati funkcionális bevezetése:
 - otthoni ügynök
 - idegen ügynök

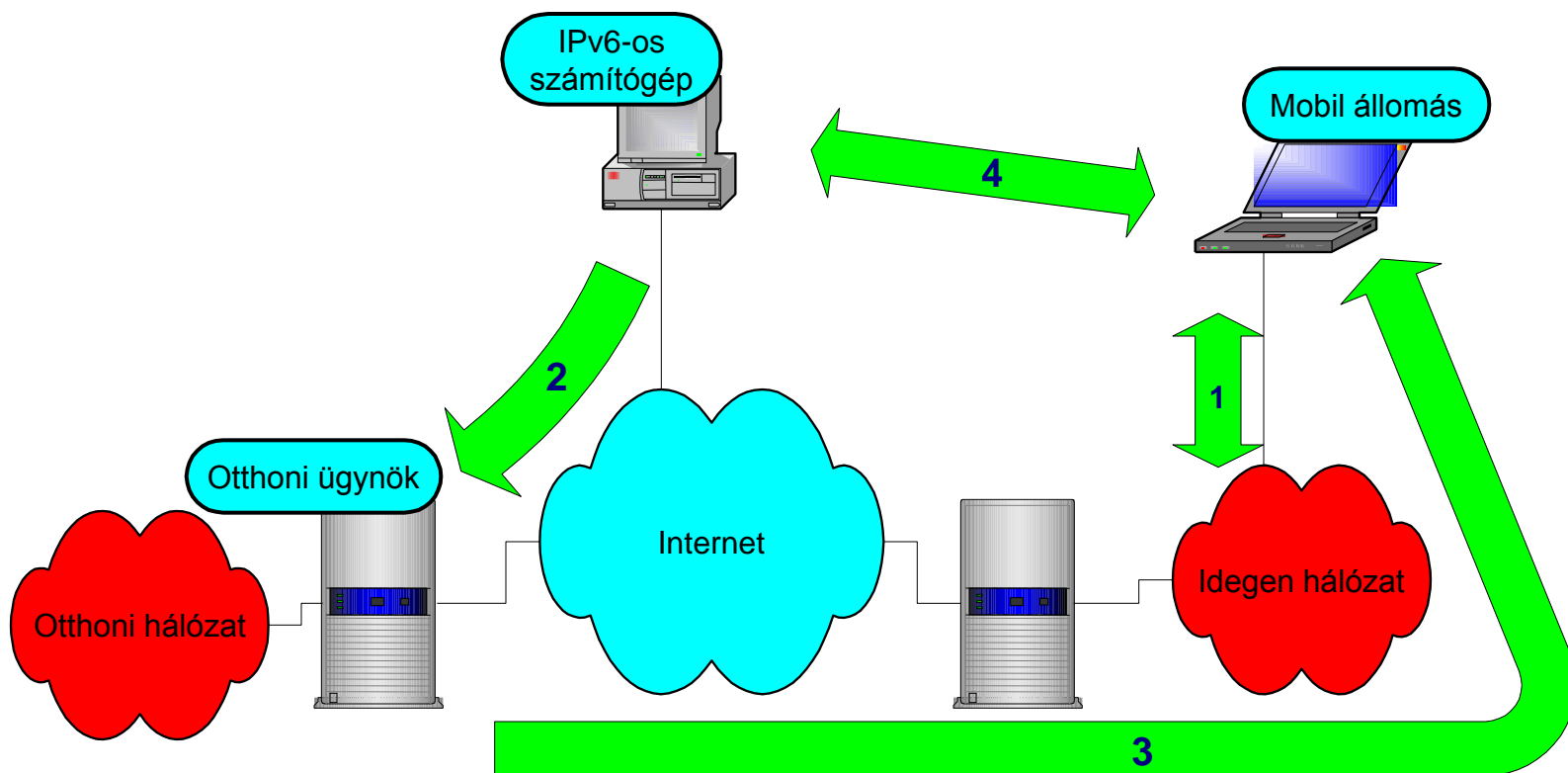



- Háromszög probléma!!!!!!

- Az IPv4-ben útvonal optimalizálásnak nevezett eljárás az IPv6-ban nem opcionális kiegészítések halmaza (nem minden csomópont támogatja), hanem alapvetővé lépett elő.
- Az útvonal optimalizálás ezen integrációja lehetővé teszi a közvetlen útvonalválasztást valamennyi levelező csomóponttól bármely mobil csomóponthoz anélkül, hogy szükség lenne a mobil csomópont otthoni hálózatán való áthaladásra és az otthoni ügynök igénybe vételére. Így kiküszöbölhető a HÁROMSZÖG probléma. Ez az integráció lehetővé teszi továbbá az IPv4 regisztráció és útvonal optimalizálás funkcionálisok egyetlen protokollal való végrehajtását kettő helyett.

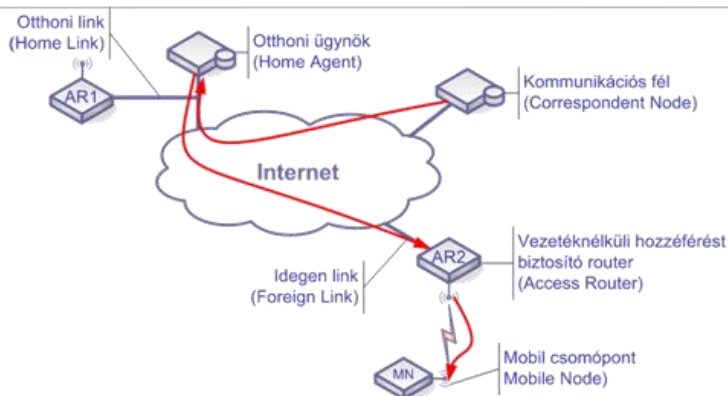
- Minden mobil csomópontot egy home address azonosít, függetlenül az Internethez való csatlakozási ponttól.
- Ha a mobil elmegy otthonról, egy ún. care-of address-szel rendelik össze, mely a mobil aktuális helyéről hordoz információt.
- Az otthoni címre küldött csomagokat transzparens módon a care-of címére irányítja az ún. home agent, ami egy útvonalválasztó a mobil otthoni linkjén.
- Az IPv6 lehetővé teszi, hogy a csomópontok tárolják az otthoni és a care-of címek közötti kötést (binding) és a mobilnak szánt csomagokat közvetlenül a care-of címre küldjék.

- A háromszög probléma leküzdése
 - Fix állomás: Kötés tároló (Binding Cache)
 - Mobil állomás: Kötés lista (Binding List)
- Kötések (Binding) létrehozása
 - Kötés frissítés (Binding Update)
 - Kötés nyugta (Binding Acknowledgement)
 - Kötés kérés (Binding Request)



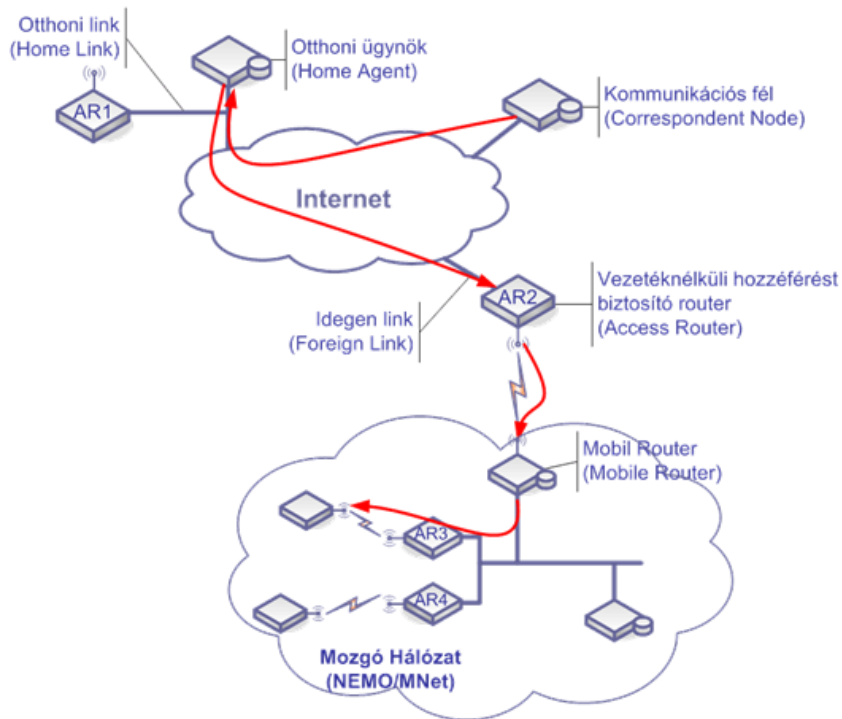
- Dinamikus otthoni ügynök felderítés
- Home address fejléc opció
- Automatikus konfigurálás  nincs szükség idegen ügynökre

FŐBB MOBILITÁSI ESETEK



▪ Hoszt mobilitás:

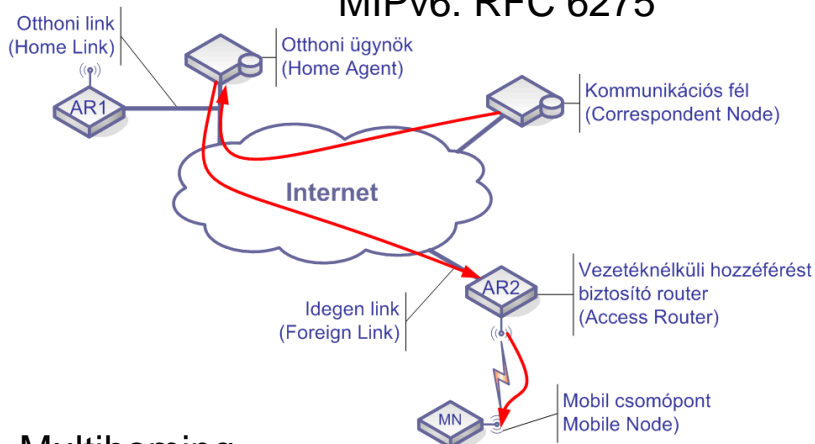
- egyetlen mobil terminál
- alhálózat váltása esetén új, topológiailag helyes cím szerzése



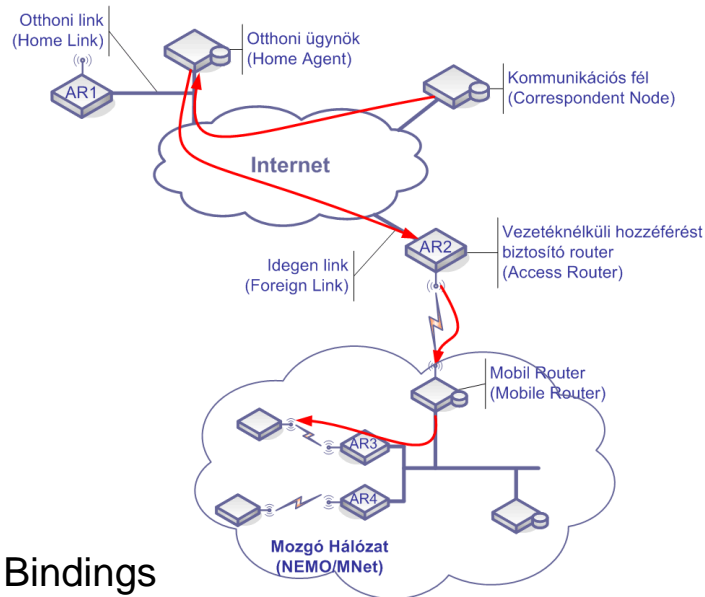
▪ Hálózat mobilitás:

- egész hálózat, egyetlen egységet alkotva mozog
- Mobil útválasztó (Mobile Router) rejt el a hálózat belső jellemzőit a külvilág elől
- A hálózat mozgásakor:
 - az MR változtat IP címet
 - a mozgó hálózat belsejében lévő csomópontok nem érzékelik a változást, nincs feladatuk ezzel kapcsolatban

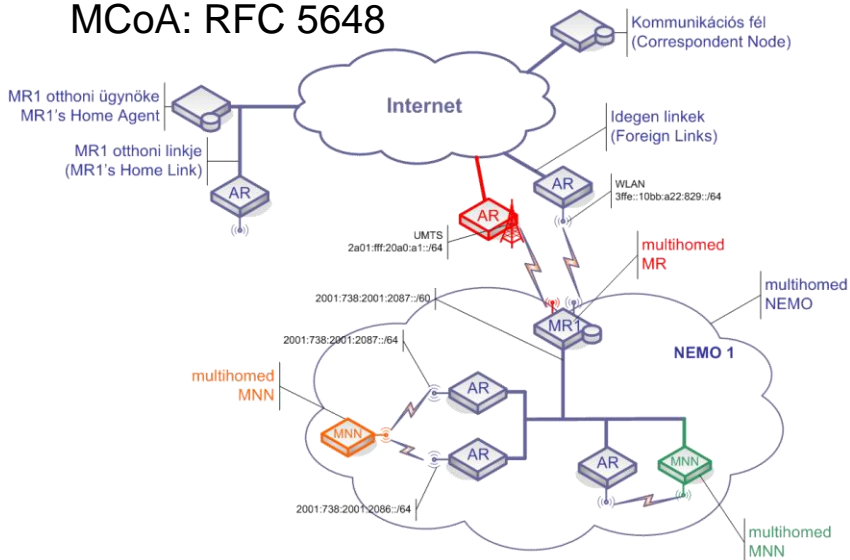
Hoszt mobilitás MIPv6: RFC 6275



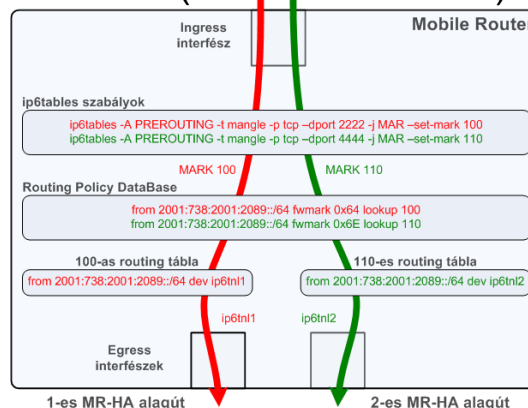
Hálózat mobilitás NEMO BS: RFC 3963



Multihoming MCoA: RFC 5648



Flow Bindings RFC 6089 (frissíti az 5648-at)





Cellás rendszerek

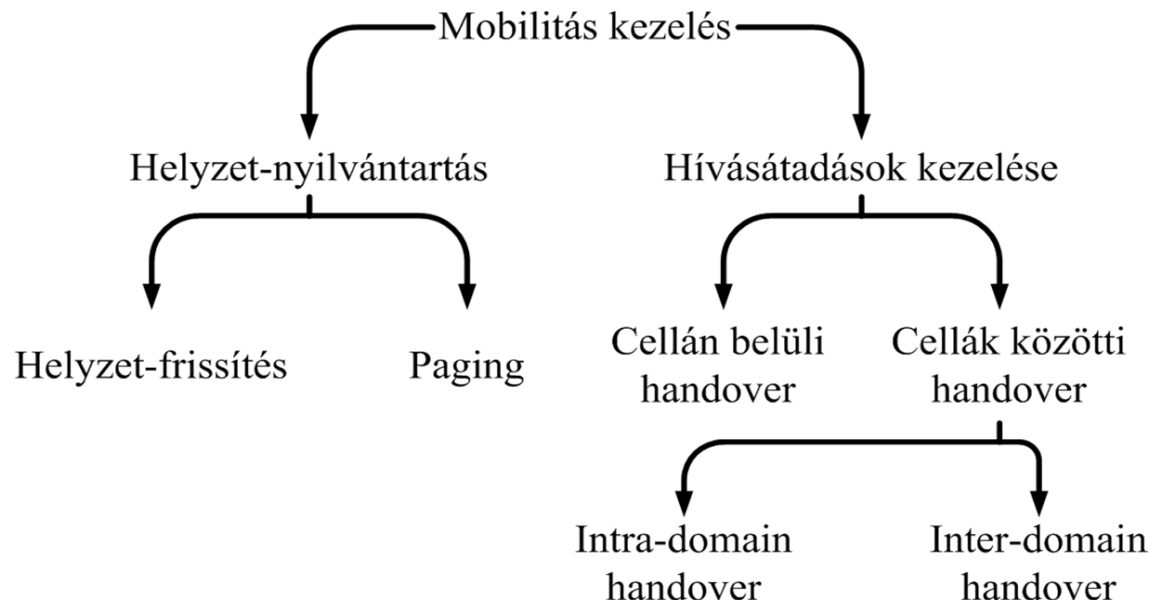
- miért más, mint a vezetékes kommunikáció?
 - terminálok nem fix helyen vannak → képesek mozogni
 - rádiós csatorna bárki számára könnyen hozzáférhető → biztonsági kérdések
- a terminálok mozgása több kérdést is felvet
 - hogy jut el a hívás egyik féltől a másikig
 - mobilt hogy találjuk meg
 - hitelesítési problémák
 - cella lefedettségi területe nem véges
 - stb.

- a kutatás/fejlesztés legnagyobb kihívásai két fő problémakörből adódnak:
rádiós csatorna tulajdonságai és **felhasználói mobilitás**
- **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 áthallás)
 - a keskeny csatornát a lehető leghatékonyabban kell kihasználni (legtöbb bit per szekundumot átvinni)
 - mivel mindenki hallja, sokkal könnyebb lehallgatni, ill. zavarni: kényes a biztonság

- **felhasználói mobilitás:**

- a felhasználók rádiós interfészen keresztül csatlakoznak a (globális) hálózathoz, egy hálózati csatlakozási ponton keresztül (bázisállomás, hozzáférési pont)
- mozgás során eltávolodhatnak, másikhoz csatlakozhatnak (ha kommunikáció közben történik: **handover**): 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 mobil eszköz csak az idő egy részében kapcsolódik a hálózathoz
- Mobil hálózatokban, ahol felhasználók milliói vannak, komoly gond lehet a felhasználók követése
 - skálázhatósági problémák
- A mobilitás kezelése alapvetően két feladat:
 - **helyzet-nyilvántartás** (Location Management)
 - **hívásátadás-kezelés** (Handover Management)



- Két feladata van:
 - **Helyzet-frissítés (Location Update):** mobil terminálok követése
 - **Paging:** mobil terminálok megkeresése
 - A mobil terminál megtalálása egy broadcast (üzenetszórás) üzenet kiküldésével lehetséges
 - Szinte alig, vagy egyáltalán nem terheli a hálózatot jelzés üzenetekkel, amikor nincs adatforgalom
 - Viszont nagyméretű – broadcast – keresést igényel az adatátvitel kezdetekor
- Fontos tervezési feladat a kettő közötti kompromisszum megtalálása

- **Két típus:**

- **cellán belüli handover:**

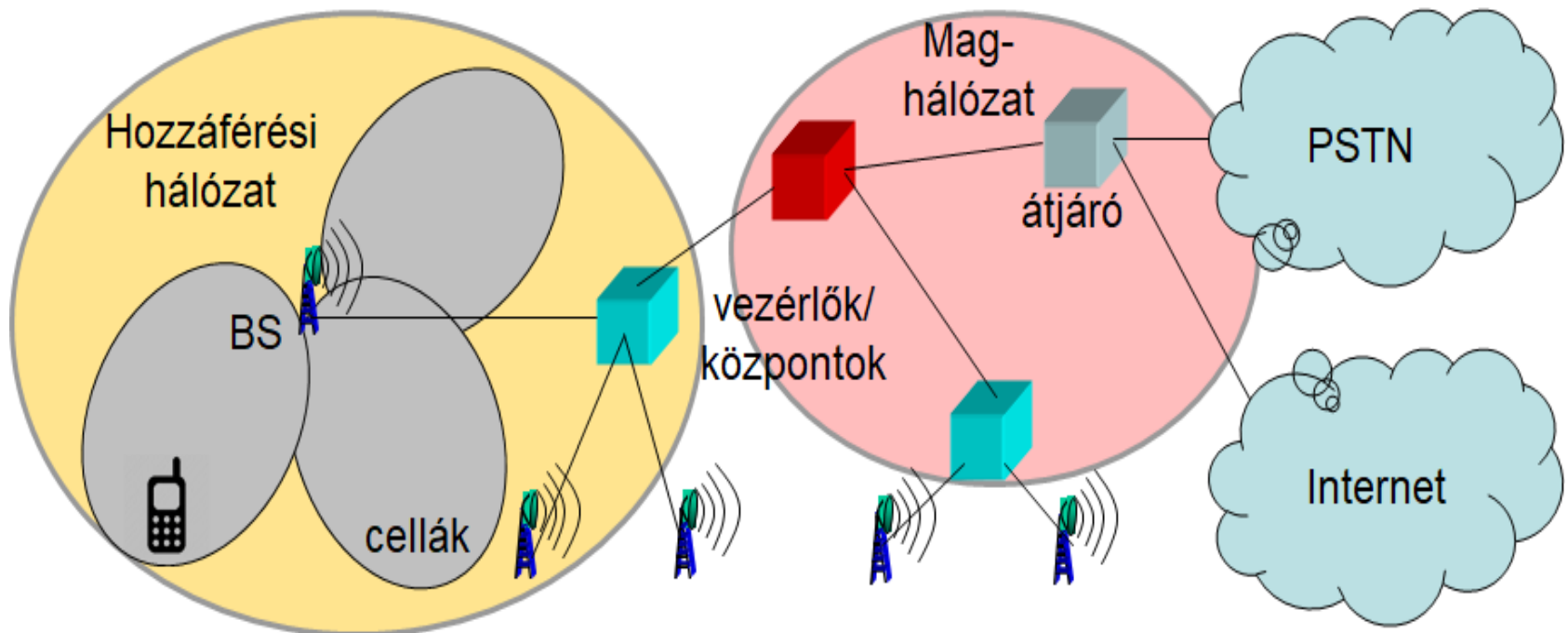
- felhasználó nem hagyja el egy adott cella lefedettségi területét, de megváltoztatja az eddig használt rádiós csatornát
 - csökkentve a csatornák közötti interferenciát
 - 2. rétegben kezelik (a hálózat szempontjából ugyanott marad, csak máshogy csatlakoztatjuk)

- **cellák közötti handover:**

- mobil terminál cellák között vándorol
 - szükség van felsőbb réteg támogatására is

- **elemek:**

- **mobil terminál** (MS)
- **bázisállomás** (BS): mobil terminálok ezzel kommunikálnak közvetlenül
- **cella**: a BS egy adó-vevője által lefedett terület
- **kapcsolóközpont**, vagy csomagtovábbító központ, többféle is lehet, hierarchikusan
- **átjárók**: a mobil hálózat kapcsolódási pontja külső hálózatok felé

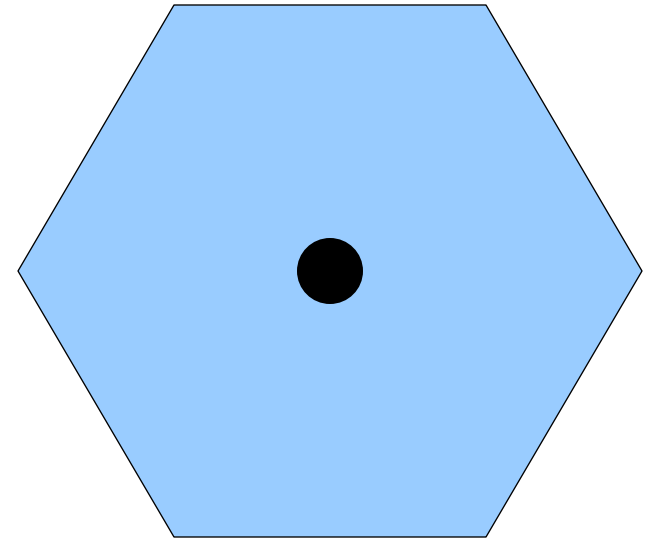


- **makrocella:**
 - nagy terület lefedésére (1-35km)
 - ritkán lakott területek, gyorsan mozgó felhasználók
 - külvárosok, kisvárosok, falvak és nem lakott területek lefedése
 - kétszintű hálózatok esetén a felső szint biztosítása
 - nagy adóteljesítmények (1-20W)
- **mikrocella:**
 - kis területet lefedése (0,2-1 km)
 - sok felhasználó, lassabb mobilok (városok, külvárosok városközpontja)
 - a bázisállomás antennája épületek tetőszintje alatt
 - kis teljesítmény (0,01-5 W), nagy kapacitás
- **pikocella:**
 - főként beltéri lefedésre, illetve nagyon nagy forgalmú területek lefedésére (nagy kapacitás)
 - kis teljesítmény (<100 mW), antennák beltérben



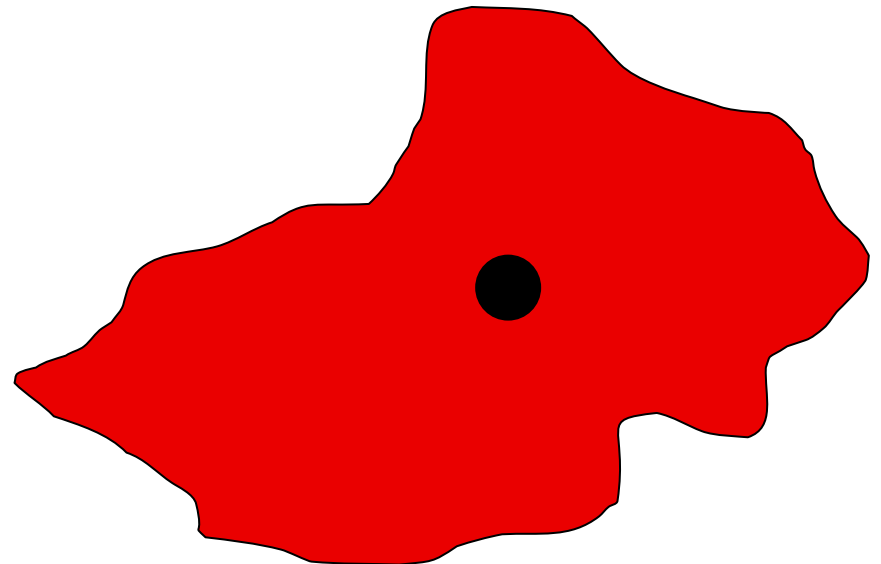
- **hatszögletű cella:**

- gyakorlatban nincs ilyen
- hatszögekkel lefedhető a sík
- jól közelíti az omni cellákat
- közelítő számításokhoz
- elméleti modellekhez
- jól szektorizálható, három szektor
- K faktor meghatározásához (frekvencia-újrafelhasználás)
- városokban

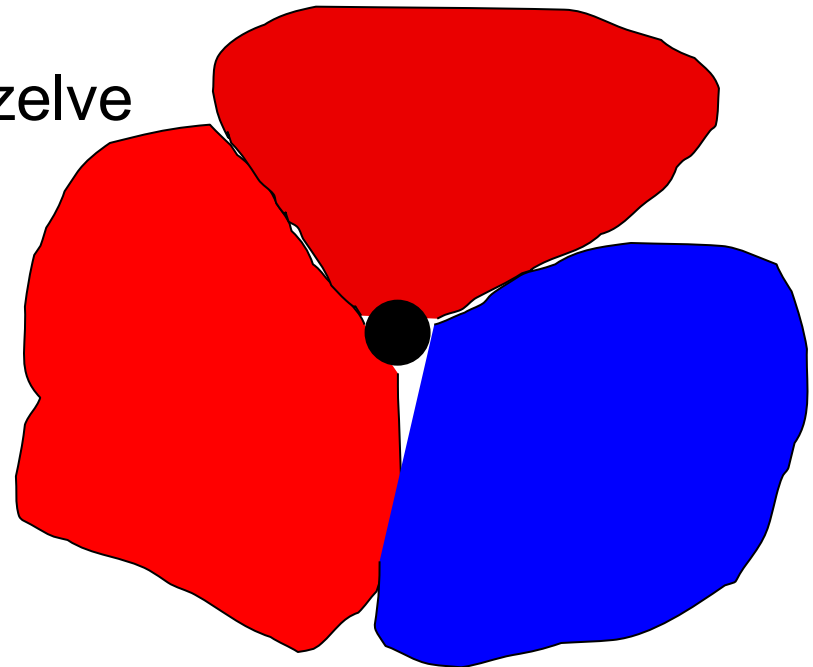


- **omni cella:**

- körsugárzó antenna
- elvileg kör alakú (a Hortobágyon lehet)
- gyakorlatban a terep miatt szabálytalan
- főleg rural területen

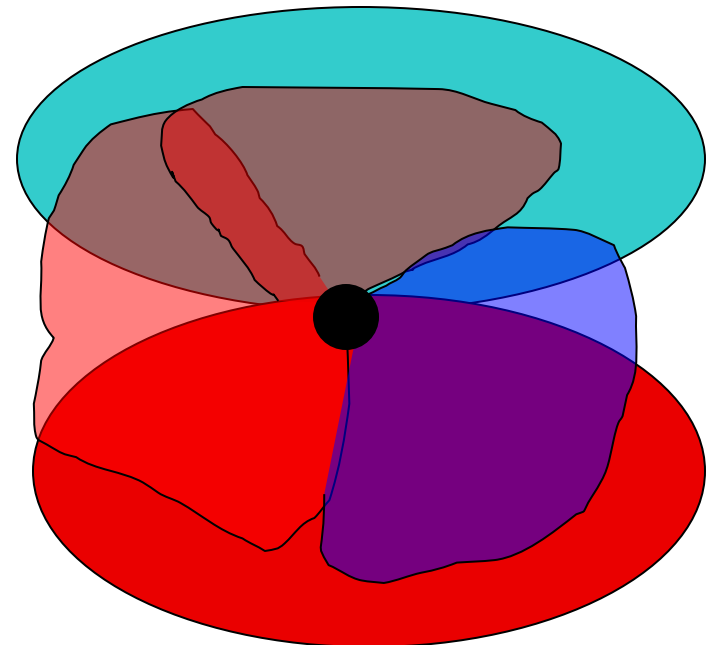


- **szektorantennák:**
 - egy bázisállomással több cella kialakítására
 - létező cellák feldarabolására
 - gyakorlatban a terep miatt szabálytalan
 - 60, 90, 120 fok
 - antennánként külön-külön kezelve
 - különböző méretű szektorok

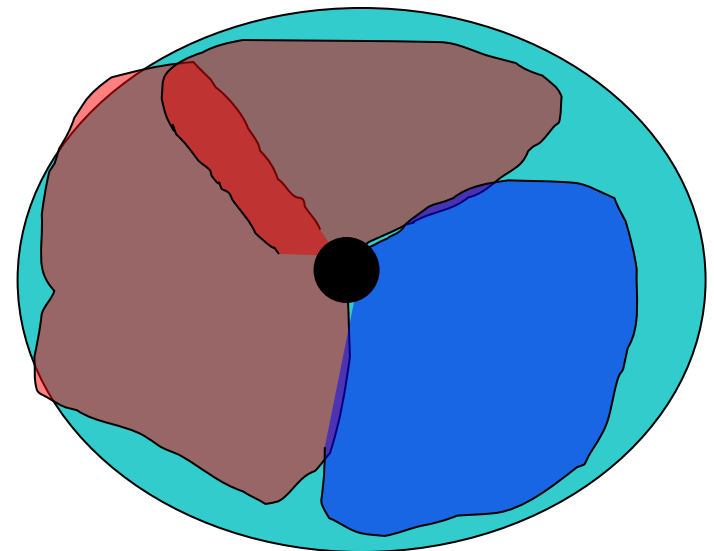


- **hierarchikus cellák:**

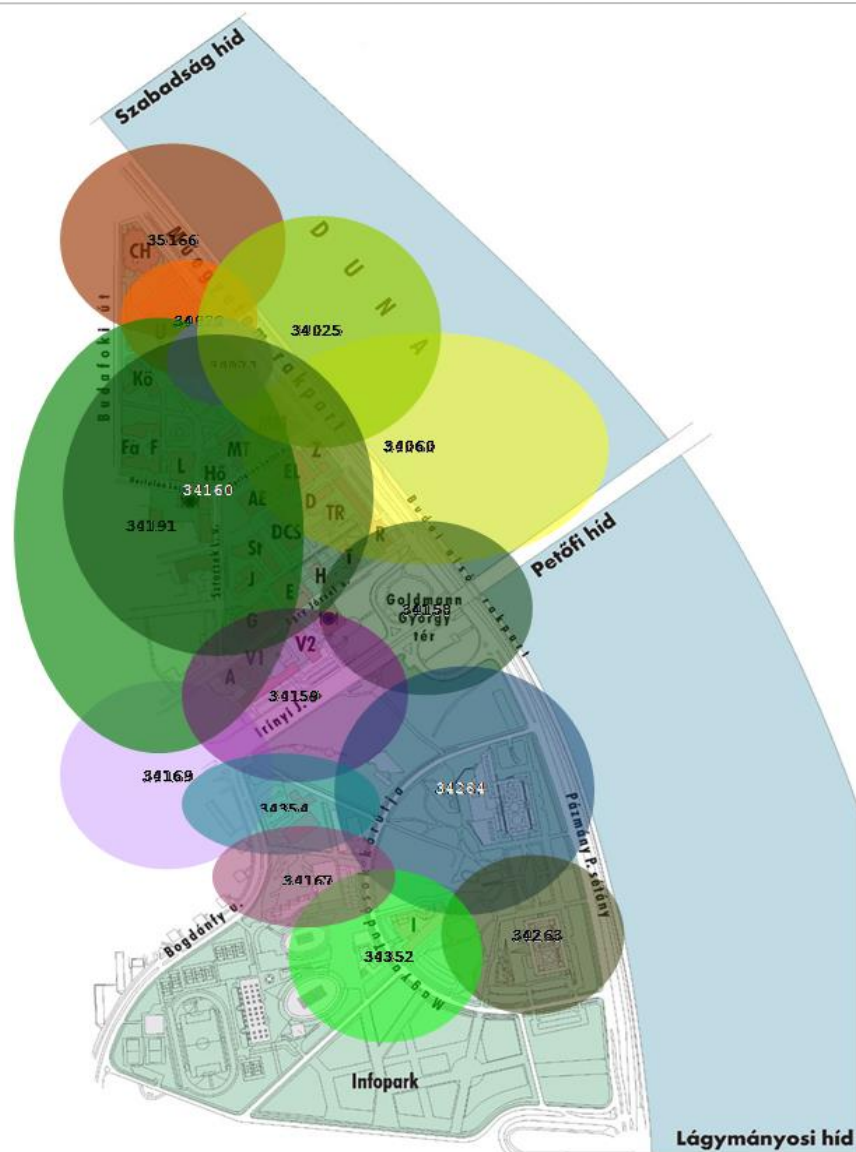
- nagy forgalmú területek lefedése több átlapolódó cellával
- a cellák természetesen más frekvenciákat használnak
- egy bázisállomás több cellát is „működtet”



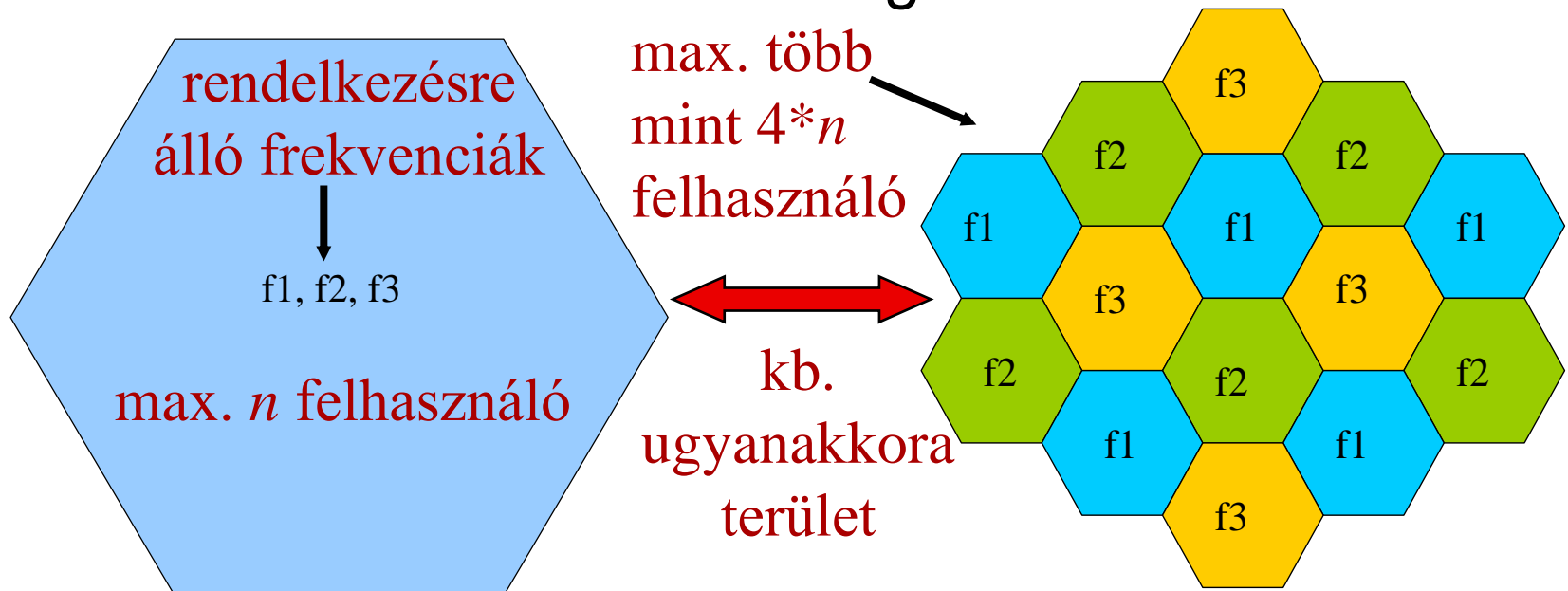
- **hierarchikus cellák, esernyő cella:**
 - egy nagy cella több kisebbet is lefed
 - különösen mikro-, pikocellás környezetben
 - a gyorsan mozgó felhasználók kiszolgálására
 - a gyakori handoverből eredő problémák kiküszöbölésére



- Az BME területének rádiócella lefedettsége és a cellák elhelyezkedése



- **frekvencia újrafelhasználás:** a teljes rendelkezésre álló frekvenciasávokból csak néhányat használnak egy cellában
- ugyanazokat a frekvenciákat ismét használják egy lehető legtávolabbi cellában
- sokkal több felhasználó kiszolgálható



• A mobil hálózatok fejlődése

- **1. generáció (analóg)**
 - NMT (Nordic Mobile Telephone) 450 MHz,
 - Skandináviában először, 1981
 - Magyarországon 1990-2005
- **2. generáció (digitális)**
 - GSM, 900 MHz és 1800 MHz sávot
 - Magyarországon 1994-től
 - HSCSD , GPRS, EDGE
- **3. generáció**
 - UMTS, 1900 MHz, 2000 MHz és 2100 MHz sávokban
 - HSDPA/HSUPA
 - WiMAX (802.16)
 - Európában 2003-tól
 - Magyarországon 2005-től
- **4. generáció**
 - LTE – Long Term Evolution
 - 2012. január 1-től
- **5. generáció**
 - 5G New Radio
 - Enhanced Mobile Broadband (eMBB)
 - Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC)
 - Massive Machine Type Communications (mMTC)
 - NB-IoT, eMTC (LTE-M)



- 1989 decemberében megalakult Westel Rádiótelefon Kft
- A korabeli cikkek és hirdetések alapján
 - havi előfizetési díj 6300 Ft
 - készülék
 - legolcsóbb készüléket 69 950 Ft
 - legdrágább mobil 114 950 Ft
 - (nettó átlagkereset 1990-ben 10 108 Ft)



**UTOLÉRHETETLENÜL
UTOLÉRHETŐ**

• Az 1989-ben tartották a jó beszerítések. A WESTEL Rádiótelefon hálózata az emberek és a lehetőségeket hozza össze jelenleg 400 MHz-en, rövidesen pedig – rendnyelvi szintre 500 MHz-en is, ami még a ma is szélesebb lehetőségeket nyit meg az előfizetők számára.

• A legmodernebb csúcstechnológia, a 1000 évi 100 évi tapasztalat és a magyar piacvezető mellett a legfejlettebb árrelé rendszerek, a helyismeret, hiszen Magyarországon díjazott hálózatunk alap a továbbfejlesztés.

• Felismerés, ez a kultúra a magyar gazdaság és a WESTEL közös vállalkozás. Érdelmeink kölcsönösök. Nováckodásunkkal segítjük az ország üzleti életének fejlődését, az pedig újabb WESTEL-szolgáltatásokat teremt meg.

• Hosszú időre tervezünk, de gyors elhatározásokkal. Szolgáltatásunk könnyen, szorral érhető, csakhogy mint az előzőnk a WESTEL-vonalakon.

• Szolgáltatásainkkal bővebb tájékoztatást kaphat a következő számokon:
06 60 27087 - 06 60 27088

WESTEL
RÁDIÓTELEFON KFT

MOZGÁSBAN AZ ÜZLET.

66 1989. 10. 10. 10. 10. 10.



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

