



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

BMEVIHIMA00 Hálózati technológiák integrációja

Mobilitás kezelése IP hálózatokban

Architekturális áttekintés

Jakab Tivadar
jakab@hit.bme.hu

Budapest,
2021.04.21.



A mobilitás kezelés IP hálózatokban architekturális áttekintése

részben J. Kurose és K. Ross Számítógép-hálózatok
működése című könyvének angol nyelvű
oktatástámogató anyagai alapján készült:

https://wps.pearsoned.com/ecs_kurose_compnetw_6/216/55463/14198700.cw/index.html

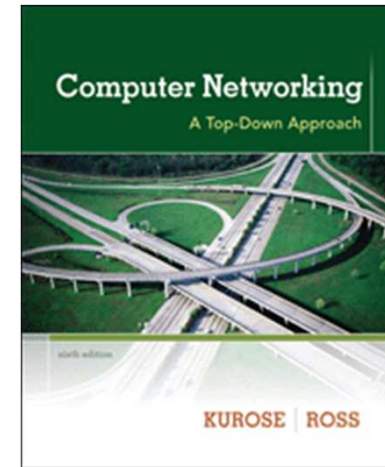
A note on the use of these ppt slides:

We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

All material copyright 1996-2020
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



*Computer Networking:
A Top Down Approach
6th edition.*

*Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July
2007.*

- Az általános probléma
 - mozgó hoszt (pl laptop, okostelefon) kapcsolódik a hálózatra
 - mozgása során fenn kell tartani a hálózati kapcsolatot
 - mely rétegbeli, milyen jellemzők változtatása szükséges
 - mely rétegbeli milyen jellemzők fenntartása szükséges
- Az egyszerűsített probléma lényege
 - TCP kapcsolat fenntartása a mozgás során
 - IP cím kettős szerepe a TCP kapcsolat fenntartásában (a TCP kapcsolat hoszt oldali sw processzének azonosításában játszott szerepe , hoszt hálózati helye - routing)
 - Az IP cím nem változhat, mert a [forráscím, forrása port, célcím, célport] négyes azonosítja a kapcsolatot, és a kétirányú folyamatos kommunikációt (pl. nyugták küldése, megfelelő feldolgozása) fenn kell tartani (részletek a SzgHál áttekintésben: Kapcsolat alapú nyalábolás., nyalábbontás)
 - Az IP cím nem vihető ki az adott hálózatból (L3 network, subnet) a címkiosztás és a routing hierarchikus kezeléséből következően (részletek a SzgHál áttekintésben: Hierachikus címkiosztás: utak aggregálása és Hierarchikus útvonalválasztás – inter-AS és intra-AS routing):
- Tárgyalásmód
 - Egyszerűsített architektúrális áttekintés: a megvalósítás lehetséges módjai és korlátaik IPv4 alapon, szükséges protokoll funkciók
 - Mozgó hoszt eset kiterjesztése mozgó hálózatra nem
 - Technológiai megvalósítási részletek és IPv6 alapú megvalósítás nem

ELVI ALAPESETEK A HOSZT MOZGÁSÁNAK KEZELÉSE SORÁN

- **Kiinduló helyzet:** adott rádiós csatlakozási ponthoz (wifi AP, mobil bázisállomás) kapcsolódó hoszt mozogni kezd
- **Rádiós kapcsolat (minőségének) fenntartása**
 - A csatlakozási pont rádiós lefedési területén belül mozog a hoszt (nem változik a kiszolgálási pont)
 - Otthoni Wifi: kisétálok a kertbe (van lefedettség)
 - Mobil hálózat: távolodom a bázisállomástól
- **Adatkapcsolat fenntartása**
 - Mozgás irodai (egyetemi) wifi hálózatban: átmegyek az irodámból egy távolabbi laborba (folytonos a lefedettség, de több AP-vel)
- **Különböző hálózatokra felkapcsolódás biztosítása**
 - Nagymértékű elmozdulás - egy közbülső eset a kapcsolat fenntartása nélkül, hiszen feltételezésünk szerint a mozgás közben nincs hálózati kapcsolódás - otthoni és munkahelyi wifi közti váltás
 - Otthon felkapcsolódok, használom, lekapcsolódok
 - Munkahelyen felkapcsolódok, használom
- **Mobil IP**
 - Hálózaton belül, bázisállomások között (handover)
 - Hálózatok között (roaming)

Kiinduló helyzet: adott rádiós csatlakozási ponthoz (wifi AP, mobil bázisállomás), és ezzel egy adott L3 hálózathoz kapcsolódó hoszt mozogni kezd

I. Rádiós kapcsolat (minőségének) fenntartása

- A csatlakozási pont rádiós lefedési területén belül mozog a hoszt (nem változik a kiszolgálási pont)
- A kapcsolat rádiós paramétereinek változtatása lehet szükséges (adásteljesítmény, moduláció paraméterei, modulációs mód) a megfelelő minőségű kapcsolat fenntartásához, alapvető degradációval (pl. kisebb sáv szélesség biztosítható a hosztnak) járhat
- Tekintsük ezt L1 szintű mobilitásnak

II. Adatkapcsolat fenntartása

- Mozgás irodai (egyetemi) wifi hálózatban: átmegyek az irodámból egy távolabbi laborba (folytonos a lefedettség, de több AP-vel)
- Az AP-k L2 switcheken keresztül kapcsolódnak a hálózathoz, másik AP – másik L2 port, a kapcsolónak követnie kell a hoszt kapcsolódási portjának megváltozását (a SzgHál áttekintésben: switch működése, automatikus tanulás)
- Tekintsük ezt L2 mobilitásnak

III. Különböző hálózatokra felkapcsolódás biztosítása

- Nagymértékű elmozdulás - egy közbülső eset a kapcsolat fenntartása nélkül, hiszen feltételezésünk szerint a mozgás közben nincs hálózati kapcsolódás – pl. otthoni és munkahelyi wifi közti váltás
- Ez klasszikus értelemben nem mobilitás –nevezhetnénk inkább nomaditásnak – azt kell biztosítani, hogy a hosztnak mindig a hálózati kapcsolódási helyének (network) megfelelő IP címe legyen

IV. Mobil IP

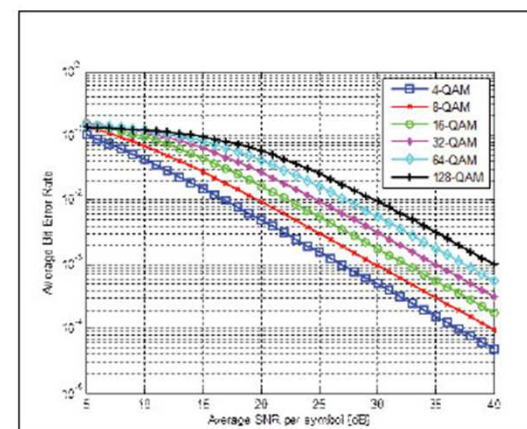
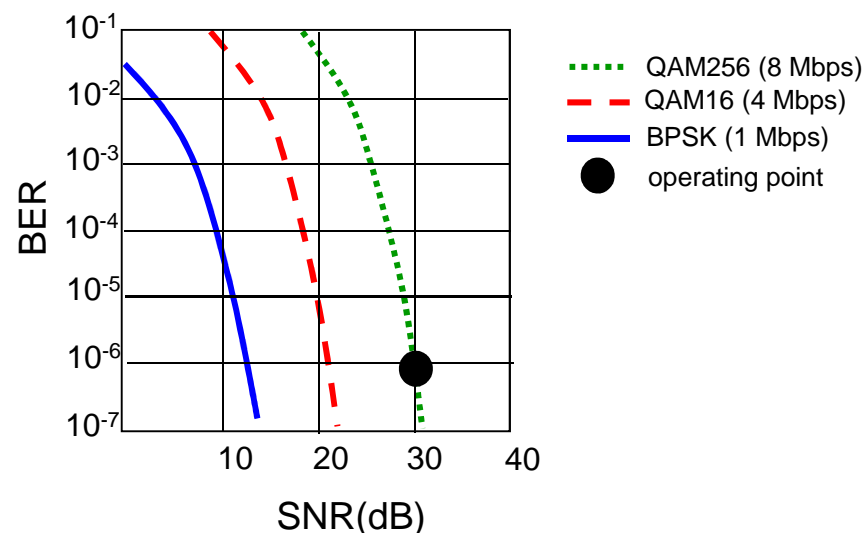
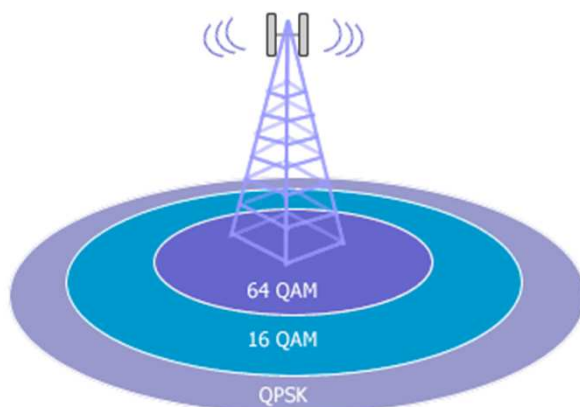
- Hálózaton belül, bázisállomások között (handover)
 - A mobil hálózat L3 szervezésétől függően ez a probléma jellegét – de nem megoldását - tekintve lehet a hasonló az adatkapcsolat fenntartása esethez (a két bázisállomás bármelyikéhez kapcsolódó ugyanabban a L3 hálózatban kap IP címet)
 - Mobil hálózatos specialitás: mi legyen az elhagyott bázisállomás felé már elküldött - a hálózatban úton lévő - adatokkal
- Hálózatok között (roaming)
 - Ez biztos L3 hálózatok (network) közti mozgás, a két mobilszolgáltatónak különböző publikus IP címtartománya van

A hálózatos vonatkozások és a megoldások áttekintését bonyolíthatják további megfontolások

- Címfordítás
 - Otthoni, irodai wifi-s hálózat NAT
 - Nyilvános mobil szolgáltatói hálózatban CGNAT
- Nyilvános mobil szolgáltatói hálózatban IP/MPLS alapú mobil backhaul a bázisállomás és a mobil core helyszínek és funkciók összekapcsolására (user plane és control plane Core-RAN között IP/MPLS felett)
- Ezek a vonatkozások a gyakorlati megvalósításokat is jelentősen bonyolíthatják (CGNAT)

A RÁDIÓS KAPCSOLAT (MINŐSÉGÉNEK) FENNTARTÁSA

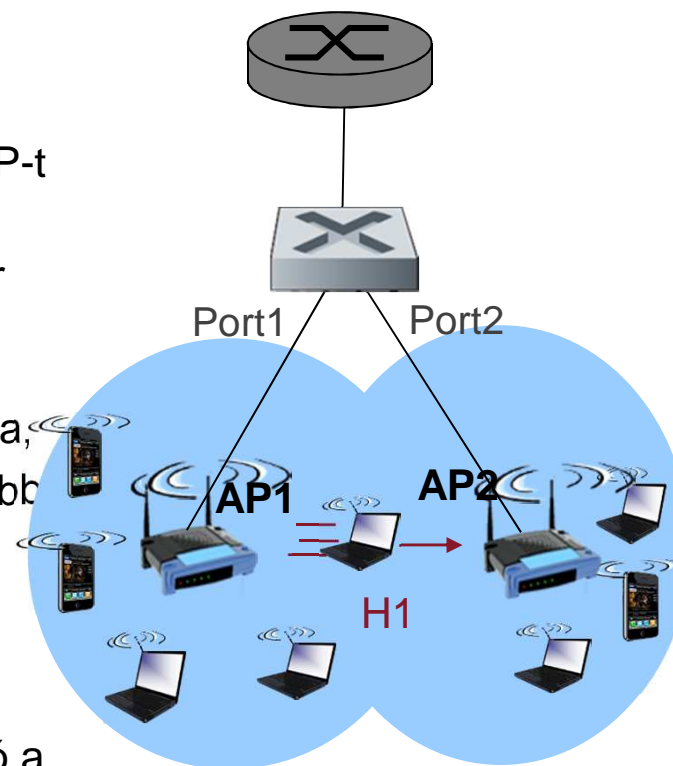
- A vételi helyen fennálló jel/zaj viszony és a bithibaarány között szoros összefüggés áll fenn
- A különböző modulációs módok eltérő mértékben érzékenyek a jel/zaj viszony romlására
- A megfelelő minőségű rádiós kapcsolat fenntartása az adótól távolodó mobil hoszttal a modulációs paraméterek, vagy a kár a modulációs mód változtatását igényelheti



SNR, signal-to-noise ratio.

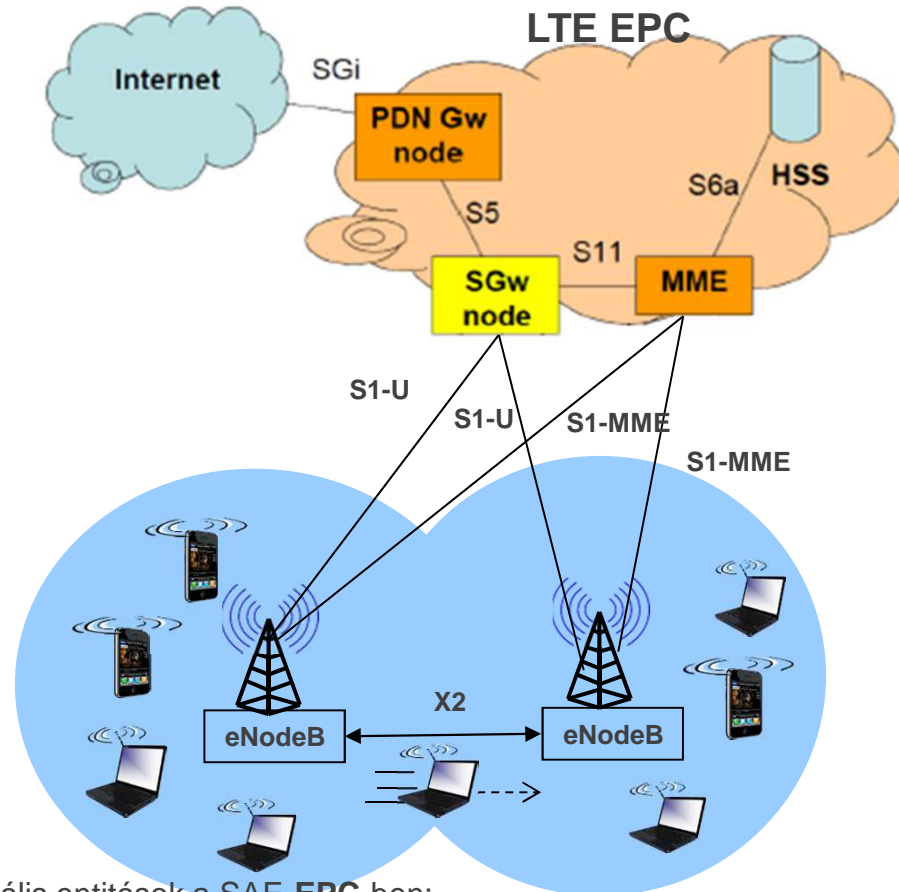
FIGURE 5: Average bit error rate for a M-ary quadrature amplitude modulation scheme over a $m = 1$ Nakagami- m fading channel.

- Azonos hálózathoz kapcsolódó wifi AP-k közti mozgás
- AP-k SSID-i azonosak, az autentikáció is azonos, rádiós – vagy kapacitás – lefedési megfontolásokból átfedőek a kiszolgálási területek
- A mobil hoszt pl. a jobb rádiós kapcsolat alapján választ AP-t
- Az L2 kapcsoló szempontjából az AP1-hez csatlakozott mobil hoszt az 1. porton, míg az AP2-re átcsatlakozva már 2. porton érhető el, ez adatkapcsolati rétegben (L2) mobilitás, de hálózati (L3) rétegben nem, mivel a hoszt ugyanabban a hálózatban marad, így IP címét megtarthatja,
- A kapcsoló automatikus tanulási mechanizmusa előbb-utóbb (elévülés) frissítené az állapotot, ez az AP2-re hosztról kiküldött L2 broadcast üzenettel azonnal kikényszeríthető
- Amikor a mobil hoszt AP-t vált (lekapcsolódik AP1-ről, felkapcsolódik AP2-re) kis idejű kapcsolatmegszakadás léphet fel ami adatvesztéssel járhat, ez hatásában hasonló a hálózati torlódásból adódó adatvesztéshez, megbízható transzport (TCP), vagy alkalmazás szinten kezelhető



MIKROMOBILITÁS – CELLAVÁLTÁS (HANDOVER)

- Bázisállomások kiszolgálási területei közti mozgás (mikromobilitás, mobil handover)
- Hálózati (L3) értelemben nincs mozgás, ugyanaz a hálózat (network, subnet), csak a fizikai (rádiós) kapcsolódási pont változik
- Jellemzően hasonló a WiFi AP-k közti mozgáshoz, de mobil esetben nem L2 szintű a mozgás lekötése (a mobil hálózatban nem értelmezhető L2 broadcast domén, a mobil hostok L3 –ban pont-pont kapcsolódnak egy gateway routerhez)
- a mobil hoszt helyének nyilvántartása (location management) alapján tartja nyilván a hálózat, hogy mi a kapcsolódási bázisállomás,
- amikor ez változik arra is lehet megoldás, hogy az elhagyott bázisállomás felé úton lévő forgalmat „továbbküldje” az új bázisállomás felé (LTE X2 interfész eNodeB-k között)



Funkcionális entitások a SAE-EPC-ben:

Mobilitás kezelő egység, Mobility Management Entity, **MME**

Kiszolgáló átjáró egység, Serving Gateway, **SGW**

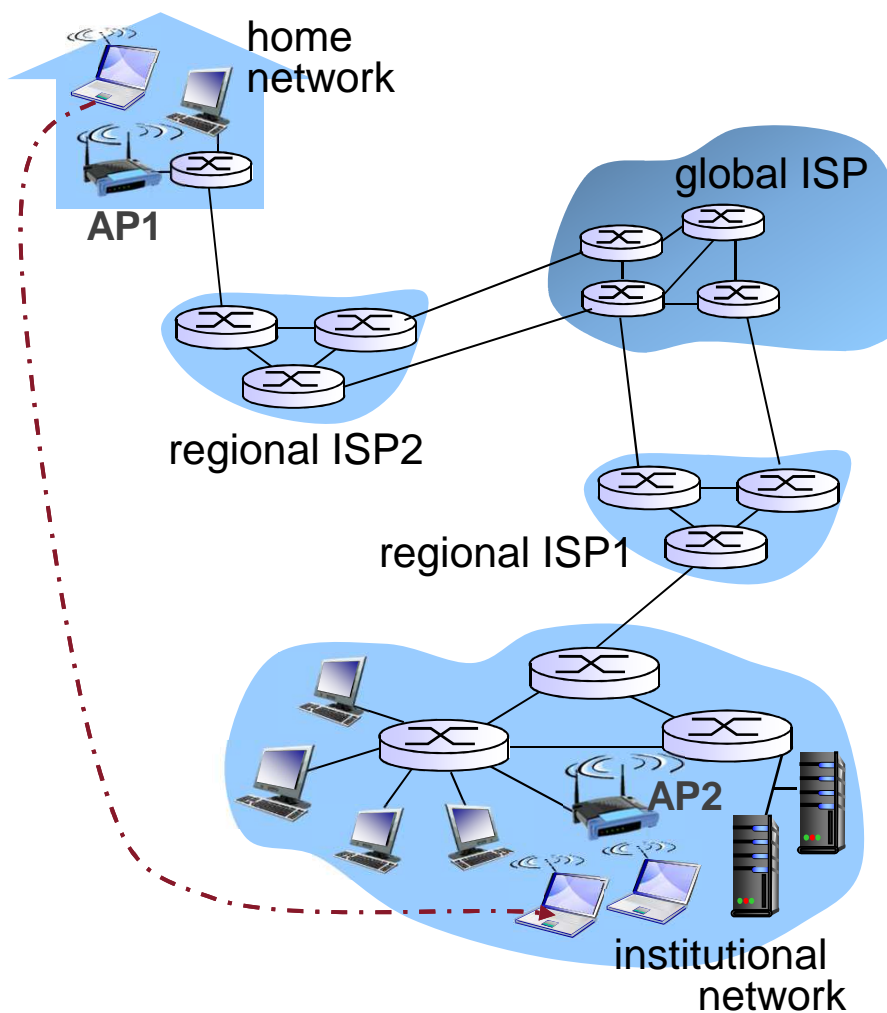
Adathálózati átjáró egység, Packet Data Network Gateway, **PDN Gw**

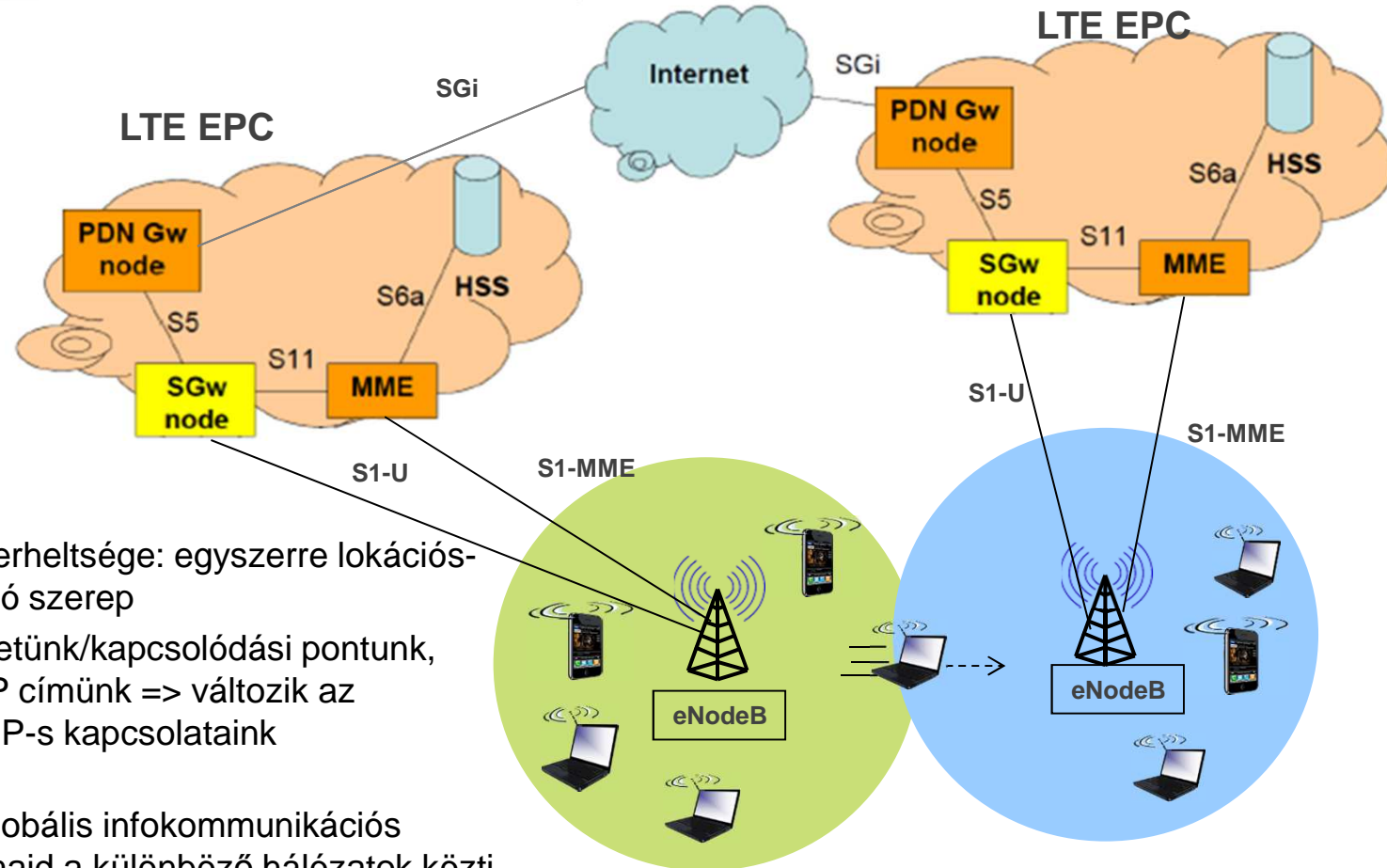
(SAE: System Architecture Evolution, az LTE architektúrája: EPC+E-UTRAN

EPC: Evolved Packet Core)

KÜLÖNBÖZŐ HÁLÓZATOKRA FELKAPCSOLÓDÁS

- Távoli, különböző hálózatokhoz kapcsolódó WiFi AP-k közötti váltás oly módon, hogy az AP1-re csatlakozó hosztot kikapcsoljuk, átvisszük az AP2 szolgáltatási területére, és ott bekapcsoljuk
- Ebben az esetben inkább nomaditásról (átköltözés) beszélhetünk, és nem mobilitásról, de a hoszt mozgásának következményeit, kezelését tárgyaló megközelítésbe beilleszthető
- Mivel az IP cím hálózatok között nem hordozható, ezért azt kell biztosítani, hogy a hoszt mindkét hálózatban megkaphassa a szükséges IP címet, erre a dinamikus címkiosztás (DHCP) ad megoldást: mindkét hálózatban van dinamikus címkiosztás (is), egy DHCP-szerver a címek egy adott tartományából oszt címet a kapcsolódó hosztoknak, (részletek a SzgHál áttekintésben, IPv4 cím honnan?)





- IP szemantikai túlterheltsége: egyszerre lokációs- és egyedi azonosító szerep
- ha változik a helyzetünk/kapcsolódási pontunk, akkor változik az IP címünk => változik az azonosítónk is => IP-s kapcsolataink megszakadnak
- egy világméretű, globális infokommunikációs hálózat biztosítja majd a különböző hálózatok közti barangolás lehetőségét
 - a felhasználó ennek negatív hatásait nem érzékelheti
 - a kommunikáció transzparens kell legyen a felhasználó szemszögéből

home network:
permanent “home” of
mobile node
(e.g., 128.119.40/24)

home agent: entity that
will perform mobility
functions on behalf of
mobile, when mobile is
remote

**visited
network**

permanent address:
address in home network,
can always be used to
reach mobile node
e.g., 128.119.40.186

wide area
network

- **Home network:** honos hálózat, a hoszt mobil szolgáltatójának hálózata
- **Permanent address (PA):** a hoszt honos hálózatában kapott IP címe, amivel a hoszt mindig elérhető (idegen hálózatban lévő hoszt esetében publikus címnek kell lennie)
- **Home agent (HA):** a mobilitással kapcsolatos funkciókat megvalósító entitás a hoszt honos hálózatában

- **Visited network:** az idege hálózat, ahol a hoszt aktuálisan van
- **Care of address (CoA):** a hoszthoz rendelt cím az idegen hálózatban
- **Foreign agent (FA):** a mobilitással kapcsolatos funkciókat megvalósító entitás a hoszt idegen hálózatában
- **Correspondent:** kommunikáló partner, kapcsolatba akar lépni a hoszttal

permanent address:
remains constant (e.g.,
128.119.40.186)

visited network: network
in which mobile currently
resides (e.g., 79.129.13/24)

**home
network:**

care-of-address:
address in visited
network. (e.g., 79,129.13.2)

wide area
network

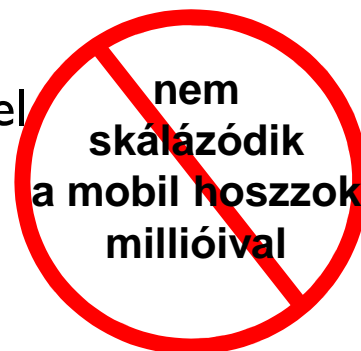
correspondent:
wants to
communicate
with mobile
node

foreign agent: entity
in visited network
that performs
mobility functions
on behalf of mobile
node.

- ❖ *Transzparencia (alkalmazások szempontjából): a meglévő alkalmazásoknak ne kelljen tudniuk, hogy fix vagy mobil hálózat felett működnek*
- ❖ *Skálázhatóság (közreműködő entitások száma, állapotváltáshoz adaptálódás ideje)*
- ❖ *Hatékonyág (szükséges jelzésforgalom minimalizálása)*
- ❖ *Biztonság (a mobil hosztnak küldött datagram a mobil hoszthoz érkezzon)*
- ❖ *Additív jelleg (meglévő alapvető funkciókat ne módosítson)*
- ❖ *Kompatibilitás a meglévő az alsóbb rétegekkel*
- ❖ *A szükséges hozzáadott intelligencia legyen a hálózat szélén*

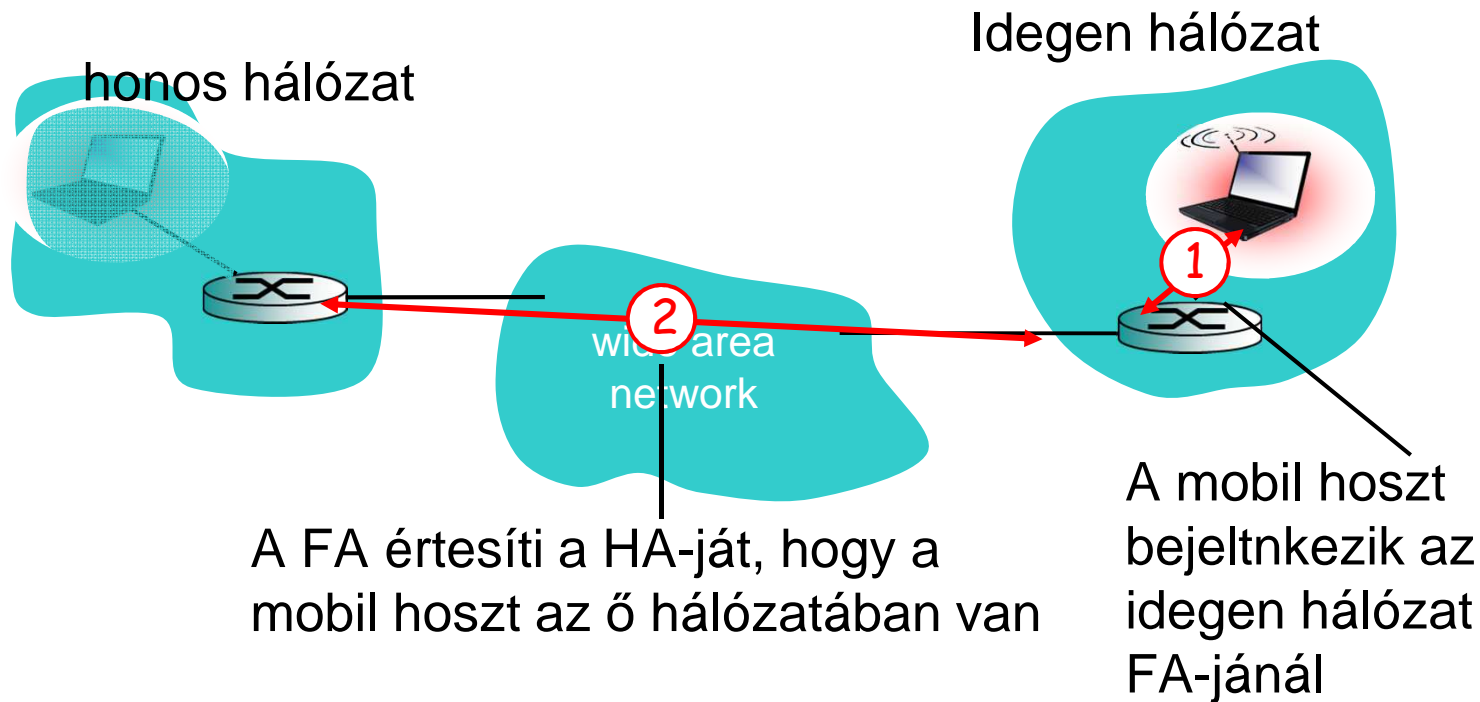
❖ **oldjuk meg a routinggal:** a routers hírdessék az elérhető mobil hosztjaik címét (permanent address) a routing protokollok üzenetváltásait felhasználva

- a routing tábla megadja, hogy melyik mobil hoszt hol érhető el
- a végrendszereknél (end-system) nem szükséges változtatás
- mindenki tudja, hogy hol van a mobil hoszt



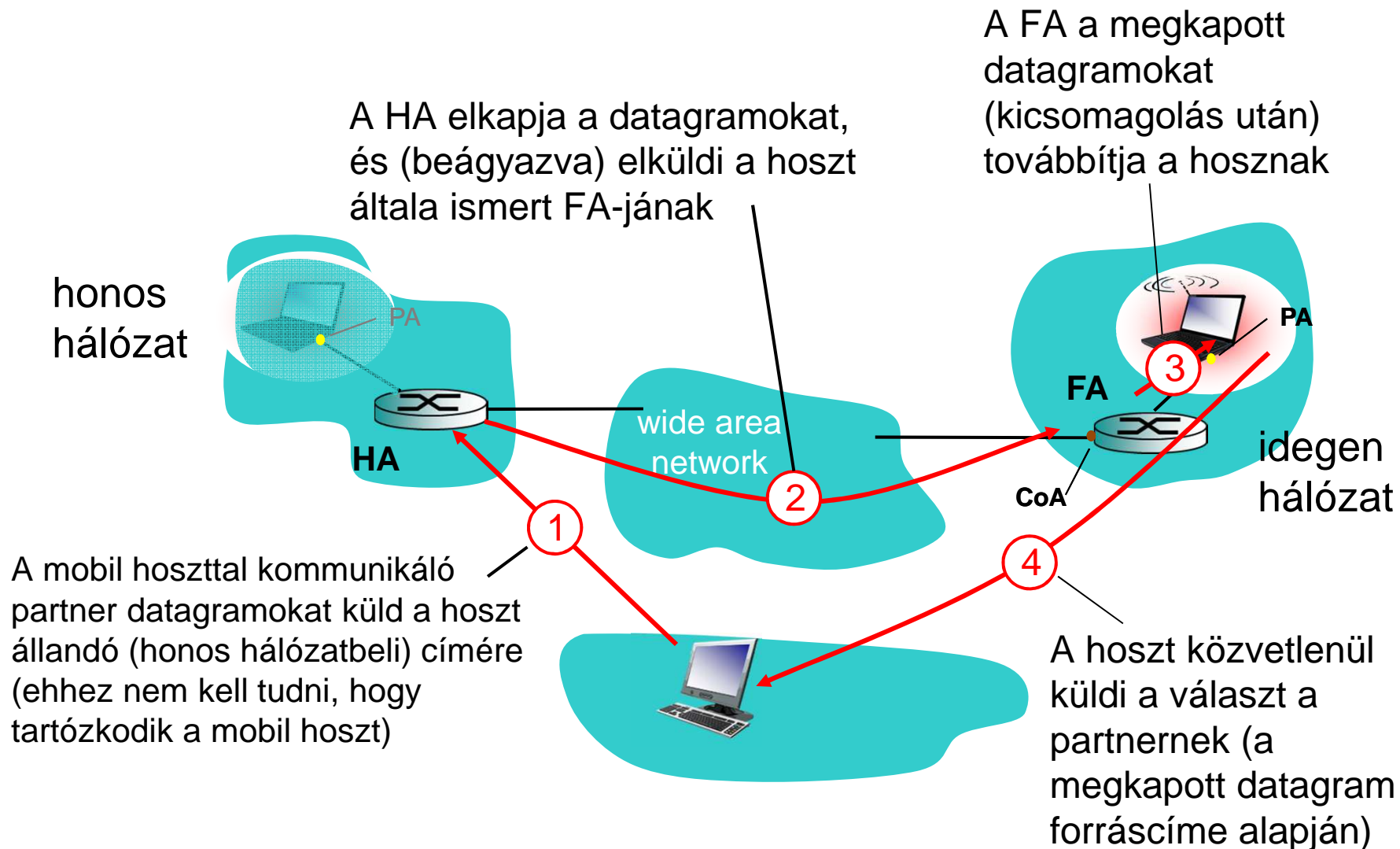
❖ **kezeljék a végrendszerek (end-systems):**

- **indirect routing:** forgalom eljuttatása a mobil hoszthoz az ügynökök közreműködésével: a kommunikáló partner és a mobil hoszt közti forgalom a HA keresztül halad, ami továbbítja azt az FA-nek
- **direct routing:** a kommunikáló partner a HA-tól megszerzi a mobil hoszt aktuális címét, és közvetlenül oda küldi a forgalmat
- csak a honos ügynök (HA) tartja nyilván hol hol van a mobil hoszt, mindenki más tőle tudhatja meg



A folyamat végeredmény:

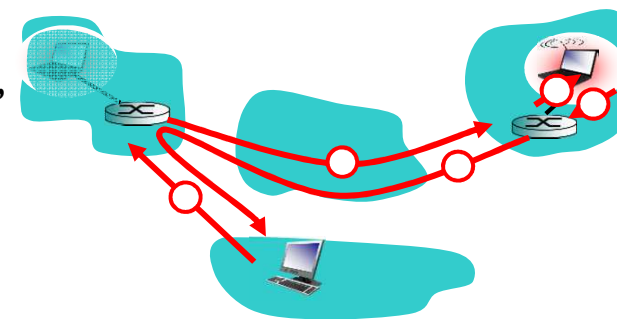
- ❖ az idegen ügynök (FA) megtudja, hogy a mobil hoszt a hálózatában van
- ❖ A mobil hoszt honos ügynöke (HA) értesül a mobil helyéről, elérhetőségéről



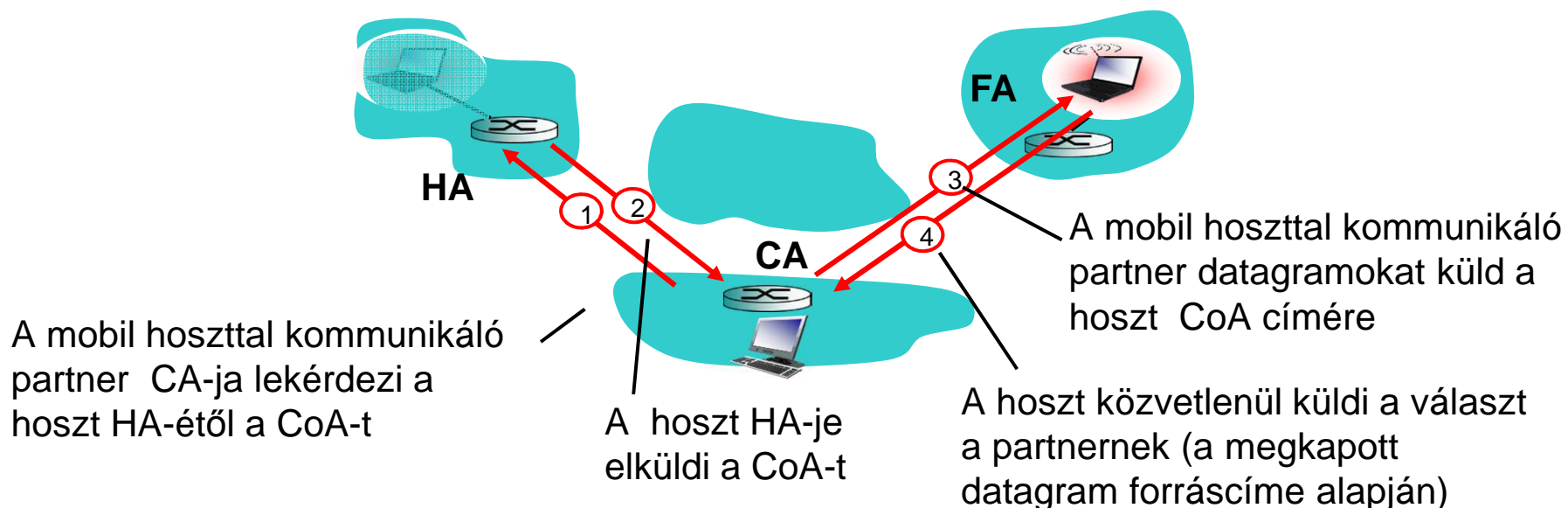
MEGJEGYZÉSEK AZ INDIREKT ROUTINGHOZ

- ❖ a mobil hoszt két címet használ:
 - **állandó cím (permanent address, PA):** a kommunikáló partnerek ezen érik el anélkül, hogy hálózati helyt ismernék (helye *transzparens* a kommunikáló partnerek számára – a hoszt helyének ismerete nélkül tud kommunikálni vele)
 - **felügyeleti cím (care-of-address, CoA):** a honos ügynök erre a címre továbbítja a hoszt állandó címére érkezett datagramokat
- ❖ az idegen ügynök funkció akár a hoszton is futhat
- ❖ **háromszög routing:** partner-honos hálózat-mobil hoszt
 - **nem hatékony**, ha a partner és a távol lévő mobil hoszt ugyanabban a hálózatban van
- ❖ **közvetlen visszirányú küldés:** a hoszt a honos hálózati állandó címét használja forráscímként, ez egy jól menedzselte hálózatban zavarokat okozhat (pl. a hálózat nem továbbítja a nem saját címtartományából eredő forgalmat)

(a Revers Tunneling erre megoldásul szolgálhat, ekkor a mobil hoszt a visszirányú datagramokat a FA és a HA közbeiktatásával küldi a kommunikáló partnernek, ezzel oda-vissza közvetett a routing, ami még kedvezőtlenebb a hatékonyság szempontjából)



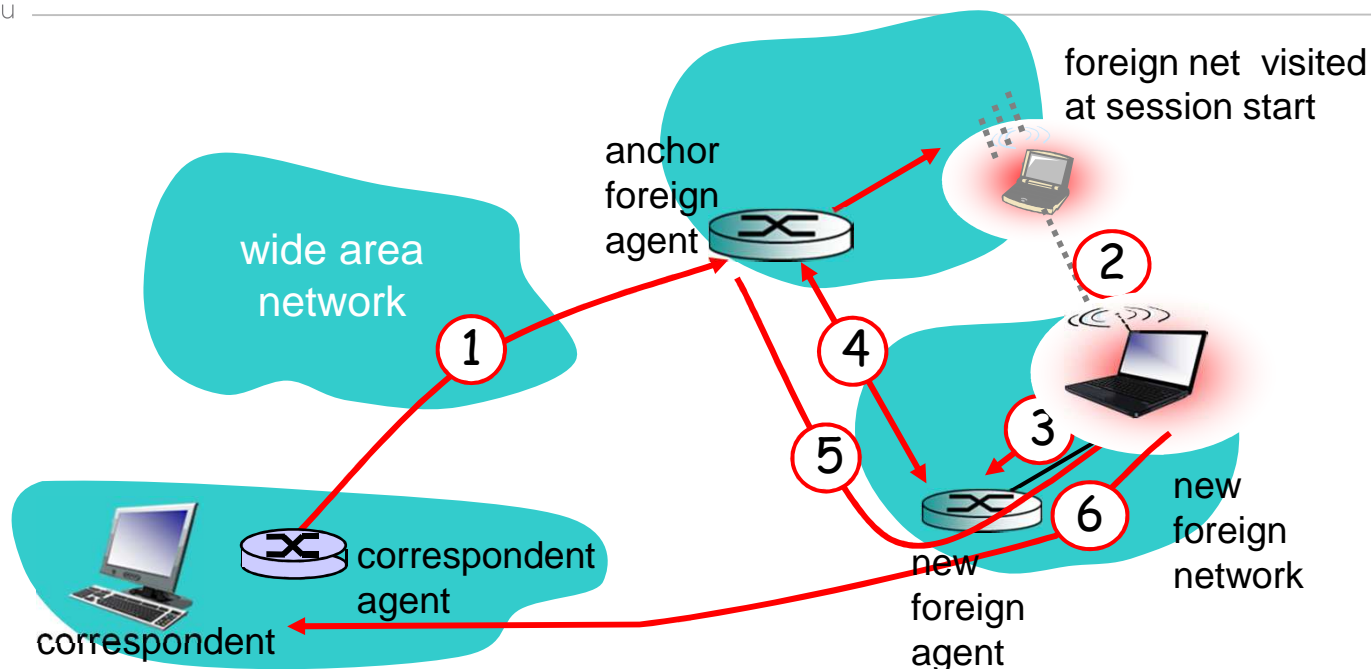
- ❖ a mobil hoszt átmegy egy másik hálózatba
 - regisztrál annak idegen ügynökénél
 - az (új) idegen ügynök regisztrál a mobil hoszt honos ügynökénél
 - a honos ügynök frissíti a mobil hoszt felügyeleti címét
 - a honos ügynök folytathatja a datagramok továbbítását a mobil hosztnak (de már az új CoA-ra)
- ❖ a mozgás során az idegen hálózat megváltozása transzparens: *a fennálló kapcsolatok fenntarthatók*
 - az új távoli ügynök regisztrációja frissíti (felülírja az aktuális) a PA-CoA kötést, nem kell más jelzéskommunikáció
 - a hálózatváltás közben előfordulhat csomagvesztés (a HA – FA – távoli mobil hoszt útszakaszon), ezt a megbízható transzport (TCP), vagy nem megbízható transzport (UDP) esetén az alkalmazás kezeli, a helyzet hasonló a hálózati torlódás miatti csomagvesztéshez
 - a mobil hoszt saját honos ügynökét érzékelve tudja meg, hogy visszatért honos hálózatába



- ❖ hoszt FA és FA-HA regisztráció változatlan
- ❖ újabb entitás (partner ügynök, correspondent agent - CA) és protokollfunkció szükséges (CA a mobil hoszt PA-ja alapján lekérdezése HA-tól a hoszt CoA-ét)
- ❖ kiküszöböli a háromszög routingot
- ❖ *nem transzparens a partner számára:* meg kell szereznie a mobil hoszt CoA-ét a HA-tól

Mi van, ha a hoszt egy másik (idegen) hálózatba megy át?

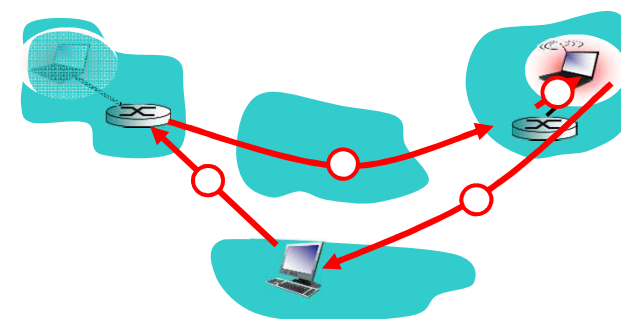
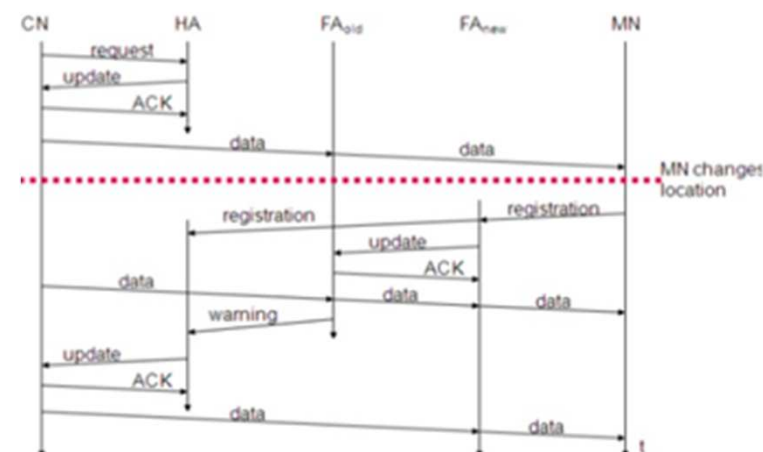
DIREKT ROUTING: MOZGÁS HÁLÓZATOK KÖZÖTT



- ❖ anchor foreign agent: FA in first visited network
- ❖ data always routed first to anchor FA
- ❖ when mobile moves – két megoldás:
 - Kitüntetett szerepű első FA a kapcsolat idejére, new FA arranges to have data forwarded from old FA (chaining), **háromszög routing (de most horgony FA-n keresztül)**,
 - PA – CoA frissítés partner ügynöknél , (a váltás idején adatvesztés lehet)

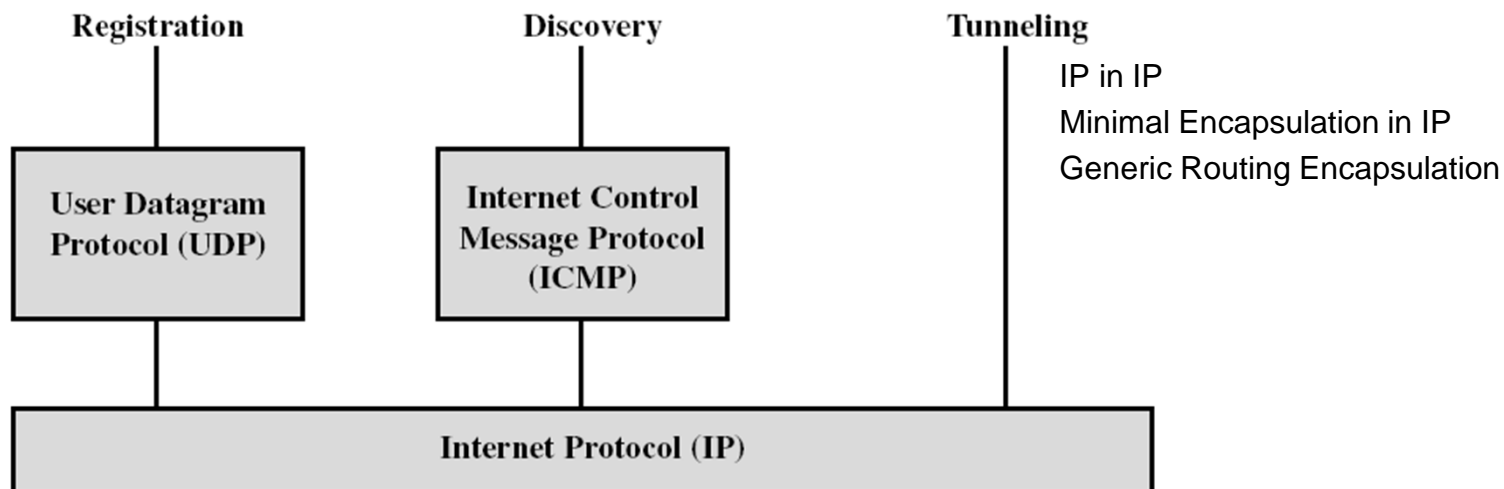
MEGJEGYZÉSEK A DIREKT ROUTINGHOZ

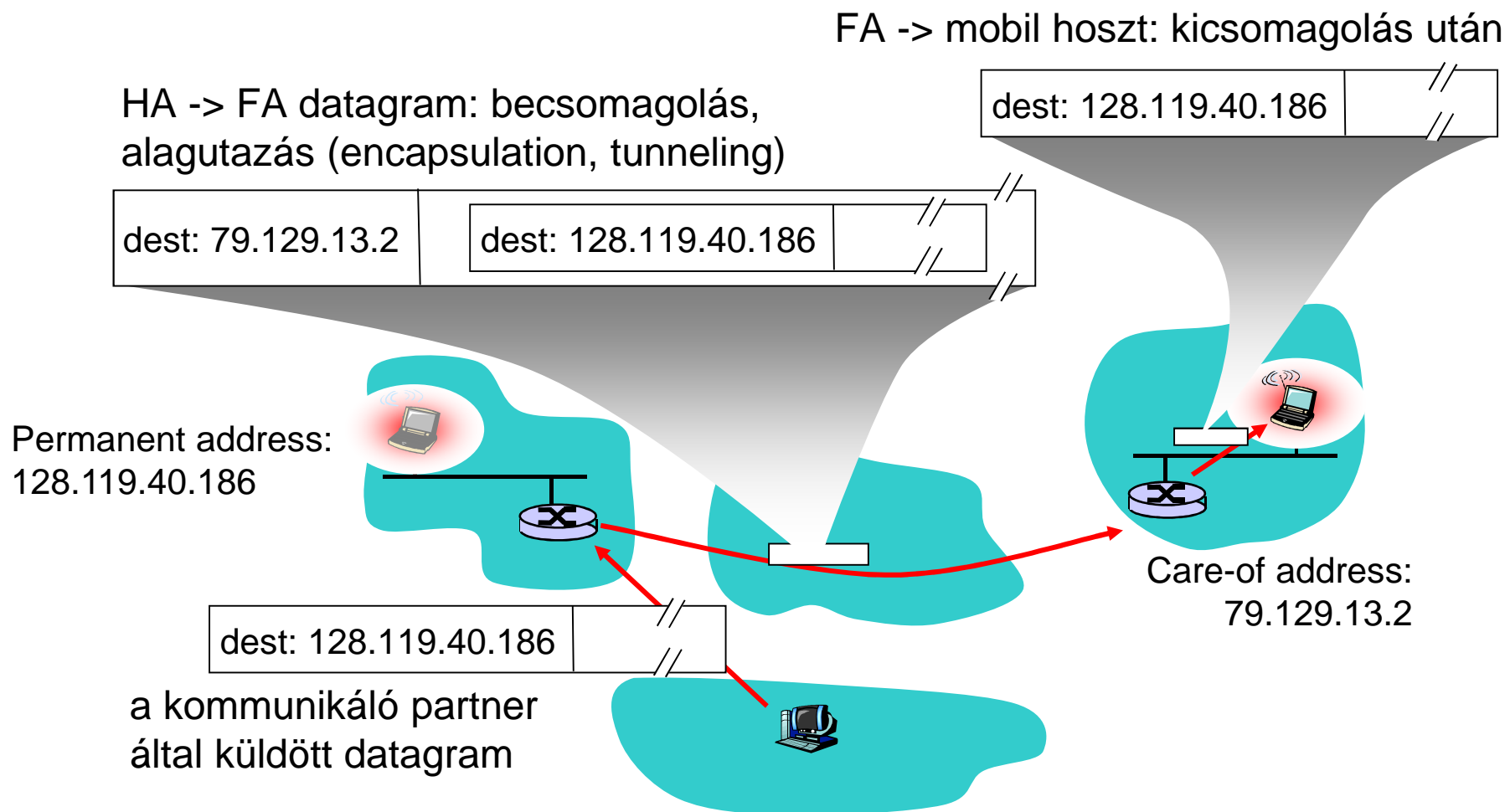
- ❖ a mobil hoszt továbbra is két címet használ:
 - **állandó cím (permanent address, PA):** a kommunikáló partnerek ennek alapján ismerhetik meg a hoszt aktuális helyét (pontosabban CoA-ét)
 - **felügyeleti cím (care-of-address, CoA):** a hoszt ezen a címen lehet kommunikálni
- ❖ **Correspondent Agent (CA)** a mobilitás partner oldali funkcióinak megvalósítására (futhat a partneren is), a HA és FA továbbra is szükséges
- ❖ a honos ügynöknek ebben az esetben csak a mobilitás kezelésében van szerepe (PA - CoA nyilvántartása, aktuális CoA szolgáltatása), a hoszt forgalmának továbbításában nem
- ❖ amikor a direct routing esetben a hoszt átmegy egy másik idegen hálózatba, akkor
 - az új FA intézkedik, hogy a régi FA továbbítsa neki a hosztnak érkező datagramokat (láncolás)
 - a fennálló kapcsolatra háromszög routing (de most horgony FA-n keresztül), PA – CoA partnernél frissítése után visszaáll a direkt routing alapséma
- ❖ a közvetlen vissz irányú küldés problémája megmarad, ha a hoszt forráscímként továbbra is a PA-ját használja



RFC 3344 (IP Mobility Support for IPv4)

- ❖ Három lényeges funkciócsoport
 - ügynökök felderítése (agent discovery)
 - regisztráció (registration with home agent, foreign agent)
 - indirect routing (tunneling)
- ❖ HA – mobil hoszt közti regisztrációs üzenetváltás során erős autentikáció szükséges,
- ❖ A mobil hoszt, HA, FA páronkénti üzenetváltások védelméről (integritás, visszajátszás) is gondoskodni kell

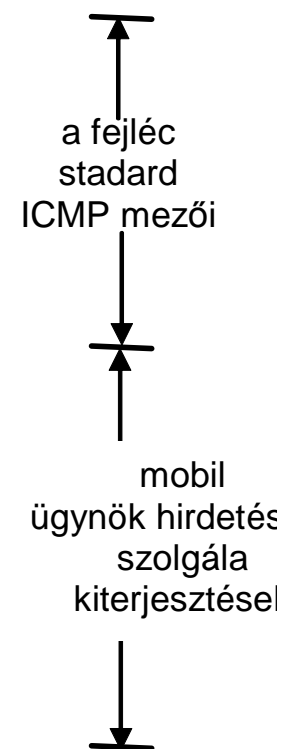
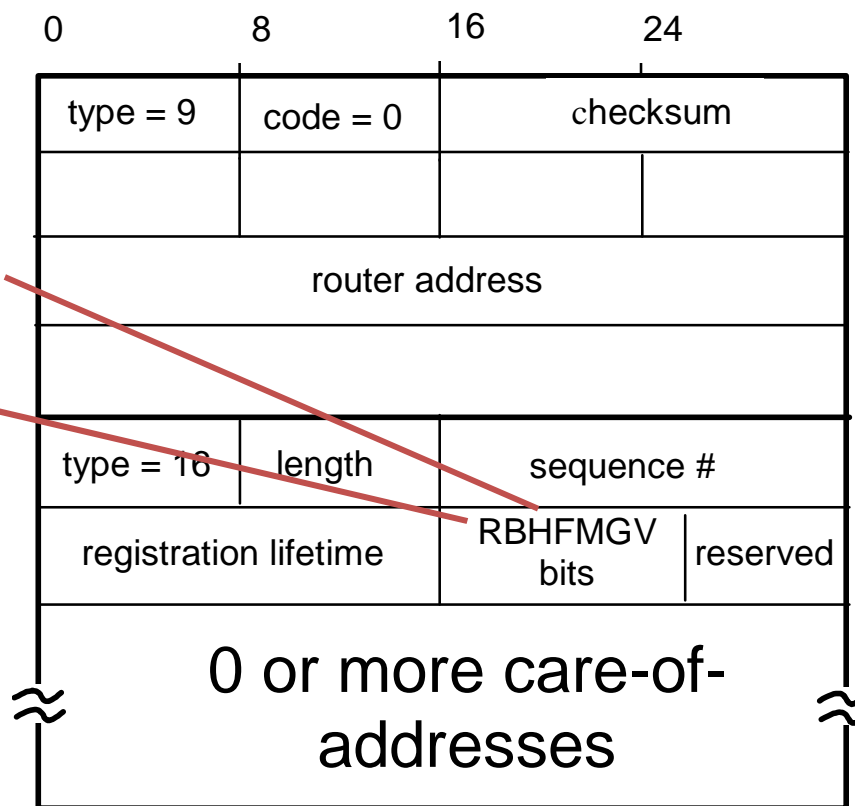


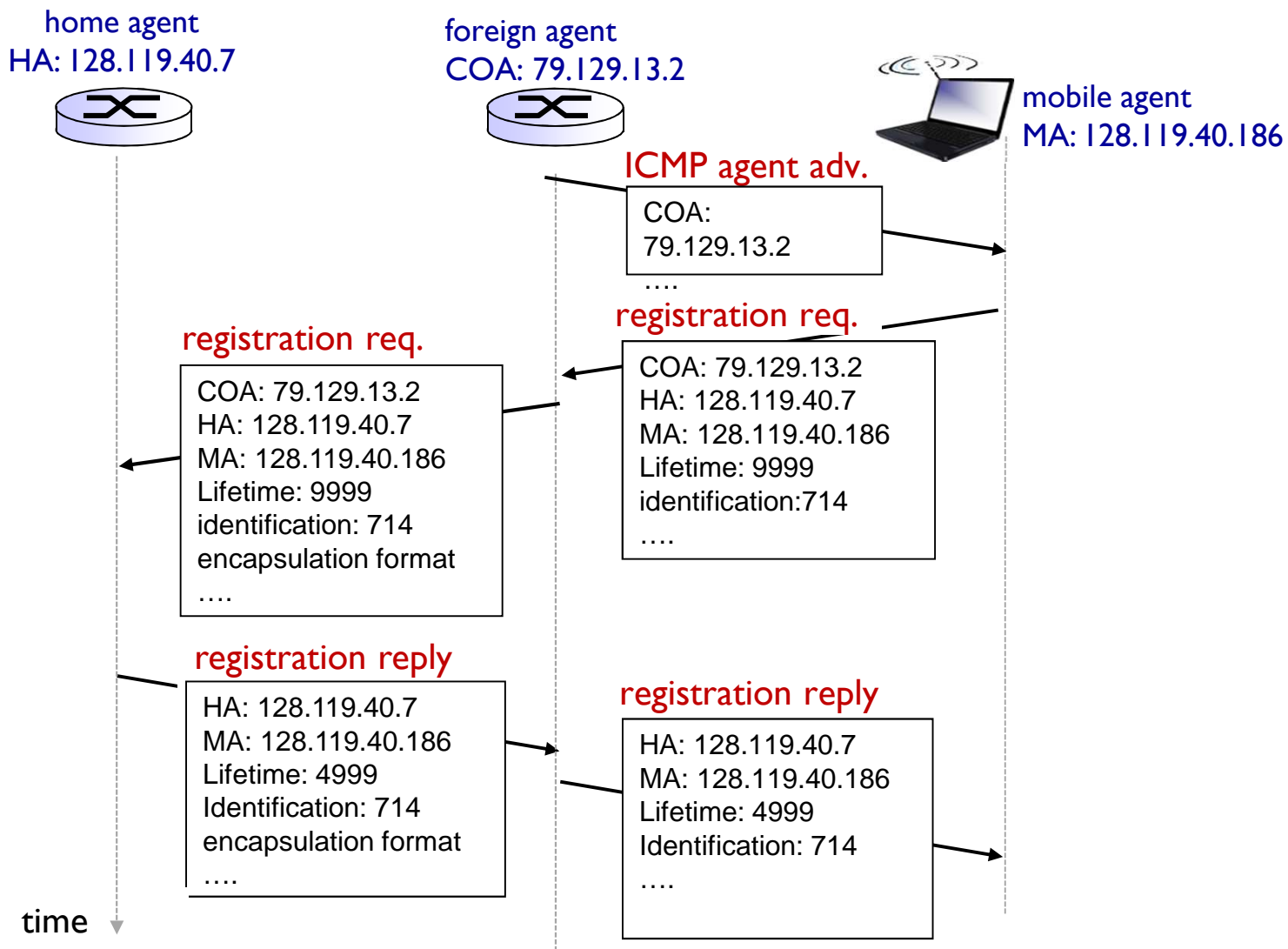


- ❖ ügynökök hirdetése: a honos és idegen ügynökök hirdetik szolgáltatásukat ICMP üzenet broadcast (typefield = 9)

H,F bitek:
HA vagy FA

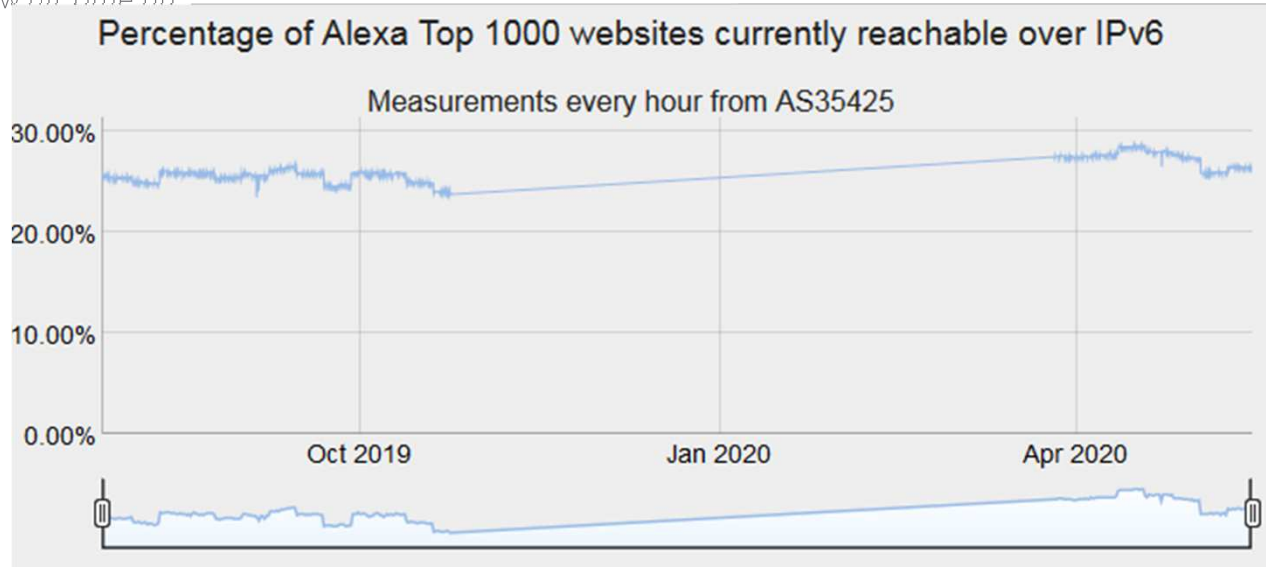
R bit: regisztráció
kérelme



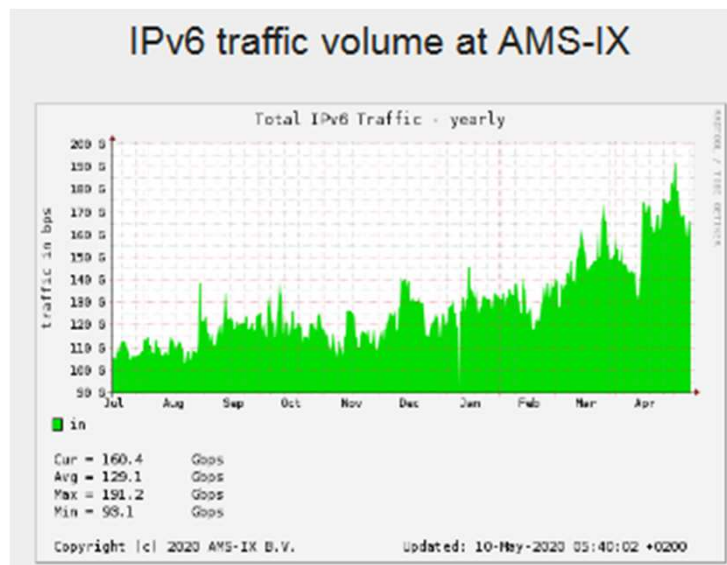


- ❖ Elvileg a hatásnak minimálisnak kellene lennie ...
 - a best effort szolgáltatási modell változatlan
 - a TCP és UDP működik (működni kell) mobil környezetben
- ❖ ... de a teljesítőkéesség ...:
 - csomagvesztés a hálózatváltások során
 - a TCP a csomagvesztés okának a torlódást tekint, szükségtelenül csökkenti a küldési sebességét (torlódási ablak ablakmérete, nyugtázatlan szegmensek száma)
 - a vezeték nélküli környezethez alkalmazkodás érdekében különböző TCP mechanizmusok
 - valós idejű forgalmak késleltetés megnőhet

- Nem használják, IPv4 címek fogyása, CGNAT,
- Az ismerttetett architekturális megoldás IPv6 alapú megvalósítása lehet a megoldás (de IPv6 elterjedtsége),
 - IPv4-IPv6 együttélésből adódó problémák és megoldások
 - szabványos megoldás van (RFC 5555 Mobile IPv6 Support for Dual Stack Hosts and Routers), de rendkívül bonyolult



Forrás: <https://www.worldipv6launch.org/measurements/>

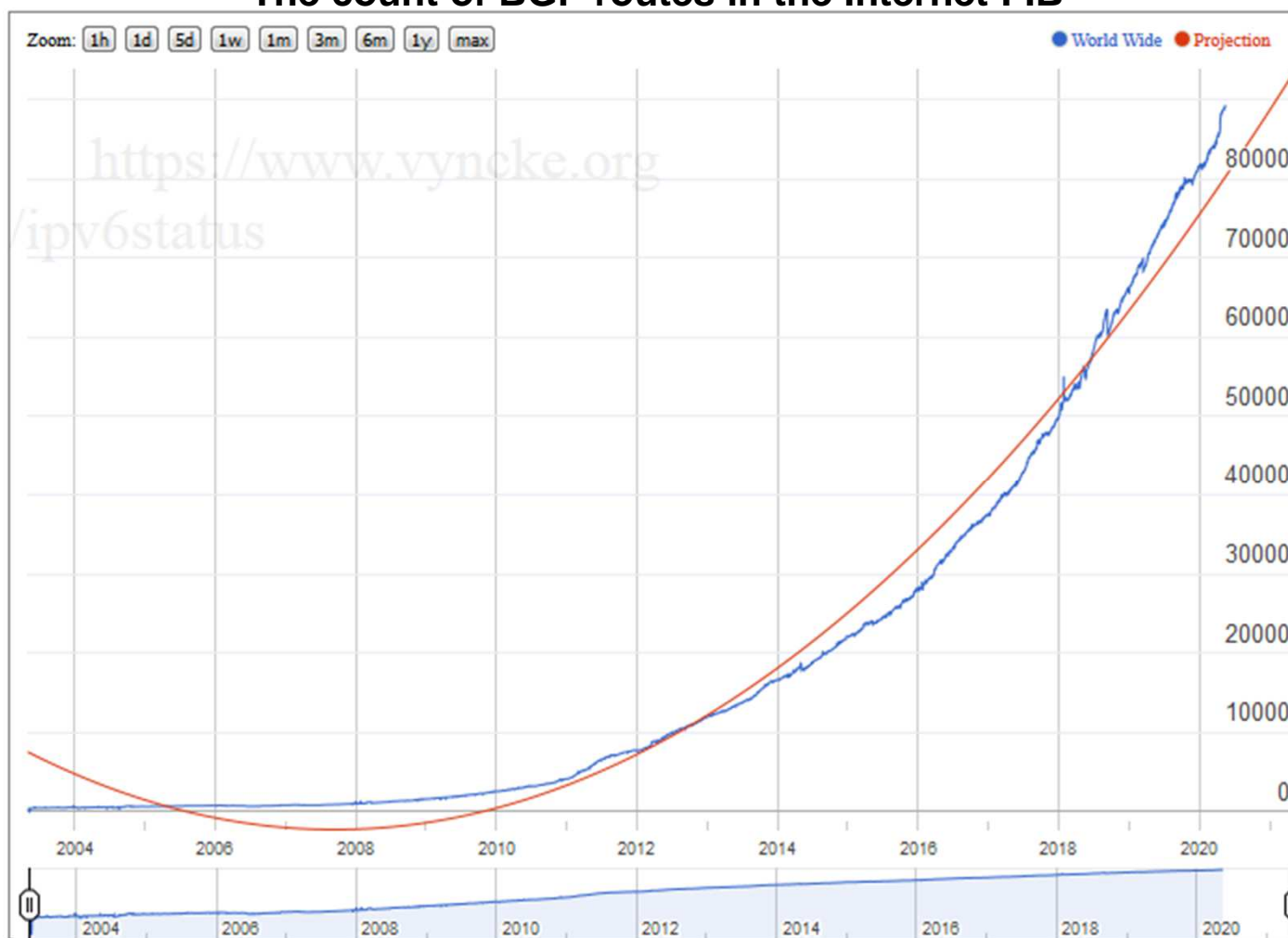


AMS-IX: Amsterdam Internet Exchange,
 az egyik legnagyobb forgalomkicserélő pont a világon
<https://www.ams-ix.net/ams>

Forrás: <https://www.worldipv6launch.org/measurements/>

Projection of IPv6 Routes in BGP tables in World Wide

The count of BGP routes in the Internet FIB



Forrás: <https://www.vyncke.org/ipv6status/project.php?metric=g&country=ww/>

- A mobil IPv6 Mobility az IPv6 alapvető képességeire épül
 - Az IPv6 létrehozásakor meghatározó szempont volt a mobilitás támogatása
 - A mobilitás támogatása így nem utólag hozzáadott képesség
 - Minden IPv6 hálózat mobil IPv6-képes
 - Minden IPv6 csomópont mobil IPv6-képes
 - Minden IPv6 helyi hálózat/alhálózat mobil IPv6-képes
- Az IPv6 Neighbor Discovery és Address Autoconfiguration lehetővé teszi, hogy a hosztok minden speciális támogatás nélkül is működni tudjanak

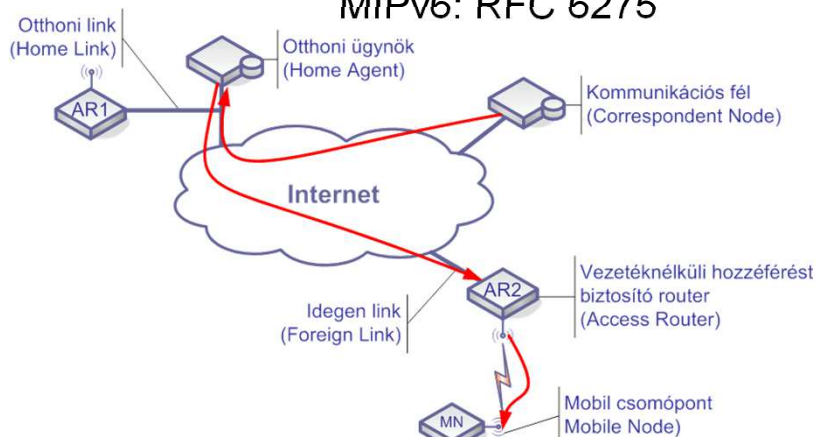
- Nincs (nem szükséges) Foreign Agent
 - A mobil IPv4 megoldásban a mobil hoszt regisztrál az idgen ügynöknél és kap (kölcsonöz) egy címet, amivel felépített alagúton a honos ügynök továbbíthatja a hoszt számára érkezett datagramokat. A mobil IPv6 esetben a látogató mobil hoszt kaphat egy új saját címet, így idegen ügynökre ebben az esetben nincs szükség
 - **IPv6 Address Autoconfiguration**: MN egy idegen hálózatban idegen ügynök (FA) közreműködése nélkül tud felügyeleti címhez (CoA)
 - egyszerű IPv6 publikus címet „szerezni” egy hálózatban a kapcsolódás után
 - SLAAC: StateLess Address AutoConfiguration (RFC4862) Global Address= Link Prefix (/64)+ EUI-64 address
- Jobban skálázódik : jobb a teljesítőképessége
 - Kevesebb forgalom a Home Linken
 - Kevesebb forgalomátirányítás (Traffic Optimization)

- Kétirányú alagutazás
 - Nem követeli meg a partner oldalán a Mobile IPv6 támogatást (IPv4-IPv6 együttélés)
 - Reverse tunneling
- Úptimalizálás (Route Optimization - RO)
 - A mobil hosztnak a partnernél kell regisztrálnia PA- CoA címei összerendelését
 - Új típusú IPv6 routing header használata
 - Type-2 routing header = home address (Dest Addr = CoA)
 - Datagramok rövideb úton
 - Nincs torlódásveszély a HA-nál és a home linken
 - A HA-nál, valamint a hozzá- és tőle vezető utakon fellépő zavarok nincsenek hatással a partner és a hoszt közti datagramok továbbítására

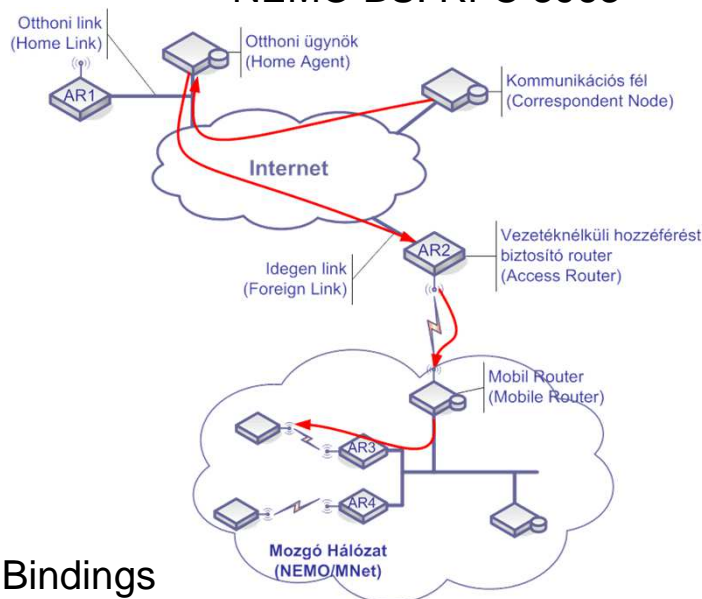
- Dynamic Home Agent Address Discovery
 - Lehetővé tesz, hogy a mobil hoszt dinamikusan derítse fel az otthoni ügynök IP címét (home linkjén)
 - ICMP Home Agent Address Discovery Request Message
 - Destination address: Home Agent anycast address for its own home subnet prefix
 - Reply message
 - HA list (with preferences) in the home link
 - Each HA maintains the home agent lists

A MOBIL IPv6 CSALÁD ALAPVETŐ TAGJAI

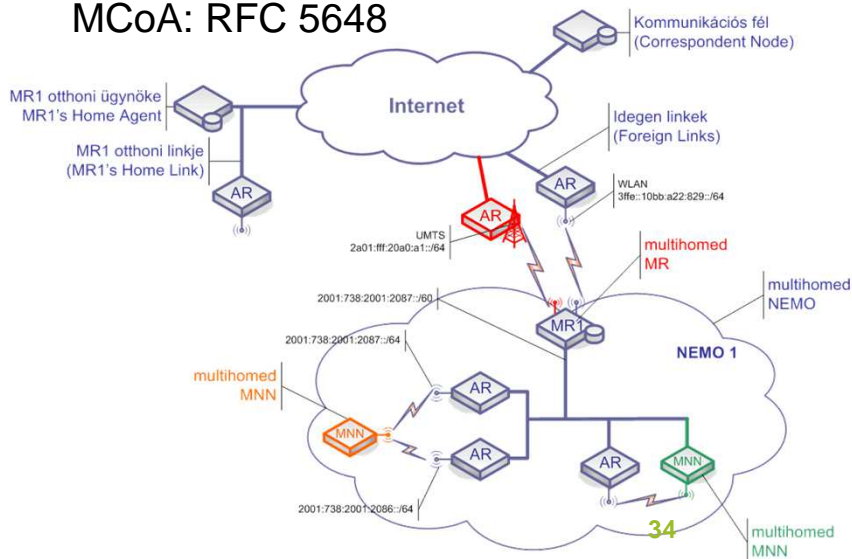
Hoszt mobilitás
MIPv6: RFC 6275



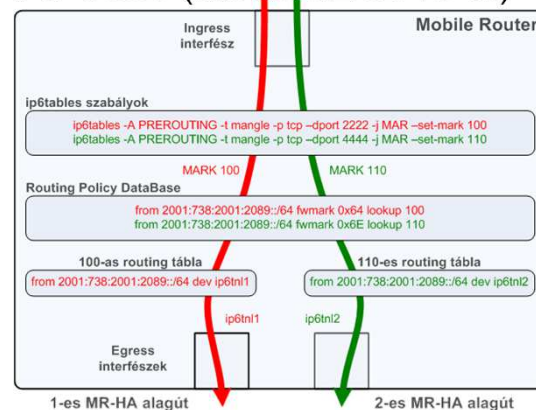
Hálózat mobilitás
NEMO BS: RFC 3963

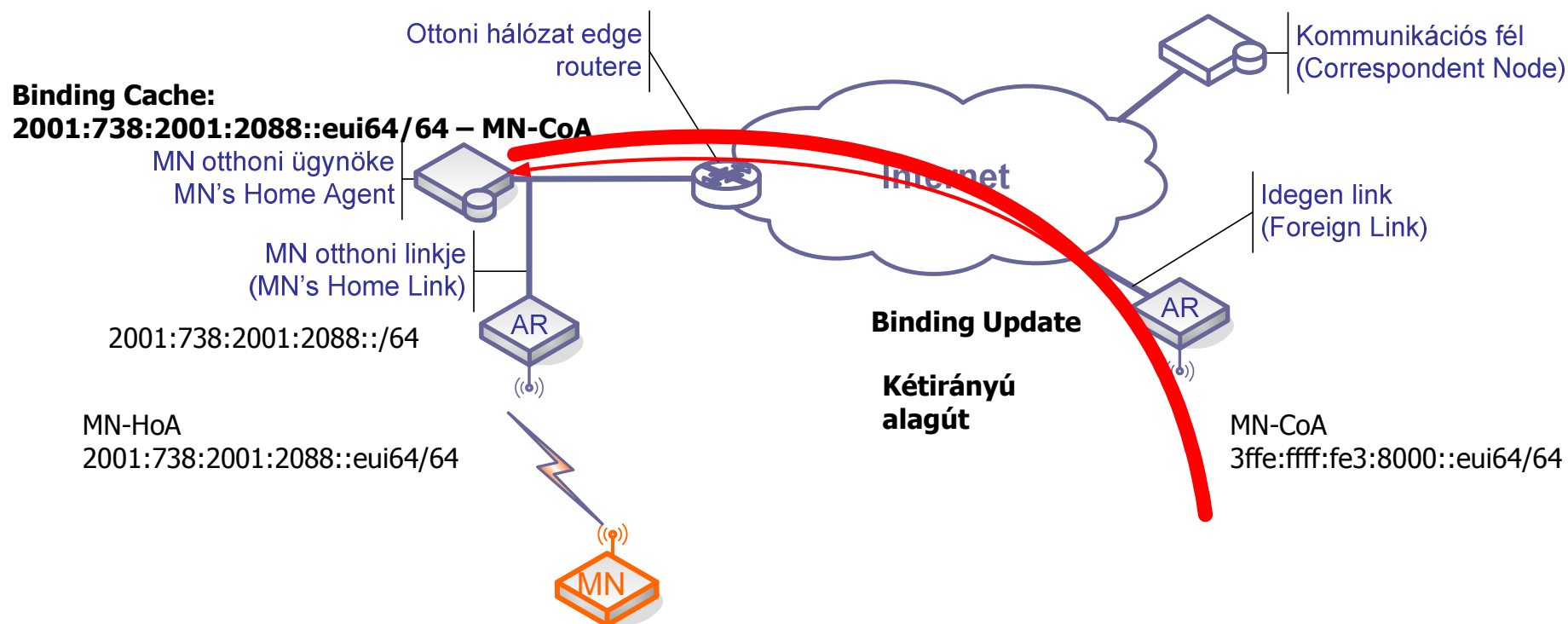


Multihoming
MCoA: RFC 5648



Flow Bindings
RFC 6089 (frissíti az 5648-at)





- Minden helyváltoztatást követően
 - A mobil terminál beregisztrálja a címét (helyét)
 - A kommunikációs fél az állandó címen (azonosítón) éri el a mobil terminált
 - Az otthoni ügynök (Home Agent) átirányítja a forgalmat

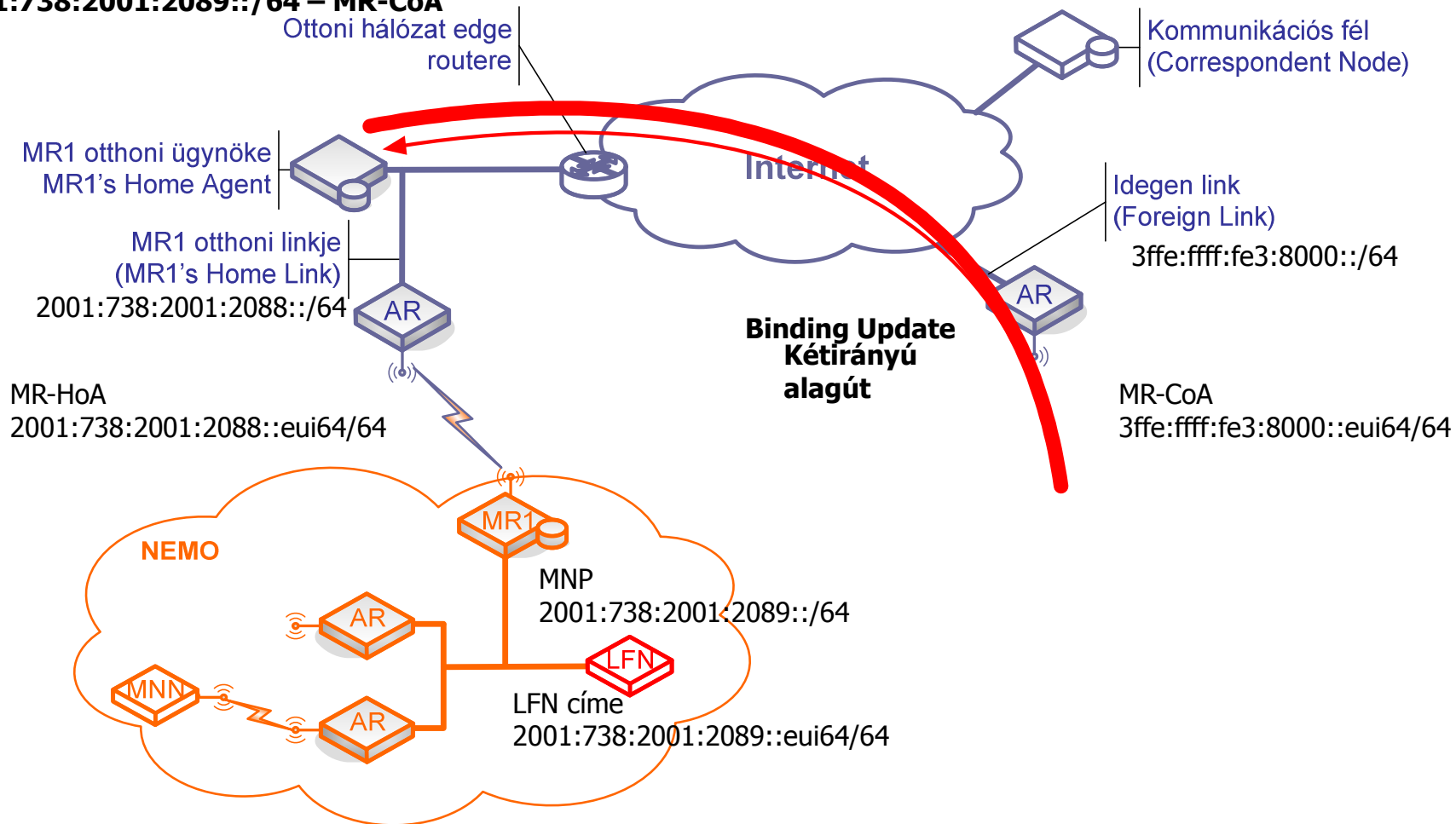
- Amíg a mozgó hálózat az otthoni hálózatában van, hagyományos útvonalválasztást alkalmazunk.
- Amint a hálózat megváltoztatja a helyét a topológiában
 - Beregisztrálja a helyét és hálózati prefixét az otthoni ügynökénél (Home Agent)
 - A Home Agent az összes ilyen prefixre érkező csomagot alagutazza (tunnelezi) a Mobil Router (MR) felé
- Minden új helyen
 - Új ideiglenes címet rendelünk a Mobil Router állandó címéhez (location <-> identity)
 - A mozgó hálózat többi csomópontjának a címe változatlan, számukra a mozgás transzparens!

A NEMO BASIC SUPPORT PROTOKOLL MŰKÖDÉSE

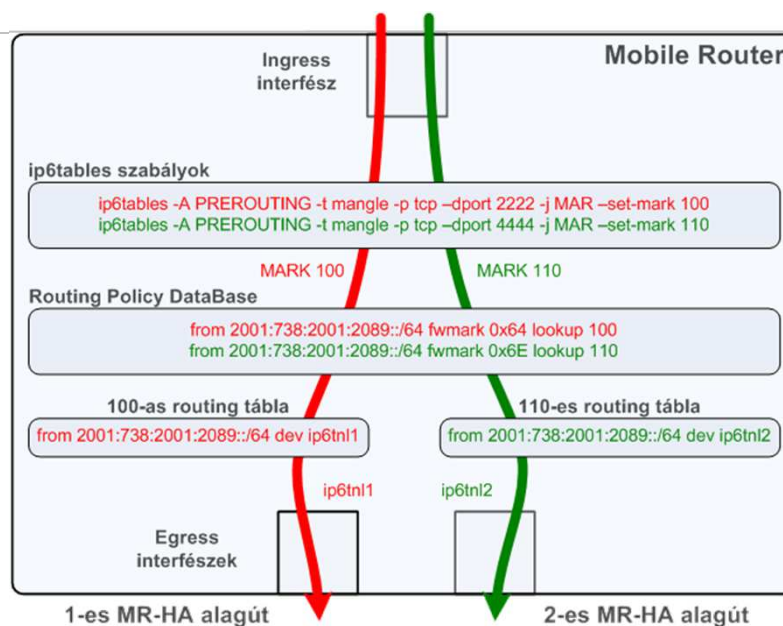
Binding Cache:

2001:738:2001:2088::eui64/64 – MR-CoA

2001:738:2001:2089::/64 – MR-CoA

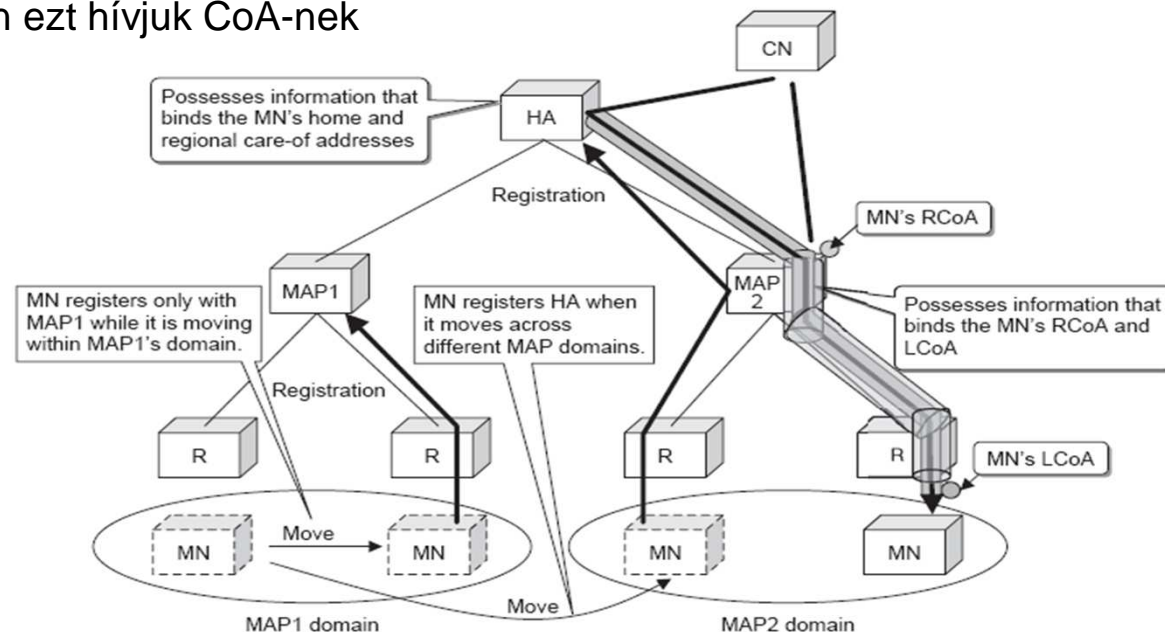


- Mozgó hálózatok „többotthonúságáról” akkor beszélünk, ha
 - az MR multihomed
 - több MR működik a NEMO-ban
- Alapvető célok és előnyök:
 - Állandó és „ubiquitous” hozzáférés
 - Hálózati lefedettség technológiákon átívelve történő növelése
 - Megbízhatóság, hibatűrés
 - Hálózati komponens multiplikálása
 - Kommunikációs folyamatok átirányítása
 - A már kiépített folyamat leállítása és ismételt felépítése nélkül!
 - Terhelés-megosztás
 - A hálózat terhelésének több útvonal segítségével történő elosztása
 - Terhelés-kiegyenlítés / folyamatok szétoztása
 - Adott folyamat több interfészen történő (együttes vagy szeparált) átvitele
 - Felhasználók választási lehetőségeinek bővítése
 - Felhasználói preferenciák alapján történő hozzáférés/hálózat kiválasztásának támogatása
 - Aggregált sáv szélesség
 - Több interfész, több hozzáférés, több hálózat, nagyobb sáv szélesség



- A Flow Binding mechanizmusai lehetővé teszik, hogy egy vagy több adatfolyamot kössünk a mobil adott ideiglenes címéhez és felkészítsük az otthoni ügynököt is a mobil felé irányuló csomagok adott címre történő irányítására.
- Linux rendszeren ez a policy alapú útvonalválasztás a netfilter keretrendszer csomagjelölő (MARK) képességének segítségével valósítható meg
- A csomagok adott útvonalon való küldése érdekében a csomagokat az adott útvonalhoz tartozó interfész BID-jével jelöljük meg az útvonalirányítás előtt
- Az MCoA implementáció ezután már elvégzi a többit: az adott BID-del jelölt csomagokat az adott BID-hez tartozó útvonalirányítási szabályoknak megfelelően továbbítja.

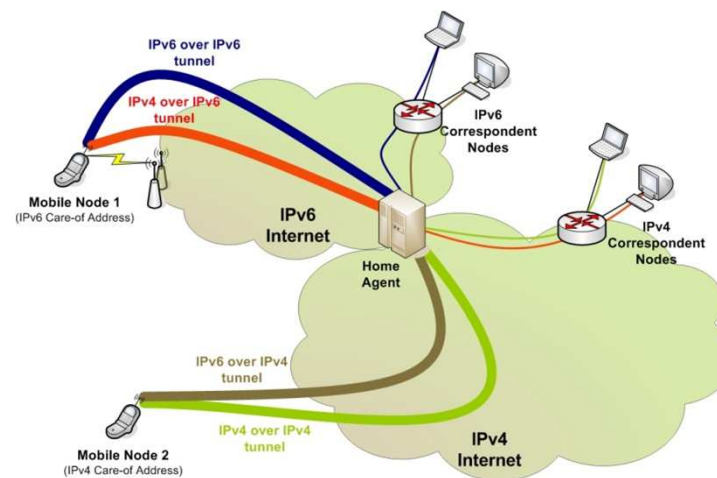
- **MAP (Mobility Anchor Point):**
 - Mobile IPv6-ban nincs idegen ügynök (FA), azonban mégis szükség lenne egy olyan elemre, amely segíti a Mobile IP-vel lezajló cellaváltásokat, csökkentve az adott idegen domain-en kívülre irányuló jelzési forgalmat. Ezt a feladatot látja el az új hálózati elem, a MAP
 - Hierarchiába szervezhető, ezáltal növelve a lokalitás kihasználását!
- **RCoA (Regional CoA):**
 - Ez az a cím amit akkor szerez a MN, ha egy MAP subnetjébe kerül
 - A címet autokonfigurációval állítja be helyi MAP hirdetések alapján
- **LCoA (On-Link CoA):**
 - Az éppen aktuális hely default routerének hirdetései alapján autokonfigurációval beállított cím
 - MIPv6-ban ezt hívjuk CoA-nek



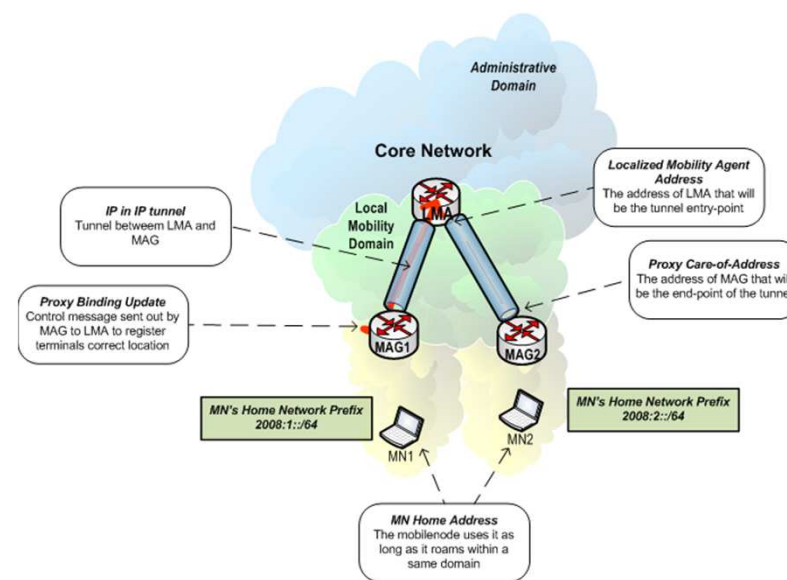
- Probléma a MIPv6-ban: lassú handoverek
 - IP-rétegű késleltetés (pl. Stateless Autoconf)
 - Binding Update késleltetés (hálózatba való bejelentkezés után)
- Az FMIPv6 ezeket próbálja lecsökkenteni
- Az FMIPv6 szintén csak kiterjesztése a MIPv6 protokollnak
- Független az alatta lévő rétegektől
- Mi lenne ha előre tudnánk, hogy hová megyünk majd?
 - Lehetőség van rá, hogy előre megtudja a MN, hogy mely hálózatok vannak a közelében
 - Sőt arra is, hogy egy adott célhálózathoz előre generáljon magának egy CoA-t
- Használjuk ki az előbbi információkat!
 - Módosított BU üzenetekkel akár már „távolról” is bejelentkezhet a MN az új hálózatba
 - Az új üzenetekkel funkciókat is összevonhatunk (Neighbour Advertisement és bejelentkezés az új hálózatba)

DUAL-STACK MOBILE IPV6 (DSMIPV6)

- A DSMIPv6 a Mobile IPv6 (RFC6275) és a NEMO BS (RFC3963) protokollokon alapul
- 3GPP R8-ban jelent meg először: kliens alapú mobilitás-kezelés 3GPP és non-3GPP hozzáférések között
- Főbb jellemzők:
 - MIPv6 jelzések újrahazsnosítása
 - Az MN IPv4-es HoA címet is szerezhethet
 - A DSMIPv6 Home Agent és MN dual-stack
 - UDP beágyazás NAT-olt IPv4 hozzáféréshez
 - RO csak v6-os CN és v6-os MN között
- Előnyök:
 - Egyetlen, MIPv6 alapú protokoll v4/v6 hálózatokra
 - Hozzáférés-független (routerek, stb. nem érintettek)
 - NAT és tűzfalak átjárása biztosított
 - RO lehetséges v6 vagy dual-stack hálózatokon
 - MCoA + Flow Bindings is használható: IFOM (3GPP R10)
- Hátrányok:
 - MN-HA alagutak okozta terhelés (fejléc tömörítés segíthet)
 - Kliens alapú, tehát a végberendezésnek aktívan támogatnia kell
 - NAT-olt IPv4 hálózatokon plusz jelzésterhelés (keep-alive + UDP)



- MIPv6/DSMIPv6 problémák:
 - sokszor túl nagy terhet jelent az MN-nek (akku, jelzés, rádiós interfész terhelés tekintetében)
 - az operátor nem szólhat bele a folyamatba
 - a gyártók vonakodtak a támogatástól, új utakat kerestek
- Alternatív módszer: PMIPv6
 - Cisco, WiMAX, 3GPP, Juniper, IETF, stb. támogatás
 - Nem kliens, hanem hálózat alapú mobilitás-kezelés!
 - Két új entitás:
 - LMA (a Home Agent a PMIP domain-ben + prefix alapú útválasztás)
 - MAG (emulálja az otthoni linket az MN-ek számára)
- Előnyök:
 - A kliens nem vesz részt a mobilitási jelzésekben
 - A kliensben nincs szükség szoftver upgrade-re
 - Nincs alagutazás miatti overhead a rádiós interfészen
 - Újrahasznosítja a MIPv6-ot
 - MN hagyományos IPv6 host-ként viselkedik (ND-vel vagy DHCPv6-tal címet szerez az új linken és kész)
- Hátrányok:
 - Csak a Per-MN prefix modell támogatott (a prefix követi az MN-t)





HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK



Irodalom és feldolgozási szempontok

Mobil IP

Az elsődleges feldolgozási szempont a mobilitásból adódó alapprobléma, és a megoldás alapvető architektúráis vonatkozásainak megértése

- Introduction to Mobile IP (Cisco, 2001, rövid áttekintés) https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/solutions_docs/mobile_ip/mobil_ip.html
- CHARLES E. PERKINS, MOBILE NETWORKING THROUGH MOBILE IP IEEE Tutorial 1998 (BME hálózatból)
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=656077>
- Mobile, IP, The Internet Protocol Journal Vol 4, Num 2, June 2001 <https://ipj.dreamhosters.com/wp-content/uploads/issues/2007/ipj4-2.pdf>

Mobil IPv6

Az elsődleges feldolgozási szempont az IPv4-hez képest rendelkezésre álló új, a mobilitást támogató funkciók és azok alkalmazásának megértése

- IPv6 Network Mobility, The Internet Protocol Journal Vol 10, Num 2, June 2007
<https://ipj.dreamhosters.com/wp-content/uploads/issues/2007/ipj10-2.pdf>
- Mobile IPv6 ([könyvfejezet](#))

További háttéranyagok

- Az IPv4 hálózatos alapokat összefoglaltam, erre hivatkozom emlékeztetőként néhol
http://www.hit.bme.hu/~jakab/edu/HTI20/02_VIHIMA00_20_SzGHal_Attekintes_v1.pdf
- IPv6 és mobil IPv6 összefoglaló prezentáció: dr Bokor László, HIT
http://www.hit.bme.hu/~jakab/edu/litr/Mobil%20IP/Bevezetes_az_IPv6_alapu_halozatok_vilagaba.pdf
- *Sudhir Dixit, Ramjee Prasad (editors) Wireless IP and Building the Mobile Internet*, (Artech House universal personal communications series) ISBN 1-58053-354-X,
<https://doc.lagout.org/network/Wireless%20IP%20and%20Building%20the%20Mobile%20Internet.pdf>
- Paul Vincent Mocerri, Enabling Network Mobility: A survey of NEMO,
https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/network_mobility/index.html

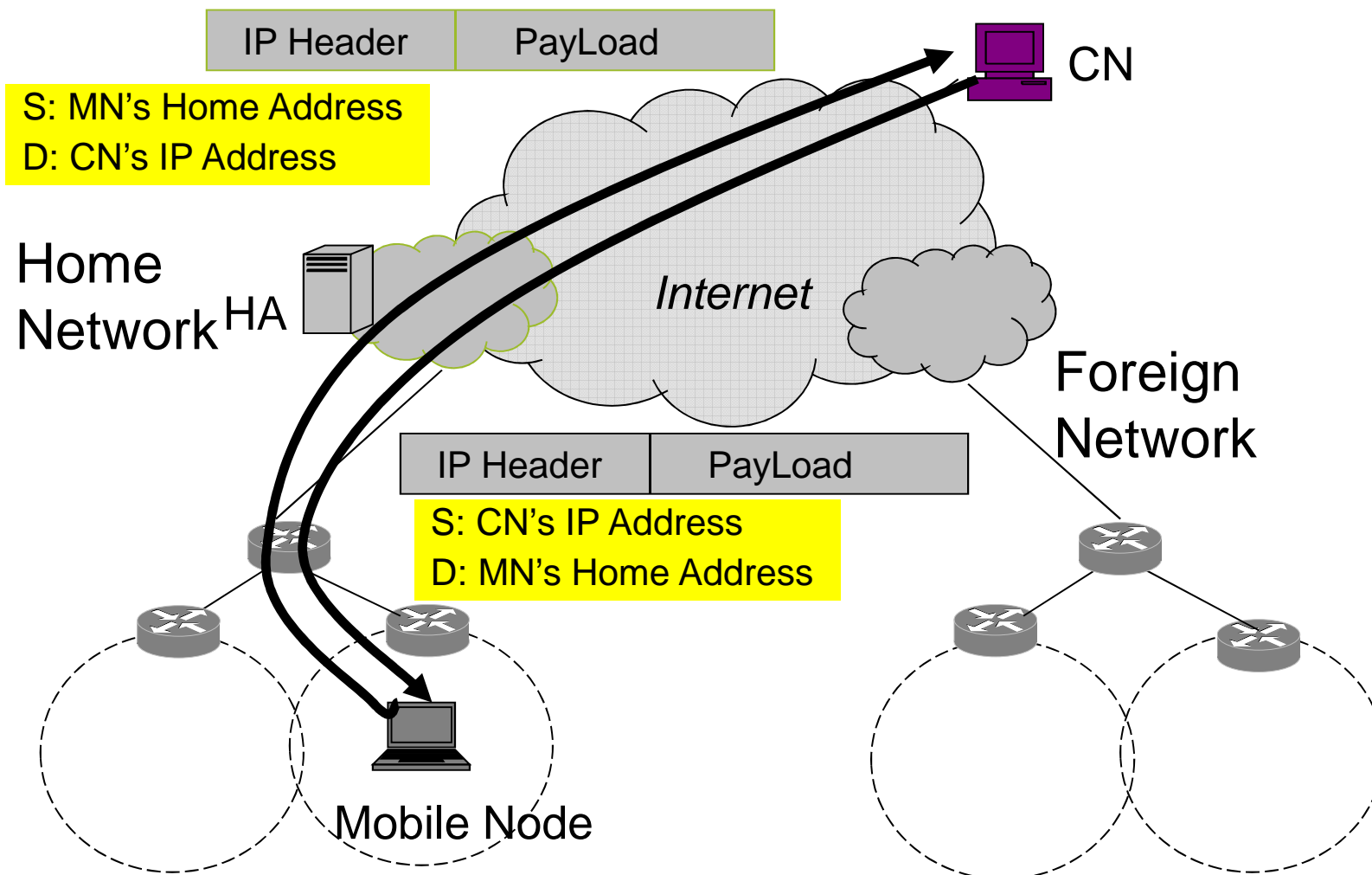


HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK



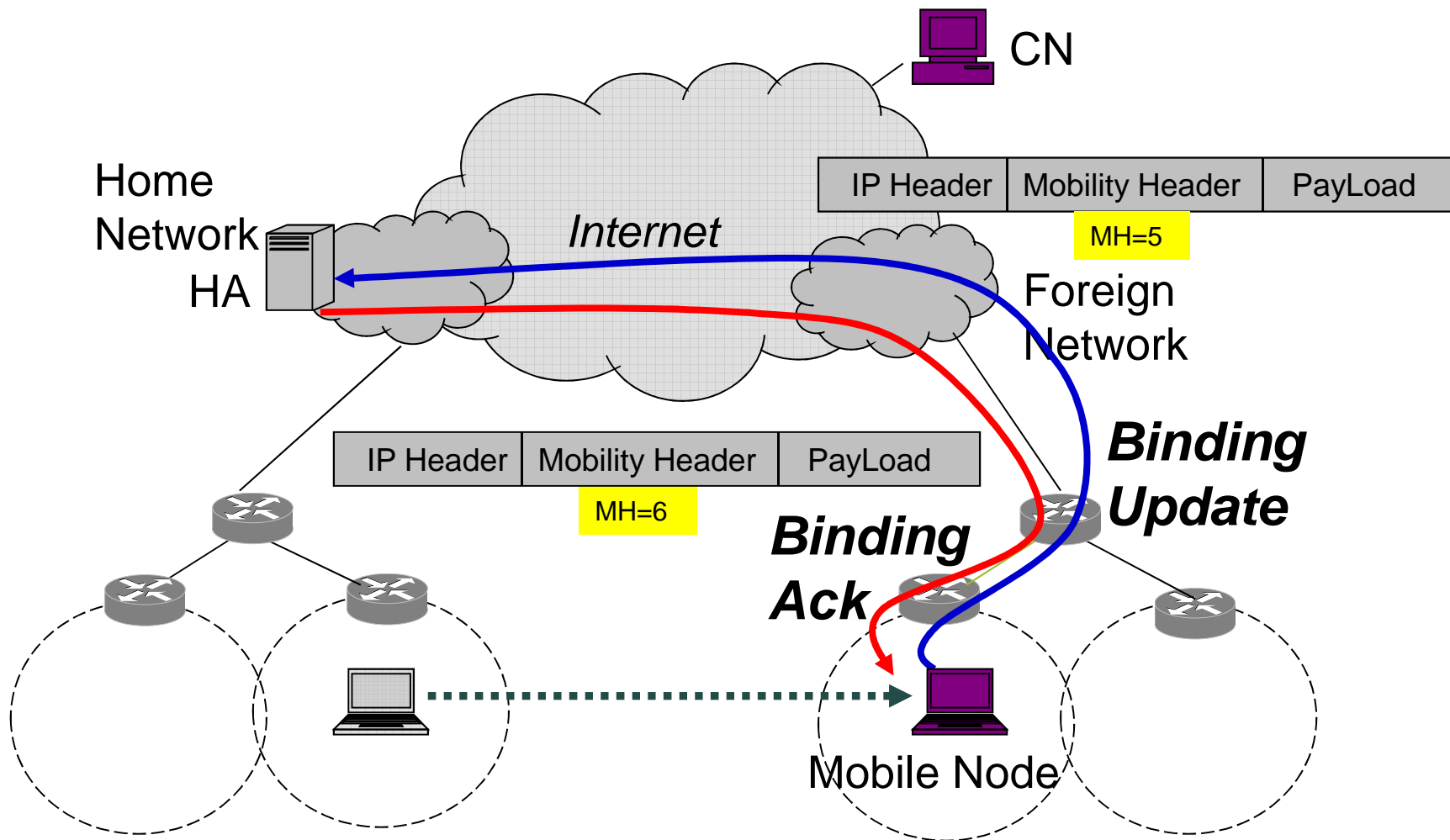
Függelék: MIPv6 kiegészítés

MIPv6 BASIC OPERATION (1)

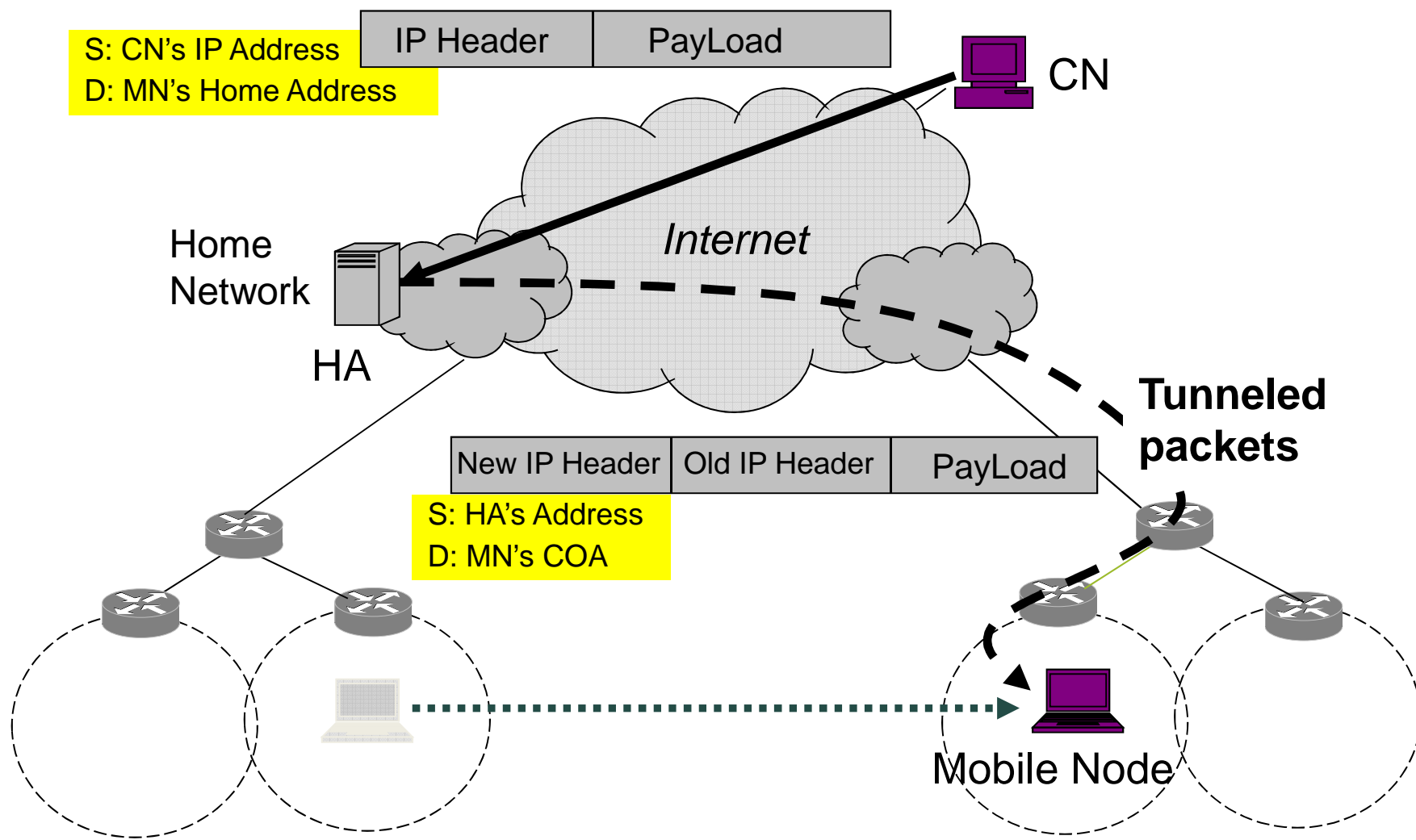


Chun-Chuan Yang : Mobility Support in IPv6 (MIPv6), Dept. Computer Science & Info. Eng. National Chi Nan University Jan. 29, 2008

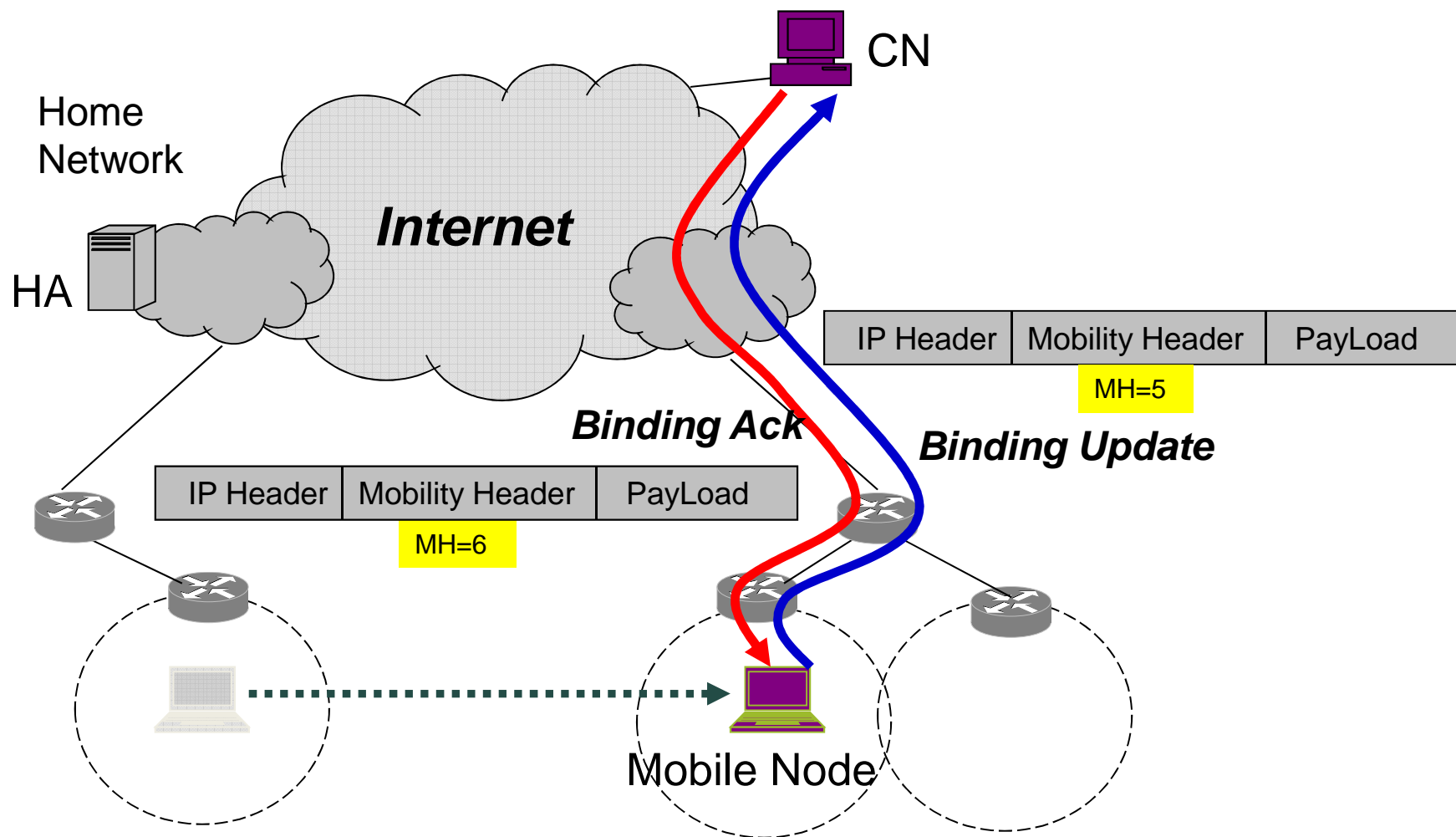
MIPv6 BASIC OPERATION (2)



MIPv6 BASIC OPERATION (3)



MIPv6 BASIC OPERATION (4)



MIPv6 BASIC OPERATION (5)

