

Hálózat-mobilitás IP alapokon

KANIZSAI ZOLTÁN, RÓZSÁS BALÁZS, IMRE SÁNDOR

BME Híradástechnika Tanszék, Mobil Távközlési és Informatikai Laboratórium
{brozsas, kzoltan}@mcl.hu, imre@hit.bme.hu

Kulcsszavak: Mobil IP, hálózat-mobilitás (NEMO), egymásba ágyazott mobil hálózatok, terhelés-megosztás, szolgáltatásminőség

Napjainkban a vezeték nélküli és mobil technológiák terjedése töretlen. A felhasználók a hagyományos beszédátvitel mellett egyre inkább igénybe vesznek adatforgalmat generáló szolgáltatásokat is és az új, mobil környezetben is használni kívánják valamennyi megszokott kommunikációs csatornájukat. Jelenleg a leginkább elterjedt vegyes használatú telekommunikációs hálózat az IP alapú Internet, melyet emberek milliói használnak napi rendszerességgel, ennek megfelelően célszerű a mobilitás-támogatást is IP alapokon megvalósítani. Erre dolgozta ki az IETF a Mobil IP protokollt [2], amely alkalmas mobil eszközök mozgásának IP rétegbeli kezelésére. A vezeték nélküli hálózati végpontok mozgása mellett bizonyos esetekben egy alhálózat is változtathatja helyét, ennek tipikus példája a járműveken belüli, együtt mozgó hálózatrész (mozgó hálózat). Az alapötlet hasonló a Mobil IP-hez, azonban a mozgó hálózatrész fakadóan ez összetettebb probléma, mint az önálló végpontok mobilitása. Cikkünkben a mozgó hálózatok támogatásával kapcsolatos eredményeket tekintjük át a Mobil IP-ből kiindulva.

1. Bevezetés

A jövőben a mobil hálózati eszközök elterjedésével és növekvő mértékű használatával egyre inkább fontossá válik, hogy az eszközök hálózaton belüli mozgása esetén ne legyen szükség kézi beavatkozásra a kapcsolat fenntartásához, illetve újraépítéséhez. A vezetékes hálózatok nagyrészt az Internet Protokollt (IP) használják a forgalom továbbításához és irányításához. Az előző, 4-es verzió [1] mellett folyamatosan terjed az IPv6-os változat [3], mi is elsősorban ezzel foglalkozunk cikkünkben. Másrészt a hagyományos mobilkommunikációban korábban a forgalom nagy részét kitevő beszédátvitel mellett egyre fontosabbá válnak a különböző adatszolgáltatások. Ezért kézenfekvő megoldás az IP rétegben elhelyezni a mobilitást támogató funkciókat, és integrálni a két hálózat (mobil-, illetve vezetékes IP hálózat) előnyeit. Erről a témáról egy részletesebb összefoglaló olvasható [4]-ben.

A hálózat-mobilitással egy külön munkacsoport foglalkozik az IETF-ben, – melyre az angol „Network Mobility” szavak összevonásából NEMO-ként is hivatkoznak – ahol a cél egy egész (al)hálózat mozgásának együttes menedzselése, folyamatos kapcsolatának biztosítása. Egy ilyen hálózatot mozgó hálózatnak nevezünk, és mint minden hálózatban, ebben is találhatóak routerek (legalább egy), melyek a külvilág felé való kapcsolattartást biztosítják, illetve az IP forgalom irányítását, útvonalválasztását végzik. Ezeket mobil routereknek nevezzük (Mobile Router, MR). Egy mozgó hálózaton belül különféle (mobil és nem mobil) végpontok, illetve további mozgó hálózatok lehetnek. Ez utóbbi esetben egymásba ágyazott (nested) mozgó hálózatokról beszélünk.

A mozgó hálózatokra hozható példaként lehet említeni az egy ember által hordozott különféle eszközök összekapcsolásával létrehozott hálózatot (Personal Area

Network, PAN), szenzorok hálózatát, vagy tömegközlekedés esetén az utasok által használt hálózati eszközök számára biztosított hálózatot. Ezek közös tulajdonsága, hogy a hálózatba kötött eszközök csakis együttesen változtatják meg helyüket a hálózati topológiában, hiszen – legalábbis egy ideig – a MR által meghatározott hálózathoz csatlakoznak. Ilyen esetekben a végpontok számára biztosított Mobil IP helyett célszerű valamilyen együttes megoldást kialakítani a mobilitás kezelésére, hiszen egy együttes váltás esetén az egyszerre jelentkező jelzéstöbbletnél hatékonyabb alternatívát kínál.

Bizonyos szempontból a cél ugyanaz, mint a Mobil IP-nél, azaz a kapcsolat megszakadása, illetve a felsőbb rétegek értesítése nélkül kell megoldani az IP rétegben azt a problémát, melyet a hálózat Internethez való csatlakozási pontjának megváltozása okoz. További érv a hálózat-mobilitás mellett, hogy olyan eszközök csatlakoztatását is lehetővé teszi, amelyek nincsenek semmiféle mobilitás-támogatásra felkészítve, mivel a protokoll tervezése során figyeltek a mozgó hálózathoz csatlakozó végpontok átlátszó működésének biztosítására.

A következőkben áttekintjük a hálózat-mobilitásról jelenleg Standards Track fázisban lévő IETF RFC [5] alapján a hálózat mozgásánál felmerülő problémák kezelésére javasolt megoldást, majd az egymásba ágyazott mozgó hálózatokról ejtünk pár szót. Végül az ezzel kapcsolatos nyitott problémákat mutatjuk be. A multihoming, illetve a szolgáltatások minőségbiztosítása után röviden kitérünk biztonsági kérdésekre is.

2. Hálózatok mobilitása

A mozgó hálózatok támogatására az IETF által kidolgozott javaslat [5] tulajdonképpen a Mobil IP protokoll visszafele kompatibilis kiterjesztése. A cél tehát az, hogy

az IP alapon kommunikáló eszközök (mozgó hálózati eszközök, Mobile Network Node, MNN) végig kapcsolatban maradhassanak a hálózattal (a felsőbb rétegek elől rejtett módon), függetlenül attól, hogy éppen hol vannak, illetve mozognak-e éppen.

Az IP-ben megvalósítandó mobilitásnál a problémát az IP hierarchikus címzési rendszere jelenti, a cím egyben interfészazonosító, illetve helyazonosító funkciót is (a cím-prefixeknek megfelelően) ellát. Ezt választja szét a mobil IP egy helyet azonosító ideiglenes címre (Care-of Address), illetve egy interfészazonosító otthoni címre (Home Address). Az otthoni címhez tartozó hálózat az otthoni hálózat (Home Network, HN), amelyben egy otthoni ügynöknek (Home Agent, HA) nevezett eszköz felelős a csomagoknak a mobil aktuális ideiglenes címre való eljuttatásáért, amennyiben a mobil távol (idegen hálózatban) van. A két cím összerendelését kötésnek (binding) nevezik. A mobil feladata, hogy a HA-et tájékoztassa az aktuális címéről, illetve periodikusan frissítési üzenetet küldjön róla. Hálózat-mobilitásnál annyi a különbség, hogy nem egy hálózati végpont az, ami változtatja a hálózatbeli helyét, hanem egy hálózat, azaz tulajdonképpen a hálózat cím-prefixe az, aminek a változását kezelni kell.

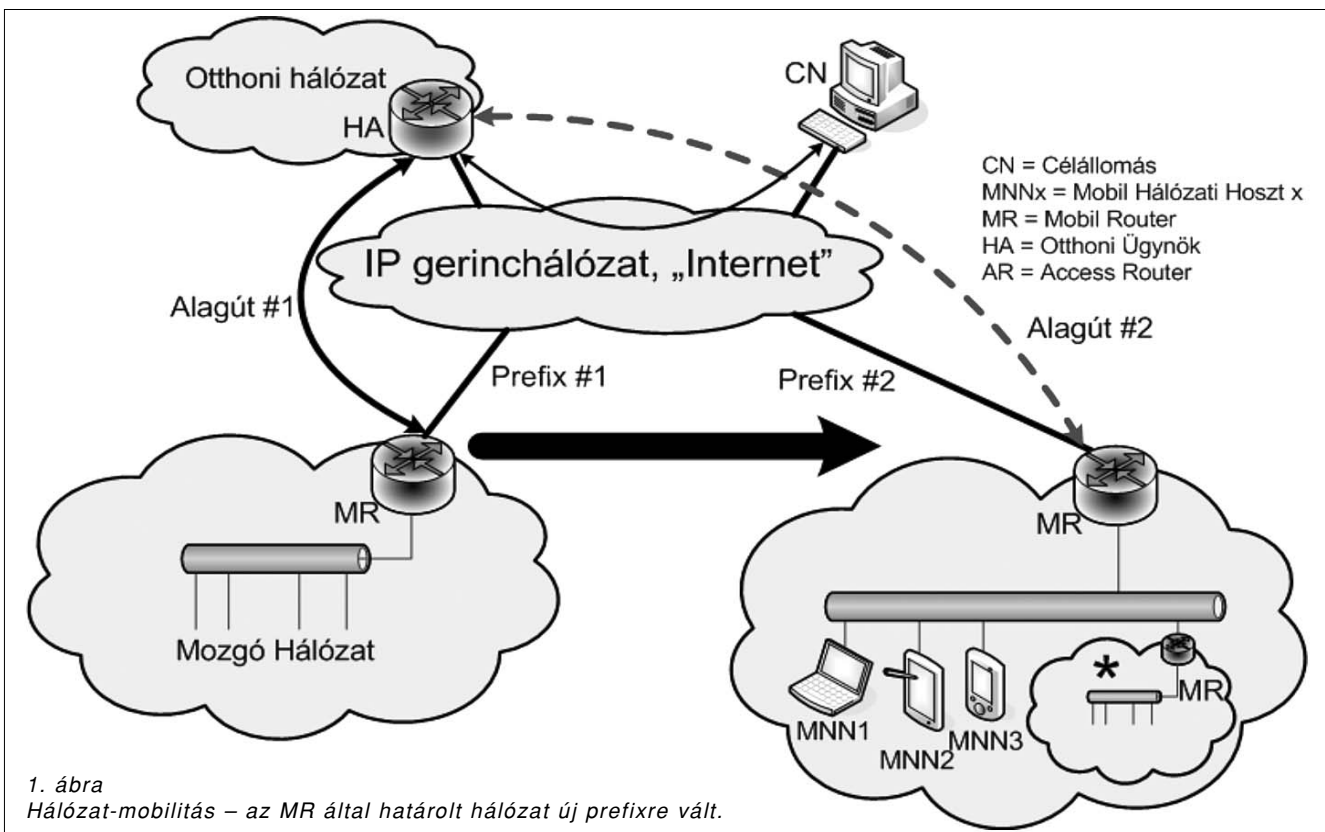
Mobil IPv6 esetén nem csak a HA felé küldhetők címfrissítések, hanem bármely kommunikáló fél számára, így azok az aktuális ideiglenes cím ismeretében már közvetlenül is küldhetnek csomagot a mobil felé. E megoldás neve az útvonal-optimalizálás (Route Optimization). Az úgynevezett háromszög probléma (melyre az útvonal-optimalizálás megoldást nyújt a Mobil IPv6 esetében) hálózat-mobilitás esetén ennél komplexebb, hiszen ott

egy mozgó hálózaton belül lehet egy éppen ott tartózkodó mobil állomás is. A Mobil IP-ben a mobilnak arra is lehetősége van, hogy ne válaszoljon közvetlenül, hanem a HA-en keresztül. Ez a bidirectional tunneling (kétirányú alagút), amely a hálózat-mobilitás esetén az alapvető működési mód, de javaslatok ott is vannak az útvonal-optimalizálásra.

A NEMO-ban tehát a HA a MR otthoni címprefixére érkezett csomagokat küldi a MR aktuális ideiglenes címére egy kétirányú alagúton keresztül, amelyen a mozgó hálózat teljes forgalma keresztülhalad. Az alagút tulajdonképpen egy újabb, külső IP fejléccet jelent csomagonként.

A NEMO tervezési szempontjai a következők [6]:

- folyamatos kapcsolat biztosítása az Internet felé;
- átlátszóság teljesítmény és mobilitás tekintetében (minimális késleltetés, csomagvesztés);
- a mozgó hálózati végpontok számára átlátszó működés;
- átlátszó működés a felsőbb (IP fölötti) rétegek számára;
- több mozgó hálózat egymásba ágyazásának lehetősége;
- lokális és globális mobilitás támogatása;
- skálázhatóság, nagyszámú mozgó hálózat esetén is működjön a megoldás;
- visszafele való kompatibilitás;
- biztonságos jelzés-üzenetek;
- helyinformáció elrejtésének lehetősége (location privacy);
- IPv4 és NAT (Network Address Translation – hálózati címfordítás) támogatása.



A megvalósítást a Mobil IP kiegészítésével oldották meg. A MR-ek a mozgó hálózat belépési pontjai, melyeken keresztül kapcsolat létesíthető a külvilág felé (1. ábra). Legalább egy ilyennek lennie kell minden mozgó hálózatban, hogy lehetőség legyen az Internet felé, illetve onnan befelé forgalmat átvinni. A MR – ellentétben a nem mobil routerekkel – nem tájékoztatja a rajta keresztül az Internethez csatlakozó eszközöket az aktuális kapcsolódási pontján érvényes címtartományról. Ehelyett a kiszolgált eszközök mindvégig úgy látják, hogy a MR otthoni hálózatában vannak, eltekintve az esetleges nagyobb késleltetéstől, illetve megváltozott forgalmi jellemzőktől.

A protokoll tervezésénél célkitűzés volt az effajta teljesítménycsökkenés minimalizálása. Az otthoni hálózatban pedig a HA az, amely az MR hálózatát ismeri, és lehetővé teszi harmadik felek számára a kommunikációt a mozgó hálózatbeli csomópontokkal. Egy mozgó hálózathoz további mozgó hálózatok, valamint mobil csomópontok is csatlakozhatnak dinamikusan.

A MR-nek van egy egyedi otthoni címe, amelyen távolléte alatt elérhető a HA-en keresztül. Ez a cím egy, a HA által hirdetett és aggregált prefixből, illetve egy egyedi azonosítóból tevődik össze (tehát az erre jövő csomagokat a HA kapja meg). A MR egy új hálózatba érkezve szerez egy ideiglenes (care-of) címet (ugyanúgy, mintha egy mobil végpont lenne a Mobil IP-ben), majd értesíti erről a HA-t egy Mobil IP kötés-frissítésben (Binding Update, BU).

Az eddigiekben semmi különbség nincs a mobil IP és a hálózat mobilitása között. Amennyiben a router MR-ként szeretne funkcionálni, azt egy jelzőbit (flag) beállításával jelezheti a HA-nek küldött üzenetében. Ebben az esetben a HA a MR-hez rendelt prefixe(ke)t képi le a care-of címre, ellentétben a Mobil IP-vel, ahol teljes címek leképzése történik. A HA egy nyugtázó üzenetben közli a MR-rel a művelet befejeztét, vagy esetlegesen a hiba okát.

Siker esetén egy kétirányú alagút épül ki a MR care-of címe és a HA címe között. (Ez az alagút nem más, mint az IP csomagnak egy másik IP csomagba való ágyazása a belépési pontokon, illetve a belső csomag kivétele és továbbítása a kilépési pontokon [7]-nek megfelelően.) Látható, hogy egy ilyen alagút esetén nincs lehetőség egy mozgó hálózatban lévő mozgó eszköznek az útvonal optimalizációjára, hiszen nem is tud arról, hogy jelenleg a MR-nek mi a care-of címe. Az MNN-ek (Mobile Network Node) számára annyi látszik, hogy mindvégig az adott (mobil) hálózathoz csatlakozik, mivel a NEMO elrejtí elő-

le a hálózat helyének változásait. Az 1. ábrán látható prefixváltás esetén a MR és a HA között új – vastag szaggatott vonallal jelölt – alagút épül ki. A forgalom minden esetben az alagúton halad át az alap NEMO megoldásban, így egy kommunikáló fél mindig a HA felé küld, illetve onnan kap IP csomagokat. A mozgó hálózatban a szabadon végződő vonalvégek csatlakozó végpontokat jelképeznek. Ezek lehetnek mobil vagy vezetékes eszközök, illetve további mozgó hálózatok is, mint például a *-gal jelölt hálózat, amiről később még szót ejtünk.

A fentebb ismertetett algoritmusnak megfelelően a NEMO csak minimális változtatásokat eszközöl a mobil IP protokollban. A kötésfrissítés üzenetben csupán egy új flag-et vezet be annak jelzésére, hogy a MR routerként regisztrálja-e magát. Ugyanez a flag a nyugtában is megjelenik. Ezen kívül négy új hibakódot vezet be a nyugtában a flag-el, illetve a prefixekkel kapcsolatos hibák jelzésére. A prefixek közlésére bevezet egy új opciót is (mozgó hálózati prefix), amelyet a kötésfrissítési üzenet tartalmazhat.

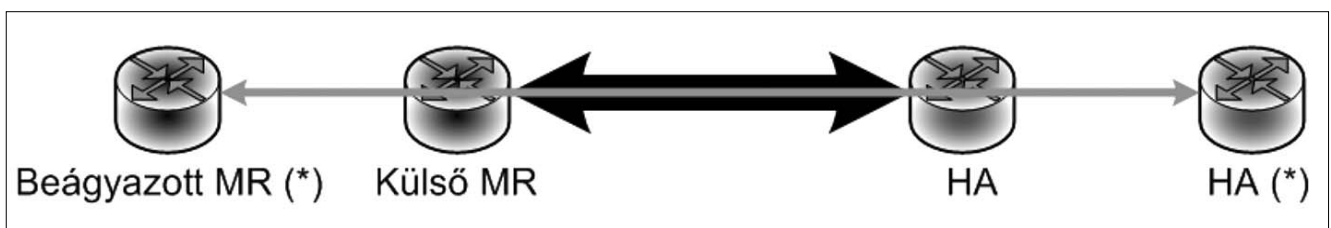
Visszatérve az otthoni hálózatába – csakúgy, mint az eredeti Mobil IP-ben – a MR-nek jeleznie kell ezt a HA felé, ám utána egy normál routerként viselkedhet. Biztonsági okokból a HA-ben is van prefix tábla azért, hogy adott prefixek csak adott MR által legyenek használhatók. A protokoll biztonsági okokból az összes jelzési üzenetre előírja az IPSec [8] használatát.

3. Egymásba ágyazott (nested) mozgó hálózatok

Mint már szó esett róla, egy mozgó hálózathoz egy másik mozgó hálózat is csatlakozhat. Szemléltetésként az 1. ábrán a prefixváltás után egy beágyazott mozgó hálózatot is feltüntettünk *-gal jelölve. Ez azt eredményezi, hogy a csatlakozott (belső) hálózat alagútja a külső alagúton keresztül jut el a saját HA-jéig. Azaz a *-gal jelölt router hálózatában feladott csomag először a külső MR-en keresztül annak HA-jéig jut el (külső alagút vége), majd onnan a *-os MR HA-jéhez kerül, ahol véget ér a beágyazott alagút is (2. ábra).

Ez a dupla alagút értelemeszerűen nagyobb hálózati terhelést, illetve kevésbé hatékony működést eredményez. A routing nem optimális úton történik, illetve több lesz a hálózati működéshez szükséges kommunikáció a többszörös alagút miatt. A terhelés fokozottabban jelentkezik a HA-nál, mivel ott több MR forgalma adódik

2. ábra Egymásba ágyazott alagutak



össze. Különösen romlik a hatékonyság, ha a csomag által érintett hálózati helyek távol esnek egymástól. Az egymásba ágyazott alagutak a csomagban a hasznos adat és a hálózati overhead arányát is rontják. Ez hasonló a Mobil IP-beli háromszög problémához, azonban itt nem csak három pontról, hanem többről is szó lehet az egymásba ágyazottság mértékétől függően. Ennek javítására több javaslat is született.

Például az útvonal-optimalizálás ötletét a NEMO-ra alkalmazva azt kapjuk, hogy a kötésfrissítési üzenetekben (BU) a közbeeső összes MR care-of címét el kell küldeni a kommunikáló felek (Correspondent Node, CN) számára [9]. Ez alapján a csomag már optimális útvonalon, az alagutak elkerülésével juthat el egy mozgó hálózatban található címzetthez. Ehhez természetesen a mozgó hálózatbeli csomópontnak címzett csomagnak is tartalmaznia kell ezt a listát, ami egy IPv6 Routing fejlecében adható meg.

Másik lehetőség egymásba ágyazott mozgó hálózatok esetén a probléma kiküszöbölésére, ha a mozgó hálózatban lévő csomópontokat (további MR-eket, illetve mobil végpontokat) felkészítjük a hálózat-mobilitás támogatására, így azok az aktuális ideiglenes prefixet használhatják saját kötéseik frissítésére [10]. Ehhez szükséges, hogy a MR saját hálózatán hirdesse az aktuális ideiglenes prefixet.

Az IP multicast címzésének kihasználásával a kötésfrissítési üzenetek mennyisége csökkenthető, amennyiben a HA-ek csatlakoznak egy multicast csoporthoz, és a mobil csomópont erre a multicast címre küldi el a frissítési üzenetet [11].

Egy kissé bonyolultabb megoldási javaslat található [12]-ben, aminek lényege, hogy a (beágyazott) MR-t tájékoztatni kell a hozzáférési pontja által használt HA címéről. Ezt az információt elküldi a saját HA-jének, ami aztán ezen a címen keresztül küldi el a nyugtát. Ennek hatására a hozzáférési router küld egy frissítést a másik HA-jének, csakúgy, mint egy Mobil IP-beli harmadik kommunikáló félnek tenné a háromszög probléma kiküszöbölésére, ami azután már optimális útvonalon küldheti a forgalmat.

További lehetőség az is, hogy az egymásba ágyazott MR-ek egymás között a HA-k kihagyásával is továbbíthatják a csomagokat, így nem lesz többszörös alagút [13].

4. Mozgó hálózatok hatékonyságának növelése

Mint láthattuk, az alap NEMO protokoll biztosítja a hálózat-mobilitás funkcionális működését, azonban bizonyos esetekben a teljesítőképessége javításra szoríthat. Erre nem egymásba ágyazott hálózatok esetén is vannak javaslatok. Több teszhálózat, illetve hozzájuk tartozó implementáció is megtalálható a témával foglalkozó publikációk között. A teljesítmény összehasonlításánál a mért jellemzők tipikusan a körülfordulási idő, és a csomagvesztés.

Egy NEMO tesztkörnyezetet alakítottak ki [14]-ben is, ahol részben a protokoll-implementációk funkcionalitását hasonlították össze a specifikációkkal, részben teljesítményelemzési méréseket végeztek. A mobilitást WLAN hozzáférési pontok biztosították, a NEMO szoftver implementációja a Nautilus6 [15] munkacsoport által fejlesztett NEPL megoldás volt.

Egy lehetséges javaslat a protokoll teljesítményének javítására a Make-before-break handover nevet viselő megoldás [16], amelynek feltétele az, hogy a MR egyszerre több helyre kapcsolódhasson. A szerzők két párhuzamos kapcsolatot javasolnak. Az egyiket a tényleges adatátvitel folyik, míg a másikon a MR figyelemmel kíséri az elérhető vezeték nélküli hálózatokat és ezek közül a legjobb paraméterekkel rendelkező kapcsolatra vált át valamilyen algoritmus alapján.

További lehetőség a mozgó hálózatok működésének javítására annak kihasználása, hogy a mozgó hálózatok útvonala sok esetben előre jelezhető. Míg egyedi mobil felhasználók esetében az ő mozgásuk egyedi lehet, tömegközlekedési eszközök esetében – ami a NEMO egyik tipikus felhasználási területe – mindenképpen feltételezhető, hogy azok (legalábbis az esetek nagy többségében) ugyanazon az útvonalon haladnak végig [17], mely lehetőséget biztosít a handoverek előrejelzésére és ennek megfelelően esetlegesen erőforrások előzetes foglalására is. A [17] emellett elsősorban egy felsőbb (TCP) rétegbeli modellt mutat be.

Egy további, NEMO implementációk összehasonlítását taglaló cikk található [18]-ban, ahol a következő teljesítményjellemzőket mérték: UDP és TCP forgalom maximális átviteli sebessége, körülfordulási idő (Round Trip Time), illetve cellaváltási késleltetés (handover latency). Az egyes megoldások hatékonyságának jellemzői mellett az együttműködésüket is tesztelték.

5. Multihoming használata mozgó hálózatokban

Amennyiben egy hoszt többféle prefix hirdetést kap (azaz több IP cím közül választhat), akkor multihoming-ról beszélünk. Ez a módszer jelentősen növelheti az egyes mozgó hálózatok teljesítményét. A multihoming akkor valósulhat meg, ha a hoszt vagy a MR egynél több interfésszel is csatlakozik az Internethez, illetve ha a mozgó hálózatban több MR működik egymással párhuzamosan – ami összhangban van azzal a korábban említett feltétellel, hogy egy mozgó hálózatban legalább egy mobil router található.

A multihoming használatának előnyei például:

- Router meghibásodás esetén egy másik MR átveheti a forgalmat a hibás útválasztótól (redundancia). Átlátszó esetben a hosztok külvilági kapcsolatai nem szakadnak meg, nem átlátszó módszer esetében az aktuális kapcsolatok megszakadnak, így azokat újra fel kell építeni.
- Terhelésmegosztás (load sharing) megvalósítása statikusan vagy dinamikusan több külvilág felé irányuló

alagút segítségével. A csomagok egymással párhuzamosan utazhatnak több alagúton keresztül is.

- Policy-routing alkalmazásánál a hosztok valamilyen típusú költségfüggvény alapján választják ki a legalkalmasabb útválasztót a csomagoknak.

Az előnyök mellett azonban jelentkezhet olyan hátrány is, hogy egy nem jól megválasztott útválasztási algoritmus esetén a rendszerben kritikus mennyiségűre nőhet az overhead-üzenetek száma. A mozgó hálózatokban lévő Mobil Routerek a bennük lévő interfészek és az ezekhez csatlakoztatható hálózatok száma alapján lehetnek:

- multi-prefixed tulajdonságúak: amennyiben a MR egress (az Internettel kapcsolatban álló) interfészén lévő linken több prefixet is hirdetnek;
- multi-linked tulajdonságúak: ha a MR-nek több egress interfésze van és ezek több linkhez kapcsolódnak;
- multi-interfaced tulajdonságúak: ha a MR-nek több egress interfésze van, de ezek egy linkhez kapcsolódnak.

A mozgó hálózatokat bizonyos faktorok alapján a multihoming több, egymástól lényegesen eltérő alosztályába sorolhatjuk be. Ezek a faktorok rendre: a MR-ek száma, a mozgó hálózatokhoz hozzárendelt HA-k száma és mozgó hálózat hosztjainak hirdetett prefixek száma. Jelölése: (n,n,n). Ezen faktorok változtatásával nyolc jelentősebb alosztályt szoktak megkülönböztetni. A számokat vagy egynek veszik, vagy pedig n-nek, így jön ki a nyolc különböző kombináció [19].

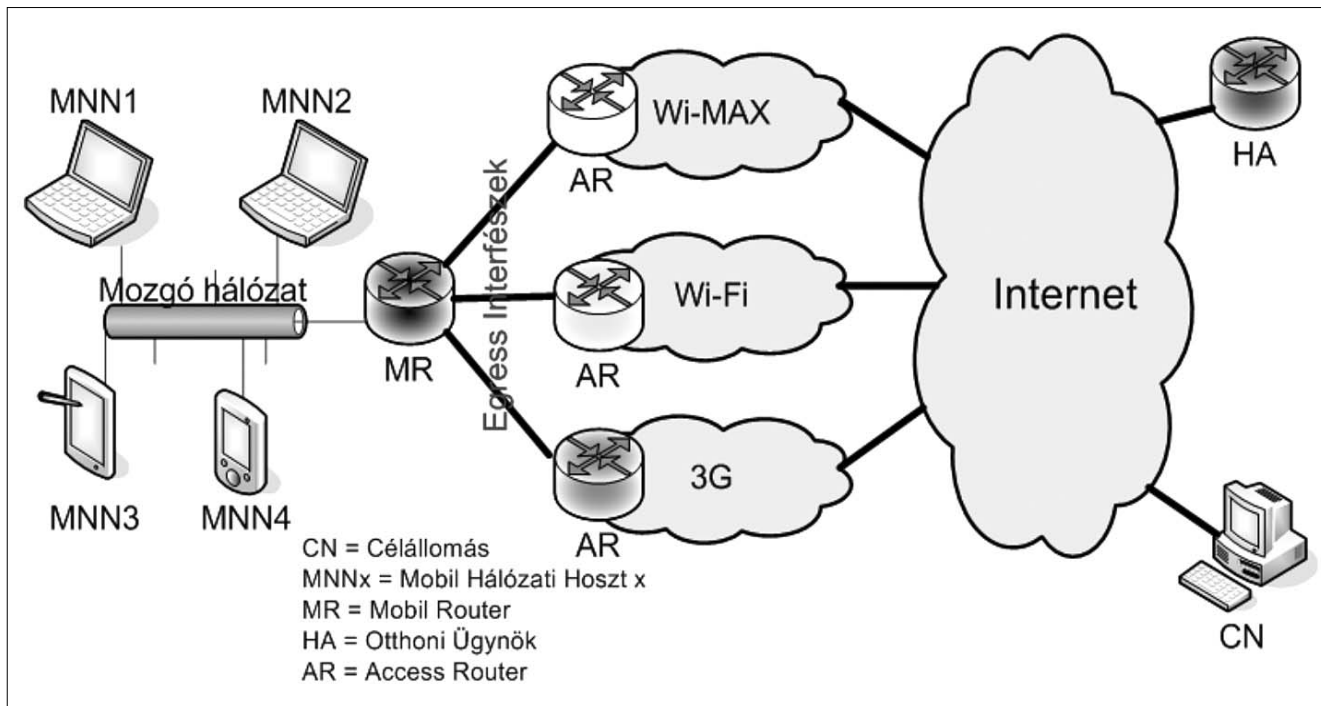
Multihoming kialakítására számos módszer létezik, ilyen például [20] is, ahol olyan mozgó hálózatok kerülnek bemutatásra, amelyben mind a MR-ek, mind a HA-k megtöbbszörözve szerepelnek, ezzel hozva létre terhe-

lésmegosztást a hálózaton és biztonságos, megbízható minőségű kapcsolatot a mobil eszközök számára. A cikkben részletesen bemutatnak egy azonosítási és regisztrációs mechanizmust, amelyet szomszédos MR-ek használhatnak egymás biztonságos azonosítására, valamint ezen regisztrált MR-ek felhasználásával javaslatot tesznek egy HA oldali terhelés megosztási algoritmusra. A módszer lényege, hogy a HA-k a periodikus BU üzenetek késleltetései alapján alakítják ki a mozgó hálózat felé irányuló forgalom elosztását a különböző alagutakon. Ez a módszer nem igényli újabb jelzési üzenetek bevezetését a NEMO Basic support-ban tárgyaltakhoz képest, csupán a BU üzenet egyes opciós mezőit használja.

Egy merőben más megközelítést használnak a [21]-ben, amelyben a MR többféle egress interfészének hatékony kihasználásáról van szó. A MR egress interfészei természetesen akár több, különböző típusú vezeték nélküli hálózathoz is csatlakozhatnak egyidejűleg. Például előfordulhat, hogy az első egress interfész 3G mobilhálózathoz, a második Wi-Fi-hez, a harmadik pedig WiMAX-hoz kapcsolódik (3. ábra). [21] szerzői különböző felhasználói profilokat dolgoztak ki, amelyekben figyelembe veszik az elérhető külső hálózati technológiákat és egy adott hoszt kommunikációs folyamatát (Real-time forgalom stb.) A rendszer a hoszt számára legmegfelelőbb profilt fogja alkalmazni és ezáltal próbálja a hoszt éppen aktuális igényeit a lehető legjobban kiszolgálni.

Több MR kezelésére kínál megoldást [22]. A megoldás neve Multiple Mobile Router Management (MMRM), amellyel a hálózatban található hosztok átlátszó módon kapcsolódhatnak az Internetre több mobil útválasztón keresztül. Az MMRM biztosítja, hogy MR-ek dinamikusan

3. ábra Load sharing és QoS megvalósítása több típusú egress interfésszel



csatlakozhassanak a mozgó hálózathoz, vagy szabadon elhagyhassák azt, miközben az egress interfészeiken rendelkezésre álló sávszélességet a mozgó hálózat hosztjai felhasználhatják kommunikációjuk során.

Kissé visszatekintve, tulajdonképpen az egymásba ágyazott (nested) mozgó hálózatok is, tágabb értelemben több MR-t használnak, azaz multihomingot alkalmaznak. Az ilyen hálózatok útválasztásának optimalizálására ad megoldási javaslatot a [23] cikk. Ebben a munkában kerül tárgyalásra egy olyan módszer, amellyel a hálózatokban lévő útválasztók hierarchikus rendszerbe helyezhetők, így minden hoszt kiválaszthatja a számára legkedvezőbb tulajdonságú útválasztót. A hierarchia létrehozása módosított Router Advertisement (RA) hirdetésekkel történik.

6. Szolgáltatások minőségbiztosítása mozgó hálózatokban

A szolgáltatásminőség biztosítása (Quality of Service, QoS) kiemelt szerepet játszik napjaink mobil kommunikációjában. A mozgó hálózatok gyakori helyváltoztatása miatt fontos, hogy az egyes hosztoknak nyújtott szolgáltatások minősége ne csökkenjen drasztikusan csatlakozási pont váltása (handover) esetén. Amikor ugyanis hálózatváltás történik, az új csatlakozási ponton lehetséges, hogy nem áll rendelkezésre annyi sávszélesség, amennyit a mozgó hálózat az előző csatlakozási ponton igényelt és használt. Ezekre a problémákra megoldást adhat a NEMO Reservation (NEMOR) protokoll [24].

A NEMOR jelzési protokoll a két ismert QoS protokollt, az IntServ-et és a DiffServ-et használja fel. Az IntServ RSVP-t [25] használ, amely szerint az alkalmazá-

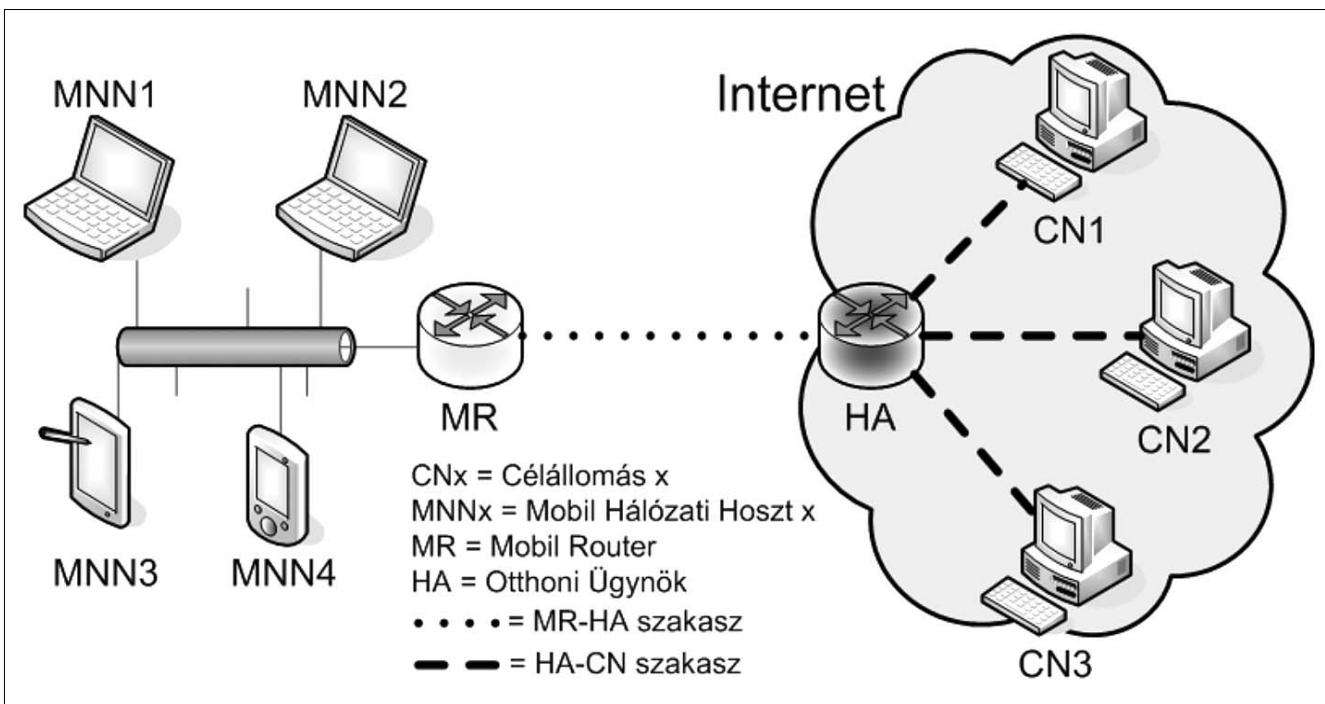
soknak előre fel kell építeniük csomagjaik útját, az útválasztókban erőforrásokat kell foglalniuk az adatforgalomnak. DiffServ esetében az adatforgalmak aggregálásáról beszélhetünk, tehát az egyes csomagokat forgalmi osztályokba sorolja és ezen forgalmi osztályoknak különböző prioritást ad. A csomagok a prioritásuk alapján kerülnek továbbításra.

Összetettebb rendszerekben (például mozgó hálózatokban) célszerű az IntServ és DiffServ együttes használata. A két protokoll kombinálására az IETF Next Step In Signaling (NSIS) csoportja egy általános jelzési protokollt hozott létre.

Az új protokoll két alappillére az NTLP (NSIS Network Layer Protocol) és az NSLP (NSIS Signaling Layer Protocol). Az NTLP (RSVP-t használva) felelős az egyes aggregált folyamat erőforrásainak lefoglalásáért, az NSLP pedig a különböző aggregált folyamat megkülönböztettségéért. A NEMOR-ban kétféle NSLP elem van definiálva: egy DiffServ-NSLP a HA felé vezető úton az erőforrások lefoglalásáért (MR-HA szakasz) és egy RSVP-NSLP a HA-tól a célállomásig tartó erőforrás foglalásáért (HA-CN szakasz).

Így a NEMOR működése a fenti szakaszok alapján két fázisra bontható. Handover esetén az első szakaszban következik be változás, ekkor a MR-nek kell lefoglalnia az erőforrásokat a HA felé vezető úton. A másik eset, amikor egy MNN új célállomással veszi fel a kapcsolatot, ekkor a HA-nek kell lefoglalnia az erőforrásokat a célállomásig vezető útvonalon. A NEMOR előnye, hogy csak nagyon ritkán kell egy hosztól egészen a célállomásig egyszerre erőforrást lefoglalni, hátránya azonban, hogy NEMO Basic Support szerinti működést feltételez, vagyis a mozgó hálózat minden forgalma a HA-n keresztül kell, hogy haladjon.

4. ábra A NEMOR protokoll fázisszakaszai



7. Biztonság mozgó hálózatokban

Már egyetlen, hálózatok között mozgó mobil eszköz is rengeteg biztonsági problémát vet fel, így könnyen belátható, hogy ezek a problémák mozgó hálózatok esetén (amelyekben akár több tucat mobil eszköz is működhet) hatványozottan jelentkeznek, azért mindenképpen foglalkozni kell a témával.

Védekezni kell a lehallgatások ellen (sok idegen hálózaton halad keresztül egy mozgó hálózat, könnyű lenne lehallgatni) titkosítással, az üzenet visszajátszásos támadás lehetősége ellen üzenet azonosítással, az üzenet tartalmának megváltoztatása ellen pedig hitelesítéssel. Hatékonyan védekezni egy AAA (Authentication, Authorization, Accounting; Hitelesítés, Engedélyezés, Számlázás) infrastruktúra telepítésével lehetséges, mely három alapvető elemből áll: egy AAA protokollból, egy hitelesítési eljárásból és egy hitelesítési protokollból (5. ábra).

A hitelesítési protokollt a kliens hoszt és a mozgó hálózat határán helyet foglaló ügynök entitás között használják, az AAA protokollt pedig az ügynök és egy távoli hozzáférési hálózatban lévő AAA szerver között (itt tárolódnak a felhasználói profilok). A kliens és az AAA szerver között működik a hitelesítési eljárás. Egy biztonságos mozgó hálózatban a fentiek alkalmazásával a következőknek mindenképpen működnie kell:

- routerek azonosítása,
- mobil hosztok azonosítása,
- a mozgó hálózat szolgáltatásainak hitelesítése.

8. Összefoglalás

Napjainkban egyre nagyobb az igény arra, hogy a mobil eszközök már ne csak a hagyományos módon, „individuumként” legyenek képesek a különféle hozzáférési hálózatok között mozogni, hanem csoportosan, rendszerbe fogva is. Ennek legfontosabb technológiai oka az, hogy több együtt mozgó, egymással összefogott, megfelelően csoportba rendezett mobil eszköz sokkal hatékonyabban szolgálható ki (például kevesebb

hálózati többletterhelést generál), mintha egymástól függetlenül, egyenként kellene megoldani kezelésüket. Ráadásul ilyen csoportok kialakítása nem csak elméleti lehetőség, hanem mára gyakorlati igény is, hiszen az egyszerű mindennapi életben is számos olyan helyzet létezik, ahol csoportos mozgás figyelhető meg (mozgó vonat vagy autóbusz utasai stb).

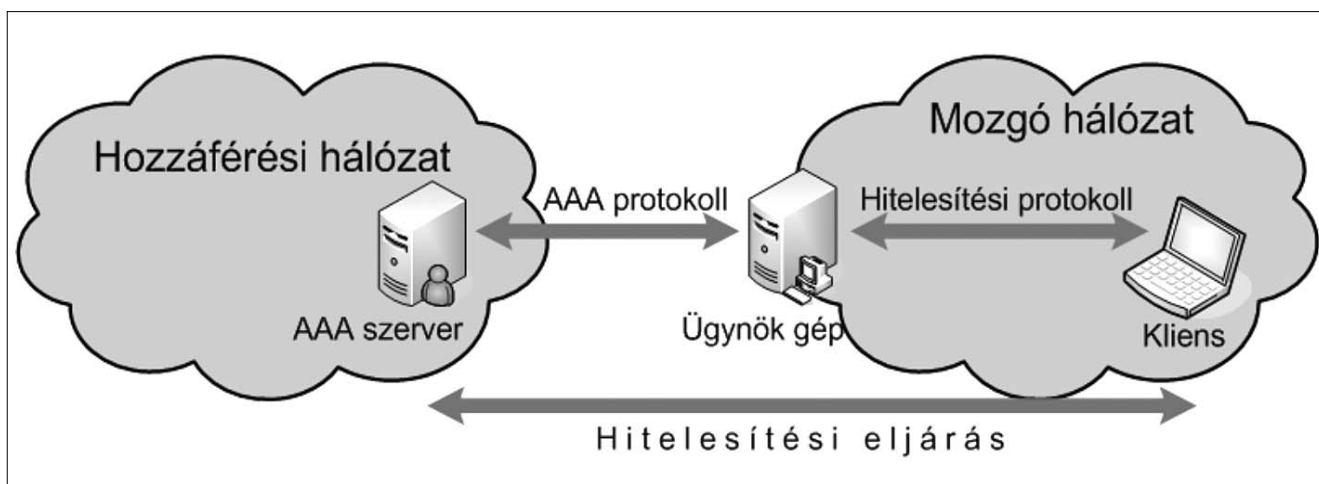
Cikkünkben azt a mozgó hálózatok kialakítását lehetővé tevő, NEMO Basic Support nevű protokollt mutattuk be és vizsgáltuk meg részletesen, több szempont alapján, mely a Mobil IP megoldásából kiindulva javasolt egy megoldást az együtt mozgó hálózati csomópontok mobilitásának kezelésére. A működés bemutatásán túl áttekintést adtunk a jelenlegi, mozgó hálózatokkal kapcsolatos szakirodalomról is olyan témák köré csoportosítva, mint az egymásba ágyazott mozgó hálózatok, a teljesítménybeli kérdések, a multihoming, valamint a szolgáltatásminőség biztosítása.

A kutatások szerteágazó mivoltából is látszik, hogy a területen igen élénk fejlődés tapasztalható. Munkánk során a szakirodalom mellett segítségünkre volt a BME Híradástechnikai tanszékén folyó IKRI projekt keretében felhalmozott tapasztalat, melynek rendelkezésünkre bocsátásáért külön köszönet illeti Bokor Lászlót, illetve a [14] munka szerzőit.

Irodalom

- [1] J. Postel, "Internet Protocol," RFC0791, September 1981.
- [2] Johnson, D., Perkins, C., J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC 3775, June 2004.
- [3] Deering, S. and R. Hinden, Editors, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", IETF RFC 2460, December 1998.
- [4] Huszák Árpád, Kiefer Tamás, Simon Vilmos, Tilk Gergely László, Imre Sándor, Szabó Sándor: Mobilitás kezelés az IP alapú hálózatokban. Híradástechnika 2003/4, Vol. LVIII., pp.4–13.

5. ábra Az AAA infrastruktúra



- [5] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, P. Thubert: Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol, IETF RFC 3963, January 2005.
- [6] Ernst, T., "Network Mobility Support Goals and Requirements", Work in Progress, October 2004.
- [7] Conta, A. and S. Deering, "Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification", RFC 2473, December 1998.
- [8] Kent, S. and R. Atkinson, "Security Architecture for the Internet Protocol", RFC 2401, November 1998.
- [9] P. Thubert and M. Molteni, "IPv6 Reverse Routing Header and its application to Mobile Networks", draft-thubert-nemo-reverse-routing-header-05, Work in Progress, June 2004.
- [10] E. Perera, A. Seneviratne, V. Sivaraman, "OptiNets: An architecture to enable optimal routing for network mobility," In: Proceedings of the International Workshop on Wireless Ad-Hoc Networks, May 2004. pp.68–72.
- [11] I. B. Hamida and L. Boukhatem, A Mobile-IPv6 extension with multicast for nested mobile networks, Vehicular Technology Conference, September 2004. pp.2974–2978.
- [12] W. Ng and T. Tanaka, Securing Nested Tunnel Optimization with Access Router Option, draft-ng-nemo-access-router-option-01, July 2004.
- [13] M. Watari, T. Ernst, R. Wakikawa, J. Murai, Routing Optimization for Nested Mobile Networks, IEICE Trans. Communications, Vol. E89-B, No.10, October 2006.
- [14] Kis Tóth László, Kovács Gergely Kálmán, Kóder István, Bokor László, Semi-virtuális NEMO hálózat megvalósítása protokoll-tesztelési feladatok ellátására, IKRI projekt tervezési dokumentáció, 2006.
- [15] Nautilus6 project, <http://www.nautilus6.org>
- [16] H. Petander, E. Perera, K.C. Lan, A. Seneviratne, Measuring and Improving the Performance of Network Mobility Management in IPv6 Networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 24., No.9, September 2006. pp.1671–1681.
- [17] A. Baig, L. Libman, M. Hassan, Performance Enhancement of On-Board Communication Networks Using Outage Prediction, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 24., No.9, September 2006. pp.1692–1701.
- [18] R. Kuntz, K. Mitsuya, R. Wakikawa, Performance Evaluation of NEMO Basic Support Implementations.
- [19] Thierry Ernst and Julien Charbon, "Multihoming with NEMO Basic Support," <http://www.nautilus6.org/doc/paper/20040108-ICMU-NEMO-Multihoming-TErnst.pdf>
- [20] Seongho Cho, Jongkeun Na, Chongkwon Kim, "A Dynamic Load Sharing Mechanism in Multihomed Mobile Networks," IEEE 2005. pp.1459–1463.
- [21] Lucian Suci, Jean-Marie Bonnin, Karine Guillouard, Thierry Ernst, "Multiple Network Interfaces Management for Mobile Routers," <http://www.nautilus6.org/doc/paper/20050627-ITST-NEMO-MultipleInterfaces-LSuci.pdf>
- [22] Manabu Tsukada, Thierry Ernst, Ryuji Wakikawa, Koshiro Mitsuya, "Dynamic Management of Multiple Mobile Routers," IEEE Malaysia International Conference on Communications and IEEE International Conference on Networks (MICC & ICON 2005), 16-18. November 2005.
- [23] Nicolas Montavont, Thomas Noel, Thierry Ernst, "Multihoming in Nested Mobile Networking," In: Proceedings of the International Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINTW'04) 2004.
- [24] Mazen Tlais and Houada Labiod, "Resource Reservation for NEMO Networks," Wireless Networks, Comm. and Mobile Computing, International Conference, 13-16. June 2005. pp.232–237.
- [25] A. Mankin, F. Baker, B. Braden, S. Bradner, M. O'Dell, A. Romanow, A. Weinrib, L. Zhang, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)," RFC2208, September 1997.