

Mobil többesadás protokollok vizsgálata IPv6 hálózatokban

KIS ZOLTÁN LAJOS, KOVÁCSHÁZI ZSOLT, KERSCH PÉTER, SIMON CSABA

BME Távközlési és Médiainformaticai Tanszék, High Speed Networks (HSN) Laboratórium

kz345@hszk.bme.hu, kz365@hszk.bme.hu,

kpeti@sch.bme.hu, simon@david.tmit.bme.hu

Reviewed

Kulcsszavak: sávszélesség hasznosítása, távoli feliratkozás, otthoni ügynök, forgalomirányítás

Többesadás protokollok alkalmazásával jelentős sávszélesség megtakarítást érhetünk el a digitális műsorszórás, a videokonferenciák vagy más multimédiás alkalmazások esetén. Ez különösen fontos a szűkös erőforrásokkal rendelkező mobil környezetben. Ebben a cikkben egy a távoli feliratkozás módszerén alapuló protokoll kiegészítést mutatunk be, amellyel az IPv6-os többesadás protokollok teljesítménye jelentősen javítható mobil környezetben. A protokoll kiegészítést meg is valósítottuk és egy kísérleti hálózaton mérésekkel ellenőriztük működését.

Jelenleg telítődött a beszédátvitelre alapozó távközlési szolgáltatások piaca. Ezért a multimédia tartalom tűnik a piaci növekedés új hajtóerejének. Mivel ezek az új tartalmak nagyságrendekkel több erőforrást igényelnek, szükségessé válik a többesadás (*multicast*) alkalmazása, amelynek segítségével jelentős sávszélesség megtakarítás érhető el az egyesadás (*unicast*) alkalmazásokkal szemben.

A közeljövőben várhatóan minden vállalati nagyterületi hálózat (WAN) kénytelen lesz erőforrás-optimalizáló módszereket alkalmazni [1], melyek közül jelenleg a többesadás tűnik a legalkalmasabbnak a multimédia folyam és fájl disztribúció csoportos szolgáltatások sávszélesség-hatékony megvalósítására.

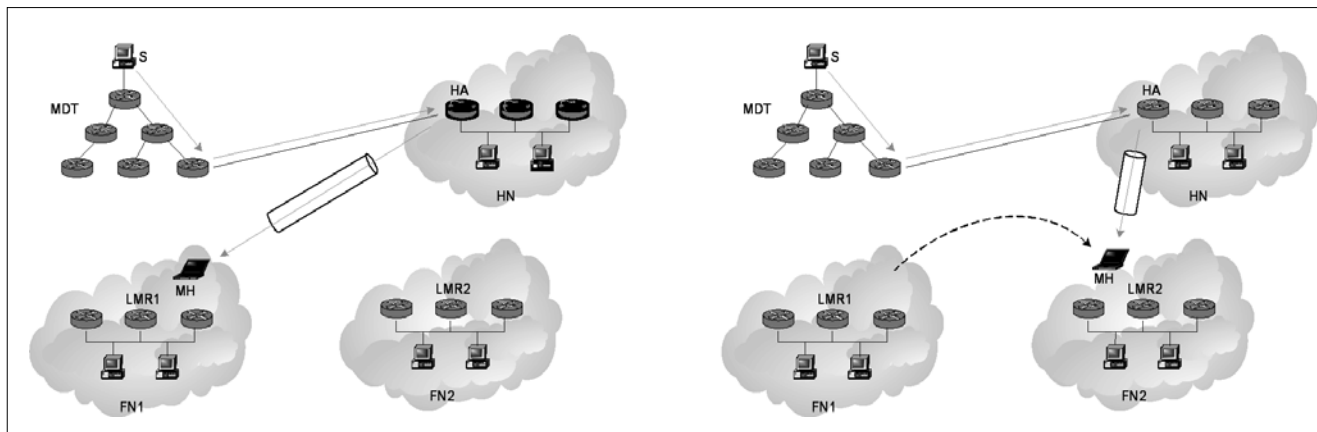
Az IP alapú hálózatokban alkalmazott többesadás a közelmúlt egyik nagy kutatási területe. Az IETF számos többesadás protokollt szabványosított [2, 3]. Az elterjedőben lévő nyilvános WLAN *hotspot* és UMTS/GPRS szolgáltatóknak egyaránt érdeke a sávszélesség jobb hasznosítása. Ennek érdekében alkalmassá kell tenni a jelenleg használatos többesadás technológiákat a mobilitás kezelésére. A mobilitás kezelésére az IP alapú hálózati rétegben az IETF által kidolgozott Mobil IPv6 szabvány [4] nyújt megoldást. A Mobil IPv6

azonban csak az egyesadás forgalom mobilitásával foglalkozik. Kutatói körökben a mobil többesadásra két különböző megközelítés terjedt el: a kétirányú alagutazás (*bidirectional tunnelling*) és a távoli feliratkozás (*remote subscription*) [5].

A kétirányú alagutazás során (1. ábra) a mobil állomás az otthoni hálózatán (*home network – HN*) keresztül – otthoni ügynökének (*home agent – HA*) segítségével – csatlakozik a többesadás csoportokhoz. A kommunikációhoz Mobil IPv6 kétirányú alagutazást használnak. Egy idegen hálózatba (*foreign network – FN*) kerülő mozgó állomás először egy kapcsolat frissítés üzenetet küld otthoni ügynökének, majd létrehoz egy alagutat. Ezek után ugyanúgy csatlakozhat egy többesadás csoporthoz, mintha az otthoni hálózatán lenne: MLD jelentéseit az otthoni ügynökének küldi, minek hatására az otthoni hálózat csatlakozni fog a csoporthoz. Amikor a mobil állomás egy új IPv6 alhálózatba lép, kapcsolat frissítés üzenettel informálja otthoni ügynökét új helyéről. Ennek eredményeként az alagút adatai is frissülnek, a végpontja a mobil állomás új elérési címe (*care-of address*) lesz.

A távoli feliratkozásnál (2. ábra) a mobil állomás az idegen hálózat helyi többesadás útválasztóján (*local*

1. ábra Kétirányú alagutazás



multicast router – LMR) keresztül csatlakozik egy többesadás csoporthoz. A mobil állomás MLD jelentés (*report*) üzeneteket küld a hálózatra, és minden többesadással kapcsolatos eljárást ugyanúgy hajt végre, mint az adott hálózat fix állomásai. Amikor az állomás átmegy egy másik hálózatba, újra csatlakozik a többesadás csoporthoz, itt is a helyi többesadás útválasztó segítségével. Mielőtt az állomás elhagyja a régi idegen hálózatot, jelzi, hogy elhagyja a többesadás csoportot. Amennyiben az állomás volt a csoport utolsó tagja, a többesadás fa (*multicast delivery tree – MDT*) adott útválasztóhoz kapcsolódó ága megszűnik.

Mind a kétirányú alagutazásnak, mind a távoli feliratkozásnak megvannak az előnyei és hátrányai. A kétirányú alagutazás legnagyobb előnye, hogy nincs szükség a többesadás fa újraépítésére helyváltoztatáskor, mivel a többesadás forrás és állomások mozgása teljesen rejtve marad az útválasztók előtt. A módszer hátránya, hogy az otthoni ügynök sok állomás esetén szűk keresztmetszetet jelenthet, illetve, hogy az alagutazás miatt nem használja ki a többesadás nyújtotta sávszélesség-takarékos útvonalválasztást. A távoli feliratkozás előnye, hogy a többesadás fa és a hálózati forgalom szempontjából is optimális. Viszont az új ágak kiépülésének ideje alatt csomagvesztés, ezáltal szolgáltatás kiesés jelentkezhet.

A két protokoll hátrányainak kiküszöbölésére számos javaslat született [5], amelyek általában a két módszer ötvözésén alapulnak. A továbbiakban a távoli feliratkozás módszernek egy olyan továbbfejlesztését ismertetjük, amely lehetővé teszi a többesadás adatfolyamok zökkenőmentes hívásátadását, kiküszöbölve a többesadás fa újraépítésének ideje alatt tapasztalható csomagvesztést. A módszer két pontban fejleszti tovább a távoli feliratkozás koncepcióját. Egyrészt a protokoll bevezet egy ideiglenes alagutat a mobil állomás új és előző hozzáférési útválasztója között. Ezen az alagúton keresztül kapja meg a mobil állomás a többesadás csomagokat előző bázisállomásától addig, amíg az új többesadás faágak nem épültek ki az új bázisállomás felé. Másrészt a mobil állomás hívásátadásakor azonnal MLD hallgató jelentéseket küld, nem vár sem az MLD időzítőkre, sem a hálózat többesadás útválasz-

tója által küldött MLD kérésekre (*query*). Így azonnal megindul a többesadás fa hiányzó ágainak felépítése.

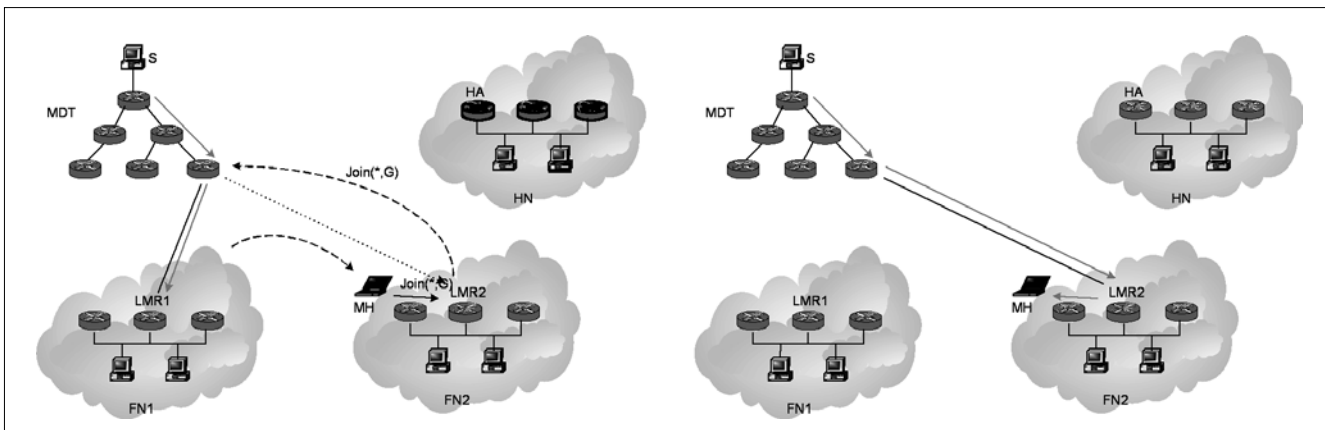
A protokoll kiegészítés tervezése során először is át kellett tekintenünk a protokoll feladatait, majd a mobilitásból fakadó, a távoli feliratkozással szemben támasztott követelményeket. A szolgáltatási modell miatt feltételeztük, hogy a forrás – a tartalom-szolgáltató (*content server*) – a fix infrastruktúrájú hálózatban található. Ezért csak a vevő oldali mobilitásra kerestünk megoldást. Továbbá feltételeztük, hogy a mobil állomás képes felmérni a lefedettségi területén belül elhelyezkedő bázisállomásokat.

Az MMCAST protokoll

A távoli feliratkozás protokollhoz készített kiegészítésünkre a továbbiakban a Mobil MultiCAST elnevezés alapján MMCAST protokoll néven hivatkozunk. Mielőtt rátérnénk a megvalósítás részletes bemutatására, röviden ismertetjük azt a hálózati architektúrát, amelyhez a protokoll megvalósítást készítettük. Hálózati architektúránkban külön egységek látják el a többesadás útválasztó, illetve a hozzáférési útválasztó feladatköröket. Ez azt jelenti, hogy a mobil állomások nem közvetlenül csatlakoznak a többesadás útválasztókhoz, hanem mindig egy bázisállomáson keresztül, ami MLD proxyként is működik [6]. Az MMCAST protokollt a hozzáférési útválasztóknak, vagy a mobil állomásoknak kell futtatniuk. Mivel a többesadás útválasztói illetve bázisállomás funkciókat kettéválasztottuk, a többesadás útválasztóknak nem kell ismerniük a protokollt.

Az MMCAST protokollban minden mobil egység egyértelműen hozzá van rendelve egy hozzáférési útválasztóhoz. Tehát egy mozgó állomás csak akkor kezdheti meg többesadás folyamat vételét, ha az MMCAST protokollal bejelentkezett egy hozzáférési hálózatba. A bejelentkezés azért kötelező, mert csak így tudjuk a mobil állomást azonosítani. Az illegális hálózathasználat ellen úgy védekezünk, hogy csak olyan állomás csomagjait fogadjuk, amelyekkel biztonsági relációban vagyunk. A prototípus validálásához nem volt szükségünk a biztonsági megoldás részletezésére, ezért prototípusunk a biztonsági protokoll üzeneteit nem tartalmazza.

2. ábra Távoli feliratkozás



Mivel mobil környezetben könnyen előfordulhat, hogy egy egység kijelentkezés nélkül lép ki a hálózathoz, ezért, a bázisállomások puha állapottal (*soft state*) tárolják klienseik adatait. Vagyis, ha a hozzáférési útválasztó nem kap periodikus állapot-frissítés (*REFRESH*) üzeneteket a klienseitől, akkor egy idő után automatikusan törli a mobil állomás regisztrációját az adatbázisból.

A hívásátadást a mobil állomás kezdeményezi, amikor érzékeli, hogy az aktuális állomásánál egy lényegesen jobb átviteli minőségű is rendelkezésre áll. Az elérhető elérési útválasztók listáját a mobil egység a bázisállomások által periodikusan sugárzott útválasztó-hirdető (*router advertisement*) üzenetekből tudja felépíteni (ezeket használja a Mobil IPv6 is). Az új bázisállomás kiválasztása után az állomás egy *HANDOVER_REQ* üzenetet küld bázisállomásának, ami tartalmazza az új elérési útválasztó azonosítóját (ami esetünkben az útválasztó rádiós interfészének globális IPv6-os címe), valamint az összes olyan többesadás csoport címét, amelyre a mobil egység fel van iratkozva.

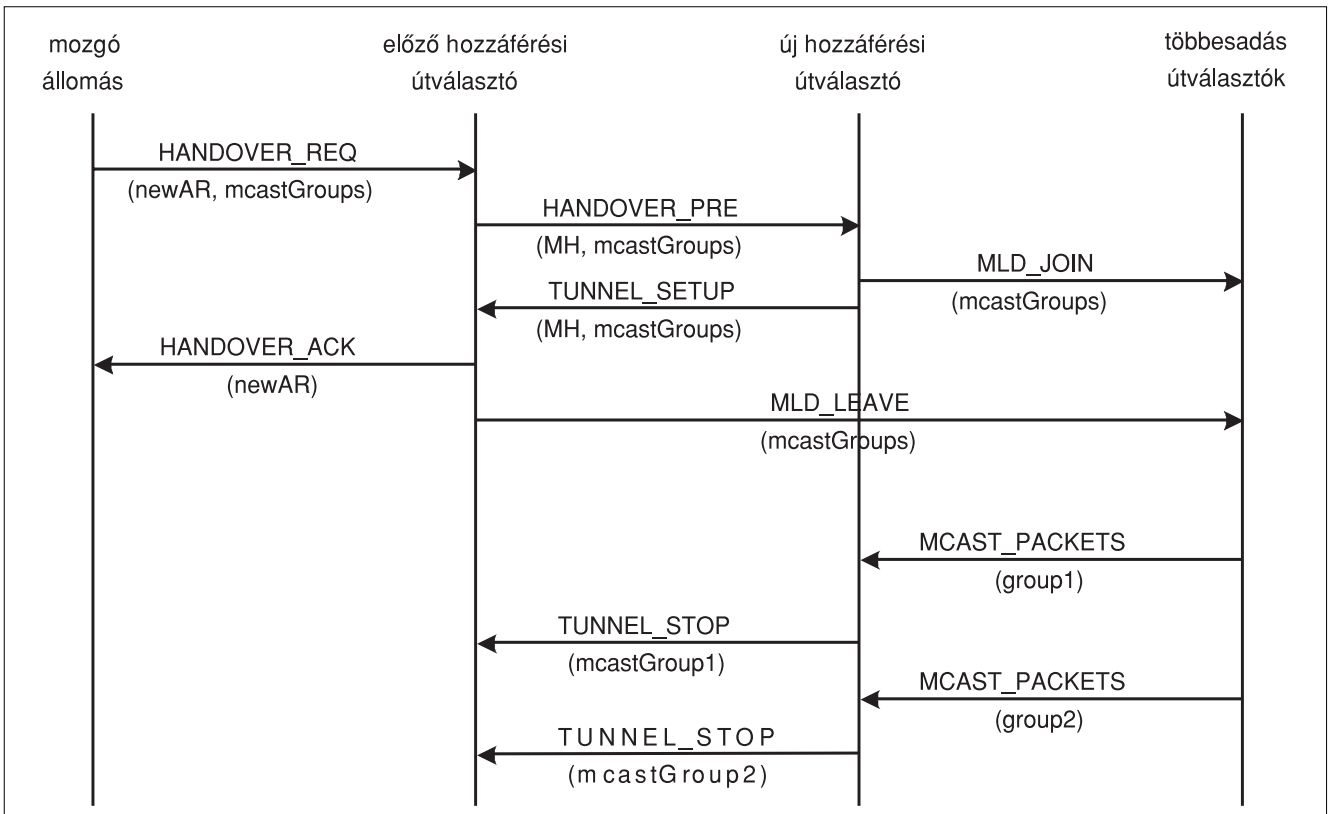
Az üzenet vételét követően az aktuális bázisállomása egy *HANDOVER_PRE* üzenetet küld az új útválasztónak. Ez tartalmazza a mozgó állomás azonosítóját (ami az állomás rádiós interfészének új *link local* IPv6-os címe), valamint a *HANDOVER_REQ* üzenetben kapott többesadás címeket. Az új elérési útválasztó megnézi, hogy a kapott többesadás csoportok közül melyekre nincs még feljelentkezve. Ezeket a címeket visszaküldi az előző útválasztónak egy *TUNNEL_SETUP* üzenetben, valamint MLD jelentésekkel jelzi feliratko-

zási szándékát az új csoportokra. A *TUNNEL_SETUP* üzenet vételekor az előző elérési útválasztó kiépít egy ideiglenes IPv6-IPv6 alagutat az új bázisállomás felé a többesadás folyamat továbbításának céljára. Végül egy *HANDOVER_ACK* üzenettel jelzi a mobil állomás felé a hívásátadás sikeres lezajlását.

Ettől kezdve a mozgó állomást már az új elérési útválasztó szolgálja ki. Amíg a többesadás fák kiépülnek az új útválasztó felé, az előző útválasztó az alagutakon át juttat el hozzá minden szükséges adatcsomagot. Amint az első adatcsomag megérkezik az újonnan kiépült többesadás ágon, az elérési útválasztó egy *TUNNEL_STOP* üzenettel jelzi az előző útválasztónak, hogy az alagútra már nincs szükség. Ezt természetesen minden egyes többesadás-csoport esetén külön-külön meg kell tennie. Ha a hívásátadás folyamat bármely lépésében csomagvesztés történik, akkor ezt a mobil egységnek kell észlelnie (pl. időzítők segítségével), majd újra kezdeményezni a hívásátadást (3. ábra).

Az MCAST csomagot két program alkotja. A hozzáférési útválasztókon futó implementáció feladata, hogy nyilvántartsa a kiszolgált mozgó állomásokat és csoportjaikat, továbbítsa a jelzési- és a többesadás csomagokat. További feladata az ideiglenes alagutak létrehozása, megszüntetése, és a hívásátadás jelzés-üzeneteinek kezelése. A mozgó állomásokon futó program végzi a hozzáférési útválasztó kiválasztását – automatikus üzemmódban az útválasztó-hirdető üzenetek jel/zaj viszonya, manuális üzemmódban pedig a grafikus felhasználói felületről (GUI) kapott parancsok alapján. Feladata még a belépés, kilépés, hívásátadás üzene-

3. ábra A hívásátadás üzenetszekvenciája



tek generálása és küldése a hozzáférési útvásztóknak, továbbá az időzítők kezelése a bejelentkezéshez és hívásátadáshoz, valamint az ekkor esetlegesen bekövetkező csomagvesztéskor a csomagok újraküldése. A mozgó állomásokon futó GUI feladatai közé tartozik az összes elérhető hozzáférési útvásztó címének és jel/zaj viszonyának kijelzése, az aktuális hozzáférési útvásztó jelölése. Feladata még a be- és kijelentkezési szándékok jelzése a mozgó állomáson futó programnak, a hozzáférési útvásztó manuális váltásának lehetővé tétele, illetve hívásátadás-mód választás biztosítása.

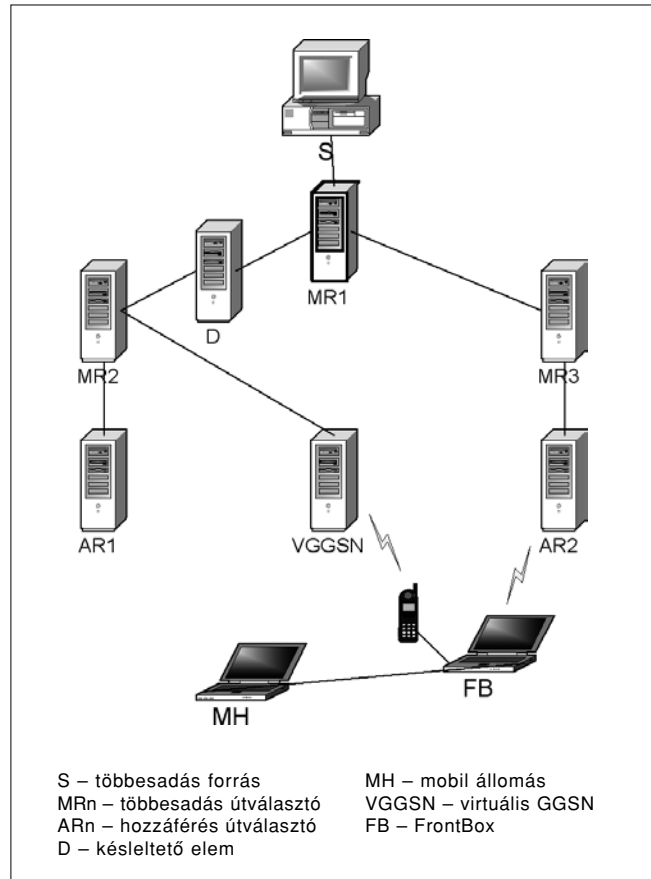
Egyre inkább általános, hogy egy mobil eszköz több hozzáférési technológiát is támogat, ezért protokoll kiegészítésünket úgy terveztük, hogy a zökkenőmentes hívásátadást különböző hozzáférési technológiák között is lehetővé tegye. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a mobil egység több különböző típusú hálózati interfésszel rendelkezhet. Az MMCAST lehetővé teszi a váltást a különböző interfészekeken keresztül elérhető hozzáférési útvonalválasztók között is, és az MMCAST protokoll paraméterei (például újradaési időzítők) az interfész típusától függően (LAN, WLAN, GPRS) változnak.

A kísérleti hálózat

A megvalósított kísérleti hálózatban (4. ábra) két különböző hozzáférési rendszert használtunk: WLAN-t és GPRS-t. A két hozzáférési technológia egységes kezelését a közös IPv6-os hálózati réteg segítségével biztosítottuk. Ez GPRS esetén további problémákat vet fel. Jelenleg a GPRS szolgáltatók nem tudnak csatlakozni IPv6-hoz, hálózataik csak IPv4-es címeket osztanak ki a GPRS termináloknak. Ráadásul ez sem globális cím, a mobil egységek csak lokális IP címet kapnak a hálózattól.

Ez azt eredményezi, hogy csak a terminál tudja kezdeményezni a kapcsolat felépítését, azt más viszont nem tudja kezdeményezni felé. A GPRS FrontBox architektúra feladata, hogy ezeket a korlátozásokat kiküszöbölve egy olyan virtuális GPRS interfészt valósítson meg a mobil állomáson, amely a valós rádiós interfészekkel teljesen egyenértékű, és (a kisebb sávszélességet és nagyobb késleltetést leszámítva) elrejt minden GPRS specifikus jellemzőt. Hasonló módon az IPv6-os hálózat határán egy ilyen virtuális interfész segítségével olyan virtuális hozzáférési útvásztókat valósítunk meg, amelyek a WLAN hozzáférési útvásztókkal teljesen egyenértékűen kezelhetők.

A VGGSN (*Virtual Gateway GPRS Support Node*) az IPv6-os hálózatban foglal helyet. Rendelkezik egy IPv6-os interfésszel a többesadás útvásztók felé, valamint egy IPv4-essel, ami az Internethez csatlakozik. A VGGSN egy GPRS átjáróként szolgál: a mobil állomások GPRS interfésze és az IPv6-os hálózat között továbbítja a csomagokat. Az IPv6-os hálózat illetve a FrontBox-szal ellátott mobil állomások szemszögéből a



4. ábra A teszhálózat

GPRS specifikus jellemzők teljesen rejtve maradnak, a VGGSN ugyanúgy jelenik meg, mint egy közös WLAN bázisállomás. A GPRS FrontBox egy GPRS adatátvitelre képes mobil terminál segítségével éri el a GPRS hálózatot, s így az Internetet is. Ahhoz, hogy az IPv6-os csomagokat IPv4-es hálózatán keresztül továbbítsuk, alagutazást használunk a FrontBox és a VGGSN között.

Mivel előre nem ismerjük a dinamikusan kiosztott IP címet, mester-szolga (*master-slave*) elvű alagutat kell használnunk. Ebben az alagútban a mobil állomás és az IPv6-os hálózat csomagjait szállítjuk IPv4-es UDP csomagokban. Az alkalmazott program az alagutat egy virtuális interfészként valósítja meg. Hogy ezt az interfészt a bevezetőben említett módon a valós hálózati interfészekkel teljesen egyenértékűen kezelhessük, az alagúton átvindó csomagokat nem csupán az IPv6-os fejléccel, hanem a csomag adatkapcsolati szintű (MAC) fejléccel együtt csomagoljuk be. Így a többesadás útvásztást ugyanaz az MLD proxy funkciót ellátó program biztosíthatja, mint a WLAN bázisállomásokon.

Mérési eredmények

A megvalósított protokoll kiegészítés validálásához méréseket végeztünk a bemutatott kísérleti hálózaton. Hogy a protokollunkat összevethessük a távoli felirat-

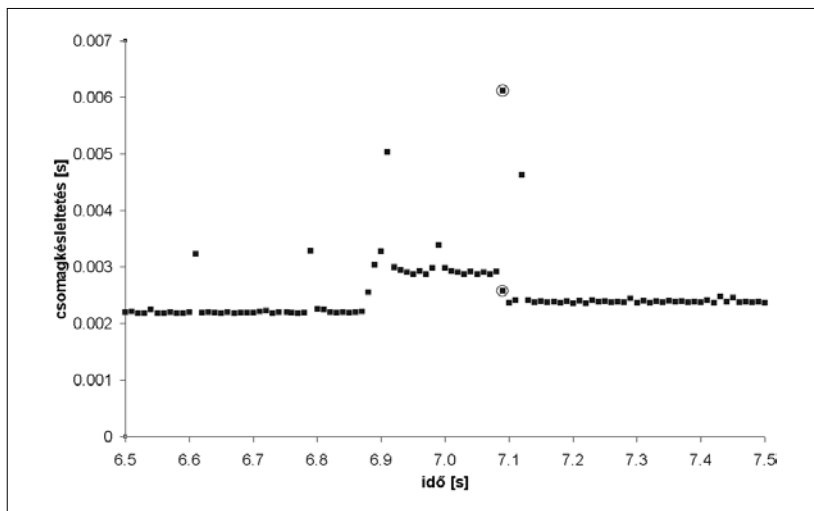
kozás eredeti módszerével, minden mérést megisméltünk úgy is, hogy az MMCAST alapját képező ideiglenes alagutazást kikapcsoltuk. Mivel kis méretű többesadás fák esetén a fa újraképzéséből adódó késleltetés és csomagvesztés nem jelentős, ezért a nagyobb méretű hálózatok szimulálására kísérleti hálózatunkba beépítettünk egy késleltető elemet. Ez a késleltető elem az interfészeire érkező csomagokat automatikusan továbbítja a másik interfészén, kivéve a lefelé irányuló interfészre érkező PIM (*Protocol Independent Multicast*) [3] csomagokat. Ezeket egy paraméterként megadott idő eltelté után továbbítja.

A WLAN–WLAN hívásátadás-mérés során a csomagkésleltetést és a csomagvesztést vizsgáltuk a hívásátadás különböző fázisaiban a késleltető elem késleltetésének, valamint a csomaggenerátor csomagméretének és csomagküldési periódusidejének függvényében. Amikor nem használtunk ideiglenes alagutazást meglepően nagy csomagvesztést tapasztaltunk. *Méréseink szerint a csomagvesztés mértékét nem befolyásolja sem a csomagküldési gyakoriság, sem a csomagméret. A csomagkésleltető elem késleltetésének értéke és a csomagvesztés időtartama közt viszont közel lineáris összefüggést tapasztaltunk.* A lineáris összefüggés várható volt, mivel amíg a többesadás útválasztó üzenete nem érte el a többesadás fát, nem épülhet ki a fa új ága, s így az adott többesadás csoport üzenetei sem juthatnak el a többesadás útválasztóhoz. Amikor az ideiglenes alagutazást engedélyeztük, a késleltető egység és a csomaggenerátor beállításaitól függetlenül egyáltalán nem tapasztaltunk csomagvesztést.

Érdekes viszont kicsit közelebbről megvizsgálni a csomagkésleltetés értékek alakulását a hívásátadás időpontja körül.

Az 5. ábrán a csomagkésleltetés szempontjából jól elkülöníthető három fázis: Kezdetben a mobil egység az aktuális bázisállomáshoz csatlakozik, és átlagosan 2.4 ms-os késleltetéssel kapja meg a többesadás csomagokat. Ezután megtörténik a hívásátadás, a mobil állomás kapcsolata megszakad és az új bázisállomás-

5. ábra Csomagkésleltetés hívásátadáskor (alagutazás engedélyezve)



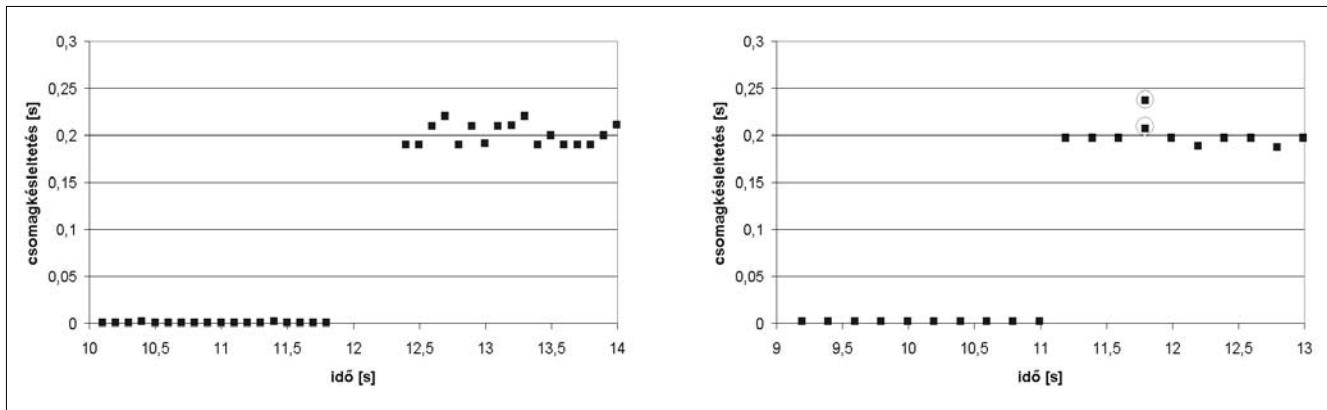
hoz csatlakozik, ez utóbbi a hívásátadás során kiépített alagúton keresztül megkapja a többesadás csomagokat. Az alagutazás enyhén megnöveli a késleltetést, ez a növekedés azonban alig 1 ms. A hívásátadást követően a késleltető elembe beállított 200 ms elteltével kiépül a többesadás ág. Ekkor ismét lecsökken az átlagos késleltetés értéke, hiszen a csomagok már nem alagúton keresztül érkeznek.

Megfigyelhető, hogy ebben a harmadik fázisban kicsit nagyobb az átlagos késleltetés, mint az elsőben, mivel ez az új útvonal egy ugrással hosszabb a teszt-hálózatunkban. A mérés során nem volt csomagvesztés, és csupán egyetlen csomag érkezett duplikáltan (ami mind az alagúton, mind közvetlenül megérkezett, az ábrán körrel jelöltük). A duplikált csomag egyébként nem zavarja a kommunikációt, mivel a felsőbb protokoll rétegek (pl. TCP, RTP), vagy maguk az alkalmazások ezt kezelni tudják.

A mérést több különböző csomagméret, csomagküldési gyakoriság, illetve a késleltető elem több késleltetési értéke esetén is megisméltük. Csomagvesztés egyik esetben sem történt, és a duplikált csomagok száma is mindig egy volt. Hálózatunk ugyanis még nagy csomagküldési gyakoriság esetén is túl kicsi ahhoz, hogy az alagútban egyszerre több csomag is utazzon. A csomagkésleltetési görbe három-fázisú jellegét valamennyi esetben meg lehetett figyelni. A csomagméret növelésével lineárisan nőtt mindhárom fázisban a csomagkésleltetés értéke, hiszen egy adott sáv szélességű kapcsolaton nagyobb csomag elküldéséhez több idő kell. *A csomagküldési gyakoriság egyáltalán nem befolyásolta eredményeinket. A késleltető elem időzítése pedig csupán az alagutazás időtartamát befolyásolta, a csomagkésleltetések értékére közvetlenül nem volt hatással.*

Végül végeztünk méréseket annak vizsgálatára, hogy mi történik akkor, amikor a mobil egység egyszerre több többesadás adatfolyamra is fel van iratkozva. A késleltetési értékeket ez sem befolyásolta, mivel a protokoll mobil állomásonként egyetlen hívásátadás üzenettel kezeli le az összes többesadás csoport váltását.

Másik mérési sorozatunk során a technológiák közötti hívásátadást vizsgáltuk. A GPRS-nél felmerül az a probléma, hogy ha túl nagy sáv szélességű adatfolyamot küldünk a hálózatra, akkor a szolgáltató hálózatában torlódás alakulhat ki, ami nagy csomagkésleltetést és csomagvesztést okoz. Mivel a szolgáltatói hálózat csomageldobási szabályait nem tudjuk befolyásolni, ezért ott a jelzescsomagjaink nem élveznek előnyt, így azok is késleltetést szenvednek. Ez ahhoz vezet, hogy az állapotfrissítési üzenetek nem jutnak el a bázisállomáshoz, ezért a rendszer a mobil eszköz eltűnését feltételezi. Ezért ahhoz a megoldáshoz folyamodtunk, hogy a



6. ábra GPRS mérési eredmények

VGGSN-nél 20 kbit/s körüli értékre korlátoztuk a kiküldött többesadás folyamatok sáv szélességét. Továbbá a GPRS interfészre váltás esetén automatikusan megnöveli újradási időzítő értékét, és sokkal több újradást engedélyez, mint WLAN esetén. Ilyen beállítások mellett már sikerült GPRS alatt is átvinnünk egy kis sáv szélességű adatfolyamot, és közben technológiák közötti hívásátadást végeznünk.

A hívásátadás vizsgálatához az általunk készített többesadás csomaggenerátor programot használtuk. A programmal különböző hosszúságú csomagokat küldtünk, különböző gyakoriságokkal és a hívásátadás környékén figyeltük a csomagkésleltetési időket. A méréseket elvégeztük az alagutazás engedélyezett és tiltott állapotában is (6. ábra). A mérések során a késleltető elem 500ms késleltetést állítottunk be.

Az ábra első szakaszán a WLAN kapcsolaton keresztül érkeznek a csomagok. Itt körülbelül 2ms-os késleltetési értékeket kaptunk. A második szakaszban már a GPRS kapcsolaton keresztül érkeznek a csomagok, jól megfigyelhető a megnövekedett (átlagosan 200ms) csomagkésleltetés. A két szakasz közötti részben történik meg a hívásátadás. Az alagutazást nem használó esetben a hívásátadás utáni több mint fél másodperben minden csomag elveszett, az alagutazás engedélyezése esetén viszont nem volt csomagvesztés, csak egy duplikált csomag érkezett (az ábrán körrel jelöltük). Mivel a GPRS átvitel késleltetése több nagyságrenddel nagyobb az alagutazás okozta késleltetésénél, ezért itt nem figyelhető meg a hívásátadás három fázisos jellege.

Összefoglalás

A mérési eredmények bebizonyították, hogy a zökkenőmentes többesadás hívásátadáshoz megvalósított protokoll jól működik. Sikerült megvalósítani, hogy egy mobil állomás csomagvesztés nélkül tudjon az egyik hozzáférési útválasztóról a másikra átjelentkezni. Így elérhetjük, hogy a multimédiás alkalmazások a felhasználó számára érzékelhető megszakítás nélkül fussanak, akár mozgás közben is. A kidolgozott protokollkiegészítés a zökkenőmentes hívásátadással pontosan

szan a jobb minőségű és megbízhatóbb szolgáltatások bevezetését teszi lehetővé, a sáv szélesség takarékos (a többesadás jellege következtében) kihasználása mellett.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát az Európai Unió 5. kutatási és fejlesztési keretprogramjának IST-2001-35125 számú OverDRiVE projektjének [7] keretein belül végeztük. A projektben résztvevő szervezetek: Ericsson, RWTH, Daimler Chrysler, France Télécom, Motorola Inc., RAI, University of Bonn, University of Surrey

Irodalom

- [1] Gartner: „Network Architecture for Real-Time Performance or Cost Savings“, Gartner Symposium ITXpo 2003, 2003. nov. 3-7., Cannes, Franciaország
- [2] S. Deering: Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6 (IETF RFC 1999 október)
- [3] S. Deering: Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM) (IETF RFC 1998. június)
- [4] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko: „Mobility support in IPv6“, Internet-Draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-21.txt, (2003 február)
- [5] szerk: Yu Ming Tian: Current Approaches to IP Multicast in a Mobile Environment, www.comnets.rwth-aachen.de/~o_drive/index.html (2002. november)
- [6] Bill Fenner: IGMP/MLD-based Multicast Forwarding, draft-ietf-magma-igmp-proxy-04.txt (Internet draft, 2003 szeptember)
- [7] European Commission – Information Technologies Programme, <http://www.ist-overdrive.org/>