

Bázisállomás-váltás hatásának vizsgálata kísérleti Mobile IP hálózatban

Félegyházi Márk, Kail Eszter, Szabó Csanád, Turányi Zoltán

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Távközlési és Telematikai Tanszék
Nagysebességű Hálózatok Laboratóriuma (HSN Lab)

1. Bevezető

Az Internet által nyújtott szolgáltatásokat ma a világ bármely pontjáról, egyetlen számítógép segítségével elérhetjük. A számítógéphálózatok kapacitása rohamosan nő a felhasználói igényekhez igazodva. Az Internet mellett a kommunikációs ipar másik dinamikus fejlődő területe a mobil távközlés. A mozgás közbeni kommunikáció igénye egyre jelentősebb, hiszen mindennapi életünk is egyre dinamikusabb. Ennek köszönhető, hogy a mobil távközlés népszerűsége egyre nő, és elterjedtsége egyes országokban már megközelíti, vagy el is éri a hagyományos telefonhálózatét.

A világhálózatra kötött számítógépek mozgását az Internet alapját képező *Internet Protocol (IP)* nem támogatja. Ennek oka az IP címek hierarchikus elrendezése: egy számítógép IP címe egyszerre azonosítja a gépet és meghatározza annak pontos helyét a hálózaton. Így a cím változása valamelyik funkcionalitásának elvesztésével járna, ami nem megengedett. Erre a problémára nyújt megoldást az Internet Szabványosítási Fórumának (*Internet Engineering Task Force, IETF*) Mobile IP szabványa [1]. A szabvány alapján a mobil számítógépnek küldött csomagok az otthoni ügynökhöz érkeznek, s ez a gép küldi tovább virtuális alagúton keresztül a mobil mindenkori csatlakozási pontja felé. Amikor a mobil mozgása során megváltoztatja csatlakozási pontját, értesíti erről az otthoni ügynökét, aki átirányítja a mobil forgalmát az új csatlakozási pont felé [2].

Ha a mobil számítógép vezeték nélküli, például rádiós összeköttetéssel kapcsolódik az Internethez, akkor a Mobile IP segítségével akár folyamatban lévő adatkapcsolatok közben is megváltoztathatja csatlakozási pontját. Ez a bázisállomás-váltás, vagy handover. A problémát az jelenti, hogy a bázisállomás-váltás szükségszerűen valamekkora késleltetéssel, és esetleg adatcsomagok elvesztésével jár, ami megzavarhatja a folyamatban levő alkalmazásokat. A cél ennek a zavaró hatásnak a minimálisra csökkentése.

Cikkünkben ezt a hatást vizsgáljuk egy kísérleti Mobile IP hálózat segítségével. Egy mobil számítógépet periodikusan mozgatunk két, WaveLAN rádiós interfésszel ellátott bázisállomás között, és különböző bázisállomás-váltási algoritmusok esetén figyeljük az alkalmazásokra gyakorolt zavaró hatást.

A következőkben először ismertetjük a bázisállomás-váltás folyamatát és a fellépő adatcsomagvesztés okát, majd leírjuk a vizsgált algoritmusokat. Ezt követően bemutatjuk a mérési elrendezést, majd ismertetjük és megmagyarázzuk a mérési eredményeket. Cikkünket az eredmények összegzésével zárjuk.

2. Problémafelvetés

2.1. Bázisállomás-váltás

Csomagkapcsolt adatátvitel esetén a bázisállomás-váltás adatcsomagok elvesztésével járhat, ami megzavarja a folyamatban lévő adatkapcsolatokat. A csomagvesztés oka az a késleltetés, ami a régi bázisállomással való kapcsolat megszűnése és az új bázisállomással való adatforgalom megindulása között telik el. Az általunk vizsgált WaveLAN típusú rendszerekben ez az időtartam két szakaszra osztható, melyek jellegükben és okukban is különbözőek:

- A régi bázisállomással fennálló kapcsolat megszakadásakor a mobil számítógép először

új bázisállomást keres. Több elérhető bázisállomás esetén valamilyen szempont, tipikusan a jel-zaj viszony alapján választania kell ezek közül. Ha kiválasztotta az új bázisállomást, egy üzenetben „bejelentkezik”, tehát jelzi, hogy kapcsolatot szeretne felépíteni. Mobile IP hálózat esetén a bejelentkezés egy „registration request” üzenetben történik.

- A bázisállomáshoz való kapcsolódás önmagában még nem jelenti azt, hogy a mobil számítógép részére küldött adatcsomagok el is fogják érni a célállomást. Ehhez a hálózatnak is alkalmazkodnia kell az új helyzethez, tehát át kell irányítania az adatcsomagokat. Mobile IP hálózatot feltételezve ez az otthoni ügynök értesítését jelenti. Az otthoni ügynök feljegyzi a mobil számítógép új helyzetét és nyugtázza az üzenetet.

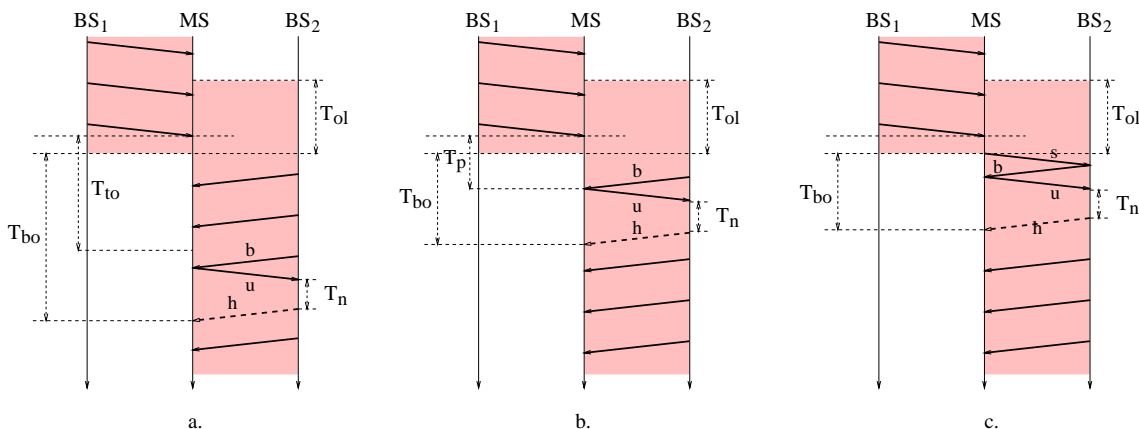
Leegyszerűsítve, a késleltetés első szakaszában a mobil számítógép eldönti, hogy hová csatlakozik, a második szakaszban a hálózat ehhez alkalmazkodik. Feltételezve, hogy a bázisállomások által lefedett területek átlapolódnak, az első szakasz elvileg tetszőlegesen rövid, vagy akár nulla hosszúságú is lehet. A második szakasz hossza ezzel szemben mindenképpen pozitív, hiszen véges időre van szükség ahhoz, hogy a bázisállomás-váltásról tudomást szerezzenek azok a hálózati elemek, amelyek a csomagok továbbítását végzik és az átirányításban szerepet kapnak. A Mobile IP protokoll esetében például az otthoni ügynököt kell értesíteni, és ez hosszú időt is igénybe vehet. Ennek a problémának a megoldására számos megoldás-javaslat jelent meg a nemzetközi szakirodalomban az elmúlt két év során [3], [4], [5]. Ezeket a javaslatokat jelenleg tárgyalja az IETF mobilitással foglalkozó munkacsoportja.

Jelen munkánkban a bázisállomás-váltás késleltetésének első szakaszára fogunk koncentrálni, tehát arra az időtartamra, ami a régi bázisállomással való kapcsolat megszakadásától az új bázisállomás kiválasztásáig és értesítéséig tart. Vizsgálódásunkat az az észrevétel motiválja, hogy miközben ez az időtartam elvileg akár nulla is lehet, gyakorlati esetekben mégis meglepően nagy késleltetések figyelhetők meg. A bázisállomások és a mobil számítógép által használt algoritmusoktól, illetve az ezekben szereplő paraméterek beállításától függően akár több tízedmásodperces értékeket is mérhetünk. Ilyen esetekben a második szakasz hossza (azaz a csomagok átirányításához szükséges idő) szinte elhanyagolható, hiszen az többnyire századmásodperces nagyságrendben mozog. Ez a nagyságrendbeli különbség különösen fontossá teszi a bázisállomás-választáshoz szükséges idő ismeretét és annak csökkentését a paraméterek helyes beállításával.

Az alább ismertetett méréseink célja a késleltetés tipikus értékeinek megállapítása gyakorlati esetekben, különböző paraméter-beállítások mellett. Kísérleteinket vezeték nélküli Mobile IP hálózaton végeztük. A mérési elrendezést a következő fejezetben ismertetjük. A bázisállomásokat úgy helyeztük el, hogy lefedett területeik átlapolódjanak, így kiküszöböltük a – gyakorlati esetekben elképzelhető – lefedetlen területen való áthaladás késleltetését, amely nem függ össze a vizsgálandó paraméterekkel.

2.2. Algoritmusok a döntési fázisra

Az alábbiakban olyan algoritmusokat ismertetünk, amelyek segítségével a mobil számítógép megállapíthatja, hogy bázisállomást kell váltania, illetve kiválaszthatja a megfelelő új bázisállomást. Az általunk vizsgált Mobile IP környezetben ehhez a bázisállomások által periodikusan kibocsátott beacon jelet szokták igénybe venni. A beacon olyan adatcsomag, amely tartalmazza



1. ábra. Bázisállomás-váltás (a) időzítéses, (b) mohó és (c) felszólító algoritmussal

a hálózat azonosítóját, a bázisállomás azonosítóját, és esetleg további, a csatlakozáshoz szükséges paramétereket is. A mobil számítógépek folyamatosan figyelik a környezetükben hallható beacon jeleket, és azok alapján döntenek a bázisállomás-váltásról. (Ez a megoldás több alapvető elemében különbözik a hagyományos mobil telefonrendszerek által használt megoldásoktól.)

A nehézséget az okozza, hogy a bázisállomás-váltás gyorsasága érdekében előnyös akkor váltani, amikor a régi bázisállomással még megfelelő a kapcsolat, ez azonban azzal a következménnyel jár, hogy a mobil számítógépnek folyamatosan figyelnie kell a szomszédos bázisállomásokra — akkor is, ha éppen nem akar váltani. Ráadásul feleslegesen gyakori bázisállomás-váltásokat is eredményezhet, amennyiben a mobil számítógép két vagy több bázisállomás közös lefedettségi területén tartózkodik. Az egyes algoritmusok valójában abban különböznek, hogy az elérhető beacon jelek alapján mikor, és melyik bázisállomás javára dönt a mobil gép.

Az eredeti Mobile IP szabvány a legegyszerűbb, **időzítéses algoritmust** javasolta. Ebben az esetben a mobil számítógép kizárólag a saját bázisállomásától vett beacon jeleket figyeli, és nem tartja számon a szomszédos bázisállomásokat. Bázisállomás-váltást akkor kezdeményez, ha saját bázisállomásától meghatározott ideig nem kap beacon jelet. Ennek megállapítására egy időzítőt használ, amelyet minden megérkezett beacon hatására újraindít. Ha az időzítő eléri a beacon jelek normális távolságának (például háromszorosát, akkor feltételezhető, hogy a mobil számítógép kikerült a bázisállomás hatósugarából. Ekkor elkezdi figyelni más bázisállomások beacon jelére, és az első beérkező beacon feladójához igyekszik kapcsolódni.

Ezt az algoritmust a 1.a ábrán ábrázoltuk. Az ábrán az idő fentről lefele halad, a három függőleges tengely sorrendben a régi bázisállomást (BS_1), a mobil számítógépet (MS) és az új bázisállomást (BS_2) reprezentálja. A tengelyek közötti nyilak az üzeneteket jelölik. A besötétített terület jelzi, hogy a mobil számítógép mikor van egy adott bázisállomás hatósugarában. Az ábrán T_{ol} jelöli azt az időt, amit a mobil gép az átfedési területen tölt. A régi bázisállomástól megkapott utolsó beacon jel érkezésétől indul a T_{to} hosszú időzítő. Az ennek lejártá után az új bázisállomástól érkező első beacon jel (**b**), amire a mobil válaszol (**u**) és jelzi kapcsolódási szándékát. Ezt követi a hálózat reakcióideje (T_n), tehát az az idő, amíg a hálózat átirányítja a csomagokat. Az ábrán szaggatott vonal jelzi azt a legkorábbi időpontot, amikor egy adatsomag már megérkezhet a mobil számítógéphez (**h**). A bázisállomással elveszített idő a régi kapcsolat megszűnésétől eddig a pontig tart. Ezt az időtartamot T_{bo} -val jelöltük.

Az ábra rávilágít az időzítésen alapuló megoldás hibájára is. Az algoritmus megköveteli, hogy az időzítő értéke a beacon jelek távolságának többszöröse legyen, ami gyakorlati esetben több másodperces kiesést is jelenthet. Ez az idő nem csökkenthető, hiszen a beacon jelek sűrűségének jelentős növelése a rádiós csatorna kihasználtságának rovására menne. Az elvesztett idő csökkentése csak az algoritmus megváltoztatása árán érhető el.

Ez motiválja a második, úgynevezett **mohó algoritmust**. Ennek feltétele, hogy a rádiós interfész képes legyen a szomszédos bázisállomások beacon jeleit észlelni, és erősségüket a saját bázisállomás jelével összehasonlítani. Amikor valamelyik szomszéd beacon jele meghatározott mértékben erősebbé válik a saját bázisállomás jelénél, a rádiós interfész kezdeményezi a bázisállomás-váltást. Innen az algoritmus lényegében megegyezik az időzítéses algoritmusnak az időzítő lejártakor kezdődő részével. A mobil számítógép megvárja a következő beacon jelet, de most már csak az új bázisállomástól fogad beacont. A beérkező beacon hatására bejelentkezik a bázisállomásnál és megpróbál kapcsolódni.

A mohó algoritmust a 1.b ábra mutatja. A bázisállomások által közösen lefedett terület elhagyva a beérkezett első beaconre (**b**) reagál a mobil, és kiépíti a kapcsolatot (**u**) az új bázisállomás felé.

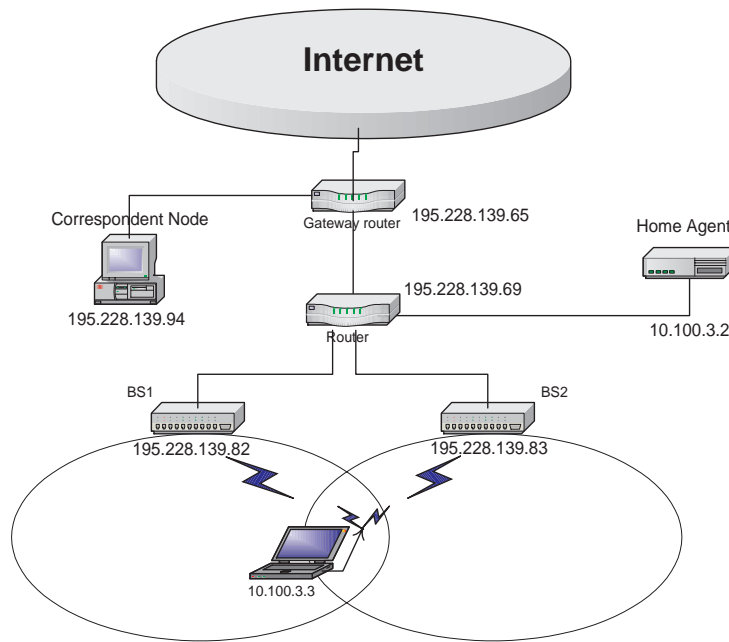
Bár a mohó algoritmus sokkal kisebb elvesztett idővel jár, mint az időzítéses algoritmus, ez is tovább javítható. A harmadik, úgynevezett **felszólító algoritmus** abban különbözik a mohó algoritmustól, hogy a bázisállomás-váltás eldöntése után nem várja meg a legközelebbi beacon megérkezését, hanem egy speciális felszólító üzenettel kikényszeríti azt. Ennek akkor van jelentősége, ha a beacon jelek egymástól nagy távolságra érkeznek, és a legközelebbi beacon megvárása felesleges kiesést jelentene. Ezt az algoritmust a 1.c ábra mutatja, ahol *s* jelöli a felszólító üzenetet.

3. Mérési környezet

Kísérleti hálózatunkat a 2. ábrán ábrázoltuk. A vezeték nélküli hálózat két bázisállomásból áll (BS_1 és BS_2), amelyekhez egy mobil számítógép kapcsolódik. A bázisállomások és a mobil számítógép egyaránt Intel Pentium processzoros számítógépek, 64 MB memóriával. A bázisállomást összekötő routert a rajta áthaladó forgalom feldolgozási igénye miatt egy Pentium II processzorra és több memóriával láttuk el. A bázisállomások és a mobil számítógép között az IEEE 802.11 [6] szabványnak megfelelő WaveLAN 2.4 GHz kártyák biztosították a vezeték nélküli összeköttetést. A vezetékes kapcsolatokat 10 Mbit-es Ethernet összeköttetésekkel valósítottuk meg. A kísérleti hálózat Cisco típusú gateway routeren keresztül csatlakozik az Internethez.

A mobil számítógéphez címzett adatcsomagokat az IETF Mobile IP szabványnak megfelelően továbbítottuk, a Sun Mobile IP megvalósítást felhasználva [7]. Az otthoni ügynök szerepét egy Intel Pentium processzoros számítógép látta el, amelyet külön alhálózatra kapcsoltunk (Home Agent). Az ábrán a Correspondent Node felirat jelöli azt a számítógépet, amellyel a mobil gépnek címzett forgalmat generáltuk.

Az ellenőrizhető mérési környezet érdekében bázisállomásainkat egymáshoz közel kellett elhelyeznünk. A pontos mérés érdekében a bázisállomás-váltásokat nem a mobil számítógép mozgásával valósítottuk meg, hanem egy erre a célra készített programmal generáltuk. A program, a mobil számítógépen futó algoritmust becsapva, kívülről meghatározott időpillana-



2. ábra. Kísérleti Mobile IP hálózat

tokban tudja a mozgás érzetét kelteni. Egyebekben azonban az így kiváltott bázisállomás-váltás megegyezik a valódi algoritmussal.

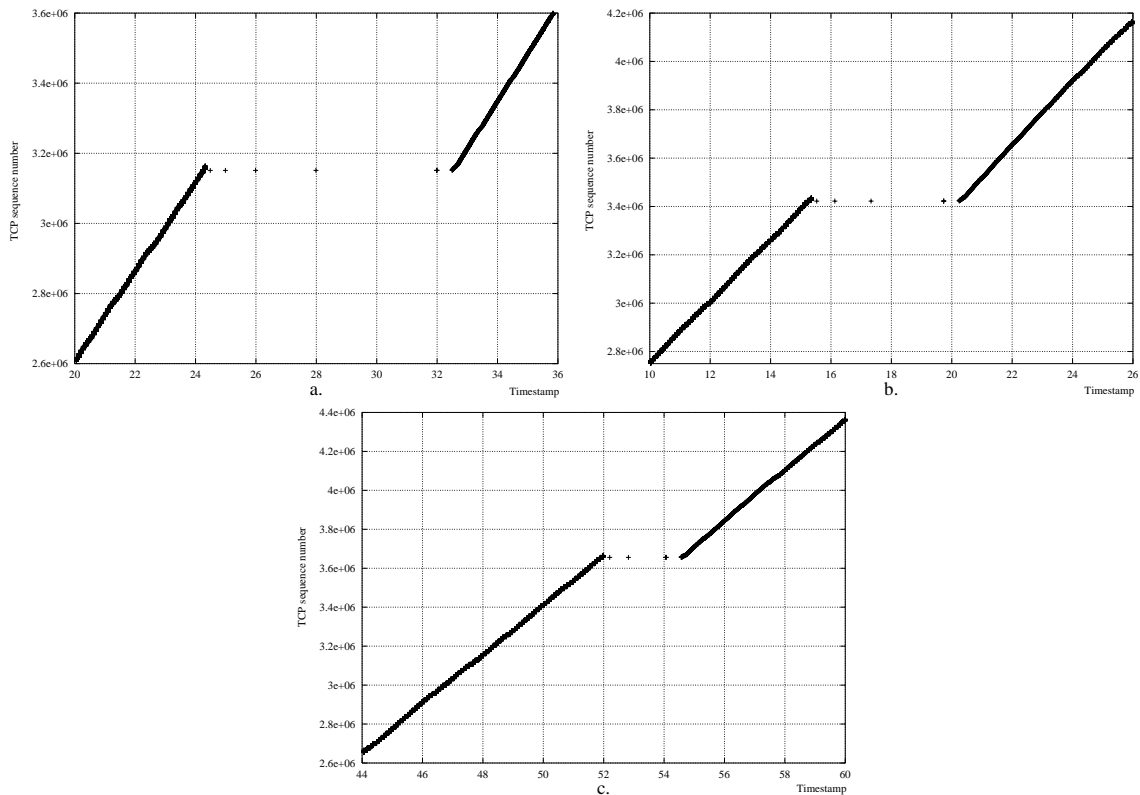
Az egymáshoz közel elhelyezett bázisállomásokon két különböző frekvenciát használtunk, így a mobil számítógép - a valóságos hálózatokhoz hasonlóan - egyszerre csak egy bázisállomással tudott kapcsolatban állni. Minthogy így az általunk használt WaveLAN rádió nem tette lehetővé, hogy a mobil számítógép egyszerre több bázisállomástól figyelje a beacon jeleket (amire pedig a mohó és a felszólító algoritmushoz szükség van), kísérleti hálózatunkban ezt a funkciót is modellezni kellett. A szomszédos bázisállomás beacon jelének figyelése helyett a bázisállomás-váltás pillanatait véletlenszerűen választottuk meg. Minthogy a kísérleti hálózatban a mobil számítógép mindig a bázisállomások közös lefedettségi területén tartózkodik, ez az egyszerűsítés nem befolyásolta az eredményeket.

4. Mérési eredmények

4.1. Csomagvesztés hatása

Méréseink során a TCP csomagvesztést vizsgáltuk, mert az Internet alkalmazások túlnyomó többsége a TCP szállítási protokollra épül, így ez az adat fontos minőségi paramétere a protokollnak. A bázisállomás-váltás alatt csomagvesztés történik, mert egy bizonyos időtartamig a mobil nem kapcsolódik egyik bázisállomáshoz sem, így nem kapja meg a neki szánt csomagokat. Ezt a TCP a torlódás jelének veszi, és lelassul. Így a rádiós kapcsolat nincs elégé kihasználva [8].

A 3. ábrán az idő (másodperc) függvényében ábrázoltuk egy TCP kapcsolat csomagjainak sorszámait. A csomagok küldője a Correspondent Node, címzettje a mobil számítógép. Ez az elrendezés megfelel egy olyan valóságos esetnek, amelyben az otthoni hálózatától távol, vezeték

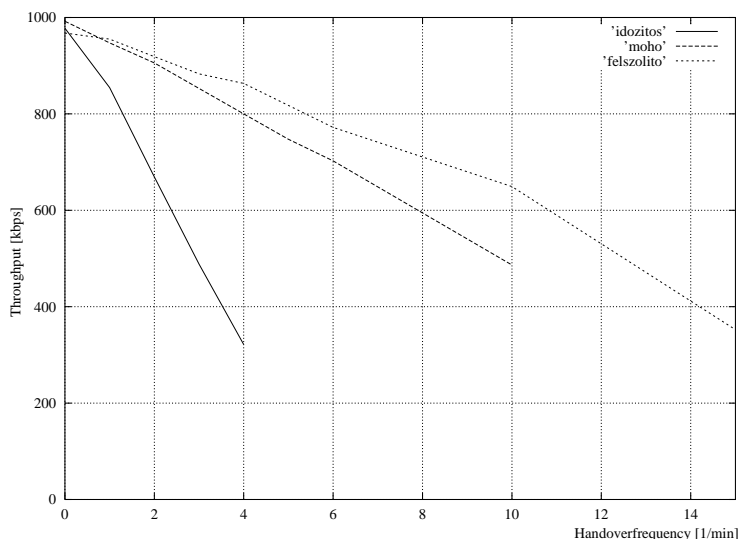


3. ábra. TCP kapcsolat megtörése (a) időzítéses, (b) mohó és (c) felszólító algoritmus esetén

nélküli összeköttetést használó mobil számítógép Mobile IP felhasználásával próbál WWW állományokat letölteni. A három ábra egyforma hálózati elrendezéssel és forgalmi viszonyok között született, az egyetlen különbség a bázisállomás-váltáshoz használt algoritmus volt.

Az ábrákon megfigyelhető, hogy a bázisállomás-váltás előtt a sorszámok egyenletesen emelkednek, ami a normális TCP kapcsolat jellemzője. A bázisállomás-váltás hatására az emelkedés megszűnik, hiszen az adatcsomagok nem jutnak el a címzethez, tehát a mobil számítógéphez. Ennek az az oka, hogy a régi bázisállomással már megszűnt a kapcsolat, de a váltás még nem fejeződött be. A csomagok elvesztéséről, a TCP algoritmusnak megfelelően, a küldő a nyugták hiányából tudomást szerez, és egymás után többször megpróbálja az első elvesztett csomagot újraküldeni. Az ábrán az is megfigyelhető, hogy a TCP algoritmusnak megfelelően az újraküldések közötti várakozási idő exponenciálisan nő. Végül a bázisállomás-váltás befejeződik és az adatcsomagok újra elérik a mobil számítógépet, ami az ábrán a sorszámok egyenletes növekedésének helyreállításából látszik.

A három ábra közötti különbség jól jellemzi a bázisállomás-váltó algoritmusok közötti minőségi különbséget. A kiesés az időzítéses algoritmusnál (a) a leghosszabb, és a felszólító algoritmus esetében (c) a legrövidebb. A különbség oka az algoritmusok közötti alapvető különbség, amit a 1. ábrán ábrázoltunk.



4. ábra. Bázisállomás-váltás gyakoriságának hatása az átviteli sebességre

4.2. Átviteli sebesség mérése

Az előzőekben láttuk, hogy a bázisállomás-váltás csomagvesztést eredményezett. A csomagvesztés a felhasználó számára a sebesség csökkenésében nyilvánul meg. Ez azt jelenti, hogy gyakori handoff esetén jelentősen romlik az alkalmazások minősége. Következő mérésünk ezt a jelenséget járja körül. Itt arra vagyunk kíváncsiak, hogy a handover gyakoriságának növekedésével hogyan változik a TCP átviteli sebessége.

Mérési eredményeinket a 4. ábrában foglaltuk össze. Itt a TCP-vel elérhető átviteli sebességet ábrázoltuk a bázisállomás-váltás gyakoriságának függvényében. Az ábrázolt pontok mindegyike öt mérés átlagát mutatja. A diagram bal széle percenkénti nulla bázisállomás-váltásnak felel meg, tehát ebben az esetben nem volt bázisállomás-váltás. Az ilyenkor mért átviteli sebesség a lehetséges sebesség elvi maximuma, amit a rádiós kapcsolat határol, körülbelül 1 Mbps-ban. Jól látható, hogy a bázisállomás-váltások gyakoriságának növekedésével erősen csökken az átviteli sebesség, és a csökkenés mértéke eltér az egyes algoritmusok esetén. Az előző mérési eredménynek (3. ábra) megfelelően, a sebesség-csökkenés az időzítéses algoritmusnál a legnagyobb, a felszólítónál pedig a legkisebb.

Az időzítő algoritmusnál percenkénti négy bázisállomás-váltás esetén az átviteli sebesség az eredeti, álló számítógépnél mért sebesség felére csökken és szinte használhatatlanná válnak az alkalmazások. A mohó, illetve a felszólító algoritmus használatával ez percenkénti 10, illetve 15 bázisállomás-váltásnál következik be.

Bár az ábrán ez nem látszik, az eredeti adatokban megfigyelhető volt, hogy az eredmények szórása gyakori bázisállomás-váltás esetén jelentősen megnőtt. Ennek az az oka, hogy a TCP itt már nem tudja elérni normális működési tartományát, mert a csomagvesztések túl gyakran követik egymást. Az ábrán szintén nem látható, de megfigyeltük, hogy ha ennél is jobban sűrítjük a váltásokat, akkor a kapcsolat megszakad.

4.3. Implementációs késleltetés

A korábbiakban ismertetett késleltetéseken kívül megfigyeltük, hogy az eredményeket még egy, nem várt késleltetés is befolyásolja. Ennek oka, hogy ütemezési problémákból adódóan a program a beérkező üzenetekre nem kellő gyorsasággal reagál. Ezt a jelenséget illusztráljuk a 5. ábrával. Az ábra a mobil számítógépen futó bázisállomás-váltó programba beépített üzenetek segítségével született egy, a felszólító algoritmust használó bázisállomás-váltás közben. Minden sor elején a számítógép rendszerideje látszik az üzenet kiírásának pillanatában. Az első sor („Sollititation sent.”) a felszólítás kiküldésének felel meg. A következő sor („Advertisement received.”) jelzi az új bázisállomástól megkapott beacont. Látható, hogy a két esemény között 50 ms telik el, ami részben a rádiós átvitelnek, részben a bázisállomás válaszüzenetének tulajdonítható. Ezt követi (egy üres sor után) a mobil számítógép által kiküldött bejelentkező üzenet. Az ábrán látható esetben ez közel 900 ms különbséggel követi a beacon megérkezését, ami nagyon jelentős késleltetést jelent.

```
13:59:21.916 Solicitation sent.  
13:59:21.966 Advertisement received.  
13:59:21.967  
13:59:22.848427 eth1 > 10.100.3.4.1038 > 195.228.139.83.434: udp 46  
13:59:22.852 Registration request sent.
```

5. ábra. Implementációs késleltetés illusztrációja

Szemben a korábbi fejezetekben vizsgált, és a bázisállomás-váltás lényegéhez tartozó, elkerülhetetlen késleltetésekkel, az 5. ábrán illusztrált implementációs késleltetés kizárólag az implementáció belső működésének tulajdonítható. Így ez a késleltetés más megvalósításokban elvileg kiküszöbölhető. Az implementációs késleltetés hatása akkor jelentős, ha a többi késleltetés kicsi, így a mi méréseinkben is csak a felszólító, tehát leggyorsabb algoritmusunknál lehetett megfigyelni. Hatását például a 4. ábrán a *felszólító* algoritmushoz tartozó görbe egyenetlensége mutatja.

5. Összegzés

Cikkünkben egy vezeték nélküli Mobile IP hálózaton mértük a bázisállomás-váltások hatását az alkalmazásokra. Elsősorban arra voltunk kíváncsiak, hogy a mobil számítógép mozgása milyen hatással van a folyamatban levő TCP adatkapcsolatokra. Ennek megállapításához egy kísérleti hálózatban periódikusan mozgatott számítógép adatkapcsolatait figyeltük meg, illetve mértük az elérhető átviteli sebességet.

Három különböző algoritmust vizsgáltunk, melyek a bázisállomás-váltás döntési szakaszának idejét befolyásolják. Az időzítéses, a mohó és a felszólító algoritmusok egyaránt a bázisállomások által periódikusan kibocsátott beacon üzeneteket használják fel, de különböznek egymástól abban, hogy a mobil számítógép mikor dönt a bázisállomás-váltásról. Méréseinkkel kimutattuk, hogy az alkalmazásokra gyakorolt zavaró hatás az időzítéses algoritmus esetén a legnagyobb, és a felszólító algoritmus esetén a legkisebb. Ezt az eredményt a gyakorlatban a megfelelő algoritmus kiválasztásakor figyelembe kell venni. Megfigyeltük továbbá, hogy a

leggyorsabb algoritmus használata esetén már a mobilitást kezelő programok belső késleltetése is számottevő. Ez az észrevételünk felhívja a figyelmet ezen programok optimalizálásának fontosságára.

Hivatkozások

- [1] Charles Perkins ed.: *RFC 2002*, <http://www.ietf.org/rfc2002.html>
- [2] Zömbik L., Barta J., Valkó A.: *A mobil Internet hozzáférés fejlődése*, Magyar Távközlés, 11. évf., 2. szám, 5.-8. o., 2000 február.
- [3] P. McCann, T. Hiller, J. Wang, A. Casati, C. Perkins, P. Calhoun: *Transparent Hierarchical Mobility Agents*, Internet Draft, March 1999.
- [4] R. Ramjee, T. La Porta, S. Thuel, K. Varadhan: *IP micro-mobility support using HAWAII*, Internet Draft, July 2000.
- [5] A.T. Campbell, J. Gomez, C-Y. Wan, S. Kim, Z. Turányi, A. Valkó: *Cellular IP*, Internet Draft, January 2000.
- [6] Jim Geier: *Wireless LANs. Implementing Interoperable Networks*, Macmillan Technical Publishing, 1999.
- [7] Sun Microsystems: *Solaris Mobile IP*, <ftp://playground.sun.com/pub/mobile-ip>
- [8] R.H. Katz, H. Balakrishnan, V.N. Padmanabhan, S. Seshan: *Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links*, IEEE/ACM Trans. on Networking, December 1997.