

# IPv6 kapcsolatok elemzése mobil WiFi környezetben

Gál Zoltán, [zgal@cis.unideb.hu](mailto:zgal@cis.unideb.hu)  
Karsai Andrea, [kandrea@fox.unideb.hu](mailto:kandrea@fox.unideb.hu)  
Orosz Péter, [oroszp@delfin.unideb.hu](mailto:oroszp@delfin.unideb.hu)

Debreceni Egyetem Informatikai Szolgáltató Központ (DISZK)

## 1. Bevezetés

Az Internet2 legjelentősebb előnyeként említhető az IPv6 feletti szofisztikált mobil szolgáltatások megjelenése és elterjedése. Izgalmas felhasználói és szakmai kérdéskörnek fogalmazódik meg a mobilitás hatásának mértéke a TCPv6, UDPv6 protokollokra épülő szolgáltatások viszonylatában. Ahhoz, hogy ebben a témában a minőségi válasz mennyiségi jellemzőkkel is érzékeltethető legyen, szükséges olyan összehasonlító mérések elvégzése, amelyek előtérbe helyezik az IPv4 és IPv6 technológiák közötti különbségeket mobil környezetben. A szolgáltatások működőképességének biztosítása a csomópont fizikai mozgása közben olyan igény, amely a korszerű hálózatok igény-palettáján joggal jelenik meg. A vezeték nélküli IP telefónia, a vezeték nélküli laptop és a PDA számítógépek fejlődése erőteljesen ebbe az irányba mutat. A vezeték nélküli LAN-ok mobilitás tulajdonsága újabb hasznos eredményekhez vezet: i) *innovatív alkalmazás fejlesztés*: vészjelzések, üzenetek küldése, folyamatos hálózati kapcsolatban álló munkafolyam rendszerek megjelenése; ii) *hatékonyság és termelékenység növekedés*: a folyamatos hálózati kapcsolódás lehetővé teszi a munka bárhonnani elvégzését időkiesés nélkül; iii) *adatok megnövelt hitelessége*: az adatok bármikor és bárhonnán elérhetők; iv) *rendelkezésre állás*: a felhasználó virtuálisan online kapcsolatban maradhat az otthonában, az utcán és a munkahelyén is.

Jelen anyagban a mobil WiFi hálózaton kommunikáló IP terminálok különböző alkalmazásainak mennyiségi összehasonlítását mutatjuk be, magyarázatot adunk a tapasztalt jelenségekre és következtetéseket vonunk le a várható fejlesztési igényekre vonatkozóan.

## 2. Mobil adatátvitel

Mint ismeretes, az IP protokoll v4 és v6 verziója a hagyományos rögzített, huzalos hálózati kommunikáción túlmenően képes ellátni mobil funkciókat is. A vezeték nélküli adatátviteli kapcsolatok a hálózati réteg számára ugyancsak képesek biztosítani a keretek továbbítását. Ezáltal az IP protokoll verziójától függően a szállítási rétegben működő szolgálatok részére kisebb vagy nagyobb mértékben történik az alsóbb rétegek viselkedésének figyelembe vétele.

Az IP protokoll mobil funkciója arra vonatkozik, hogy a terminál kommunikáció közben elmozdul fizikai helyéről, minek következtében megváltozik a hármass rétegbeli hálózati környezete. Ehhez a meglátogatott új helyszínen egy "foreign agent" funkció betöltését biztosító útválasztó egy IP feletti IP alagút segítségével továbbra is kapcsolatban áll a „home agent”, eredeti útválasztóval [1]. Ezáltal a mozgó terminál az új helyszínen továbbra is képes kommunikálni. Fontos kérdés, hogy az "agent" processzek közötti interakció mennyire gyors, illetve milyen további terhelést okoz a hálózaton. Az IP protokoll v4 és v6 verziója ebből az aspektusból is lényegesen eltérő viselkedést mutat. Ezen tulajdonságokat az alábbi táblázatban soroljuk fel:

1. Táblázat

Megkülönböztető tulajdonságok	Mobil IPv4	Mobil IPv6
Speciális útválasztó funkció (foreign agent)	Igen	Nem
Útvonal optimalizálás készség	Protokoll része	Kiterjesztés
Szimmetrikus elérhetőség az MT és útválasztója között az aktuális helyen	Nem	Igen
Útválasztási forgalom (overhead) sávszélesség igénye	Sok	Kevés
Lekapcsolódás az L2 rétegről	Nem	Igen
"Tunnel soft" állapot kezelés igénye	Igen	Nem
"Dynamic home agent" cím felfedezés	Nem	Igen

A vezeték nélküli adatkapcsolatok esetén lehetőség van arra is, hogy a mobil terminál ugyanabban az üzenetszórás tartományban maradjon, vagyis a terminál IP címének változása nélkül módosuljon a forgalmazott keretek útvonala. Ez tipikusan az L2 roaming esete, amikor a mobil terminál úgy vált bázisállomást, hogy csak az adatkapcsolati eszközök CAM táblájának tartalma

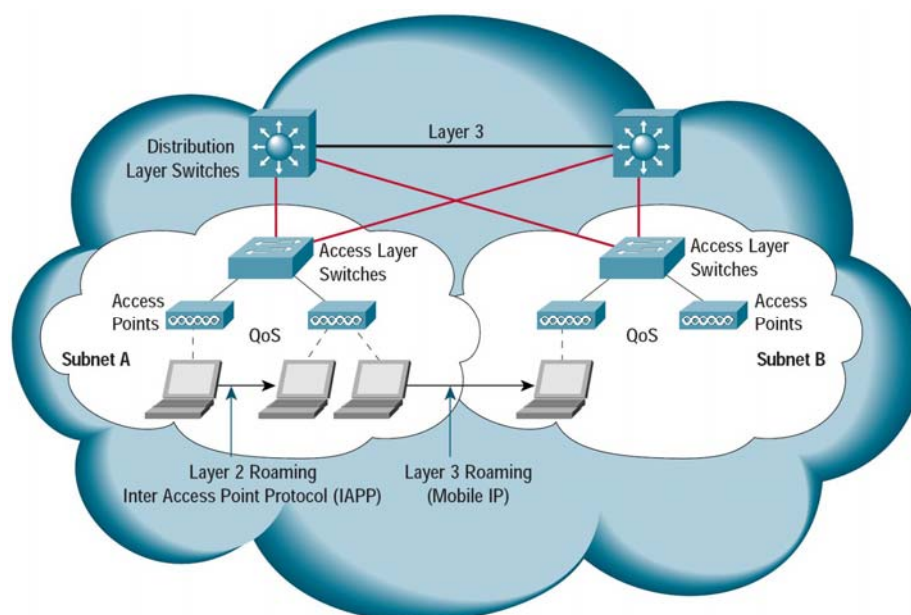
módosul. A cikk valós kültéri mobil WiFi rendszer környezetben egy mozgó járműben elhelyezett terminál által generált rádiós cellaváltás alatt bekövetkező roaming folyamat IPv4, illetve IPv6 kapcsolatokra kifejtett hatását vizsgálja meg.

2. Táblázat

		Protokoll	
		IPv4 / IPv6	Mobil IPv4 / Mobil IPv6
Hálózat	Vezetékes	√	√
	Vezeték nélküli	√	√

### 3. Roaming mechanizmusok

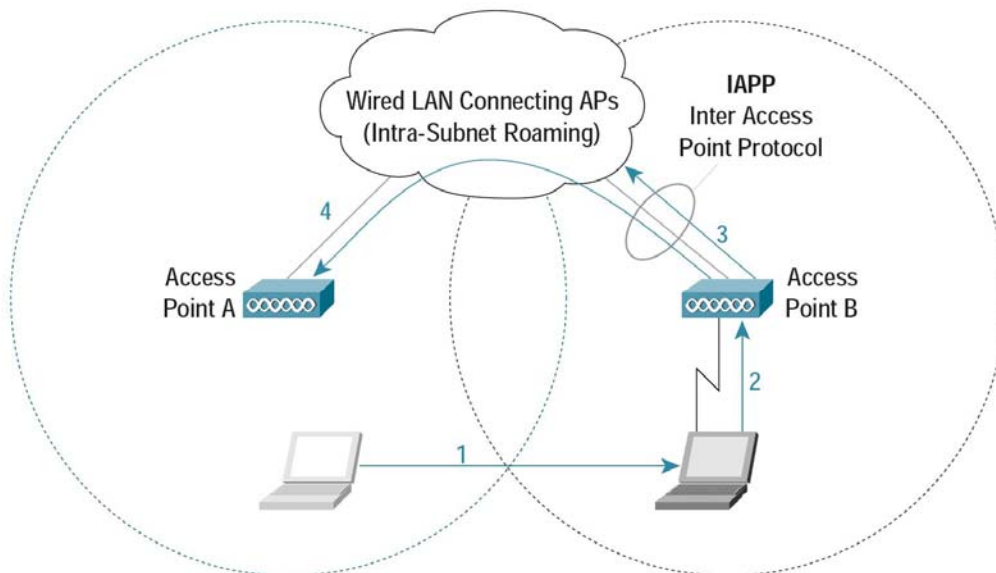
A vezeték nélküli LAN-ok lehetővé teszik, hogy a csomópontok a vállalati hálózathoz virtuálisan kapcsolódjanak. A cellaváltás (roaming) olyan időben lejátszódó folyamat, amely során a mobil terminál egyik kiszolgáló AP-bázisállomástól egy másik AP-ra csatlakozik rá. Adatkapcsolati (L2) roamingról beszélünk, ha a folyamat azonos alhálózatba tartozó AP-k között történik (1. ábra.).



1. ábra. Az L2 és az L3 roaming

Ha a terminál másik alhálózatba tartozó új AP-hoz csatlakozik, akkor hálózati (L3) roamingról beszélünk. Hálózati cellaváltás az adatkapcsolati roaming sikeres lezajlása után következhet be[2]. A cellaváltás mindig a terminál döntésén alapul, amelynek feladata a lehetséges bázisállomások felderítése, az ezekhez tartozó paraméterek értékelése, majd a szóbajövő cellák közül az új kiválasztásának eldöntése. Az adatkapcsolati cellaváltás az alábbi fázisokat foglalja magába:

1. A terminál az "A" cellából elmozdul a "B" cellába. A bázisállomások ugyanabban az alhálózatban vannak, így L2 roamingról beszélünk. Ahogy a terminál kilép az "A" cellából, az AP<sub>A</sub> bázisállomással fennálló kapcsolat paraméterei közül valamelyik átlépi a megadott küszöbértéket, s ez kiváltja a roaming folyamat indítását.
2. A kliens végigemezi az összes IEEE 802.11-es csatornát, lehetséges bázisállomást keresve. Megtalálja az AP<sub>B</sub>-t, lezajlik a fizikai rádiós csatornán a hitelesítés és az asszociáció folyamata.
3. Az AP<sub>B</sub> a kliens alhálózatába egy nulla tartalmú multicast üzenetet küld, amelynek forrás fizikai címe éppen a mobil terminál címével egyezik meg. Ez alapján a huzalos LAN hálózatban található switch-ek frissítik kapcsolási táblájukat. Így a terminálnak címzett Ethernet keretek ezután nem az AP<sub>A</sub>, hanem az AP<sub>B</sub> bázisállomáshoz kerülnek.
4. Az AP<sub>B</sub> a saját forrás MAC címével küld egy multicast üzenetet, amelyben értesíti az alhálózat összes bázisállomását arról, hogy az adott MAC című terminál hozzá asszociált. Ahogy az AP<sub>A</sub> ezt megkapja, törli a mobil terminál MAC címét az asszociációs táblájából.



2. ábra. Az L2 roaming lépései

A roaming folyamatot mindig a kliens kezdeményezi, de a folyamatra vonatkozóan még nem létezik IEEE szabvány[7]. A Cisco gyártmányú terminálok esetében az alábbi események váltják ki a roaming folyamat indítását:

a.) *Maximális csomagküldés próbálkozási szám átlépése.* Ha a kliens a maximum data retry-ként megadott számú próbálkozás után sem tudja a csomagot elküldeni, elindítja a roaming folyamatot. A Cisco Aironet kliensben ez az érték alapértelmezés szerint 16, és az Aironet Client Utilityben állítható.

b.) *Túl sok „bacon” kihagyása.* Minden, bázisállomáshoz társított kliensgép periodikusan kap „bacon” keretet. Alapértelmezésben 100 milliszekundumonként küld „bacon”-t a bázisállomás. Ez a periódus egyben konfigurációs paraméter is. A terminál a „bacon”-ben található érték alapján megtanulja annak periódusát. Amennyiben a terminál nyolc periódus ideig nem kap „bacon”-t, kezdetét veszi a roaming folyamat. A beérkező „bacon”-ök folyamatos figyelésével - még egy „idle” állapotban levő kliens is - képes érzékelni a vezeték nélküli kapcsolat minőségének romlását, majd pedig roaming-ot kezdeményezni.

c.) *Átviteli ráta váltása.* Normál esetben a rádiós keretek átvitele a bázisállomás alapértelmezett adatátviteli sebességével történik. Ez a ráta a legmagasabb átviteli sebesség, amelyet „required” vagy „enable” paraméterként lehet az AP-n beállítani. Minden olyan alkalommal, amikor egy csomagot alacsonyabb sebességgel kell újraküldeni, a „retransmit” számláló hárommal növekszik. Minden olyan csomag esetében, amikor az alapértelmezett átviteli sebességgel sikerült a továbbítás, ez a számláló eggyel csökken egészen addig, amíg a nulla értéket el nem éri. Amennyiben a számláló eléri a 12-es felső határt, az alábbi események valamelyike következik be: - ha a kliens nem hajtott végre cellaváltást az elmúlt 30 másodpercben, akkor bekövetkezik a gyors cellaváltás (fast roaming); - ha az említett időn belül *roaming*-ot hajtott vége, akkor eggyel alacsonyabb fokozatra csökkenti az átviteli rátát. Az alapértelmezett átvitelnél alacsonyabb rátájú sikeres átvitel esetén, egy rövid idő elteltével ismét visszaugrik az eggyel magasabb sebességű üzemmódba.

d.) *Periódikus kliens intervallum (opcionális).* A Cisco Aironet v6.1-től kezdve konfigurálni lehet, hogy a mobil terminál milyen gyakorisággal, illetve milyen jelerősség mellett keressen jobb vételi minőségű bázisállomást. Ezekkel a beállításokkal a terminál egy jobb térerejű bázisállomást fog keresni feltéve, hogy az alábbi feltételek mindegyike teljesül:

- A terminál már legalább 20 másodperce asszociált az aktuális AP-hoz. Ez a feltétel megakadályozza, hogy a kliens túl gyorsan kapcsoljon a bázisállomások között. Érvényes értékek 5-255 másodperc.

- A térerősség 50%-nál gyengébb. Érvényes intervallum: 0-75%-ig.

e.) *Kliens inicializáció.* A terminál bekapcsolásakor és újraindításakor lezajló folyamat.

A roaming folyamathoz új bázisállomás keresése szükséges[3]. Ennek érdekében a terminál a rádiós csatornákon scan technika segítségével meghatározza az elérhető bázisállomások listáját, amelyből a

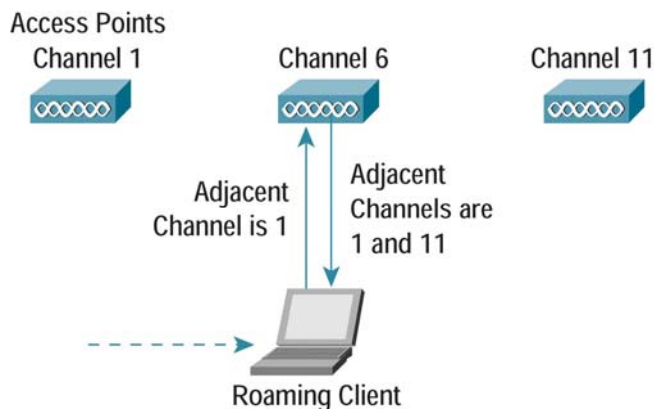
legjobbat választja ki. A scan technika csatornánként egy-egy „probe” teszt üzenet küldését jelenti, amire „probe” válasz vagy „bacon” érkezik a csatornán üzemelő bázisállomástól. Az AP-tól érkező „bacon”-öket csak akkor veszi figyelembe a kliens, ha az SSID és a titkosítási beállítások megegyeznek.

A keresés befejezése után a listából kiválaszt egy bázisállomást, hogy az elérési paramétereit összehasonlítsa a lista többi tagjával. Ha a terminál kezdeti „start-up” fázisban van, akkor az új AP a listában elsőként szereplő tag lesz; ha a terminál roaming fázisban van, akkor az új AP a korábbi marad amennyiben válaszolt a teszt „probe” keretekre. Válasz hiánya esetén a lista első tagja lesz az új AP.

Az aktuális AP a lista többi elemével összehasonlításra kerül. Ahhoz, hogy egy tag új AP lehessen, minden listabeli AP-nak az alábbi szempontokak kell teljesítenie: 1.) A potenciális cél AP jelerőssége legalább 20%. Ha a térerő több mint 20%-kal gyengébb, mint az aktuális AP térereje, akkor legalább 50% jelerősséggel kell rendelkezzen. 2.) Ha a potenciális cél AP repeater módban van, és több rádió hop-ra van a gerinchálózattól, mint az aktuális AP, akkor 20%-kal nagyobb jelerőssége kell, hogy legyen, mint a jelenlegi AP-nak. 3.) A potenciális cél AP-nál a küldő egység terheltsége maximum 10%-kal lehet nagyobb, mint a jelenlegi AP esetén. A terminál a felsorolt alapkritériumoknak megfelelő bázisállomásokot összehasonlítja a jelenlegi bázisállomással. Ha egy elfogadott AP teljesít egyet az alábbi feltételek közül, akkor azt a terminál új, aktuális AP-nak választja, majd a lista többi AP-ját már ehhez az újonnan választott AP-hoz hasonlítja a továbbiakban: a jelerősség 20%-kal nagyobb, mint az aktuális bázisállomásé; kevesebb hop távolság a gerinchez; legalább négyvel kevesebb a kapcsolódott kliensek száma, mint a jelenlegi AP esetén; legalább 20%-kal kisebb a küldő egység terheltsége.

A 12.2.(11)JA IOS verziótól kezdődően a Cisco „fast secure roaming” implementáció két újabb lehetőséggel bővült: egyrészt növelt hatékonyságú a 802.11-es csatornakeresés a fizikai roaming alatt, másrészt hatékonyabb újra hitelesítési mechanizmus jelenik meg, amely fejlett titkosító kulcs menedzsmentet alkalmaz. Függetlenül az alkalmazott biztonsági módszertől, a hatékonyabb csatornakeresés gyorsabb L2 roaming-ot tesz lehetővé.

Az újrathitelesítés hatékonyságát növelő kulcs menedzsment felgyorsítja a Cisco LEAP hitelesítési



3. ábra. A fast roaming csatorna keresése

folyamatot, így a roaming rövid idő alatt és biztonságosan zajlik le. A Cisco terminálokon és bázisállomásokon az IEEE 802.11 csatornakeresés alapértelmezés szerint egyaránt engedélyezett.

A „fast secure roaming”-ot egy csatornakeresés előzi meg. A 12.2(11)JA előtti IOS verziók esetén a kliensnek 37 ms-ot vett igénybe egy rádiócsatorna ellenőrzése, ami a magyar szabványok szerinti 13 csatorna esetén összességében 481 ms-ot jelent. A kliens minden egyes csatorna esetén az alábbi lépéseket hajtja végre: miután a terminál rádiós hardvere

ráhangelődik az adott WLAN csatornára, figyel hogy elkerülje az ütközést, majd „probe” keretet küld és várja a „probe response” vagy a „bacon” jelzést. A fast secure roaming esetén hatékonyabb a csatornakeresés: az újrathitelesített kliens informálja az új AP-t a korábbi AP-val való kapcsolat elvesztése óta eltelt időről, a csatornaszámról, és az SSID-ről. Ezeket az információkat felhasználva, az új AP felépít egy listát a szomszédos bázisállomásokról, és az általuk használt rádiócsatornákról. Ha a szomszédos AP-król információt szolgáltató mobil terminál több, mint 10 másodperce kapcsolódott le az előző AP-ról, akkor az általa küldött információkat nem veszi figyelembe az új AP. A bázisállomások maximum 30 szomszédos AP-ról tárolnak információt. Ez a lista egy egynapos periódus alatt elévül. Amikor a terminál asszociál egy AP-hoz, az új bázisállomás unicast csomagban visszaküldi számára a szomszédos AP-k listáját.

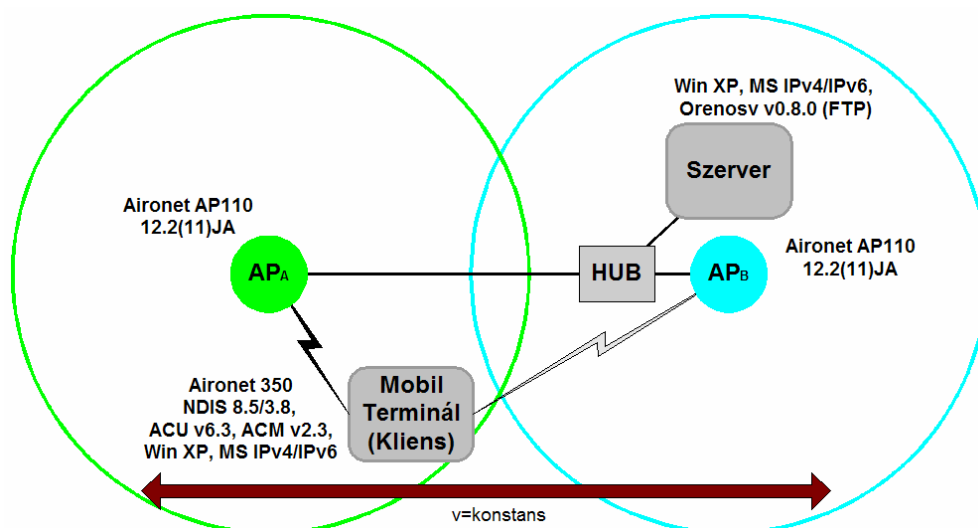
Ha a kliensnek roaming-ot kell végrehajtania, megvizsgálja az aktuális AP-tól kapott listát, és csak azokat a rádiócsatornákat ellenőrzi, melyeket a szomszédos bázisállomások valamelyike használ. A kliensállomás az elfoglaltságától függően az alábbi három roaming típus egyikét alkalmazza:

- *Normal roam*: a kliens nem kapott és nem küldött unicast csomagot az elmúlt 500 ms-ban. Nem használja az AP-tól kapott listát, ellenőrzi az adott térségben érvényes összes 802.11-es csatornát.
- *Fast roam*: a kliens kapott vagy küldött unicast csomagot az elmúlt 500 ms-ban. A szomszédos AP-k által használt csatornákat ellenőrzi. Ha nem talál új AP-t a lista alapján, akkor átvizsgálja az összes csatornát. A kliens 75 ms-ra korlátozza a keresési idejét, ha legalább egy jobb AP-t tudott találni.
- *Very fast roam*: a kliens kapott vagy küldött unicast csomagot az elmúlt 500 ms-ban, és nullánál nagyobb százalékkal növeli az adott cella terheltségét. A többi esemény a „fast roaming”-gal megegyező kivéve, hogy jobb bázisállomás találata esetén a keresés azonnal befejeződik.

A méréseinkhez olyan eszközparkot használtunk, amely a fenti három roaming típus bármelyikét végre tudja hajtani.

#### 4. Mérési környezet

Az IPv4 és IPv6 protokollok viselkedését mobil környezetben úgy vizsgáltuk, hogy egy kültéri teszt WiFi rendszert állítottunk össze. Ez IEEE 802.11b szabvány szerint működő két darab egymástól 100 méteres távolságon huzalos Ethernet kapcsolattal összekötött bázisállomásból és egy mobil terminálból (kliensből) állt. Mint ismeretes a 11 Mbps-os WiFi szabvány is támogatja a roaming funkciót. Ugyanakkor a vezeték nélküli adatátvitel sebessége erőteljesen függ a bázisállomás és a kliens közötti távolságtól. A mobil WiFi terminál mozgás közben közeledik, majd távolodik a bázisállomástól.

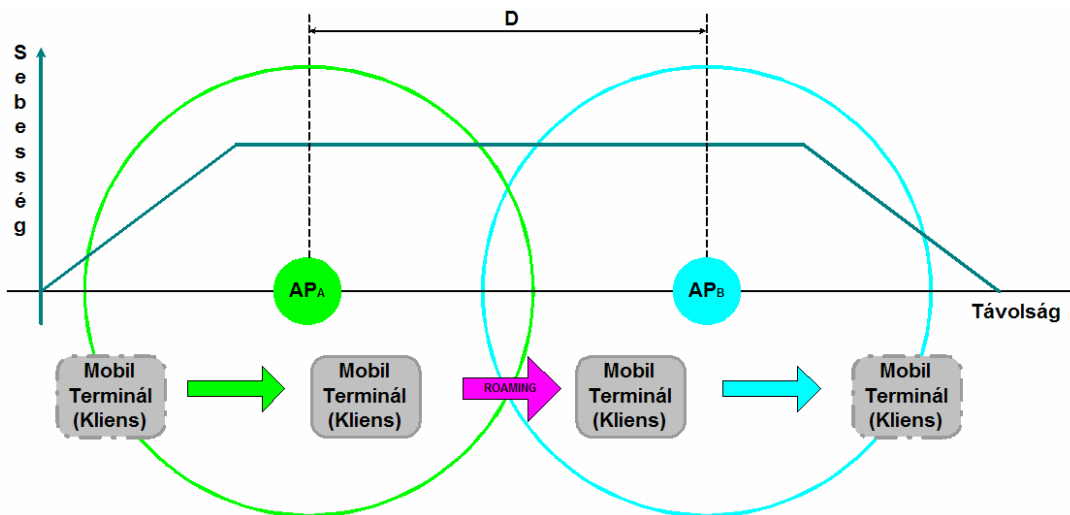


4. ábra. A mérési környezet

Ez az adatkapcsolati rétegben az átviteli sebesség automatikus váltását okozza a 0:1:2:5,5:11 Mbps-os értékek között. Alapértelmezés szerint roaming esetén 11:5,5:2:1:0:1:2:5,5:11 Mbps-os sebességértékek mellett történik az átvitel. A mi esetünkben az átviteli sebességet 11 Mbps-ra rögzítettük, ezáltal a térerő változása kényszerítette a terminált a roaming kezdeményezésére.

A szállítási réteg különböző protokolljainak viselkedését figyeltük, miközben a mobil terminál egy autóban - a roaming idején konstans sebességgel - mozgott a bázisállomások közötti iránnyal párhuzamos útvonalon. A szerver oldalon az Ethereal snoop programot futtattuk, amely az adatkapcsolati réteg minden egyes keretét időbélyeggel letárolta és további analízisra adott lehetőséget. Roaming idején az adaforgalom iránya fontos, hiszen a huzalos (down) vagy a vezeték nélküli (up) oldalon a roaming miatt pufferelést végzése szükséges, ami szignifikánsan befolyásolja a TCP kapcsolatok működését.

Az ICMP üzenetek méretét úgy választottuk meg, hogy a spay ping esetén 64 bájt, 1500 bájt, illetve 32 Kbájt méretű legyen az adatkapcsolati keret mérete. Ennek jelentősége a minimális, maximális keretméret (MTU), illetve az IP csomag szegmentálásánál van. Az autó sebessége a két bázisállomás közötti szakaszon konstans volt és a lakott területen szokásos értékek szerint közlekedtünk (10 Km/h, 30 Km/h, 50 Km/h).



5. ábra. A roaming folyamata

3. Táblázat

Paraméterek	
Bázisállomás	Cisco Aironet AP1120
Mobil Terminál	Cisco Aironet 350 Series
AP IOS (1 mW)	12.2(11)JA
MT és szerver OS	Windows XP
MT Radio Firmware (1 mW)	Win/NDIS Driver 8.5/3.8, ACU v6.3, ACM v2.3
FTP szerver (IPv4/IPv6)	Orenosv v0.8.0

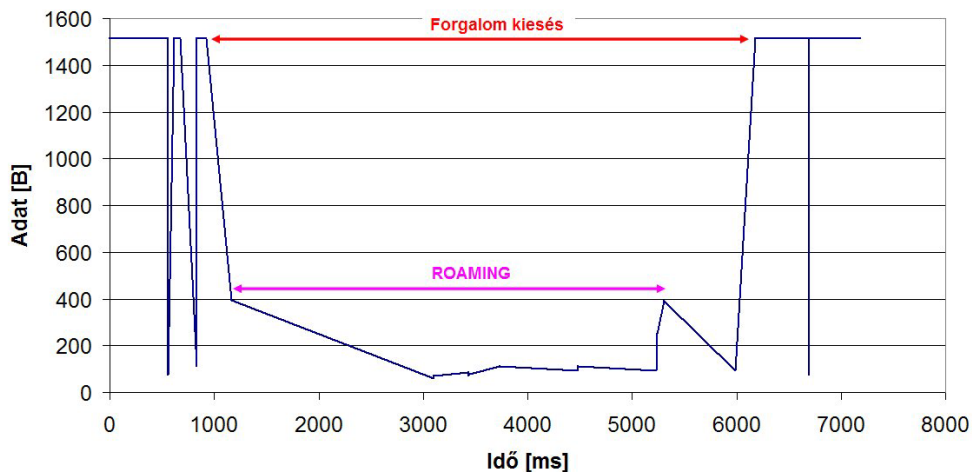
4. Táblázat

Független mérések	
L4 protokollok	TCP (FTP), UDP (Spray)
L3 protokollok	IPv4, IPv6
TCP forgalom	MT->Szerver (Up) Szerver->MT (Down)
UDP üzenet [B]	18, 1472, 31970
Sebesség [Km/h]	10, 30, 50
D(AP_A, AP_B)	100 m

## 5. Mért jellemzők, értelmezés

A capture programmal vételezett keretsorozatból értelmezni lehet a roaming folyamat jelzését, valamint a szállítási réteg forgalmát. Ezáltal mérhetővé vált a roaming  $R[ms]$ , illetve az ebből származó forgalom kiesés  $T[ms]$  időtartama.

### UDP (Keret=1472 B, $v=30$ Km/h)

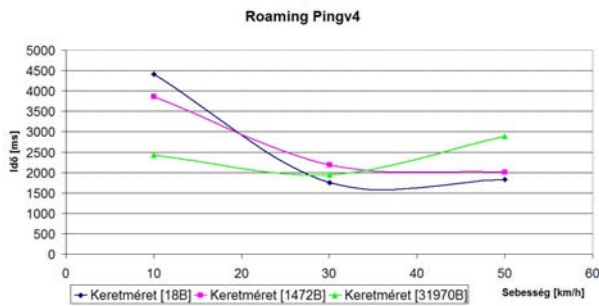


6. ábra. Mért paraméterek ( $R[ms]$ ,  $T[ms]$ )

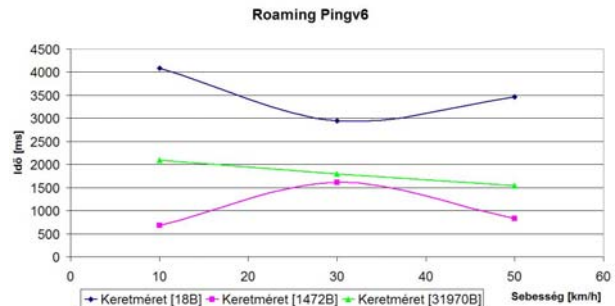
A TCP kapcsolatok „Slow Start” és „Windowing” algoritmusai alapján valósul meg a nagyméretű fájlok továbbítása FTP-vel. Az adatkapcsolati réteg átviteli sebességének változása a window méretének szabályozását teszi szükségessé. A WiFi átviteltechnika roaming fázisának időtartama erőteljesen befolyásolja a TCP hatásfokát. Az UDP átvitel a jellegéből adódóan sokkal alkalmazkodóbb természetű. Másodpercenként 100 csomagot küldtünk a spray ping segítségével,

amely a csomagmérettől (64 bájt, 1500 bájt, 32 kbájt) függően a rádiós csatornát 0,93%, 21,82%, illetve 100%-ig tehelte. A mért paraméterek alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- Ethernet alapértelmezett MTU alatti keretméret (1500 bájt) esetén az ICMPv4 roaming ideje csökken a sebességgel, míg MTU feletti keretméret esetén ugyanez növekvő tendenciát mutat. Szegmentációnál több időbe telik a csomagok sorrendjének visszaállítása. Az ICMPv6 roaming ideje minden keretméret esetén gyakorlatilag csökken a sebességgel. Ez az IPv6 közegérzékelő tulajdonságának tulajdonítható.

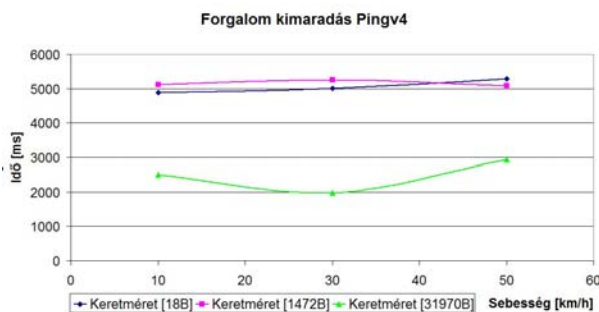


7. ábra. Roaming keretméret függése ICMPv4 esetén

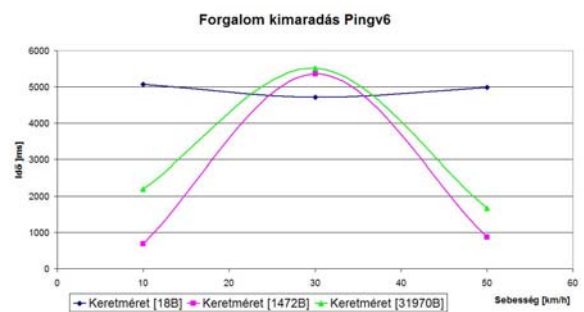


8. ábra. Roaming keretméret függése ICMPv6 esetén

- Ethernet alapértelmezett MTU keretméret alatt az ICMPv4 forgalom kimaradása a sebességtől független, de a szegmentáció az időkéssletetést csökkenti. A látszólag ellentmondásos hatás a csatorna folyamatos terhelésével magyarázható. Az ICMPv6 esetén erőteljes ingadozás tapasztalható a sebesség függvényében. Ennek oka az IPv6-nak az L2 rétegtől való lekapcsolódása miatt adódik. Ezt a lekapcsolódást az IPv4 nem teszi meg, így kevésbé érzékeny az ICMPv4.

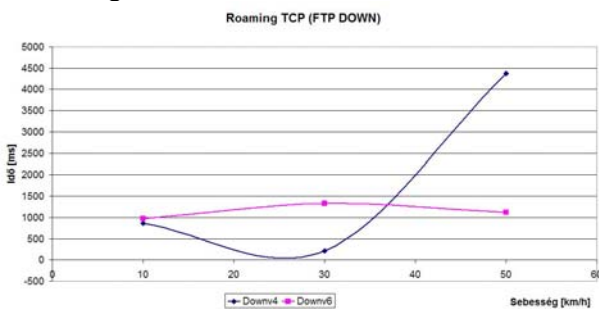


9. ábra. Roaming hatása az UPDv4-re

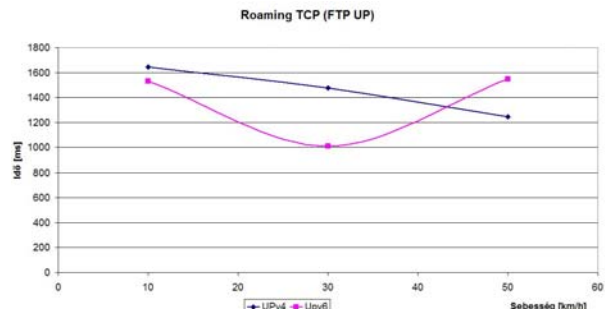


10. ábra. Roaming hatása az UPDv6-ra

- A forgalom kimaradás ICMPv4 esetén másfél másodperccel, ICMPv6 esetén pedig csak egy másodperccel hosszabb, mint a roaming időtartama. Kis keretméret esetén kevésbé függ a sebességtől az ICMP forgalom kimaradása, míg nagyobb keretméretek esetén csak az ICMPv6 érzékeny a sebességre.



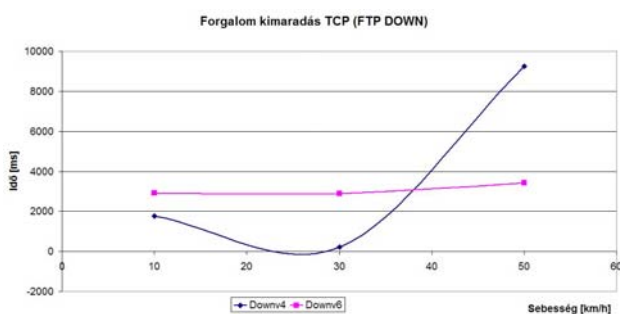
11. ábra. Roaming TCP letöltésnél



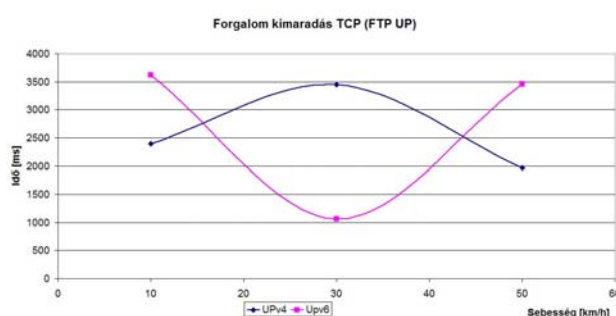
12. ábra. Roaming TCP feltöltésnél

- A forgalom kimaradás TCPv6 esetén független az adatfolyam irányától. TCPv4 esetén azonban a letöltés szignifikánsan nagyobb adatkiesést szenved, mint a feltöltés esetén. Ez abból adódik, hogy a TCPv4 sokkal gyorsabban változtatja a window méretét, így letöltéskor sok adat elvész a régi bázisállomás irányába küldött jelentős mennyiségű keretszám miatt.

- A TCPv4 nagyobb window mérettel és lassúbb dinamikával dolgozik, míg a TCPv6 kisebb ablakméreteket alkalmaz és gyorsan szabályozza. Emiatt az TCPv6 jobban viseli a WiFi környezet roaming eseményeit, csökkentve ezáltal a forgalom kieséseket.



13. ábra. Roaming hatása a TCP-re letöltésnél



14. ábra. Roaming hatása a TCP-re feltöltésnél

- A TCPv4 forgalom kimaradása lefelé irányú adatforgalom esetén erőteljesen függ a mobil terminál mozgási sebességétől. Ötven kilométeres óránkénti sebességnél akár 9,2 másodperces kiesést is képes produkálni. Ez lehetetlenné teszi a gyors járművekből történő folyamatos kommunikációt. TCPv6 lefelé forgalomnál ez az érték gyakorlatilag független a mozgási sebességtől és 3,8 másodperc alatt marad. A TCPv4 forgalom kimaradása felfelé irányú adatforgalomnál kis mértékben módosul a terminál sebességével, míg ugyanez TCPv6 esetén jelentősen változik.

## 6. Összefoglalás

A mobil kliens bázisállomásokhoz viszonyított relatív sebessége és a roaming végrehajtásának kölcsönhatása jelentősen befolyásolja a TCP kapcsolatokat, miközben kevésbé hat az UDP átvitelre[5,6]. Az összehasonlító mérésekből statisztikai módszerekkel nyert eredmények lehetővé teszik, hogy valós képet kapjunk az IPv4 és az IPv6 mobil átvitel esetén tanúsított viselkedésére vonatkozóan, valamint választ kaphatunk arra a kérdésre, hogy valóban magasabb minőségű mobil adatátvitelt eredményez-e az IPv6 protokoll vezeték nélküli adatkapcsolati réteg fölött elődjéhez, az IPv4-hez képest. A hagyományos elektronikus alkalmazások az IPv4 protokoll „best effort” jellege miatt lassúbb átvitelt biztosítanak mobil WiFi környezetben, míg az IPv6 protokoll az alsóbb rétegekhez történő gyors adaptáció miatt hatékony átvitelt képes biztosítani. Az időérzékeny alkalmazások (IP telefon, videokonferencia, stb.) az IPv4 protokoll QoS korlátai miatt mobil WiFi környezetben nagy kieséseket szenvednek, így a minőség elfogadhatatlan. Az IPv6 gyors adaptációja miatt a kiesések kisebbek, ezért a jelenlegi mobil WiFi környezetben fast roaming esetén közel elfogadható minőségű infokommunikációs szolgáltatások használhatók[4].

A témával kapcsolatosan további elemzési lehetőség a lakott területen kívüli környezetben, nagyobb mozgási sebességgel haladó mobil terminálok (autópályán, vonaton) adatkommunikációs szolgáltatásainak minőségét befolyásoló tényezők feltárása és értelmezése. Egyértelműen körvonalazódik, hogy a vezeték nélküli kapcsolatok mobil funkcióinak kiaknázásához halaszthatatlan egyrészt a roaming folyamat gyorsítása, másrészt pedig az IPv6 feletti speciális alkalmazások kifejlesztése.

## Irodalom

- [1] Microsoft TechNet, The Cable Guy – Sept-2004 „Introduction to Mobile IPv6”: <http://www.microsoft.com/technet/community/columns/cableguy/cg0904.msp>
- [2] Charles E. Perkins *Sun Microsystems* “Nomadicity: How Mobility Will Affect the Protocol Stack“, <http://www.computer.org/internet/v2n1/nomad.htm>
- [3] Microsoft Corporation: “Understanding Mobile IPv6”, <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=f85dd3f2-802b-4ea3-8148-6cde835c8921&displaylang=en>
- [4] Ye Tian, Kai Xu, Nirwan Ansari: “TCP in Wireless Environments: Problems and Solutions”, *IEEE Radio Communications*, March 2005.
- [5] Gál Zoltán, Karsai Andrea: “Videokonferencia rendszerek minőségi garancia jellemzőinek elemzése”, *NetworkShop'2004 konferenciakiadvány*, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2004. április 5-7.
- [6] Zoltán Gál, György Terdik: “Multifractal Study of Wireless and Wireline Datane트워크s”, *8<sup>th</sup> International Conference on Advances in Communications and Control, Telecommunications/Signal Processing - Proceedings*, Crete, Greece, 25-29 June 2001.
- [7] Cisco Systems, Inc.: “Cisco Fast Secure Roaming” technical paper.