



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Híradástechnikai Tanszék

Mobil Távközlési és Informatikai Laboratórium (MC<sup>2</sup>L)

# FELHASZNÁLÓK MOZGÁSÁNAK HATÁSA A VEZETÉKNÉLKÜLI HÁLÓZATOK TELJESÍTMÉNYÉRE

Szabó Sándor

Ph.D. disszertáció téziszülete

Konzulens

Dr. Imre Sándor

BUDAPEST

2010 szeptember

© Szabó Sándor 2010

szabos@hit.bme.hu

# 1. Bevezetés

A mobil kommunikáció mindenapjaink részévé vált. Folyamatos kommunikációs csatornát biztosít a hangátvitel, valamint a sávszélesség igényes multimédia szolgáltatások számára is. A mobil távközlés súlypontja a hangszolgáltatástól a mobil, szélessávú adatátvitel irányába tolódik el, a multimédia adatforgalom mennyisége meghaladja a hagyományos áramkörkapcsolt beszédátvitelét.

A mobil szolgáltatók technológiai újításokkal – például a High Speed Packet Data (HSXPA) és az UMTS LTE (Long Term Evolution) – veszik fel a versenyt a növekvő adatforgalommal [1]. A cellaméret csökkentésével növelhető a szolgáltató rendelkezésére álló rádiócsatornák térbeli újrafelhasználása, és így a rádióhálózat kapacitása. Természetesen az átviteli sebesség mellett a kapcsolat minősége is fontos tényező az operátorok közötti versenyben.

Dolgozatom témája a mennyiség és a minőség közötti egyensúly megtalálása a mobil hálózatokban, elsősorban a következő három fő területre fókuszálva.

- A felhasználók mozgásának modellezése cellás mobil hálózatokban
- Gyűrű alapú beengedésszabályozás (Ring Based Call Admission Control) és gyűrűn alapuló mobilitás-kezelési algoritmus (Ring Based Mobility Management)
- Egy új, az IPv6 Anycast címosztályon alapuló mikro-mobilitási protokoll teljesítményanalízise

## 1 Kutatási célkitűzések

Kutatásom célja a cellás mobil rendszerek kapcsolatminőségének (Quality of Service) javítása a megfelelő mobilitásmodelleken alapuló, hatékony hívásengedélyezési algoritmusokkal, valamint az IPv6 új, anycast címosztályának használata mobilitás-kezelési feladatokra.

- A CAC algoritmusok hatékonyságának javítása az algoritmusok alapjául szolgáló mozgásmodellek pontosságának vizsgálatával és továbbfejlesztésével, valamint a gyűrűs elv alkalmazásával.

- Az IPv6 alapú hálózatokra hatékony mobilitás-kezelési megoldások kidolgozása, és az anycast alapú mobilitás-kezelési eljárás teljesítőképességének vizsgálata.

## 2 Kutatási módszertan

Fontos szempont a javasolt új módszerek összehasonlíthatósága az irodalomban publikált hasonló megoldásokkal, ezért a téma irodalmában találhatóakéhoz hasonló megfontolásokat és módszertant követtem. A munka első lépése az új módszereim vizsgálatához szükséges matematikai modellek lefektetése volt. Az analízis során Markov-láncokat, valamint a gráfelméleti eljárásokat használtam, segítségével az új eljárások összehasonlíthatóak az irodalomban található más megoldásokkal.

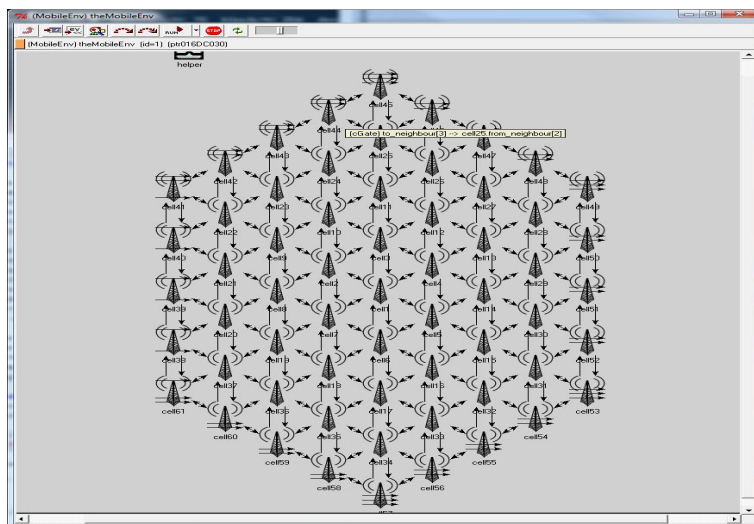
A matematikai analízis eredményeinek alátámasztására szimulációs környezetet használtam. Egy elterjedt, az irodalomban is alkalmazott diszkrét idejű szimulációs környezetet, a nyílt forráskódú OMNet++ szimulátort használtam [2]. Ily módon az eredmények közvetlenül összehasonlíthatóak az irodalomban korábban publikált eredményekkel, az egyedi fejlesztésű szimulációs rendszerek esetleges torzító hatása nélkül.

## 3 Új tudományos eredmények

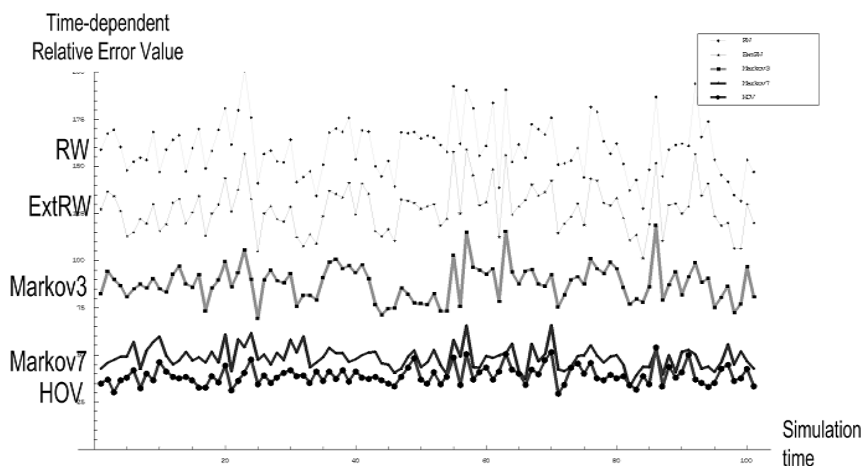
### 3.1 Felhasználók mozgásának modellezése cellás mobil hálózatokban

**1.1. tézis.** *Kidolgoztam egy kiterjesztést a Random Walk mobilitás modellhez (HOV), valamint egy három állapotú Markov modellt (M3), melyek segítségével pontosabban lehet előre jelezni a felhasználók mozgását, megtartva ugyanakkor a modellek egyszerűségét. A javasolt modellek pontosságát összehasonlítottam az irodalomban található más modellekkel. Az új modellek a cellában tartózkodási idő függvényében átlagosan 50-80 százalékkal pontosabbak, mint a Random Walk modell [ J2, J3, J4, C6, C7, C11, C18].*

A dolgozat első fejezetének témája a különböző mobilitásmodellek összehasonlítása a felhasználók mozgásának előrejelzése szempontjából. Kidolgoztam egy handover vektor (HOV) alapú kiterjesztést a Random Walk modellhez, és egy háromállapotú Markov modellt (M3). A célom lehetőleg egyszerű, de pontos modellek létrehozása volt. Az M3 modellt egy egydimenziós Markov modell kétdimenzióssá történő kiterjesztésével állítottam elő, a modell egyszerűségét az állapotok számának korlátozásával őriztem meg. A modell alapötlete, a rádiócella szomszédainak csoportosítása a leggyakoribb mozgási irányok alapján (balra mozgási, jobbra mozgási, és helyben maradási állapotok). Mobil felhasználók mozgásának előrejelzésére alkalmazva a két mozgásmodellt, összehasonlítottam pontosságát az irodalomban elterjedten használt más modellekével (2. ábra). A vizsgálatokhoz az OMNet++ szimulátort (1. ábra) használtam [2].



1. ábra Az OMNet++ alapú szimulációban használt teszhálózat



2. ábra. A különböző mobilitási modellek alapján történő becslések pontosságának összehasonlítása.

## 3.2 Gyűrű alapú beengedés-szabályozási (Call Admission Control) algoritmus

Kidolgoztam egy új, gyűrű alapú CAC algoritmust, és elemeztem a teljesítőképességét a dolgozat második fejezetében.

**2.1. tézis.** *Kidolgoztam egy RCAC nevű, új beengedés szabályozási algoritmust. Az RCAC a gyűrű alapú beengedés szabályozás (Ring Based CAC) rövidítése. Az RCAC algoritmus alapötlete a cellát várhatóan elhagyó, illetve a cellába érkező felhasználók figyelembe vétele a hívásbeengedési döntés meghozatalakor. [J1, C1, C2, C3].*

Az előrettekintő erőforrás lefoglaláson alapuló CAC algoritmus egy új hívás beérkezésekor ellenőrzi, hogy az adott rádiócellában rendelkezésre álló erőforrás (sávszélesség) elegendő-e a kapcsolat felépítéséhez és kiszolgálásához az adott pillanatban, valamint a mobil várható, közeli cellákban történő tartózkodási ideje alatt (Most Likely Cell-Time, MLCT) [3]. Az MLCT megadja azokat a cellákat, melyekben a mobil várhatóan a jövőben meg fog jelenni. Annak érdekében, hogy a híváseldobási valószínűség értékét biztosítani lehessen a hálózatban, ezekben a cellákban az adott időtartományban a mobil számára szükséges adott sávszélesség biztosítása szükséges. A híváseldobás valószínűsége és az optimális erőforráskihasználás közötti egyensúly biztosítása érdekében a beengedési küszöb adaptívan változtatható. Algoritmusom figyelembe veszi a rádiócellát körülvevő gyűrűkben történő mozgásokat, és ez alapján határozom meg az egyes mobilok számára szükséges erőforrás értékeket.

**2.2. tézis.** *Kidolgoztam egy analitikus modellt az RCAC algoritmushoz. A modell segítségével meghatározható a gyűrű optimális mérete [J1, C1, C2, C3].*

Felső korlátot adtam a központi cellát körülvevő első, második stb. gyűrűkből a központi cellába történő mozgás valószínűségére, a legkedvezőtlenebb, véletlenszerű mozgást feltételezve. Ebben az esetben a gyűrűt alkotó cellák handover vektorainak minden eleme egyenlő. Az eredmények felhasználásával megállapítható az RCAC algoritmus által használt, a központi cellát körülvevő megfigyelési gyűrű optimális mélysége.

Annak a valószínűségét ( $P_N$ ), hogy egy felhasználó az első, második, harmadik, stb. gyűrűkből eljusson a központi cellába, az (1) egyenlet adja meg, egyenletes felhasználói mozgásirányok feltételezése esetén.

$$P_N = 6N \cdot \prod_{i=0}^N \frac{2i-1}{6i}. \quad (1)$$

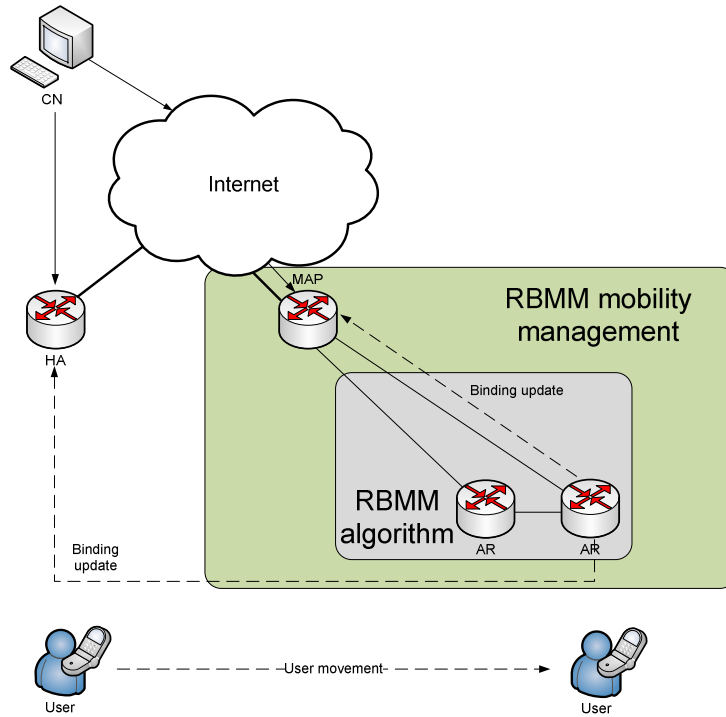
Amint látható, a központi cella elérésnek valószínűsége a gyűrű számának növekedésével csökken. Az eredmények alapján az RCAC algoritmus gyakorlati alkalmazásakor elegendő csak az első két gyűrűben tartózkodó felhasználók számát figyelembe venni. Az RCAC eljárás hatékonysága fokozható, ha a felhasználói mozgások irányítottságát is figyelembe vesszük a modellben, például a handover vektor alkalmazásával.

**2.3. tézis.** *Kidolgoztam egy gyűrű alapú mobilitás kezelő algoritmust, az RBMM (Ring Based Mobility Management) módszert. Szimuláció és analitikus módszerek segítségével vizsgáltam az RBMM eljárás teljesítményét és az egyes paraméterek hatását az algoritmus működésére.*

Az RBMM protokoll működése a HMIPv6 protokollhoz [4] hasonlít, azonban bizonyos esetekben jobb teljesítményt nyújt. Az RBMM módszer működése a HMIPv6 részét képező MAP entitáson (Mobility Anchor Point) alapul. A MAP proxy feladatokat lát el a HA (Home Agent) számára. Ha a felhasználó belép az RBMM hálózatba, a HA és CN node-oknál regisztrálja magát. Az adott tartományon belüli, más alhálózatba történő átlépésnél csak a MAP entitást kell értesíteni, kisebb jelzésforgalmat eredményezve, hasonlóan a HMIPv6 működéséhez.

A tartományon belüli mozgásokat a rendszer elrejt a HA és a CN elől, a periodikus update üzeneteket a MAP számára küldi a felhasználó.

Az RBMM szintén gyűrűket használ, és a működése a HMIPv6 architektúrán alapul (3. ábra).



3. ábra Az RBMM mobilitás-kezelési protokoll működése

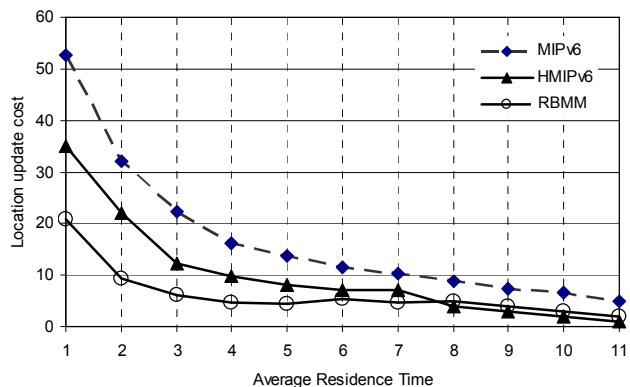
Az RBMM protokoll működését analitikus modell segítségével vizsgáltam meg, és a teljesítménymérő paramétereket – helyzetfrissítési jelzéseköltség és a MIPv6-hoz viszonyított jelzéseköltség-különbség – összehasonlítottam a (2) egyenlet alapján (4. ábra),

$$C_g = 2(\tau_1 + \tau_2(d_{AR-MAP} + d_{MAP-HA})) + 2N_{CN}(\tau_1 + \tau_2(d_{AR-MAP} + d_{MAP-CN})) + P_{HA} + P_{MAP} + N_{CN}P_{CN}, \quad (2)$$

ahol  $\tau_1$  és  $\tau_2$  az egységnyi átviteli költség a vezeték nélküli és a vezeték hálózatrészen,  $N_{CN}$  a mobil terminállal kommunikáló corresponding node-ok átlagos száma [5]. A modellben több távolságot is használatos a hálózati elemek közötti hop-szám jelölésére:

- $d_{AR-MAP}$  : átlagos hop-szám az AR és a MAP között,
- $d_{MAP-HA}$  : átlagos hop-szám a MAP és a HA között,
- $d_{MAP-CN}$  : átlagos hop-szám a MAP és a CN között,
- $d_{HA-CN}$  : átlagos hop-szám a HA és a CN között.





4. ábra A helyzetfrissítés jelzéseköltsége a cellában tartózkodás átlagos idejének függvényében.

### 3.3 Az Anycast alapú mikro-mobilitáskezelési módszer teljesítményelemzése

A mikro-mobilitás protokollok célja a hívásátadás (handover) során fellépő késleltetés, jelzést forgalom és csomagvesztés minimalizálása. A jelenlegi megoldások hierarchikus architektúrán alapulnak, a routing információfrissítés késleltetésének csökkentése céljából. A hierarchikus architektúra hátránya a hierarchia magasabb szintjein történő meghibásodásokkal szembeni érzékenység, és az alsó szinteken lévő hálózati csomópontok megnövekedett jelzést forgalma.

A társszerzőkkel közösen kidolgozott Anycast alapú mikro-mobilitás protokoll [C14] teljesítményelemzése a disszertációm harmadik fejezetének témája, a protokoll matematikai modellezésével és az optimalizálási lehetőségekkel foglalkozom. Magát a protokollt nem tartom saját eredményemnek, viszont a protokoll teljesítményelemzése és optimalizálása az én munkám. Az Anycast alapú megoldás nem érzékeny a hálózati csomópontok, vagy linkek hibájára, mivel nincs központi adatbázis: a routing információt elosztottan, a hálózati csomópontok frissítések útján terjesztik a hálózatban. Az Anycast alapú megoldás az IP protokoll filozófiájához illeszkedően decentralizált, független a rádiórétegtől, és nem jelent többlet jelzést forgalmat a rádiós interfészen. A routing információ terjesztése miatti többlet jelzést forgalom a vezeték hálózati részen arányos a mobil terminálok számával és a mozgásuk sebességével.

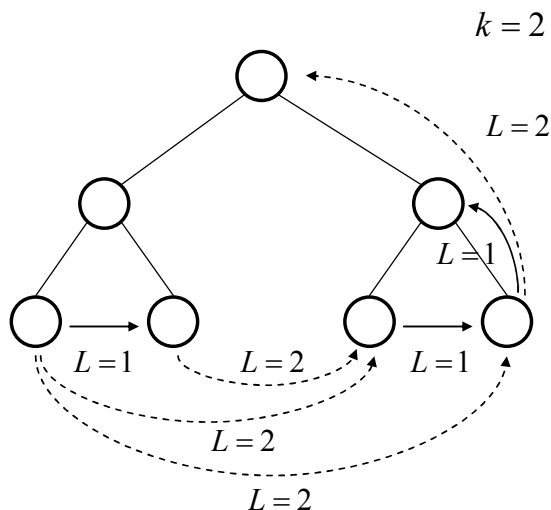
**3.1. tézis.** *Kidolgoztam egy analitikus modellt az Anycast alapú mikro-mobilitás-kezelési módszer teljesítményének vizsgálatához. A modell lehetővé teszi az Anycast alapú módszer teljesítményének közvetlen összehasonlítását más mikro-mobilitás-megoldásokkal, valamint az Anycast módszer működése szempontjából fontos paraméterek – például a maximális felhasználói sebesség és stabilitási feltételek – meghatározását. Kidolgoztam egy optimalizálási eljárást az Anycast alapú mikro-mobilitási módszer késleltetésének minimalizálására. [J8, C15, C16, C17].*

Az analízis megvizsgáltam során a topológiát, a jelentkező jelzésterhelést, valamint a cellaváltások során fellépő, különböző típusú késleltetéseket. Ehhez szükséges a különböző mélységű cellaváltások (handoverek) számának, a routing információ frissülési ütemének és a jelzésterhelésnek a meghatározása.

Egy  $j$  mélységű fában a lehetséges  $k$  mélységű handoverek számát (5. ábra) a  $k$ . szinten lévő access routerek és a felsőbb szinteken lévő routerek  $j=1, \dots, k-1$  összege adja meg, a (3) egyenlet szerint.

$$HO_{No}(k) = AR_{No}(k) \times \sum_{j=1}^{k-1} 2^j. \quad (3)$$

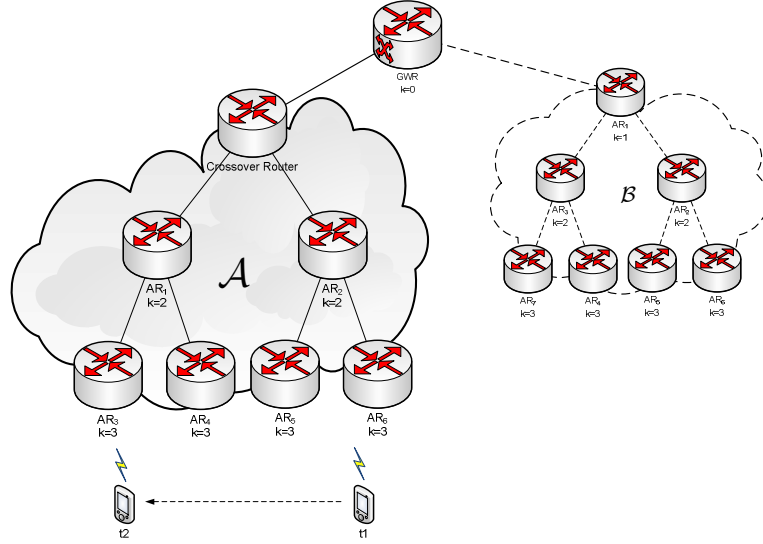
Az eredményekből látható, hogy a handoverek száma exponenciálisan növekszik, ezért célszerű a nagy mélységű handoverek számát minimalizálni a hálózatban.



**5. ábra.** A különböző mélységű cellaváltások számának eloszlása az Anycast alapú mikro-mobilitási modell hálózati fájában

A routing információ frissítése a 6. ábrán látható  $k$  mélységű fában *uplink* irányban az előző szintek  $k=1, \dots, n$  és az  $n$ . szint összegeként adható meg a (4) egyenlet alapján.

$$UR_{No}^{uplink} = \left( \sum_{k=1}^n 2^k - 1 \right) + 1 = \sum_{k=0}^n 2^k - (n+1) = \sum_{k=1}^n 2^k - n. \quad (4)$$



**Figure 6.** The involved subset of nodes in intra domain traffic

Célom a cellaváltások késleltetése és a konvergencia idő csökkentése a hozzáférési hálózat topológiájának a handover vektor (H) alapján történő optimalizálásával. A javasolt módszer szerint a nagy kölcsönös cellaváltási valószínűségekkel rendelkező cella párokat közös routerhez kell kapcsolni, a lehető legközelebbi hierarchiaszinten. A nagy mélységű – vagyis nagy késleltetéssel és a hálózat nagy részére kiterjedő routing információ frissítéssel járó – cellaváltások számát ezzel a módszerrel csökkenteni lehet. Az (5) képlet alkalmazásával meghatározható az egyes hálózati konfigurációk késleltetése.

$$\min \sum_k (HO_{No}(k)). \quad (5)$$

Egy  $k$ -mélységű fa összes késleltetése –  $d_{cumulative}$  – az összes,  $k$ -mélységű cellaváltások ( $HO_{No}(k)$ ) összegeként határozható meg, szorozva az adott,  $k$ -mélységű cellaváltások késleltetésével ( $D$ ), a (6) egyenlet szerint.

$$d_{cumulative} = \sum \frac{HO_{No}(k) \times (d_p + d_l)}{\sum AR_{No}(k)} = \sum \frac{HO_{No}(k)}{\sum AR_{No}(k)} \times D, \quad (6)$$

ahol  $D = (d_l + d_p) \times k = \prod_{i=0}^k (c-1)c^i$ , valamint  $d_l$  a link késleltetést jelenti,  $d_p$  a feldolgozási késleltetés és a  $k$ -mélységű routerek száma  $AR_{No}(k)$ .

## 4 Az eredmények alkalmazása

A mobilitásmodellezéssel kapcsolatos eredményeim a „BIologically inspired NETwork and Services” (BIONETS) [6] EU FP6 projekt keretében kerültek felhasználásra a különböző adattovábbítási algoritmusok analitikus és szimulációs vizsgálatában [C3, C4, C8, C9]. Az eredmények szintén alkalmazhatóak a hálózati öngyógyítás és önkonfigurálás területén is. A bázisállomás a mozgásmodelleken alapuló előrejelzések eredményeként kapott felhasználói számtól való jelentős eltérés esetén feltételezheti, hogy a rádiós egységével probléma van (öngyógyítás). A mozgásmodelleken alapuló előrejelzés eredményei alapján átkonfigurálhatja a bázisállomás a rádiós interfészét a csúcsidőszak alatt jelzett magasabb forgalom kiszolgálására (önkonfigurálás).

Az RCAC módszer előrettekintő algoritmusának alkalmazásával javítható a hálózat kihasználtsága, az igényelt QoS szint fenntartása mellett. A javasolt módszer mobil hálózati operátorok számára lehet hasznos: az RCAC módszer segítségével a mobil hálózat optimalizálható kapcsolatminőség (kevesebb eldobott hívás) és a hálózati kihasználtság szempontjából. Jelenleg az elméleti és a szimulációs eredményeim mobilhálózatból származó, valóságos adatok alapján történő igazolásán dolgozom.

Az Anycast megoldás analízise során alkalmazott módszertan hasznos lehet a távközlési operátorok számára az IPv4/IPv6 átmenet során. Az IPv6 terjedésével a módszertan kibővíthető más IPv6 alapú mobilitásmenedzsment megoldások vizsgálatára is. Tudtommal jelenleg nem található az anycast protokoll teljesítményelemzésével kapcsolatos elemzés, így az eredményeim új módon támasztják alá a javasolt Anycast alapú mobilitáskezelési algoritmus működőképességét és alkalmazhatóságát.

## Hivatkozások

- [1] Harri Holma (Editor), Antti Toskala (Co-Editor), "WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE, 4th Edition", ISBN: 978-0-470-31933-8, WILEY AND SONS, 2007
- [2] OMNet++, <http://www.omnetpp.org/>
- [3] Fei Yu, and Victor Leung, „Mobility-Based Predictive Call Admission Control and Bandwidth Reservation in Wireless Cellular Networks”, Computer Networks Volume 38, Issue 5, 5 April 2002, Pages 577-589
- [4] Kong K-S., Roh S-J., & Hwang C-S., “Signaling Load of Hierarchical Mobile IPv6 Protocol in IPv6 Networks”, Proc. of PWC 2004, LNCS, vol.3260, pp.440-450, September 2004.
- [5] Brahmjit Singh: „Location Update Cost Analysis of Mobile IPv6 Protocols”, World Academy of Science, Engineering and Technology 43 2008
- [6] BIOlogically inspired NETwork and Services (BIONETS) EU FP6 project [www.bionets.eu/](http://www.bionets.eu/)

## Publikációk

Saját közlemények száma:	44
Idézetek száma:	17
Független idézetek száma:	17
Függő idézetek száma:	0
Nem vizsgált idézetek száma:	0
Összegzett impakt faktor:	1,387

### ***Szerkesztett könyvben megjelent cikk***

- [B1]. Róbert Schulcz, Sándor Szabó, Sándor Imre, László Pap  
The Effect of Radio Cell Size In wmATM Based Third Generation Mobile Systems.  
In: H Afifi, D. Zeglache (ed.) Applications and Services in the Wireless Networks.  
London: HERMES Scientific Publications, 2002. pp. 46-58  
(ISBN:1-9039-9630-9)

### **Angol nyelvű folyóiratcikk**

- [J1]. P. Fülöp, S. Imre, S. Szabó, T. Szálka  
The Accuracy of Location Prediction Algorithms Based on Markovian Mobility Models.  
*INTERNATIONAL JOURNAL OF MOBILE COMPUTING AND MULTIMEDIA COMMUNICATIONS* 1:(2) pp. 1-21. Paper ITJ5114. (2009)
- [J2]. Fülöp Péter, Szálka Tamás, Szabó Sándor  
Markov model based location prediction in wireless cellular networks.  
*HÍRADÁSTECHNIKA LXIV*:(3) pp. 40-47. (2009)
- [J3]. Fulop P, Imre S, Szabo S, Szalka T  
Accurate mobility modeling and location prediction based on pattern analysis of handover series in mobile networks.  
*MOBILE INFORMATION SYSTEMS* 5:(3) pp. 255-289. (2009)  
DOI: [10.3233/MIS-2009-0084](https://doi.org/10.3233/MIS-2009-0084)

Független idézetek: 2 Összes idézetek: 2

- [J4]. Burulitisz A, Szabo S, Imre S  
On the Accuracy of Mobility Modelling in Wireless Networks.  
*PERIODICA POLYTECHNICA-ELECTRICAL ENGINEERING* 48:(1-2) pp. 39-54. (2004)
- [J5]. Á Huszák, T Kiefer, V Simon, G L Tilk, S Imre, S Szabó  
Handling of Mobility in IP based Networks.  
*HÍRADÁSTECHNIKA LVIII*:(4) pp. 4-13. (2003)
- [J6]. P Fazekas, S Imre, L Pap, R Schulcz, S Szabó  
Call Admission Methods in Third Generation Mobile Systems.  
*MAGYAR TÁVKÖZLÉS XI*: pp. 38-42. (2000)
- [J7]. Fazekas P, S Imre, L Pap, R Schulcz, S Szabó  
Call Authentication Methods in Third Generation Mobile Systems.  
*MAGYAR TÁVKÖZLÉS X*:(1) pp. 18-21. (1999)
- [J8]. Laszlo Gyongyosi, Sandor Imre S Szabó  
Performance Evaluation of Anycast-Based Micro-mobility Management.  
submitted to *ELSEVIER PERFORMANCE EVALUATION*, (2010)

### **Magyar nyelvű folyóiratcikk**

- [J9]. Fazekas Péter, Imre Sándor, Jeney Gábor, Pap László, Schulcz Róbert, Szabó Sándor  
Nagysebességű vezeték nélküli hálózatok – a közeljövő technológiái.  
*HÍRADÁSTECHNIKA LXIV*: pp. 34-42. (2009)

- [J10]. Lendvai Károly, Szabó Sándor  
Azonnali üzenetküldő rendszerek mobil IMS környezetben.  
**HÍRADÁSTECHNIKA LXIII:** pp. 36-43. (2008)
- [J11]. Szabó Sándor, Bokor László  
Az IMS megjelenése és alkalmazása fix és vezeték nélküli mobil hálózatokban.  
**HÍRADÁSTECHNIKA LXI:**(10) pp. 11-19. (2006)
- [J12]. Szabó Sándor, Bokor László  
Multimédia szolgáltatás a következő generációs (NGN) hálózatokban.  
**MAGYAR TÁVKÖZLÉS XVI:** pp. 14-19. (2005)
- [J13]. Szabó Sándor  
A WIMAX-rendszerek alkalmazási lehetőségei.  
**HÍRADÁSTECHNIKA LX:**(8) pp. 2-7. (2005)
- [J14]. R Schulcz, S Szabó, S Imre  
Handover-támogató eljárások vizsgálata mobil ATM hálózatokban.: Handover Support Procedures Tested in Mobile ATM Networks.  
**HÍRADÁSTECHNIKA LVI:**(6) pp. 25-35. (2001)

Független idézetek: 1 Összes idézetek: 1

- [J15]. Fazekas Péter, Imre Sándor, Pap László, Schulcz Róbert, Szabó Sándor  
3. generációs mobil rendszerek hívásengedélyezési módszerei.  
**MAGYAR TÁVKÖZLÉS 10:**(1) pp. 18-21. (1999)

### **Konferenciák folyóiratban**

- [P1]. Simon V, Huszak A, Szabo S, Imre S  
QoS Provision in IP Based Mobile Networks.  
**LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE 2790:** pp. 1137-1140. (2003)
- [P2]. Imre S, Pap L, Balazs F, Horvath J, Schulcz R, Szabo S  
The Song (solutions for Next Generation Mobile Systems) Project.  
**LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE 2775:** pp. 207-212. (2003)
- [P3]. Szabo S, Imre S  
An Adaptive Handover-supporting Routing Method for ATM Based Mobile Networks, and its Adaptation to Ip Scenarios.  
**LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE 2094:** pp. 11-19. (2001)  
IF: 0.415

## **Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent idegen nyelvű**

### **cikkek**

- [C1]. Lendva Károly, Szabó Sándor  
QoS Enabling Call Admission Control In UMTS, LTE Networks.  
In: 17th SoftCom - International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks. Split, Croatia, 24/Sep/2009-26/Sep/2009.  
pp. 1-6. Paper 1569231547.  
Conference Paper/Paper of lecture or poster/Scientific
- [C2]. Péter Fülöp, Sándor Szabó, Tamás Szálka, Károly Lendvai  
Precise Location Prediction Algorithms Using Improved Random Walk-based and Generalized Markovian Mobility Models.  
In: Networks 2008: 13th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium. Budapest, Hungary, 28/Sep/2008-02/Oct/2008. (IEEE)  
Paper 1569110835 . (ISBN: 978-963-8111-68-5)
- [C3]. P Fülöp, T Szálka, S Szabó, K Lendvai, S Imre  
Accurate Mobility Modeling and Location Prediction Based on Pattern Analysis of Handover Series in Mobile Networks.  
In: 6th Inter. Conf. On Advances in Mobile Multimedia, MOMM2008. Linz, Austria, 24/Nov/2008-26/Nov/2004.  
pp. 219-226.  
Independent citations: 1 All citations: 1
- [C4]. V Simon, L Bacsárdi, M Bérces, E Varga, T Csvorics, S Szabó, S Imre  
Overhead Reducing Information Dissemination Strategies for Opportunistic Communications.  
In: IFIP/IEEE MWCN 2007. Cork, Ireland, 19/Sep/2007-21/Sep/2007.  
Cork: IFIP, pp. 171-175.(ISBN: 978-1-4244-1719-3)
- [C5]. V Simon, L Bacsárdi, S Szabó, D Miorandi  
BIONETS: a new vision of opportunistic networks.  
In: Wireless Rural and Emergency Communications Conference. Rome, Italy, 01/Oct/2007-02/Oct/2007. (IEEE)  
pp. 1-7.
- [C6]. Tamás Szálka, Péter Fülöp, Sándor Szabó  
Location Prediction Methods with Markovian Approach and Extended Random Walk Model.  
In: CISIM 2007 6th Computer Information Systems and Industrial Management Applications. Elk, Poland, 28/Jun/2007-30/Jun/2007.  
pp. 85-91. Paper 110.
- [C7]. Péter Fülöp, Sándor Szabó, Tamás Szálka  
Accuracy of Random Walk and Markovian Mobility Models in Location Prediction Methods.  
In: SoftCOM 2007 Conference. Split ; Dubrovnik, Croatia, 27/Sep/2007-



29/Sep/2007.  
Paper 7091., (IEEE Catalog Number: 07EX1779C)(ISBN: 953-6114-95-X)

- [C8]. László Bokor, László Lois, Csaba A Szabó, Sándor Szabó  
Testbed of a Novel Media Streaming Architecture for Heterogeneous Wireless Environment.  
In: Location Prediction Methods with Markovian Approach and Extended Random Walk Model. Orlando, United States of America, 21/May/2007-23/May/2007.  
Orlando: pp. 85-91. Paper 110.
- [C9]. L Bacsárdi, M Bérces, E Varga, T Csvórics, V Simon, S Szabó  
Strategies for Reducing Information Dissemination Overhead in Disconnected Networks.  
In: The 16th IST Mobile and Wireless Communications Summit. Budapest, Hungary, 01/Jul/2007-05/Jul/2007.  
Budapest: pp. 1-5.(ISBN: 978-963-8111-66-1)
- [C10]. E Varga, T Csvórics, L Bacsárdi, M Bérces, V Simon, S Szabó  
Novel Information Dissemination Solutions in Biologically Inspired Networks.  
In: The 9th International Conference on Telecommunications- ConTEL 2007. Zagreb, Croatia, 13/Jun/2007-15/Jun/2007.  
Zagreb: pp. 279-284.
- [C11]. A Burulitsz, B Rózsás, S Szabó, S Imre  
On the Accuracy of Mobility Modelling in Wireless Networks.  
In: Location Prediction Methods with Markovian Approach and Extended Random Walk Model. Split ; Dubrovnik, Croatia, 27/Sep/2007-29/Sep/2007.  
Split: pp. 481-485.
- [C12]. Péter Fülöp, Károly Lendvai, Viktor Schläffer, Sándor Szabó, Tamás Szálka  
Accessing Private Intranet Using Heterogeneous Network Infrastructure.  
In: EUNICE 2006 - 12th Open European Summer School. Stuttgart, Germany, 18/Sep/2006-20/Sep/2006.  
pp. 85-92. Paper 14.  
Technical Session 3: Services in Wireless Networks
- [C13]. P. Fülöp, S. Szabó, T. Szálka  
Mobility management with vertical handover in streaming networks.  
In: The 7th European Conference of Young Research and Science Workers in Transport and Telecommunications (TRANSCOM 2005). Zsolna, Slovakia, 27/Jun/2005-29/Jun/2005.  
pp. 87-90.
- [C14]. P Fülöp, S. Szabó, T. Szálka  
Seamless vertical handover with simplified tunneling.  
In: The 5th EURASIP Conference focused on Speech and Image Processing, Multimedia Communications and Services. Smolenice, Slovakia, 29/Jun/2005-02/Jul/2005.  
pp. 305-311.
- [C15]. I Dudás, L Bokor, S Szabó, S Imre  
Anycast-Based Mobility: A New Solution for Micro-mobility Management in IPv6.  
In: 3rd Inter. Conf. On Advances in Mobile Multimedia, MOMM2005. Kuala Lumpur, Malaysia, 19/Sep/2005-21/Sep/2005.

Österreichische Computer Gesellschaft, pp. 157-168.(ISBN: 3-85403-195-5)  
In the book serie books@ocg.at

- [C16]. I Dudás, L Bokor, S Szabó, S Imre  
Anycast-Based Mobility.  
In: 13th. Int. Conf. On Software, Telecommunications and Computer Networks,  
Softcom2005. Split, Croatia, 15/Sep/2005-17/Sep/2005.  
pp. 1-4. Paper S6-5076-1509. (ISBN: 953-6114-78-X)
- [C17]. Dudas I, Bokor L, Bilek G, Imre S, Szabo S, Jeney G  
Examining Anycast Address Supported Mobility Management Using Mobile Ipv6  
Testbed.  
In: Proceedings of the Mediterranean Electrotechnical Conference - Melecon.  
Dubrovnik, Croatia, 09/May/2004-12/May/2004.  
(2)pp. 555-558.  
Independent citations: 3 All citations: 3
- [C18]. Burulitisz A, Imre S, Szabo S  
On the Accuracy of Mobility Modelling in Wireless Networks.  
In: IEEE International Conference on Communications. Paris, France, 20/Jun/2004-  
24/Feb/2004.  
(4) IEEE, pp. 2302-2306.(ISBN: 0-7803-8534-9)
- Source: Scopus  
Independent citations: 6 All citations: 6
- [C19]. Vilmos Simon, Árpád Huszák, Sándor Szabó  
Hierarchical Mobile IPv6 and Regional Registration Optimization.  
In: ELMAR 2007: 45th International Symposium Electronics in Marine. Zadar,  
Croatia, 16/Jun/2003-18/Jun/2003. (ELMAR)  
pp. 292-296.  
Independent citations: 1 All citations: 1
- [C20]. I Dudás, G Zs Bilek, S Szabó, S Imre  
New Methods for Providing QoS in IP Mobility.  
In: Eunice 2003 (European Network of Universities and Companies in Information  
and Communication Engineering) 9th Open European Summer School on Next  
Generation Networks. Balatonfüred, Hungary, 08/Sep/2003-10/Sep/2003.  
pp. 145-150.(ISBN: 963-421-576-9)
- [C21]. G Zs, Bilek, I Dudás, S Szabó, S Imre  
Providing QoS in IP Micro-mobility Networks.  
In: 12th International World Wide Web Conference. Budapest, Hungary,  
20/May/2003-24/May/2003.  
pp. 1-6. Paper 1.
- [C22]. A Burulitisz, B Rózsás, S Szabó, S Imre  
On the Accuracy of Mobility Modelling in Wireless Networks.  
In: 10th SoftCOM2002. Split ; Dubrovnik, Croatia, 08/Oct/2002-11/Oct/2002.  
FESB, pp. 481-485.(ISBN: 953-6114-52-6)  
Independent citations: 3 All citations: 3
- [C23]. S Szabó, S Imre, R Maka, B Rózsás  
Real-Time Handover Support In Mobile IP Networks.  
In: 6th International Conference on Telecommunications, Contel2001. Zagreb,  
Croatia, 13/Jul/2001-15/Jul/2001.  
pp. 105-112.

- [C24]. S Szabó, S Imre  
Designing and Optimizing Wireless IP Networks using Genetic Algorithms.  
In: Ifip Workshop on IP and ATM Traffic Management, Watm-eunice 2001. Paris,  
France, 03/Sep/2001-05/Sep/2001.  
pp. 123-129.
- [C25]. Róbert Schulcz, Sándor Szabó, Sándor Imre, László Pap  
The Effect of the Reduced Radio Cell Size in Mobile Data Networks?2001 Polish-  
Czech-Hungarian Workshop on Circuit Theory, Signal Processing, and  
Telecommunication Networks.  
In: 11th Symposium of AER (Atomic Energy Research). Csopak, Hungary,  
24/Sep/2001-28/Sep/2001.  
pp. 85-95.
- [C26]. Róbert Schulcz, Sándor Szabó, Sándor Imre, László Pap  
The Effect of Radio Cell Size In wATM Based Third Generation Mobile Systems.  
In: Applications and Services in the Wireless Networks, Aswn 2001. Evry (Paris),  
France, 25/Jul/2001-27/Jul/2001.  
HERMES Scientific Publications, pp. 59-72.(ISBN: 2-7462-0305-7)