



HIBRIDINIŲ (2G/3G) KORINIO RYŠIO TINKLŲ SRAUTŲ VALDYMO TYRIMAS

Martynas STIRBYS¹, Karolis ŽVINYS²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva
El. paštas: ¹martynas.stirbys@stud.vgtu.lt; ²karolis.zvinys@vgtu.lt

Santrauka. Pagrindinis darbo tikslas – ištirti vartotojų generuojamų informacijos srautų valdymo 2G/3G korinio ryšio tinkluose metodus, siekiant nustatyti jų įtaką tinklui ir vartotojams. Tyrimo metu analizuojamos įvairių srauto valdymo metodų taikymo tikslingumas, įvertinamos jų taikymo aplinkybės, ribojimai. Darbe supažindinama su srautų valdymo metodų įtaka tinklams ir vartotojams. Taikant *Directed Retry* ir *LBHO* (angl. *Load Based Handover*) srautų valdymo metodus analizuojami iš realaus Lietuvos mobiliojo ryšio operatoriaus tinklo gauti duomenys. Rezultatai apibūdinti įvertinus mobiliojo ryšio tinklo kokybinių rodiklių *KPI* (angl. *Key Performance Indicators*) pokyčius ir tam įtakos turinčius veiksnius.

Reikšminiai žodžiai: srautų valdymas, RRC, RAB, kanalo elementai, *KPI*, *Directed Retry*, *LBHO*.

Įvadas

Mobiliojo ryšio operatorių teikiamų paslaugų mastas pastaruoju metu ypač sparčiai auga. Tai lemia nuolat tobulėjančios technologijos bei mažėjanti paslaugų kaina. Remiantis naujausiais globaliais tyrimais, mobilieisiais tinklais perduodamas duomenų kiekis kasmet sparčiai didėja (Ericsson 2013). Duomenims ir balso skambučiams perduoti pasaulyje dažniausiai taikomos antrosios ir trečiosios kartos technologijos.

Dėl vykstančios trečiosios kartos tinklo plėtros bei nuolat didėjančio šios technologijos įrenginių skaičiaus skambučių 3G tinkle nuolat daugėja. Vartotojų generuojamų balso skambučių srautai daro įtaką kitiems vartotojams, kurie naudojami duomenų perdavimo technologijomis. Ši įtaka paprastai pasireiškia bazinės stoties talpumo sumažėjimu, dėl to gali sumažėti duomenų perdavimo vartotojams sparta. Dažniausiai skambinančiam vartotojui svarbu tik pokalbio kokybė, o ji iš esmės nesiskiria vartotojui naudojantis ar 3G, ar 2G tinklu (Jarvinen 2002).

Dėl šių priežasčių yra kuriami ir taikomi specialūs srautų valdymo metodai, turint tikslą valdyti ir tinkamai paskirstyti srautus tarp skirtingų arba tokios pačios technologijos tinklų (4G Americas 2011). Daug dėmesio skiriama 3G srautui perkelti į *WiFi* tinklą. Remiantis tyrimais pagrįsta analize nustatyta, jog įmanoma perkelti iki 50 % viso 3G srauto į *WiFi* tinklą (Dimatteo *et al.* 2011). Srautų valdymas taip pat aktualus siekiant išvengti balso skambučių blokavimo tikimybės (Shinagawa *et al.* 2009) ar taupant

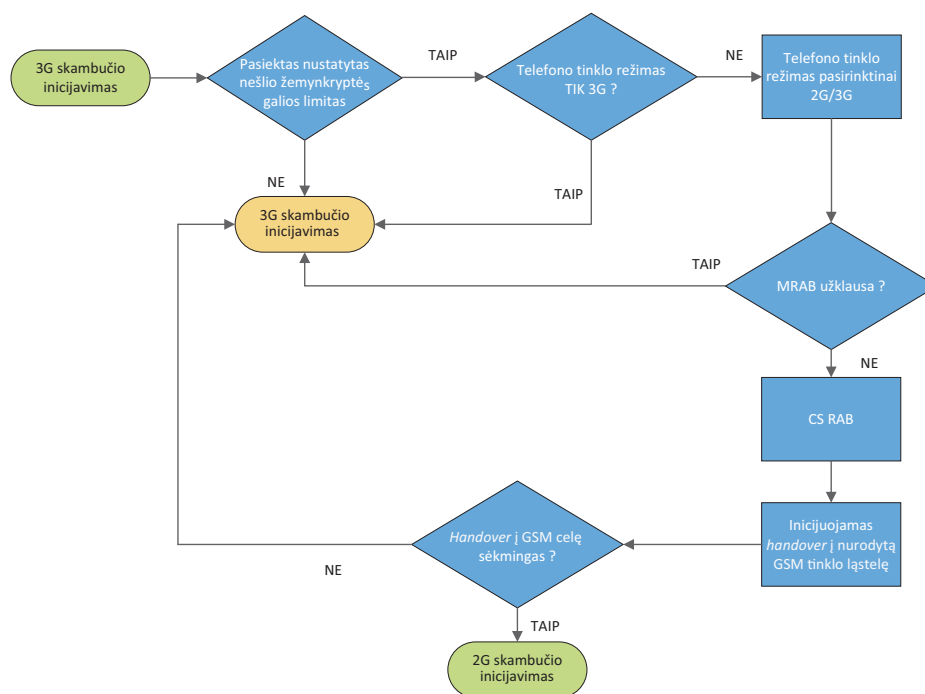
energiją (Micallef *et al.* 2010). Pastebėta, kad srautams valdyti 3G tinkle patogiau naudoti du skirtingus nešlius. Taip paskirstomos apkrovos ir iki dviejų kartų padidėja duomenų perdavimo sparta (Seidel *et al.* 2009). Su tinklo talpų problemomis taip pat susiduriama ir *WiFi* tinkle, todėl svarbu garantuoti reikiamą prieigos taškų skaičių, o jis priklauso nuo vartotojų elgsenos (Balachandran *et al.* 2002).

Srautų valdymo metodais siekiama garantuoti aukštą tinklo ir vartotojų gaunamų paslaugų kokybę. Darbo tikslas – ištirti vartotojų generuojamos informacijos srautų valdymo 2G/3G mobiliojo ryšio tinkluose metodus, siekiant nustatyti jų įtaką tinklui ir vartotojams. Tam buvo pasirinktos ir analizuojamos vieno iš Lietuvoje veikiančių tinklų – hibridinio korinio ryšio tinklo ląstelės. Ląstelės parinktos atsižvelgiant į didelį UMTS balsų srautą bei bendrą stoties apkrovą. Iš viso analizei panaudotos 18 GSM, 18 UMTS, turinčios du nešlius, ir 2 DCS ląstelės, sudarančios sanklotą su GSM ląstelėmis.

Srautų valdymo algoritmas *Directed Retry*

Directed Retry srautų valdymo algoritmo veikimą vaizduojanti schema pateikta 1 paveiksle.

Žemynkryptės UMTS nešlio galios suvartojimu grįstame balso srauto perkėlimo iš 3G į 2G tinklą metode *Directed Retry* svarbūs keli veiksniai (Halonon *et al.* 2003). Jų seka ir ryšys pavaizduoti 1 paveiksle.



1 pav. *Directed Retry* algoritmą vaizduojanti struktūrinė schema

Fig. 1. Structural diagram of *Directed Retry* algorithm

Telefonui siunčiant balso skambučio *RRC* (angl. *Radio Resource Control*) užklausa, *RNC* (angl. *Radio Network Controller*) nustato mobiliojo įrenginio pageidaujamą *RAB* (angl. *Radio Access Bearer*) tipą. Prieš inicijuodamas balso skambutį vartotojas gali turėti aktyvių duomenų sesijų. Tokiu atveju, kad toliau sėkmingai vyktų duomenų sesija ir būtų inicijuojamas balso skambutis, *RRC* sujungimo metu yra užsakomas papildomas *CS RAB* (angl. *Circuit Switched RAB*), skirtas balso skambučiui. Esant šiai situacijai vartotojo mobilusis įrenginys naudoja du skirtingus *RAB* vienu metu, arba kitaip dar vadinamą *MRAB* (angl. *Multi RAB*). *MRAB* gali turėti daug įvairių kombinacijų, pvz.: 1CS+1PS; 1CS+2PS; 2PS, 2CS ir t. t.

Taikant minėtą srautų valdymo algoritmą privaloma, kad įrenginys naudotų tik *CS RAB*. Šiuo metodu pagrįsti procesai pradeda tuomet, kai yra pasiekiamas nustatyta žemynkryptės nešlio galios panaudojimo riba. Kai srautų valdymo algoritmas suaktyvintas, galima papildomai nustatyti santykinį perkeliamų vartotojų skaičių. Vėliau algoritmo veiksmus lemia kiti išoriniai veiksniai, jiems priskiriama ir telefono tinklo režimo būseną. Esant 2G/3G režimui tinklo pasirinkimą nulemia egzistuojančios mobiliojo tinklo sąlygos tam tikroje vietoje. Jei telefone nustatyta, kad vienintelis jo naudojamas tinklas yra 3G, tada *Directed Retry* srautų valdymo algoritmo pritaikyti nepavyks. Jei žemynkryptės galios riba pasiekta ir telefonas palaiko dvitinklį režimą, tikrinamas naudojamas *RAB*. Jei tai nauja užklausa ir tik su *CS RAB*, tada į telefoną yra

siunčiamas pranešimas apie persijungimą į nurodytą *GSM* ląstelę. Telefonui sėkmingai persijungus į *GSM* ląstelę, inicijuojamas balso skambutis 2G tinkle.

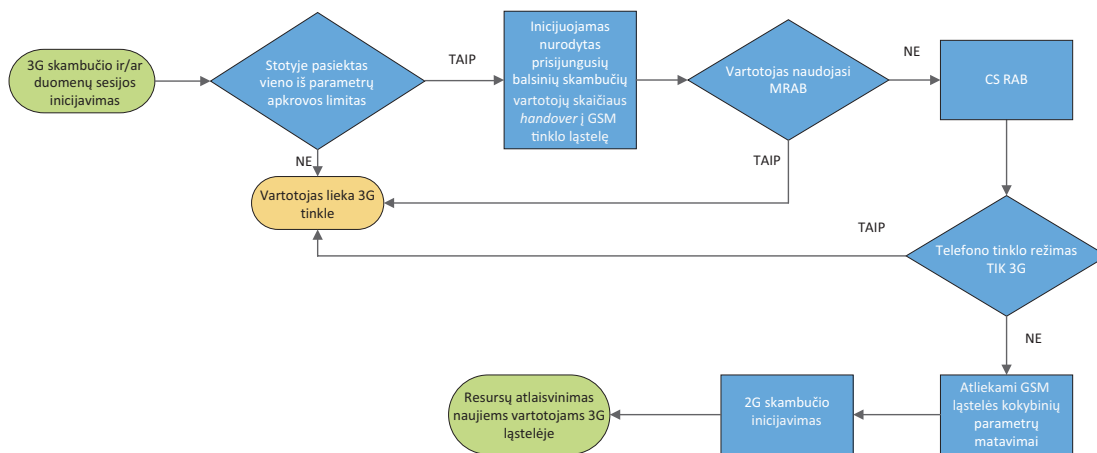
Galimi atvejai, kad telefono persijungimas į 2G ląstelę, kurį lemia įvairios aplinkybės, galėjo neįvykti, pvz., tuo metu 2G tinklo ląstelės apkrova buvo maksimali, ir ląstelė negalėjo skirti reikiamų išteklių naujai pokalbio sesijai. Esant tokiai situacijai mobilusis įrenginys iš naujo bando jungtis prie 3G ląstelės, informuodamas tinklą, jog jam nepavyko persijungti į nurodytą 2G tinklo ląstelę. Tinklas, gavęs tokią informaciją, šio srautų valdymo metodo įrenginiui nebetaiko.

Load Based Handover srautų valdymo algoritmas

Load Based Handover (LBHO) srautų valdymo algoritmas veikia panašiai kaip *Directed Retry* algoritmas. Tačiau yra keletas esminių skirtumų, kurie pavaizduoti 2 paveiksle.

LBHO srautų valdymo metodas, skirtingai nei *Directed Retry*, veikia ne tik dėl pasiektos žemynkryptės nešlio galios ribos, bet ir dėl šių stoties apkrovą ribojančių veiksnių:

- kodų medžio išteklių;
- įrangos licencijoje nurodytų kanalo elementų (*CE*) skaičiaus;
- interferencijos aukštynkryptėje bei žemynkryptėje pusėje, kuri gali būti išreiškiama *ASE* (angl. *Air Speech Equivalent*), masto;
- *Iub* sąsajos (tarp *RNC* ir *Node B*) užtikrinamos pralaidumo ribos.



2 pav. LBHO algoritmą vaizduojanti struktūrinė schema

Fig. 2. Structural diagram of LBHO algorithm

Šių rodiklių nuolatinę stebėseną atlieka 3G tinklo prieigos kontrolės sistema (Halonen *et al.* 2003). Sistemai aptikus vieno iš minėtų rodiklių nustatytos ribos viršijimą, aktyvinamas srautų valdymo algoritmas. Kaip matyti iš 2 pav., skirtingai nei prieš tai apibūdinto *Directed Retry* srautų valdymo metodo atveju, perkeltiant vartotoją į 2G tinklą yra atliekami to tinklo ląstelių matavimai. Ląstelėms atitikus nustatytas kokybės rodiklių ribas, vartotojas yra perkeltas į 2G tinklą.

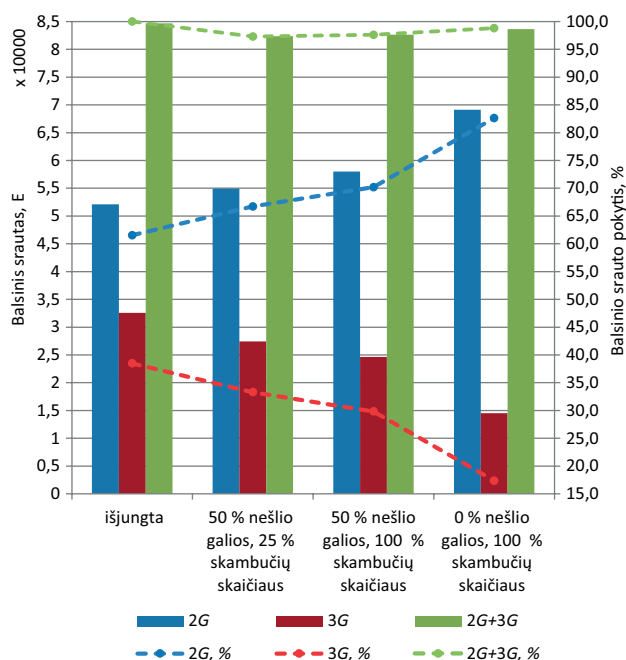
Srautų valdymo įtakos tinklui ir vartotojams tyrimas

Srautų valdymas turi įtakos vartotojams ir tinklui. Visi rodikliai tarpusavyje glaudžiai susiję, tačiau tarp jų yra tinklui reikšmingesnių rodiklių. Pvz., perjungimai (angl. *Handovers*), *RRC* ir *RAB* užklausos. Tai daugiausia signalizacinė informacija, kurios didėjimas lemia didesnę tinklo elementų apkrovą ir galimą efektyvumo sumažėjimą.

Prie rodiklių, rodančių didžiausią poveikį vartotojams, galima priskirti aukštnykrypčius ir žemynkrypčius kanalo elementus (*CE*), nutrūkusius bei blokuojamus skambučius.

2G/3G srautų tarpusavio pasiskirstymo tyrimas

Siekiant kuo tiksliau įvertinti srautų pasiskirstymo įtaką tinklui ir vartotojams, tirti buvo pasirinktos trys skirtingos *Directed Retry* srautų valdymo metodo konfigūracijos. Gauti tyrimo rezultatai pavaizduoti 3 pav. Grafike pateikiamas suminis visų šešių bazinių stočių balso skambučių srautas. Šios bazinės stotys yra miestų teritorijose, tankiai apgyvendintose vietose, kur didelis 3G paslaugų vartotojų skaičius. Užmiesčiuose ar kaimo vietovėse srauto pasiskirstymas 3G tinkle yra mažesnis dėl mažesnio vartotojų skaičiaus ir jų 3G paslaugų naudojimo įpročių.



3 pav. Balso srauto pasiskirstymas esant skirtingoms *Directed Retry* metodui konfigūracijoms

Fig. 3. Distribution of voice traffic at different *Directed Retry* configurations

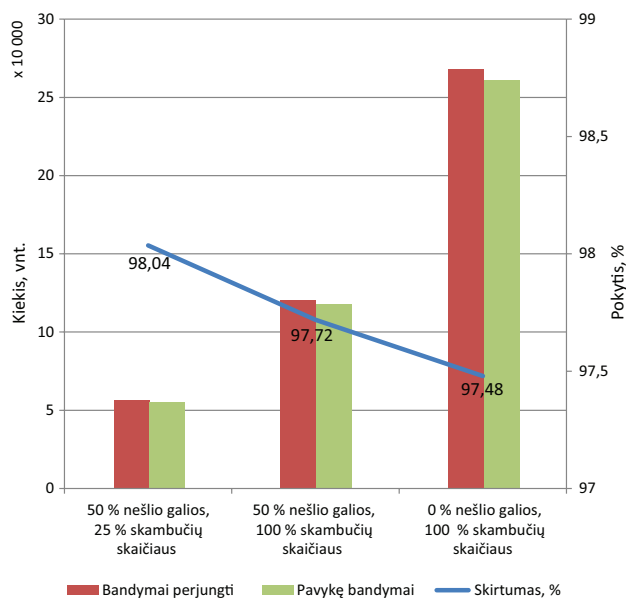
Pirmuoju atveju pateikiami duomenys, kai srautų valdymas pradeda veikti viršijus 50% žemynkryptės nešlio galios ribą. Šiuo atveju 25% visų naujų 3G skambučių yra bandoma perkelti į 2G tinklą. Taikant tokią valdymo konfigūraciją, pavyko apytiksliai 5% sumažinti 3G balso skambučių srauto mastą. Antruoju atveju buvo tiriama konfigūracija, kai metodas pradeda veikti pasiekus 50% žemynkryptės nešlio galios ribą ir perkeliama 100% šio limitu skambučių. Šiuo atveju 3G balso skambučių srautas sumažėjo apie 8%. Trečiuoju atveju buvo taikomas agresyviausias būdas, kai metodas veikia nuolat, o bandymų

perkelti skambučius skaičius maksimalus. Šiuo atveju 3G balso skambučių srauto dalis sumažinama apie 21 %. Kaip matyti iš gautų rezultatų, esant visada įjungtam srautų valdymui šiuo metodu perkelti viso 3G balso skambučių srauto į 2G tinklą nepavyksta. Tai paaiškinama jau aprašytais metodo veikimo sąlygų ribojimais – įrenginių naudojamo RAB tipo atveju bei telefono parametrų konfigūracijomis.

Perjungimų iš 3G į 2G tinklą tyrimas

Perjungimų statistika, gauta taikant skirtingas *Directed Retry* konfigūracijas, pateikta 4 paveiksle.

Remiantis rezultatais galima teigti, kad, didėjant bandymų perjungti iš 3G į 2G tinklą skaičiui, perjungimo kokybė iš esmės nekinta. Konfigūruojant pagal *Directed Retry* parametrus, rodančius nuolatinį šio metodo veikimą, sėkmingų perjungimų skaičius siekia beveik 97 %. Taikant metodo parametrus, rodančius veikimą esant 50 % ir didesniam žemynkryptės nešlio galios suvartojimo mastui bei perkeliant nuo šios ribos 25 % visų vartotojų, gaunamas tik 1 % didesnis pasisekusių perjungimų skaičius. Todėl galima teigti, kad sėkmingų perjungimų skaičius nedaug priklauso nuo taikomos metodo konfigūracijos. Šiuo atveju vartotojai nepatiria jokių ryšio sutrikimų dėl padidėjusio signalizacinio srauto. Perjungimai priklauso nuo tinklo konfigūracijos ir joje nurodytų perjungimų parametrų verčių. Įprasta, kad perjungimams yra suteikiamas didesnis prioritetas nei naujai inicijuojamiems skambučiams, todėl net jei trūksta 2G tinkle išteklių, jie bus pirmiau skiriami perjungimams,



4 pav. Perjungimų 3G/2G pasiskirstymas esant skirtingoms *Directed Retry* metodo konfigūracijoms

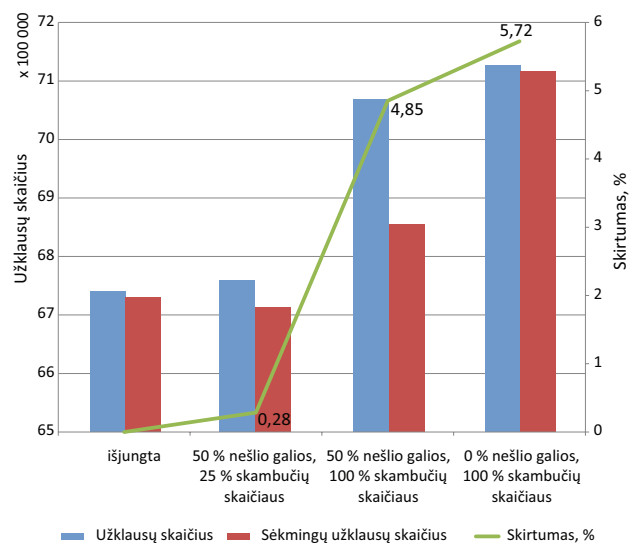
Fig. 4. Distribution of handovers from 3G to 2G at different *Directed Retry* configurations

o tik vėliau naujiems vartotojams. Taip daroma tam, kad vartotojui kalbant ir judant tarp ląstelių netikėtai nenutrūktų skambučio sesija.

RRC priklausomybės nuo skirtingų srautų valdymo konfigūracijų tyrimas

RRC priklausomybės nuo skirtingų srautų valdymo konfigūracijų tyrimo rezultatai pateikti 5 paveiksle. Iš 5 pav. matyti, kad, didinant iš 3G tinklo į 2G tinklą perkeliama srauto dalį, bendras RRC užklausų skaičius didėja. Netaikant *Directed Retry* srautų valdymo mechanizmo, RRC užklausų skaičius apie 6 % mažesnis, palyginti su atveju, kai taikomas srautų valdymo metodas, nustačius parametrus, nurodančius perkelti visą CS srautą iš 3G į 2G tinklą.

Padidėjusį signalizacijos RRC srautą lemia 3G tinkle atsilaisvinę ištekliai ir dėl to išaugęs PS vartotojų prisijungimų skaičius. Padidėjęs signalizacijos srautas daugiau apkrauna RNC, padidėjęs apkrovai gali sumažėti tinklo efektyvumas. Tačiau, esant pakankamam kiekiui laisvų tinklo išteklių, vartotojams padidinamas paslaugų prieinamumas. Užklausų skaičiaus padidėjimą taip pat lemia išaugęs *IRAT reselection* iš 2G į 3G tinklą kiekis. Aiškinama tuo, kad srautų valdymo metodui pradėjus veikti ir perkeltus vartotoją į 2G tinklą, pokalbiui pasibaigus vartotojo mobilusis įrenginys siunčia RRC užklausą 3G tinklui su pranešimu apie *IRAT reselection* (3GPP TS 25.331: 2013). Įrenginiui atitinkant tinkle nustatytų parametrų vertes mobilusis įrenginys grąžinamas į 3G tinklą, nes 3G tinklas yra pirmenybinis.

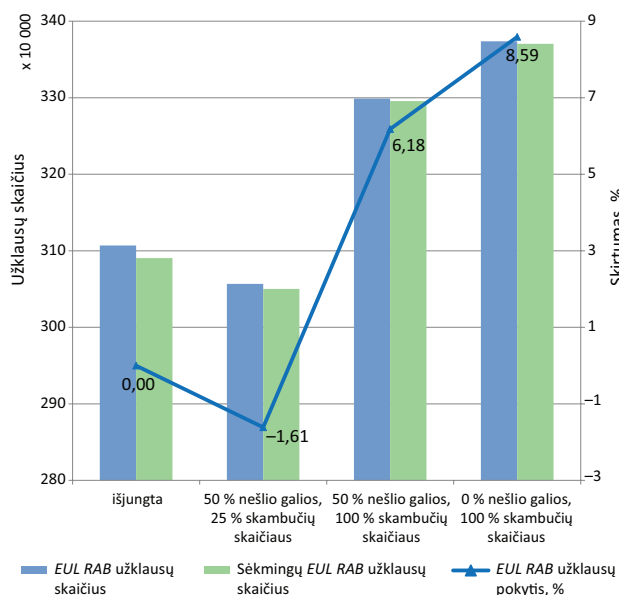


5 pav. Bendras RRC užklausų pasiskirstymas esant skirtingoms *Directed Retry* metodo konfigūracijoms

Fig. 5. Distribution of common RRC attempts at different *Directed Retry* configurations

RAB priklausomybės nuo skirtingų Directed Retry konfigūracijų tyrimas

Kitas svarbus rodiklis, rodantis srautų valdymo metodo daromą įtaką tinklui, yra išaugęs EUL RAB skaičius. Kaip matyti iš 6 pav., EUL RAB užklausų skaičius išaugo 9 %, palyginti su laikotarpiu, kai srautų valdymo metodas neveikė. Norint skirti vartotojui EUL (E-DCH) kanalą, būtinas didesnis skaičius aukštnykrypčių kanalo elementų. Sumažinus balso skambučių skaičių 3G tinkle atlaisvinamas tam tikras elementų kanaluose skaičius, šie elementai panaudojami EUL – duomenims perduoti sparčiau aukštnykrypčių būdu.



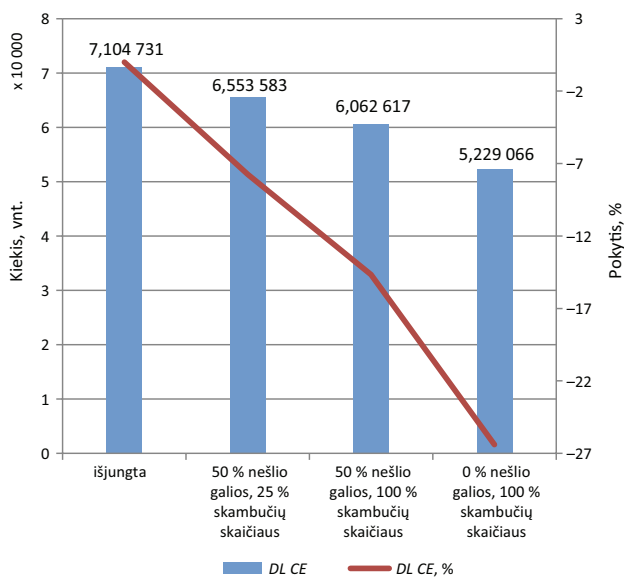
6 pav. EUL RAB užklausų pasiskirstymas esant skirtingoms Directed Retry metodo konfigūracijoms

Fig. 6. Distribution of EUL RAB attempts at different Directed Retry configurations

Kanalo elementų skaičiaus priklausomybės nuo skirtingų Directed Retry konfigūracijų tyrimas

Kanalo elementai (CE) 3G tinkle suprantami kaip bazinės stoties talpą ribojantys ištekliai. Kanalo elementai naudojami priskiriant mobiliam įrenginiui skirtąjį permašos kanalą – DCH ar E-DCH. Kanalo elementai bazinei stotiai yra priskiriami įsigijus licenciją reikiamam jų skaičiui. Jie yra skirstomi į aukštnykrypčius (UL) ir žemynkrypčius (DL). Skirtinga paslauga, kuria naudojasi vartotojas, turi skirtingą skaičių naudojamų kanalo elementų ir skirtingas jų pasiskirstymas aukštyn ir žemyn.

Tyrimų metu buvo stebimas šešių bazinių stočių aukštnykrypčių ir žemynkrypčių kanalo elementų pasiskirstymas esant skirtingoms Directed Retry parametru reikšmėms. Grafike, pateiktame 7 pav., matyti, kad nuolat



7 pav. DL kanalo elementų pasiskirstymas esant skirtingoms Directed Retry metodo konfigūracijoms

Fig. 7. Distribution of DL channel elements at different Directed Retry configurations

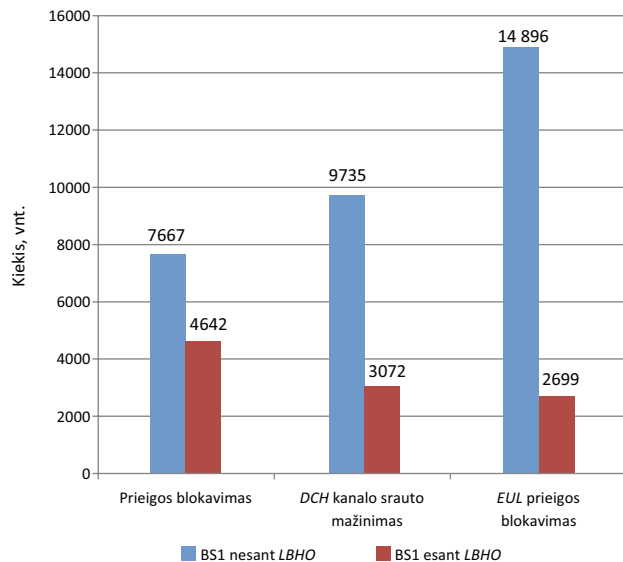
veikiant srautų valdymo metodui, žemynkrypčių kanalo elementų naudojama vidutiniškai 26 % mažiau, o tuo metu 3G balso srautas sumažėjo apytiksliai 44 %. Mažesnę kanalo elementų panaudojimo mastą santykinai lėmė kanalo elementų rezervavimas perjungimams, jis yra nuolatinis ir nepriklauso nuo balso srauto. Išskirti tik aukštnykrypčių kanalo elementų pokyčio neįmanoma dėl itin didelio jų panaudojimo duomenų paslaugoms skaičiaus. Žemynkrypčių kanalo elementų panaudojimas daugiausia priklauso nuo balso skambučių skaičiaus. Balso skambučiai priskiriami R99 UMTS paslaugai, kai naudojamas vienodas skaičius žemynkrypčių ir aukštnykrypčių kanalų elementų. Todėl galima teigti, kad atsilaisvusių žemynkrypčių kanalo elementų skaičius iš esmės yra lygus aukštnykrypčių elementų skaičiui.

Prieigos kontrolės reguliuojamų srautų pokyčių tyrimai

Tirti buvo pasirinktos dvi labai didelę apkrovą turinčios 3G bazinės stotys, kuriose būta duomenų sesijų blokavimo atvejų. Taikytas Load Based Handover (LBHO) srautų valdymo metodas, nustatius parametrus, kad, pasiekus bent vieno rodiklio vertės ribą, srautų valdymo metodu kas penkias sekundes būtų perkeliama po du aktyvius balso skambučių vartotojus. Iš 8 pav. matyti, kad, neveikiant srautų valdymui BS1 stotyje, per savaitę buvo atmetos 7667 naujos vartotojų užklausos. Taip pat 9735 aktyvios sesijos buvo perjungtos į mažesnę RAB paslaugos greita-veiką. Tai daroma tam, kad būtų atlaisvinti bazinės stoties

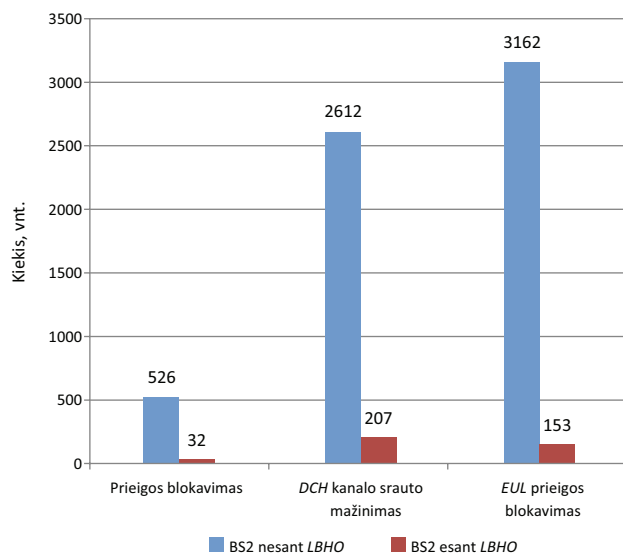
ištekliai, skirti naujiems vartotojams aptarnauti. Iš 8 pav. grafiko taip pat matyti, kad buvo atmetos 14896 EUL priegigos užklauso. Tai reiškia, kad prioritetas yra suteikiamas balso skambučių vartotojams, o duomenų vartotojai į tinklą neįleidžiami. Panaši situacija atsispindi ir 9 pav. pateiktame grafike, iliustruojančiame bazinės stoties BS2 srautų valdymą taikant neaktyvintą ir aktyvintą srautų valdymo metodą.

Šiuo atveju taikant srautų valdymo metodą blokuojamų naujų vartotojų skaičius sumažėjo iki minimalaus ir siekė vos 32 per savaitę. Panašiu santykiu sumažėjo ir kiti



8 pav. Priegigos kontrolės sistemos reguliuojami naujų ir esamų vartotojų srautai bazinėje stotyje BS1

Fig. 8. Admission control handling of new and present users at BS1



9 pav. Priegigos kontrolės sistemos reguliuojami naujų ir esamų vartotojų srautai bazinėje stotyje BS2

Fig. 9. Admission control handling of new and present users at BS2

rodikliai, turintys įtakos vartotojui teikiamos paslaugos kokybei. Iš 8 ir 9 pav. pateiktų grafikų matyti, kad santykinai nedidelį skaičių blokuojamų užklauso (iki 4000 per savaitę) pavyksta sumažinti iki minimalaus.

Išvados

1. Išanalizavus srautų valdymo poreikį nustatyta, kad sparčiai didėjantis mobiliųjų tinklų perduodamų duomenų kiekis lemia tinklo talpos stoką. Šiai problemai spręsti taikomi įvairūs srautų valdymo metodai.
2. *Directed Retry* srautų valdymo algoritmą tiriant realiomis sąlygomis įvertinta, kad viso balso srauto iš 3G į 2G tinklą dėl įrenginių nustatymo bei vartotojų naudojamų duomenų paslaugų perkelti neįmanoma. Optimalus perkeliama duomenų kiekis gali siekti iki 50 % 3G tinkle sukuriama balso srauto.
3. *Directed Retry* metodu galima padidinti EUL užklauso skaičių 9 %, taip pat sumažinti kanalo elementų naudojimo mastą, kuris akivaizdus iš žemynkrypčių elementų skaičiaus pokyčio.
4. Taikant *Directed Retry* metodą būtina atidžiai įvertinti kiekvienos 2G tinklo ląstelės KPI, nes gali padidėti blokuojamų ar nutrūkusių balso skambučių 2G tinkle skaičius.
5. Taikant *Load Based Handover* srautų valdymo metodą, kai bazinės stoties blokuojamų sesijų skaičius nėra didelis, šį skaičių galima sumažinti iki minimalaus ir taip garantuoti aukštą vartotojui teikiamos paslaugos kokybę.
6. Kai bazinės stoties apkrova labai didelė, *Load Based Handover* srautų valdymo metodu jos sumažinti iki minimalios nepavyksta. Kai blokuojamų duomenų sesijų skaičius viršija 7000, suvaldyti srautų iš esmės neįmanoma. Tai reiškia, kad net perkėlus tam tikrą vartotojų skaičių į 2G tinklą, blokuojamų duomenų užklauso skaičius išlieka didelis. Šiuo atveju būtina stoties talpą praplėsti.
7. *Load Based Handover* srautų valdymo metodas puikiai tinka esant laikinam srauto padidėjimui arba situacijai stabilizuoti iki bazinės stoties įrangos atnaujinimo.

Literatūra

- 3GPP TS 25.331: *Radio Resource Control Protocol Specification*. Version 11.7.0. Release 11. 2013. 2074 p.
- 4G Americas. 2011. *Optimizing the mobile application ecosystem* [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.4gamericas.org/documents/Optimizing%20Mobile%20Application%20Ecosystem%2004.24.11.pdf>

- Balachandran, A.; Voelker, G. M.; Bahl, P.; Rangan, P. V. 2002. Characterizing user behavior and network performance in a public wireless LAN, *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review* 30(1): 195–205 [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 5 d.]. Prieiga per internetą: http://sysnet.ucsd.edu/pawn/papers/wireless_sig.pdf
- Dimatteo, S.; Hui, P.; Han, B; Li, V. 2011. Cellular traffic off-loading through WiFi networks, in *Proceedings of the 8th International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS 2011)*, 17–22 October 2011, Valencia, Spain, 192–201. <http://dx.doi.org/10.1109/MASS.2011.26>
- Ericsson. 2013. *Ericsson mobility report: on the pulse of the networked society* [interaktyvus], [žiūrėta 2015 m. kovo 5 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ericsson.com/res/docs/2013/ericsson-mobility-report-november-2013.pdf>
- Halonen, T.; Romero, J.; Melero, J. 2003. *GSM, GPRS and EDGE Performance – Evolution Towards 3G/UMTS*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 656 p.
- Jarvinen, K. 2002. *GSM and UMTS: the creation of global mobile communication*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 590 p.
- Micallef, G.; Mogensen, P.; Scheck, H. 2010. Dual-Cell HSDPA for Network Energy Saving, in *Vehicular Technology Conference (VTC 2010 – Spring)*, 2010 IEEE 71st., 16–19 May 2010, Taipei, Taiwan, 1–5. <http://dx.doi.org/10.1109/VETECS.2010.5494049>
- Seidel, E.; Afzal, J.; Liebl, G. 2009. *Dual Cell HSDPA and its Future Evolution*. Nomor Research GmbH. 5 p. [interaktyvus], [2015 m. kovo 5 d.]. Prieiga per internetą: http://www.nomor.de/uploads/1h/pA/1hpAccByjinAOWBDzTnt4w/WhitePaper_DC-HSDPA_2009-01.pdf
- Shinagawa, N.; Miura, A.; Kaneda, S.; Akinama, Y. 2009. *Traffic Control by Influencing User Behaviour* [interaktyvus], [2015 m. kovo 5 d.]. Prieiga per internetą: https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol7_4/vol7_4_034en.pdf

INVESTIGATION OF LOAD SHARING IN HYBRID (2G/3G) MOBILE NETWORKS

M. Stirbys, K. Žvinys

Abstract

The main purpose of this work is to investigate load sharing methods for 2G/3G cellular networks in order to determine their impact on the network and users. One of the study aims is to analyze the performance of the methods. Moreover the paper provides an overview of the methods circumstances, limitations. Directed Retry and Load Based Handover methods were chosen. Data was obtained from real Lithuanian mobile operator's network. The paper also discusses the changes in Key Performance Indicators.

Keywords: load sharing, RRC, RAB, channels elements, KPI, Directed Retry, LBHO.