

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Darius Diglys

**Vietos nustatymui naudojamų metodų įtaka GSM
tinklo apkrautumui**

Magistro darbas

Darbo vadovas

doc. R. Plėštys

Kaunas, 2006

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

INFORMATIKOS FAKULTETAS

PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Darius Diglys

**Vietos nustatymui naudojamų metodų įtaka GSM
tinklo apkrautumui**

Magistro darbas

Kalbos konsultantė

Vadovas

doc. J. Mikelionienė

doc. R. Plėštys

2006 05

2006 05

Recenzentas

Atliko

doc. P. Kanapeckas

IFM 0/2 grupės stud.

Darius Diglys

2006 05

2006 05 29

Kaunas, 2006

TURINYS

1.	Įvadas	7
2.	Analitinė dalis	10
2.1.	Vietos nustatymo GSM tinkle metodai	10
2.2.	Vietos nustatymo metodų palyginimo kriterijai	10
2.2.1.	Paklaida	10
2.2.2.	Aprėptis	10
2.2.3.	Papildoma apkrova.....	11
2.2.4.	Energijos suvartojimas	11
2.2.5.	Nustatymo trukmė.....	11
2.2.6.	Įdiegimo ir palaikymo kaina.....	12
2.3.	Esamų vietos nustatymo GSM tinkle metodų palyginimas	12
2.3.1.	Vietos nustatymo metodų panaudojimo patirtis Europoje ir JAV	12
2.3.2.	Vietos nustatymo būdai Europos GSM tinkluose	13
2.4.	Cell-ID vietos nustatymo metodas.....	13
2.4.1.	Priverstinis vietos informacijos atnaujinimas.....	14
2.4.2.	Vietos informacijos atnaujinimas nutrauktu skambučiu	14
2.4.3.	Vietos informacijos atnaujinimas SMS žinute	15
2.5.	Cell-ID+TA metodas	16
2.6.	Cell-ID+signalo stiprumo matavimų metodas	17
2.6.1.	Regimos linijos modelis	17
2.6.2.	HATA formulė.....	17
2.6.3.	Patalpų faktoriaus nustatymas	18
2.6.4.	Signalų stiprumo žemėlapių sudarymas	18
2.7.	Cell-ID paremtų metodų ateitis 3G tinkluose.....	19
2.8.	Cell-ID metodo analizės išvados	19
2.9.	Esami sprendimai.....	20
2.9.1.	GSM tinklo simulatoriai ir emulatoriai	20
2.9.2.	GSM tinklo simulatorių palyginimas	21
3.	Projektinė dalis	22
3.1.	Sistemos paskirtis	22
3.2.	Esminiai reikalavimai	23
3.2.1.	Apribojimai sprendimui	23
3.2.2.	Svarbūs faktai ir prielaidos	23
3.3.	Architektūra.....	24
3.3.1.	Sistemos panaudojimo atvejai	24
3.3.2.	Sistemos statinis vaizdas	25
3.3.3.	Sistemos išdėstymo vaizdas.....	26
4.	Tyrimo dalis	27
4.1.	„Provide Subscriber Information“ (PSI) Cell-ID informacijos paėmimo algoritmas	28
4.1.1.	IMSI kodo ir jį aptarnaujančio MSC adreso gavimas iš HLR.....	28
4.1.2.	Vietos atnaujinimo SMS žinutės siuntimas per abonentą aptarnaujantį MSC	29
4.1.3.	Vietos informacijos gavimas siunčiant PSI užklausą į abonentą aptarnaujantį MSC	31
4.2.	„Customer Trace“ (CT) Cell-ID, TA informacijos paėmimo algoritmas	31
4.2.1.	„Customer Trace“ (CT) įjungimas	32
4.2.2.	Vietos informacijos gavimas „Customer Trace“ (CT) įvykio metu	34
4.2.3.	„Customer Trace“ informacijos paėmimo algoritmo įtakos GSM tinklo apkrovai įvertinimas.....	34
4.3.	Vietos nustatymo duomenų perdavimo paslaugos trukmės įtaka GSM tinklo apkrovai	35
4.3.1.	Paslaugos pateikimo laikas	35
4.4.	Tyrimo dalies apibendrinimas	38
5.	Ekspirimentinė dalis.....	39

5.1.	Cell-ID informacijos paėmimo trukmės nustatymo eksperimentas.....	39
5.1.1.	Eksperimento priemonės	39
5.1.2.	Eksperimento eiga.....	39
5.1.3.	Užklausos laiko matavimai realiame GSM tinkle	40
5.1.4.	Užklausos laiko matavimai realaus tinklo sąlygas modeliuojant emuliatoriumi vietos paslaugoms tirti.....	42
5.1.5.	Eksperimento su emuliatoriumi vietos paslaugoms tirti rezultatai	43
6.	Išvados	45
7.	Literatūra.....	46
8.	Santrumpų ir terminų žodynas	48
	Santrauka anglų kalba	49
1.	Priedas. BSS įvykio įrašo struktūra. ASN.1 aprašas	50
2.	Priedas. Konferencijoje pristatytas ir išspausdintas straipsnis.....	51

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Vietos nustatymo GSM tinkle metodų palyginimas pagal esminius kriterijus.....	12
2 lentelė. Konstrukcinių medžiagų slopinimai	18
3 lentelė. Simuliatorių palyginimas pagal pagrindinius kriterijus	21
4 lentelė. Stebėjimo režimo įjungimo žinutės parametrai	33
5 lentelė. Stebėjimo režimo tipų parametro kodavimas	33
6 lentelė Stebėjimo režimo įvykių kontrolė.....	34
7 lentelė. Svarbiausi "Customer Trace" pranešimo paketo laukai.	34
8 lentelė. Teorinės duomenų perdavimo spartos.....	37
9 lentelė. Cell-ID informacijos paėmimo trukmės nustatymo rezultatai.....	43

Paveikslėlių sąrašas

1 pav. GSM tinklo komponentai dalyvaujantys vietos nustatyme Cell-ID metodu.....	13
2 pav. Atnaujinimo specialiai suformuotu SMS schema.....	15
3 pav. TA išsidėstymas visakryptės ir sektorinės (dešinėje) antenos atveju	16
4 pav. Signalų stiprumo priklausomybė nuo aukščio.....	18
5 pav. Signalų stiprumo žemėlapis.....	19
6 pav. Sistemos panaudojimo atvejai	24
7 pav. Sistemos komponentai	25
8 pav. Sistemos išdėstymo vaizdas	26
9 pav. "Provide Subscriber Info" vietos paėmimo algoritmas.....	28
10 pav. paieškos (paging) ir vietos atnaujinimo procedūros BSS	30
11 pav. "Customer Trace" algoritmo schema	32
12 pav. Paslaugos pateikimo etapai	35
13 pav. Duomenų siuntimo trukmė priklausomai nuo kodavimo schemos parinkimo	37
14 pav. Bendra modeliuojamo GSM tinklo struktūra	40
15 pav. Vietos nustatymo atnaujinant tuščia SMS žinute rezultatai	41
18 pav. Vietos nustatymo atnaujinant paprasta SMS žinute rezultatai	41

1. ĮVADAS

Mobiliojo ryšio paslaugos šiandien yra itin plačiai paplitusios įvairiose gyvenimo sferose. Vartotojai mobiliųjų ryši naudoja tradicinėms balso, tekstinių žinučių ar duomenų perdavimo reikmėms, tačiau didėja ir kitų paslaugų paklausa. Tarp jų būtų galima išskirti paskutiniu metu ypač populiarėjančias vietos nustatymo paslaugas. Remiantis analizuota literatūra, pastaraisiais metais ypatingai auga susidomėjimas vietos nustatymo paslaugomis (LBS – location-based service). 2005 metais kompanija Berg Insight atliko išsamią, 300 su virš puslapių, vietos nustatymo paslaugų rinkos, standartų, didžiausių operatorių analizę [4]. Remiantis šia analize bei kitais analizuotais šaltiniais, aiškiai matomas vietos nustatymo paslaugų poreikio didėjimas bei šios rinkos aktyvėjimas. Pajamos iš vietos nustatymo paslaugų 2004 metais Europoje buvo 108 milijonai eurų. Tikima kad iki 2009 metų pajamos išaugs iki daugiau negu 2 mlrd. eurų.

Tokios drąsios greito augimo prognozės daromos remiantis objektyviais veiksniais:

- Objektų vietos nustatymas yra aktualus sprendžiant gyventojų saugumo užtikrinimo bei transporto priemonių srautų valdymo bei stebėjimo uždavinius. Šie uždaviniai yra Europos Sąjungos prioritetinių sričių sąrašė. Pagrindiniai artimiausių penkerių-septynerių metų transporto problemų valdymo ir sprendimo principai išdėstyti baltojoje knygoje “European Transport Policy for 2010” [6]. Atitinkama ES Bendrosios programos strateginė direktyva “eSafety – Cooperative Systems for Road Transport” [9], kuri vykdoma nuo 2002 metų, pabrėžia transporto efektyvumo, saugumo, patikimumo, patogumo aspektus.
- Tarptautinių organizacijų, vyriausybių suformuluota ir įstatymais įteisinta būtinybė pateikti mobiliųjų tinklų vartotojų vietos duomenis skubios pagalbos, tvarkos užtikrinimo, saugumo tarnyboms. JAV ir ES priimti įstatymai numato, kad skambučių į pagalbos telefonus (911 ir bendrojo Europos pagalbos telefono 112) vietos duomenys būtų perduodami atitinkamoms tarnyboms. JAV šis reikalavimas yra privalomas visiems operatoriams (diegiama keliais etapais su apibrėžtais vietos nustatymo tikslumo reikalavimais). Europoje priimta direktyva operatorių neįpareigoja diegti tokio funkcionalumo, tačiau nurodo esant techninėms galimybėms (pvz., teikiant paslaugą verslo subjektams) vietos informaciją pateikti ir pagalbos tarnyboms.
- Mobilųjų tinklų vartotojų vietos duomenys yra reikalingi verslui. GSM skvarbai pasiekus 100 ir daugiau procentų [15], operatoriai suinteresuoti pridėtinės vertės kūrimu ir palankiai žiūri į naujų paslaugų diegimą. Potencialių vietos informacijos naudotojų ratas yra platus – tai transporto, logistikos, saugos, paslaugų sektoriaus įmonės bei pavieniai abonentai. Pateikdamas vietos nustatymo paslaugas operatorius įgyja

pranašumą rinkoje, todėl motyvacija diegti vietos nustatymo paslaugas yra tiek iš paslaugos vartotojų, tiek iš operatoriaus pusės.

Didėjant vietos nustatymo paslaugų naudojimui, auga GSM tinkle perduodamos vietos informacijos kiekis. Pradedant naudoti vietos nustatymo metodą Cell-ID bei kitus vietos nustatymo mobiliajame tinkle metodus, vietos informacijos srautas nukreipiamas tinklo signalizacijos kanalais ir daro įtaką kitų GSM tinklo paslaugų kokybei. Tinklo operatoriui svarbu užtikrinti aukštą visų teikiamų paslaugų kokybę. Todėl jam labai svarbu žinoti kokius informacijos srautus kuria skirtingos paslaugos. Paslaugų kokybės įvertinimui būtina atlikti bandymus. Tam geriausiai tinka realaus tinklo imitaciniai modeliai, kuriuose galima generuoti prognozuojamus srautus ir taip įvertinti būsimą kokybę. Imitacinis modelis yra vienintelis būdas būsimos kokybės įvertinimui, nes atlikti testinius matavimus generuojant duomenų srautą realiame tinkle labai sudėtinga. Bandymai realiame tinkle gali sutrukdyti tinklo darbą ir pabloginti teikiamų paslaugų kokybę.

Imitacinis modeliavimas įgalina operatorių nuspręsti ar pakanka esamų tinklo išteklių naujų paslaugų diegimui, ar reikalinga investuoti į papildomą įrangą. Todėl šio darbo tikslas yra nustatyti vietos duomenų gavimo metodų įtaką GSM tinklo apkrautumui ir pateikti išvadas dėl atskirų metodų panaudojimo tikslingumo tenkinant įvairias su vietos nustatymu susijusias paslaugas.

Darbas sudarytas iš analitinės dalies, projektinės dalies, tyrimo dalies, eksperimento. Pabaigoje pateikiamos išvados.

Analitinėje dalyje analizuojami pagrindiniai vietos nustatymo GSM tinkluose metodai, detalizuojami aktualiausių Europos GSM tinkluose naudojamų metodų veikimo principai. Pagrindžiama būtinybė tirti Cell-ID ir jam giminingų metodų, nereikalaujančių pakeitimų vartotojo įrangoje, įtaką GSM tinklo apkrautumui. Pasiūlomas įrankis – GSM tinklo emuliatorius vietos nustatymo paslaugoms tirti. Išanalizuoti ir įvertinti alternatyvūs produktai šiam tikslui pasiekti.

Projektinėje dalyje pateikiami sukurto GSM tinklo emuliatoriaus projektavimo sprendimai. Analitinėje dalyje suformuluoti reikalavimai verčiami į sistemos detaliają specifikaciją.

Tyrimo dalyje gilinamasi į emuliatoriuje įgyvendintus vietos informacijos paėmimo iš GSM tinklo algoritmus, emuliuojamų įrenginių funkcionalumą, tinklo pranešimų turinį, galimas siunčiamų duomenų kiekio variacijas. Detalizuojamas autoriaus siūlomas „Customer Trace“ funkcijomis grįstas metodas. Tyrimo apibendrinime iškeliami svarbiausi eksperimentinės dalies tikslai.

Eksperimentinėje dalyje su GSM tinklo emuliatoriaus pagalba atliekami eksperimentai. Naudojami iš Lietuvos GSM tinklų gauti pradiniai duomenys. Gauti rezultatai interpretuojami atsižvelgiant į tyrimo dalyje identifikuotus „Customer Trace“ pagrįsto vietos informacijos paėmimo algoritmo apribojimus.

Darbo pabaigoje pateikiamos išvados, siūlomos tolimesnės „Customer Trace“ vietos informacijos paėmimo algoritmo tyrimo ir tobulinimo kryptys.

2. ANALITINĖ DALIS

2.1. Vietos nustatymo GSM tinkle metodai

GSM standartuose pateikiami pagrindiniai vietos nustatymo metodai [2]:

- Cell-ID (+ Timing Advance)
- TOA
- AOA
- E-OTD
- A-GPS

Šių metodų veikimo principai plačiai išnagrinėti literatūroje, tačiau jų įtakos esamam GSM tinklui analizė nėra atlikta.

2.2. Vietos nustatymo metodų palyginimo kriterijai

Kriterijai priklauso nuo vietos nustatymo paslaugų panaudojimo tikslų, tačiau galima pateikti bendresnius kriterijus [16] plačiam vietos nustatymo paslaugų spektrui:

- paklaida,
- aprėptis,
- papildoma apkrova,
- energijos suvartojimas,
- nustatymo trukmė,
- įdiegimo ir palaikymo kaina.

2.2.1. Paklaida

Vietos nustatymo paklaida yra esminė vietos nustatymo savybė, parodanti, kiek nustatytoji vieta yra arti tikrosios nežinomos objekto vietos. Dėl metodų specifikos paklaida dažnai svyruoja, kartais net dešimtimis kartų skirtingose vietovėse –, pvz., Cell-ID metodo rezultatas dažnai būna apskritimas, kurio centras yra bazinės stoties koordinatės, o spindulio ilgis priklauso nuo bazinės stoties galios ir vietovės.

2.2.2. Aprėptis

Svarbu, kad vietos nustatymo metodo sėkmingumas ir rezultatų pastovumas nepriklausytų nuo aplinkos (pastatuose, mieste, užmiestyje). Kai kurių metodų, pvz., A-GPS veikimas pastatuose yra labai ribotas [12]. Kitų (Cell-ID, E-OTD) tikslumas gerokai skiriasi mieste ir užmiestyje ir priklauso nuo bazinių stočių antenų išsidėstymo.

2.2.3. Papildoma apkrova

Vietos nustatymo metu siunčiamos papildomos užklauskos, todėl sukuriama papildoma apkrova MS (*mobile station*), GSM tinklo įrenginiuose o taip pat sąsajose tarp jų. Ji atsiranda dėl dviejų priežasčių – papildomai apsikeičiama informacija tarp įrenginių ir yra reikalingi resursai tai informacijai apdoroti bei pateikti terminalo vietos duomenis. Papildoma apkrova priklauso nuo vietos nustatymo būdo.

2.2.4. Energijos suvartojimas

Energijos suvartojimas svarbus tik mobiliesiems įrenginiams. Jų energijos atsargos yra labai ribotos ir jas padidinti dažnai neįmanoma dėl svorio, žmonių saugumo ir kitų faktorių. Energijos suvartojimas kinta taip pat kaip ir pridėtinė apkrova – bendru atveju didėjant tikslumui, didėja ir energijos suvartojimas (jei metodas pagrįstas tam tikrais veiksmais mobiliajam įrenginyje). Tačiau net ir visiškai tinklu pagrįsti metodai, kaip pvz., Cell-ID, gali turėti nemažą poveikį mobiliųjų telefonų baterijų išsikrovimui – priklausomai nuo naudojamo vietos informacijos atnaujinimo metodo, telefonas „aktyvuojamas“, t.y. pereina iš ramybės į aktyvią būseną, kurioje energijos sunaudojimas yra gerokai didesnis.

2.2.5. Nustatymo trukmė

Nustatymo trukmė - laikas tarp vietos nustatymo užklauskos išsiuntimo ir vietos rezultatų gavimo. Per šį laiką reikia atliekamos procedūros:

- atlikti užklauskos ir užklauskėjo autorizaciją (ir autentifikaciją) – atsakoma į klausimą, ar užklauskėjui leidžiama nustatyti abonento vietą,
- nustatyti abonentą aptarnaujančius tinklo įrenginius,
- išskirti resursus vietos nustatymui,
- atlikti pozicijos matavimus,
- gautus matavimų rezultatus apdoroti,
- pateikti rezultatus.

Atliekant periodines užklauskas, kai kuriuos etapus galima praleisti, todėl svarbus trukmės įvertis yra pirmo vietos nustatymo trukmė. Daugelio šiuolaikinių sprendimų pirmo nustatymo trukmė yra nuo kelių iki kelių dešimčių sekundžių. Toleruojama vietos nustatymo trukmė priklauso nuo naudojamos paslaugos – interaktyvioms paslaugoms kelių sekundžių uždelsimas gali būti pražūtingas, nes sumažins jų patrauklumą. Įvairioms periodinio stebėjimo sistemoms ir minutėmis skaičiuojama trukmė neturės didelės įtakos.

Apdorojimo trukmė yra susijusi su pridėtinė apkrova, todėl didėjant vietos nustatymo tikslumui, išauga nustatymo trukmė.

2.2.6. Įdiegimo ir palaikymo kaina

Įdiegimo kaina priklauso nuo reikalingų investicijų į infrastruktūrą dydžio. Naujų bazinių stočių, pozicijos matavimo įrenginių LMU (*Location Measurement Unit*), valdymo ir kontrolės centrų pirkimas bei įdiegimas reikalauja daug lėšų. Jeigu apsiribojama metodais, kuriems užtenka esamo tinklo funkcionalumo, kaina yra pastebimai mažesnė, tačiau galimi paslėpti kaštai – tinklo optimizavimo, darbuotojų apmokymo. Palaikymo sąnaudos paprastai yra proporcingos įdiegimo kaštams – didelės investicijos į infrastruktūrą (LMU diegimas kiekvienoje bazinėje stotyje) pareikalauja nuolatinės priežiūros.

2.3. Esamų vietos nustatymo GSM tinkle metodų palyginimas

Remiantis [14][16] pateikta informacija, vietos nustatymo GSM tinkle metodai, įvertinti pagal esminius kriterijus ir rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Vietos nustatymo GSM tinkle metodų palyginimas pagal esminius kriterijus

	Paklaida (m)			Pridėtinė apkrova	Energijos suvartojimas	Nustatymo trukmė (s)	Įdieg./palaik. Kaina
	Kaime	Priemiesčiuose	Mieste				
Cell-ID	>10 km.	2-10 km.	50-1000	Maža	Minimalus	0,5-5	Maža
E-OTD	50-150	50-250	50-300	Didelė	Didelis	<10	Didelė
U-TDoA	50-120	40-50	40-50	Didelė	Minimalus	<10	Vidutinė
A-GPS	10-40	20-100	30-150	Vidutinė	Vidutinis	30-60	Vidutinė

Interpretuojant lentelėje pateiktus duomenis reikia atsižvelgti į situaciją rinkoje. E-OTD metodas buvo intensyviai diegiamas JAV, kad pasiekti tikslumą numatytą E-911 įstatymo antrame etape. Operatoriams įdiegus sprendimus, pradėjo aiškėti rimti trūkumai – dėl įvairių, su fizinėmis signalo savybėmis (*multipath, rayleigh effect*), priežasčių, tikslumas buvo gerokai mažesnis. Taip pat iškilo problemos kaimo vietovėse, kur mobilieji telefonai mato mažiau nei metodui reikalingas tris bazines stotis. Problemas buvo bandyta spręsti įvairiais signalo apdorojimo algoritmais, kurie turėjo iš dalies panaikinti signalo fizikos sukeltus sunkumus, taip pat buvo padidintas vietos matavimų paėmimo laikas. Tačiau iškilo esminė problema – dėl energijos, vietos taupymo yra sudėtinga pagaminti reikalingo tikslumo laikmačius mobiliesiems telefonams. [21] atlikti tyrimai rodo, kad jei vietos matavimų paėmimo laikas prailginamas iki 10s., atsiranda laikmačių nukrypimo problema. Mobiliosiuose telefonuose įdiegtų laikmačių nuokrypis per 10s. yra maždaug mikrosekundė, o analogiškų įrenginių įdiegtų GSM tinkle – tik keliasdešimt nanosekundžių.

2.3.1. Vietos nustatymo metodų panaudojimo patirtis Europoje ir JAV

E-OTD problemas JAV operatoriai bando spręsti pereidami prie U-TDoA metodo, kur signalo lygmens matavimai atliekami tinkle, naudojant LMU įrenginius. Tačiau tai neišsprendžia kitos E-OTD problemos – vietos nustatymo kaimo vietovėse. Jeigu abonento telefonas priima tik

vienos bazinės stoties signalus, negalima atlikti E-OTD ir U-TDoA reikalingos trianguliacijos ir vietos nustatymo tikslumas yra toks pat, kaip ir Cell-ID metodo.

Europos operatoriai pasirinko kitą kelią. Nemažai Europos operatorių yra įsodieję Cell-ID pagrįstus sprendimus (įskaitant ir Lietuvos operatorių UAB Bitė Lietuva). Išanalizavę informaciją iš JAV E-911 įstatymo reikalavimų įgyvendinimo, Europos operatoriai linksta prie A-GPS sprendimo ateityje [16][22].

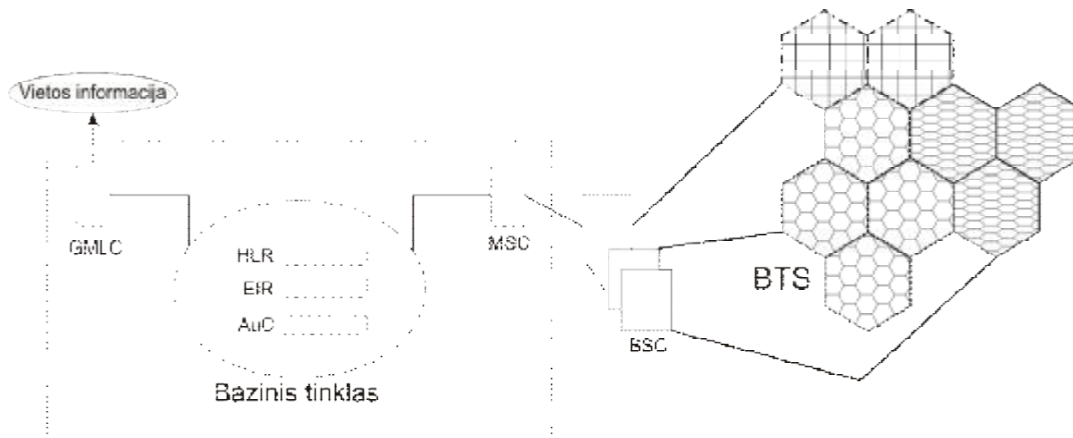
2.3.2. Vietos nustatymo būdai Europos GSM tinkluose

Europos GSM tinkluose dominuojantis metodas yra Cell-ID [7][19] arba kombinuotas Cell-ID ir TA (*timing advance*) [4]. Tai yra GSM tinklo funkcionalumu pagrįstas metodas, kuris nereikalauja didelių investicijų į infrastruktūrą. Europos GSM operatoriai Cell-ID pagrindu sukūrė vietos nustatymo platformą, kuri ruošia rinką gerokai tikslesniems vietos nustatymo būdams. Reikia pastebėti, kad Cell-ID teikiamo tikslumo dažnai pilnai užtenka miestuose, kur esant palankiam bazinių stočių tankiui jo tikslumas gali konkuruoti su pažangesniais metodais.

Cell-ID metodo sėkmė Europos GSM tinkluose buvo daug kam netikėta – metodas, kurį dalis tyrėjų [7] apibrėžė kaip turintį ribotą panaudojimą, pasirodė esąs tinkamas verslo taikymams. Dėl palyginti nedidelių investicijų ir geros aprėpties, metodas atrado savo nišą ir pastaraisiais metais vietos nustatymo užklausų srautas nuolat didėja [14]. Augant užklausų srautui reikia detaliau išanalizuoti esminius Cell-ID vietos nustatymo būdo veikimo principus, esamus ir galimus vietos informacijos paėmimo algoritmus ir jų poveikį GSM tinklo apkrautumui.

2.4. Cell-ID vietos nustatymo metodas

Cell-ID metodas yra pagrįstas GSM ar WCDMA mobilumo valdymo principu – abonentas aktyvumo (pokalbio, trumposios žinutės ir t.t.) laikotarpiu yra prisijungęs prie tam tikros bazinės stoties. Bazinės stoties aprėpties teritorija vadinama GSM ląstele. Pagrindiniai GSM tinklo komponentai, kurie dalyvauja vietos nustatyme Cell-ID metodu pateikti 1 pav.



1 pav. GSM tinklo komponentai dalyvaujantys vietos nustatyme Cell-ID metodu

GSM tinkle yra informacija apie tai, kurioje vietos zonoje (*Location Area*) ir kurioje tos vietos zonos ląstelėje paskutinį kartą buvo aptiktas mobilusis įrenginys. Tokia informacija reikalinga sumažinti abonento paieškos laiką ir taupyti tinklo radijo dalies resursus, esant reikalui surasti konkretų abonentą. Tačiau ši informacija yra nuolat senstanti. Mobilūs įrenginiai taupydami energiją didžiąją laiko dalį praleidžia ramybės būsenoje, todėl jų vieta yra nežinoma.

Abonento ląstelės informacija gali atsinaujinti 4 pagrindiniais būdais:

- prisijungimo prie tinklo metu;
- pereinant tarp vietos zonų (LA);
- pasibaigus periodiniam laikmačiui (operatorius gali keisti šitą reikšmę, tačiau dažniausiai ji yra 2 valandos);
- aktyvumo periodo metu.

2.4.1. Priverstinis vietos informacijos atnaujinimas

Nustatant MS vietą kai jis yra ramybės būsenoje, reikia atnaujinti vietos informaciją. Dažniausiai naudojama GSM vietos informacijos atsinaujino periodas yra 2 valandos [22] ir akivaizdu, kad mobilusis įrenginys per 2 valandas gali įveikti didelį atstumą. Mažinti atnaujinimo periodą netikslinga, nes:

- Gerokai padidėtų GSM tinklo įrenginių apkrova – milijonas abonentų atnaujinančių vietos informaciją kas 5 min. sugeneruotų milžinišką kiekį atnaujinimo pranešimų.
- Didelė dalis vietos informacijos atnaujinimo pranešimų būtų betiksliai, nes dalis abonentų išlieka toje pačioje ląstelėje ilgą laiką.
- Net ir parinkus atsinaujinimo periodą labai mažą, išlieka vietos informacijos atnaujinimo problema.

Atnaujinant vietos informaciją reikia suaktyvinti mobilųjį įrenginį. Skirtingi atnaujinimo būdai susiduria su ta pačia problema – kaip aktyvuoti mobilųjį įrenginį, tačiau netrukdyti jo naudotojo. Šiuo metu pagrindiniai vietos informacijos atnaujinimo būdai GSM tinkle yra:

- skambučio nutraukimas,
- specialiai suformuotos SMS žinutės siuntimas;.

2.4.2. Vietos informacijos atnaujinimas nutrauktu skambučiu

Metodo esmė - inicijuojant skambutį, sulaukti kol vartotojas atsiliepia į aktyvacijos (*paging*) procesą ir iš karto nutraukti skambučio sudarymą. Tokio metodo privalumas - didelis prieinamumas ir paprastumas. Tačiau metodas turi esminių trūkumų:

- Vietos nustatymo įrenginys turi būti aprūpintas galimybe atlikti skambučius įskaitant ISDN plokšte ir ISUP ar kitą protokolą palaikančia programine įranga.
- Atsiranda tarptautinio sujungimo problema.
- Sudėtingas skambučio nutraukimo valdymas.
- Atsiranda papildoma apkrova GSM tinklui. Skambučio sudarymas turi rimtas pasekmes tinklo pralaidumui.

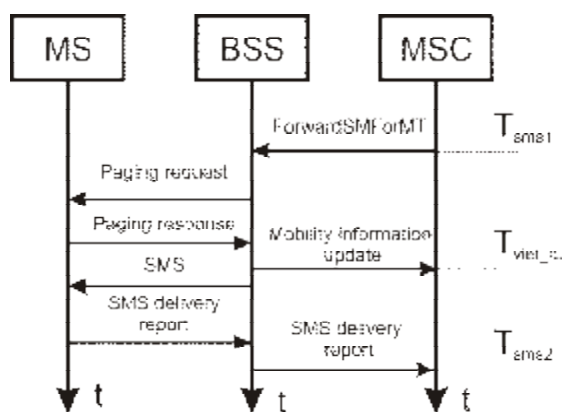
Šie trūkumai sunkiai išsprendžiami ir gerokai padidina vietos nustatymo platformos sukūrimo kainą. Todėl pagrindiniai atnaujinimo nutrauktu skambučiu šalininkai yra GSM tinklo aparatūrinės įrangos tiekėjai, kurie siūlo brangius, integruotus į GSM tinklą sprendimus.

2.4.3. Vietos informacijos atnaujinimas SMS žinute

Metodas paremtas galinių įrenginių savybe ignoruoti jiems neatpažįstamas SMS žinutes [10]. Specialiai suformavus SMS žinutę, mobilieji telefonai ir kita įranga ją atmeta ir gražina klaidą. Proceso metu telefonas aktyvuojasi ir vietos informacija yra atnaujinama. Tarp privalumų galima paminėti:

- Vietos informacijos atnaujinimas ir nustatymas atliekamas tais pačiais protokolais (MAP) [2] ir įranga.
- Mažesnė apkrova GSM tinklui.

Esminis trūkumas yra tikimybė, kad vartotojai su įrenginiais, kurie veikia nesilaikydami standartų, gaus nepageidaujamą SMS žinutę. Problemą galima išspręsti tik intensyvaus testavimo su skirtingais mobilieisiais įrenginiais metu. Metodo veikimo schema pateikta 2 pav.



2 pav. Atnaujinimo specialiai suformuotu SMS schema

Schema susideda iš dviejų etapų - abonto aktyvacijos ir SMS siuntimo. Gauta SMS paketą, MSC persiunčia į abonentą aptarnaujantį BSC, kuris savo ruožtu aktyvuoja abonto paieškos procesą aptarnaujamoje vietos zonoje. Aptikus abonentą, per jį aptarnaujančią bazinę stotį, siunčiamas SMS, kurio siuntimo trukmė yra lygi:

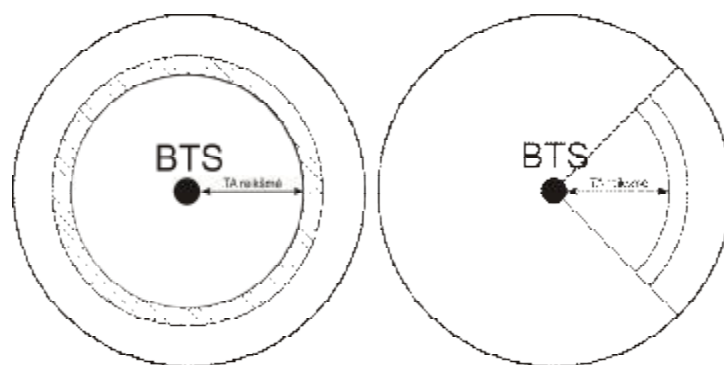
$$t_{atnaujinimo} = t_{sms2} - t_{sms1} \quad (1)$$

kur t_{sms1} laikas, kai MSC gauna SMS žinutės paketą, o t_{sms2} laikas kai MSC gauna žinutės pristatymo pranešimą. Tačiau vietos informacija GSM tinkle atsinaujina iš karto po jo aptikimo tam tikros bazinės stoties aptarnaujamoje zonoje. Atnaujinimo laikas bendru atveju yra nežinomas ir priklauso nuo radijo dalies apkrautumo, abonento paieškos laiko, vėlinimo tarp GSM tinklo įrenginių. Atnaujinant vietos informacija SMS žinute, galima pasinaudoti t_{viet_at} laiko savybe – nors ir priklausomas nuo fizinių tinklo parametru, jis kinta gerokai mažesniame intervale negu t_{sms2} . Konkrečiame tinkle šis laikas yra praktiškai pastovus, todėl atnaujinant vietos informacija, galima sutrumpinti atnaujinimo trukmę iki empiriškai tame tinkle nustatytos reikšmės.

2.5. Cell-ID+TA metodas

Cell-ID metodo tikslumas labai priklauso nuo bazinių stočių antenų konfigūracijos, tai ypač pasireiškia kaimo vietovėje, kur ląstelės yra labai didelės (10 km. ir daugiau). Cell-ID+TA metodu paremtas vietos nustatymas, pasižymi tuo, kad tinklo operatorius, teikiantis bet kokią GSM paslaugą, žino signalo vėlinimą kilpoje bazinė stotis-mobilus telefonas-bazinė stotis. Šis vėlinimas matuojamas 3,70 μ s tikslumu. Tai atitinka 550 m. Vėlinimo skaitinės reikšmės išsiuntimui į mobiliųjų objektų duomenų bazę turi būti atlikti nedideli bazinių stočių pakeitimai. Tokiu būdu, taikant šį metodą, vietos nustatymo paklaida bazinės stoties vietos atžvilgiu neviršija 550 m.

Kaip parodyta 3 pav., TA (*timing advance*) reikšmės panaudojimas gali gerokai patikslinti duomenis esant didelėms ląstelėms. Jei bazinės stoties antena yra visakryptė, tada TA leidžia apibrėžti galimą abonento vietą kaip žiedą, kurios plotis yra 550m. Jeigu antena suskirstyta į 3 arba 4 sektorius, tada abonento vietą galima nustatyti gerokai tiksliau.



3 pav. TA išsidėstymas visakryptės ir sektorinės (dešinėje) antenos atveju

GSM standarte [2] nenumatytas Cell-ID metodo veikimas atskirai be TA reikšmės panaudojimo. Tačiau didelė dalis vietos informacijos tiekėjų naudoja vien tik Cell-ID metodą. Taip yra todėl, kad TA reikšmės paėmimas yra techniškai sudėtingas ir įmanomas esant aktyviam abonentui. Todėl TA reikšmės paėmimas kol kas įmanomas tik GSM tinklo įrangos gamintojų platformose.

2.6. Cell-ID+signalo stiprumo matavimų metodas

MS nuolat matuoja signalo, priimamo iš visų aplinkinių BTS, stiprumą ir siunčia ataskaitas į aktyviai naudojamą BTS. Tokiu būdu tinkle yra informacija apie kiekvienos MS priimamų signalų stiprumus. Egzistuoja keletas atstumo apskaičiavimo pagal signalo stiprumą metodikų [20].

2.6.1. Regimos linijos modelis

Šio metodo tikslas apskaičiuoti sklidimo silpimą vietovėje tiesioginio matavimo atveju. Signalų silpimas paskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta P(dB) = 10 * a * \log\left(\frac{f}{c}\right) - 10 * b * \log(4pd) \quad (2)$$

kur ΔP skirtumas tarp išsiųsto ir priimto signalų stiprumų, f - siuntimo dažnis (Hz), c - šviesos greitis ore (m/s) ir d - atstumas metrais.

Šis modelis naudoja dažnio faktorių a ir aplinkos faktorių b . Šios konstantos nustatomos empiriškai. Santykinė paklaida išreiškiama formule:

$$\frac{d + xdB}{d} = 10^{\frac{1}{10*b}} \quad (3)$$

2.6.2. HATA formulė

Vienas iš plačiausiai naudojamų signalo silpimo įvertinimo metodikų yra Okumuros modelis. Modelis pagrįstas empiriniais Tokijuje atliktais matavimais vienos ląstelės ribose 1-10 km spinduliu. Signalų silpimas paskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta P(dB) = 69.55 + 26.19 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_{BTS} - a(h_{MS}) + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_{BTS}) \log_{10} d$$

Koregavimo faktorius $a(h_{MS})$ kompensuoja mobiliųjų telefonų antenos padėti ir priklauso nuo miesto dydžio.

Vidutiniuose miestuose:

$$a(h_{MS}) = (1,1 \log_{10} f_c - 0,7) h_{MS} - (1,56 \log_{10} f_c - 0,8) \quad (4)$$

Dideliuose miestuose:

$$a(h_{MS}) = 3,2 (\log_{10}(11,75 h_{MS}))^2 - 4,97 \quad (5)$$

Santykinė paklaida išreiškiama formule:

$$\frac{d + xdB}{d} = 10^{\frac{x}{44.9 - 6.55 \log_{10} 50}} \quad (6)$$

kai $h_{MS} = 1\text{m}$ ir $h_{BTS} = 50\text{m}$.

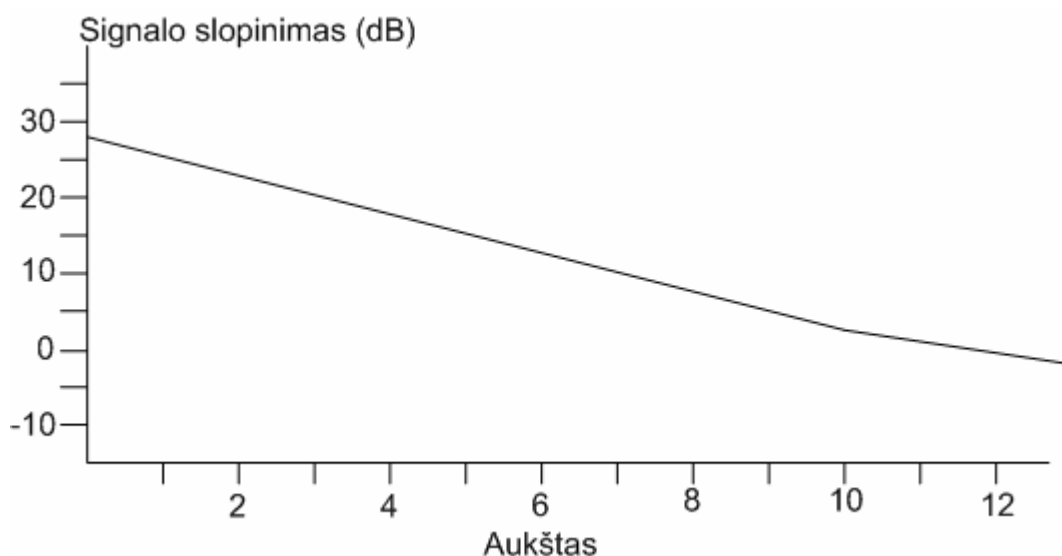
2.6.3. Patalpų faktoriaus nustatymas

Mobiliesiems telefonams, kurie yra patalpų viduje, signalo stiprumui turi įtaką pastato konstrukcijų medžiagos ir aukštis. Konstrukcinių medžiagų slopinimai pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. Konstrukcinių medžiagų slopinimai

Konstrukcijos elementas	Slopinimas (dB)	Standartinis nukrypimas (dB)
Betono blokų siena	7	1
Medžio ir plytų apdaila	3	0,5
Aliumininė apdaila	2	0,5
Metalinės sienos	12	4
Slopinimas dėl ofiso apstatymo (dB/m)	1	0,3

Signalo stiprumo priklausomybė nuo pastato aukšto pateikta 4 pav.

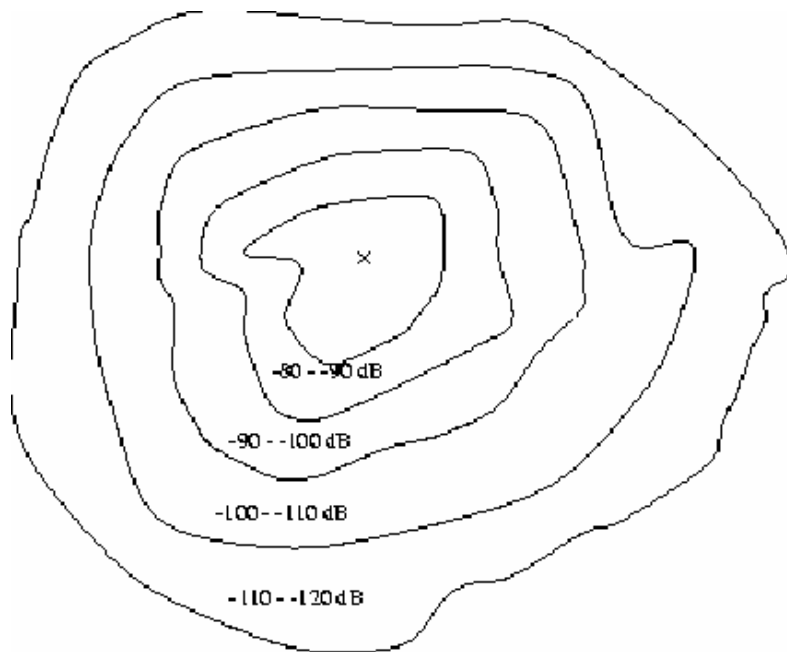


4 pav. Signalo stiprumo priklausomybė nuo aukščio

Vieta dažniausiai yra reikalinga nustatyti realiu laiku, tačiau MS esantiems patalpų viduje tai yra sudėtinga, nes vartotojas turi pateikti duomenis reikalingus patalpų faktoriui įvertinti.

2.6.4. Signalo stiprumo žemėlapių sudarymas

Galima daryti išvadą, kad yra labai sudėtinga nustatyti atstumą tarp MS ir BTS skaičiavimo būdu todėl siūloma naudoti matavimais pagrįstą vietos nustatymo modelį, pagrįstą matavimais. Tai daryti reikia kiekvienos bazinės stoties ląstelėje matavimus atliekant tiksliais atstumais aštuoniomis kryptimis (Latapy'o matavimo žemėlapiai), kurių pavyzdys pateikiamas 5 pav.



5 pav. Signalų stiprumo žemėlapis

Esminė kliūtis diegiant šį metodą yra signalo stiprumo informacijos paėmimas iš BSS [20]. GSM standartuose [2] nenumatytas tiesioginis mechanizmas kaip tai padaryti, todėl vienas iš darbo tikslų yra panagrinėti galimus įgyvendinimo metodus.

2.7. Cell-ID paremtų metodų ateitis 3G tinkluose

Tiriant Cell-ID paremtus metodus, svarbu atsižvelgti į GSM ir 3G tinklų sąveiką. Ją galima suskirstyti į tris galimus variantus [5]:

- GSM tinklas funkcionuoja atskirai ir nėra betarpiškai sujungtas su WCDMA tinklu arba WCDMA tinklo iš vis nėra,
- GSM ir WCDMA tinklai veikia vienoje terpėje, ir 3G abonentai vietovėse kuriose nėra WCDMA prieigos, naudojami GSM tinklu.
- GSM tinklas po pilno perėjimo išjungiamas ir funkcionuoja tik WCDMA tinklai.

Grynas Cell-ID metodas veikia ir GSM ir 3G, tačiau paslaugos tiekėjas turi palaikyti atskiras vietos nustatymo infrastruktūras abiem tinklams (įskaitant ląstelių koordinatinių duomenų bazines). Naudojant kombinuotus su TA ar signalo reikšmės metodus, iškyla problema su 3G tinklu – šie parametrai yra iš esmės nesuderinami tarp tinklų arba jų analogų iš vis nėra. Todėl pereinamuoju laikotarpiu, kai tinklai veikia bendrai, gali tekti 3G tinklo vartotojams siūlyti mažesnio tikslumo vietos nustatymo paslaugą.

2.8. Cell-ID metodo analizės išvados

Cell-ID metodas šiuo metu yra plačiausiai paplitęs Europos 2G tinkluose ir bus sklandžiai naudojamas 3G tinkluose. Dabartiniai vietos informacijos paėmimo metodai apsiriboja abonentą

aptarnaujančios ląstelės nustatymu. Todėl tikslinga ieškoti naujų mechanizmų TA ir signalo stiprio reikšmių paėmimui. Tačiau tokių sprendimų įdiegimas neįmanomas be išsamaus tyrimo, kuris atsakytų į esminį klausimą – kokią įtaką GSM tinklo apkrautumui gali turėti padidėjęs vietos duomenų srautas GSM tinkle. Tik atsakius į šį klausimą operatorius gali diegti sprendimą realiame tinkle. Pagrindinės pajamos kol kas gaunamos iš balso ir duomenų perdavimo paslaugų, todėl GSM operatoriai nėra linkę ką nors keisti tinkle.

Atlikti tokiam tyrimui reikalinga programinė įranga, kuri emuliuodama GSM tinklo įrenginių veikimo principus, tarpusavio sujungimo greičius ir siunčiamus vietos nustatymo pranešimų paketus leistu modeliuoti įvairiais realaus GSM tinklo situacijas.

2.9. Esami sprendimai

Yra sukurta keletas GSM tinklo emuliatorių. Dalis jų naudojama LBS taikymams tirti, kiti, atitinkantys bendresni tinklo modelį, taikomi ir kitoms reikmėms.

2.9.1. GSM tinklo simulatoriai ir emulatoriai

MSL : MSL (*Mobile Station Location*) taikomas norint sužinoti skambinančiojo specialiosioms tarnyboms buvimo vietą. Sprendimas pagrįstas įterpiant į 2.5G versijos GSM tinklą, MSLC(*Mobile Station Location Center*) ir ECC(*Emergency Call Center*) modulius. Tokios sprendimo tinkamumas iširtas sukuriant GSM tinklo ir siūlomų modelių simulatorius. GSM tinklo moduliai (HLR, MSC, BSC, BTS) specifikuoti naudojant SDL. Dėl SDL trūkumų aprašant GSM tinklą ir jo veikimą, emulioriaus modelis sukurtas naudojant PERL kalbą, remiantis SDL specifikacijomis. Sąsajos tarp modulių realizuotos naudojant TCP/IP protokolą, o adresavimas tinkle vykdomas naudojant DNS. Emuliorius imituoja tik dalį GSM tinklo veikimo įgyvendintos tik būtinos procedūros MS vietos nustatymui. Neatsižvelgiama į ribinį sąsajų pralaidumą. Tarp modulių perduodami duomenys neatitinka standartų.

Vanu: Tai BSC ir BTS modulių emuliorius, pritaikomas realiame 2.5G versijos GSM tinkle. Šis sprendimas išoriniu požiūriu yra GSM tinklo dalies kopija ir gali veikti realiame tinkle. Programavimo kalba C++, moduliai atitinka visus GSM standartus, turi fizines sąsajas reikalingas pajungimui į GSM tinklą. Visa įranga dėl realumo yra tiek pat brangi kaip ir GSM tinklo įranga ir netinkama projektams plėtoti.

Fakhrul: 3G versijos GSM tinklo radijo ryšio simulatorius. Skirtas įvertinti duomenų perdavimo klaidas didelės spartos radijo ryšyje. Kadangi tokio įvertinimo atlikimui reikalinga detali simuliacija - signalų lygmenyje, tai "Fakhrul" įgyvendintas naudojant "MATLAB", kuris turi tam pritaikytas signalų apdorojimo funkcijas. Nors "Fakhrul" gerai realizuoja 3G versijos GSM tinklo radijo sąsajų realistiškumą, nėra nė vieno tinklo modulio realizacijos.

ReMoB: tai WAP ir J2ME mobiliųjų paslaugų serverio ir kliento simulatorius. Jame ignoruojama GSM tinklo kaip duomenų perdavimo tinklo vaidmuo ir realizuota tik galutinio vartotojo sąsajos. Tokių paslaugų analizei duomenų perdavimo terpė nėra pagrindinis veiksnys ir į ją galima neatsižvelgti. Vietoj GSM tinklo struktūros naudojama serverio/kliento struktūra sujungta TCP/IP protokolu. Simulatorius parašytas JAVA kalba.

2.9.2. GSM tinklo simulatorių palyginimas

Norint palyginti esamus sprendimus ir galimybę juos panaudoti tiriant vietos nustatymo poveikį GSM tinklui jie buvo išnagrinėti pagal pagrindinius kriterijus ir rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Simulatorių palyginimas pagal pagrindinius kriterijus

	MSL	Vanu	Fakhrul	ReMoB
GSM versija	2,5G	2,5G	3G	2,5G
Programavimo kalba	SDL, PERL	C++	MATLAB	JAVA
Sąsajų protokolai	TCP/IP	GSM standartiniai	GSM standartiniai	TCP/IP
Realizuoti GSM tinklo moduliai	Visi	BSC/BTS	Sąsaja tarp BTS/MS	-
Standartų atitikimas	Veikia pagal standartus, tačiau duomenis perduoda nekoduotus ASN.1 BER	Pilnai paruoštas naudoti realiame GSM tinkle	-	-

Esamus sprendimus galima suskirstyti į dvi grupes – plataus profilio GSM tinklo funkcionalumo įrankiai, kurių kaina yra milžiniška ir labai riboto funkcionalumo sistemos, skirtos analizuoti vietos paslaugoms. Pirmieji turi esminį trūkumą – jie nėra skirti tirti vietos nustatymo paslaugomis ir dažnai apsiriboja konkrečių GSM modulių įgyvendinimu. Sistemos kaip „Fakhrul“ yra skirtos tirti vietos nustatymui GSM tinkle, tačiau visiškai ignoruojamos GSM tinklo veikimo savybės. Todėl yra tikslinga kurti savą įrankį, kuris apsiribotų vietos nustatymo paslaugų tyrimu, tačiau emuliuotų visų reikiamų GSM tinklo modulių veikimą ir leistų valdyti sąsajų tarp jų parametrus (pralaidumą ir vėlinimą).

3. PROJEKTINĖ DALIS

3.1. Sistemos paskirtis

Masinis mobilių telefonų ir GSM tinkle įgalintų įrenginių paplitimas paskutiniu metu sukūrė palankią situaciją naujoms paslaugoms kurti. Viena iš jų - mobilių objektų vietos nustatymas. Kaip pagrindinius šios paslaugos taikymus galima išskirti šiuos:

- Taip vadinamos "112" paslaugos aptarnavimas, kai įstatyminės bazės ribose reikalinga surasti pagalbos besikreipiančio žmogaus vietą.
- Įvairūs pramoginiai/tiksliniai taikymai orientuoti į individualų vartotoją.
- Komerciniai taikymai orientuoti į firmas ir įmones (transporto srautų nagrinėjimas ir stebėjimas).
- Žmonių srautų stebėjimas siekiant užtikrinti reikalingą tinklo plėtrą.

Šiuos taikymus sieja bendras bruožas - reikalinga GSM tinklo pagalba nustatant abonento vietą. Su paminėtais GSM tinklo panaudojimais yra susiję keletas problemų, kurių sprendimo palengvinimas ir įgalinimas yra kuriamo projekto - "GSM tinklo emuliatoriaus projektavimas ir realizavimas tinklo savybių tyrimui" tikslas. Projektuojant 2.5G GSM tinklą praeito amžiaus pabaigoje nebuvo atsižvelgta į tinklo panaudojimą kitiems tikslams kaip pozicionavimo problemos sprendimui:

- Vietos informacijos gavimas yra sudėtingas, ypač norint tikslaus pozicijos nustatymo.
- Informacija GSM tinkle turi būti atnaujinta norint gauti naujausius duomenis, o tam reikalingi papildomi duomenų srautai.
- Grupinio vietos nustatymo įgalinimas ir su tuo susijusios problemos kaip tinklo pralaidumas, užklauso atsako laikas.
- Dėl ribotų resursų reikalinga tirti lokacijos paslaugos sąveiką su balso/duomenų paslaugomis, o tokiam tyrimui reikalingus duomenis realus tinklas ne visada gali pateikti.

Problemų sprendimas yra sunkiai įmanomas realiame tinkle dėl prieigos ribotumo ir teisinių apribojimų norint prieiti prie reikalingų duomenų. Todėl reikalingos programinės priemonės – mūsų kuriamas emuliatorius/simuliatorius, kuris veiktų pagal GSM standartus ir pagal eksperimentų rezultatus.

Prie tokių problemų galima priskirti ir nagrinėjamą vietos nustatymo metodų įtakos GSM tinklo apkrautumui problemą.

3.2. Esminiai reikalavimai

3.2.1. Apribojimai sprendimui

Kuriamo emuliatoriaus sistemos komponentai turi veikti atsižvelgiant į standartuose pateiktus jų procesų, tarpusavio sąveikos diagramas. Kadangi emuliatorius planuojamas kaip vietos nustatymo taikymo - GSM tinklo įrenginių procesų lygio produktas, pagrindiniai privalomi pramoniniai standartai be GSM radijo dalį ir atskirų įrenginių veikimą apibūdinančių, yra GSM MAP protokolo, ASN.1 bei GSM tinklui specifinio MAP BER pranešimų kodavimo standartai.

Emuliatorių GSM tinkluose būtų galima panaudoti prijungiant prie realaus GSM tinklo. Tokiu būdu GSM tinklas galėtų išnaudoti emuliatoriaus lankstumo galimybes, o emuliatorius - GSM tinklo duomenų įvairovę, atsitiktines klaidas ir realistiškumą. Šiuo atveju emuliatorius turėtų veikti realiu laiku ir idealiai atitikti standartus realizuotus realiuose GSM tinkluose. Taip pat būtų reikalingos duomenų perdavimo sąsajos bei jų panaudojimo realizavimas. emuliatoriaus veikimas kaip realaus GSM tinklo dalis nėra būtinas keliamiems tyrimų reikalavimams, todėl kuriamoje sistemoje turi būti palikta galimybė tokio panaudojimo realizacijai.

Siekiant aukštesnio kuriamos sistemos atitikimo realioms sistemoms komponentų tarpusavio sąsajos turi būti realizuotos remiantis GSM standartais.

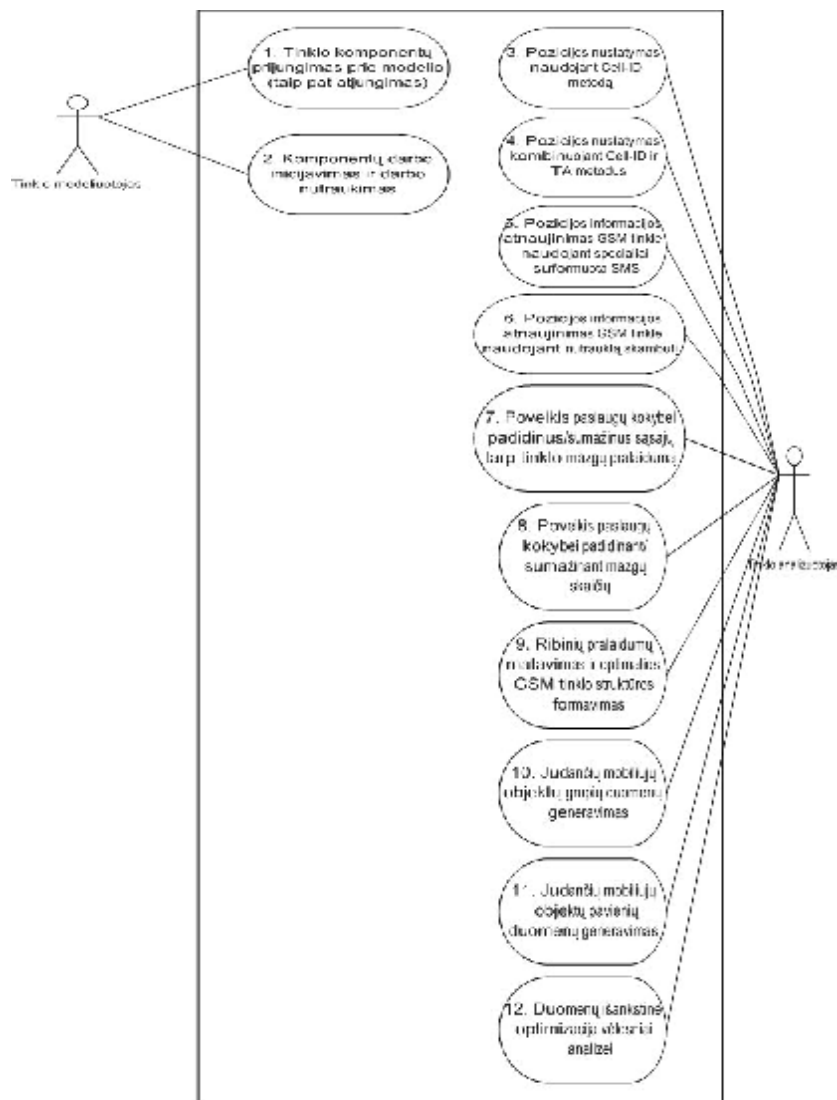
3.2.2. Svarbūs faktai ir prielaidos

Šiuo metu svarbiausia mūsų sistemos gyvavimą įtakojanti prielaida yra 2.5G sistemos gyvavimo trukmė, kadangi sistema kuriama atsižvelgiant į esamas vietos nustatymo paslaugas, funkciniai reikalavimai taip pat formuluojami pagal 2.5G sistemos mazgų veikimo principus. Ši prielaida, netiesiogiai įtakoja pasirinktą sistemos apimtį ir nagrinėjamus vietos informacijos atnaujinimo metodų tyrimus.

Tolesnė vietos nustatymo paslaugų plėtra (t.y. didėjantis abonentų naudojančių jau esamas 2.5G paslaugas) padidintų mūsų kuriamos sistemos poreikį, taip pat įtakotų tolesnę plėtra integracijos su realiu tinklu kryptimi.

3.3. Architektūra

3.3.1. Sistemos panaudojimo atvejai

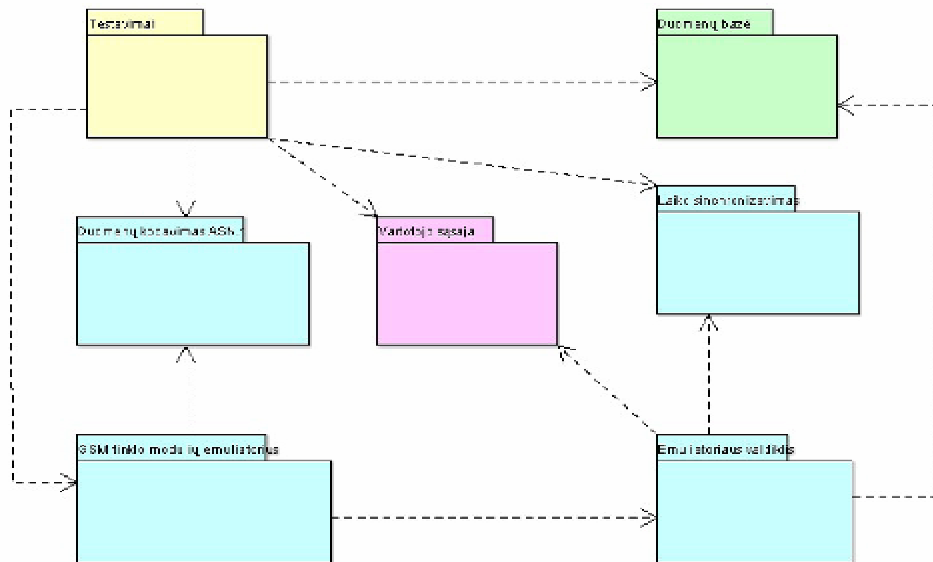


6 pav. Sistemos panaudojimo atvejai

Sistemos panaudojimo atvejų diagrama pateikta 6 pav. Joje pateikti pagrindiniai funkciniai reikalavimai sistemai, kurie buvo užfiksuoti reikalavimų ir analogiškų sistemų analizės metu.

Sistemos panaudojimo atvejai suskirstyti į dvi grupės: komponentų konfigūracijos valdymą, kuri atlieka tinklo modeliuotojas, ir įvairūs emuliacijos taikymai susiję su vietos paslaugų GSM tinkle tyrimu, kuri atlieka tinklą analizuojantis žmogus. Tai leidžia išskirti dvi pagrindines roles sistemoje – sistemos „administratorius“ sukonfigūruoja ir suderina skirtingus komponentus ir taip sumažina tinklo analizuotojo įgūdžių poreikį.

3.3.2. Sistemos statinis vaizdas



7 pav. Sistemos komponentai

Sistemos skaidymo į paketus diagrama pateikta 7 pav. Sistemos suskaidymui į paketus didelę įtaką turėjo keliami reikalavimai matavimų tikslumui. Kuriant paskirstytą skaičiavimų sistemą, kurioje yra atliekami trukmės matavimai, yra reikalinga išspręsti laiko sinchronizacijos tarp skirtingų GSM modulių problemą. Problemą galima spręsti įvairiais aparatūriniais sprendimais, kaip pvz., GPS pagrįsta laikmačių sinchronizacija, tačiau toks sprendimas nėra tinkamas projektuojamai emuliacijos sistemai, kadangi emuliuojamų įrenginių kiekis nuolat kinta ir būtų reikalinga nuolat sinchronizuoti laiką.

Pasirinktas projektavimo sprendimas izoliuoti GSM tinklo modulių emuliacijos procesus nuo trukmės matavimo. Emuliacijos valdiklis perima iš emuliuojamų modulių paketų užlaikymo ir trukmės matavimo uždavinius. Emuliacijos valdiklis sistemoje yra vienas, nebelieka laiko sinchronizacijos tarp dažnai skirtinguose įrenginiuose paleistų komponentų.

Toks išplėstas emuliacijos valdiklis yra kertinis sistemos komponentas, kuriame atliekami įvairūs matavimai ir valdomi sąsajų tarp komponentų parametrai (pralaidumas, vėlinimas). Valdiklis atlieka programinio maršrutizatoriaus funkcijas – nagrinėja gaunamus TCP/IP srautus ir priklausomai nuo paketo turinio antraštės juos nukreipia į atitinkamas eilės skirtas sujungimus tarp įrenginio iš kurio buvo gautas TCP/IP paketas ir įrenginio kuriam jis skirtas.

Laiko sinchronizacijos paketo paskirtis yra pateikti stabilų valdiklyje ir testavimuose naudojamus laikmačius, kurie yra fiksuotos rezoliucijos ir paklaidos.

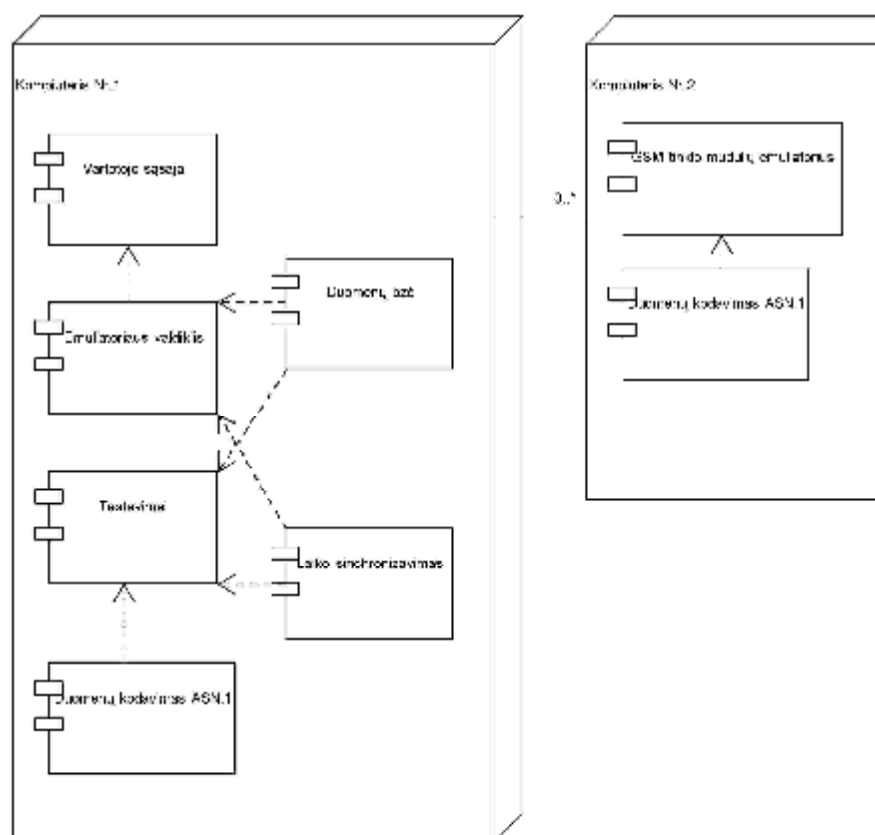
Duomenų kodavimo ASN.1 paketas apibendrina funkcijas skirtas versti žmogui suprantamus duomenis (telefono numeriui, SMS tekstui, IMSI ir t.t.) į ir iš sistemai suprantamo ASN.1 notacijos BER užkoduotus duomenis.

3.3.3. Sistemos išdėstymo vaizdas

Sistemos išdėstymo vaizdas priklauso nuo modeliujamo GSM tinklo savybių. Tačiau galima išskirti dvi komponentų grupes:

- Emuliatoriaus valdiklis ir kiti su juo susiję valdymo ir duomenų apdorojimo įrenginiai.
- Emaliuojami GSM tinklo komponentai, kurie realizuoti kaip atskiri procesai ir gali būti paleidžiami atskirame kompiuteryje ar kompiuteriuose priklausomai nuo numatomo apkrautumo.

Minimalus sistemos išsidėstymo vaizdas, kai naudojami 2 atskiri kompiuteriai pateiktas 8 pav.



8 pav. Sistemos išdėstymo vaizdas

Modeliuojant paprastesnes GSM situacijas, kada emuliuojamų įrenginių skaičius yra keliasdešimt MS ir kelios GSM ląstelės, galima išsiversti ir su vienu kompiuteriu, tačiau rekomenduojama sistemos išdėstymo konfigūracija yra bent 2 kompiuteriai, kurių vienas atlieka valdiklio ir matavimų funkcijas ir bendrauja su vartotoju, o antrame paleisti emuliuojami GSM komponentai.

4. TYRIMO DALIS

Cell-ID vietos nustatymo būdo sukeliama GSM tinklo apkrova priklauso nuo naudojamo vietos informacijos paėmimo algoritmo. Galimi du Cell-ID vietos informacijos paėmimo algoritmai:

- „Provide Subscriber Information“ (PSI) algoritmas yra pagrįstas nuolatiniu vietos informacijos užklausų siuntimu. Gaunamos informacijos kiekis yra minimalus – Cell-ID, todėl ribotas ir vietos nustatymo tikslumas. Taip pat yra reikalinga atnaujinti vietos informaciją specialia SMS žinute.
- „Customer Trace“ (CT) algoritmas yra skirtas masiniam vietos informacijos paėmimui. Vietos informacijos kiekis (TA, signalo stipriai) yra pakankamas tikslumui padidinti. Metodas generuoja duomenis priklausomai nuo įvykių GSM tinkle skaičiaus.

Šiuo metu dominuojantis vietos informacijos paėmimo algoritmas yra pagrįstas HLR teikiamu „Any Time Interrogation“ (ATI) servisu arba pažangesniuose sprendimuose, MSC „Provide Subscriber Information“ (PSI) serviso panaudojimu [1][13]. Šie algoritmai veikia užklausos principu – prireikus vietos duomenų, vartotojo vieta yra atnaujinama (dažniausiai specialios SMS žinutės pagalba) ir nustatoma minėtų HLR ar MSC servisų pagalba ir rezultatai gražinami vartotojui. Norint nustatyti kokią apkrovą generuoja šis algoritmas, užtenka išnagrinėti jo etapus, juose dalyvaujančius įrenginius ir sąsajų tarp jų pralaidumus.

Standartinio Cell-ID informacijos paėmimo algoritmo trūkumas yra tas, kad kartais yra reikalinga realaus laiko informacija apie skambučių sujungimo (tiek įeinančių, tiek išėinančių) ar SMS žinučių išsiuntimo vietą. Šiuo metu tokios informacijos vartotojai yra specialiosios tarnybos, tačiau šiuo metu Europoje yra svarstoma galimybė įteisinti privalomą visų abonentų informacijos saugojimą. Tokiam iššūkiui standartinis Cell-ID informacijos paėmimo algoritmas nėra tinkamas, nes nėra įmanoma realiu laiku gauti informacijos apie skambučio sudarymo ar SMS žinutės siuntimo/gavimo faktą. Imant tokią informaciją iš operatoriaus apmokestinimo duomenų bazių ir nustatant abonto vietą po skambučio sudarymo praeina nemažas laiko tarpas. Iškyla informacijos aktualumo problema, kurios neįmanoma išspręsti PSI paremtu algoritmu.

Išnagrinėsime standartinio Cell-ID vietos paėmimo algoritmo generuojamą apkrovą GSM tinklui (PSI) ir palyginsime ją su autoriaus siūlomu „CustomerTrace“ (CT) pagrįstu algoritmu. Taip pat pateiksime vietos duomenų persiuntimo GSM duomenų kanalais analizę vietos nustatymo metodams (E-OTD, GPS, GPS), kurie nenaudoja GSM signalizacijos kanalų, tačiau perduoda vietos nustatymo rezultatus GPRS ar EDGE duomenų perdavimo technologija.

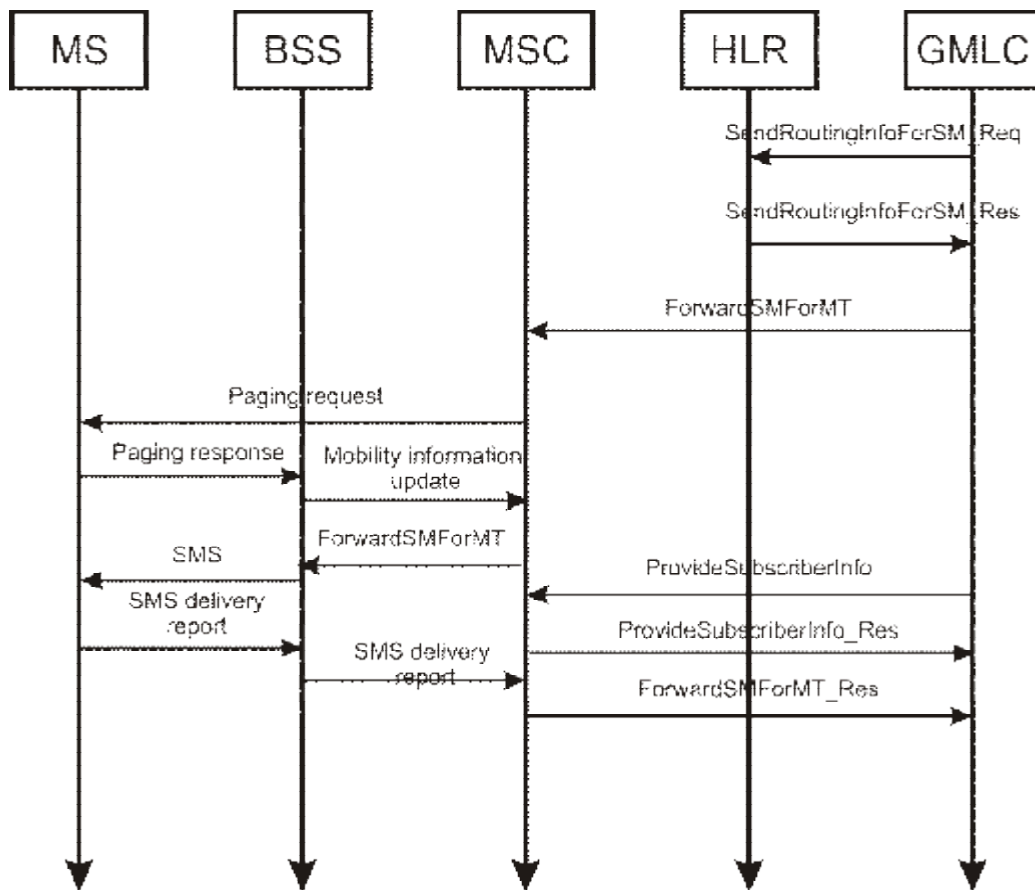
4.1. „Provide Subscriber Information“ (PSI) Cell-ID informacijos paėmimo algoritmas

„Provide Subscriber Information“ (PSI) algoritmas susideda iš trijų etapų:

1. Abonento IMSI kodo ir jį aptarnaujančio MSC adreso gavimo iš HLR
2. Atnaujinimo SMS žinutės siuntimo per abonentą aptarnaujantį MSC
3. Vietos informacijos gavimas siunčiant PSI užklausą į abonentą aptarnaujantį MSC

Tais atvejais, kai vietos informacijos nereikia atnaujinti, antrą etapą galima praleisti, tačiau tokie atvejai yra specifiniai ir taikomi tam tikroms paslaugoms. Tačiau bendru atveju, vietos informaciją GSM tinkle yra būtina atnaujinti.

Bendra PSI algoritmo veikimo schema pateikta 6 pav.



9 pav. "Provide Subscriber Info" vietos paėmimo algoritmas

Reikia atkreipti dėmesį, kad pirmo etapo metu gaunama informacija yra panaudojama siunčiant atnaujinimo SMS, taip kaip ir suformuojant PSI užklausą. 9 pav. pateiktoje schemoje vietos informacija paimama dar negavus atsakymo ar SMS žinutė nusiųsta sėkmingai, tačiau net ir laukiant SMS nusiųtimo ataskaitos, schema išlieka nepakitusi.

4.1.1. IMSI kodo ir jį aptarnaujančio MSC adreso gavimas iš HLR

Tai procedūra, kuri atliekama milijonus kartų per dieną kiekviename GSM tinkle. Jos metu gaunama informacija apie abonentą yra reikalinga atlikti daugumai veiksmų GSM tinkluose (skambučiai, žinutės, MMS ir t.t.), todėl šių žinučių srautas GSM tinklo apkrovai turės labai mažą

įtaką. „SendRoutingInfoForSM“ užklauso laikas bendrai vietos nustatymo procedūros trukmei turi fiksuotą įtaką, kuri iš esmės yra lygi vėlinimui tarp HLR ir užklausančio įrenginio.

Pagal [2], „SendRoutingInfoForSM“ užklauso užkoduotos ASN.1 BER kodavimų ilgis yra 22 baitai (esant 11 simbolių telefono numerio ilgiui), o atsakymo 24 baitai. Akivaizdu, kad prieš pradėjus generuoti bent kiek reikšmingesnę GSM tinklo apkrovą, bus perkrautas kanalas jungiantis HLR ir GMLC įrenginius (SS7 over ATM, 64 kbit/s). Todėl norint padidinti užklausų kiekį/dažnį būtina paskirstyti užklausas keliems GMLC įrenginiams.

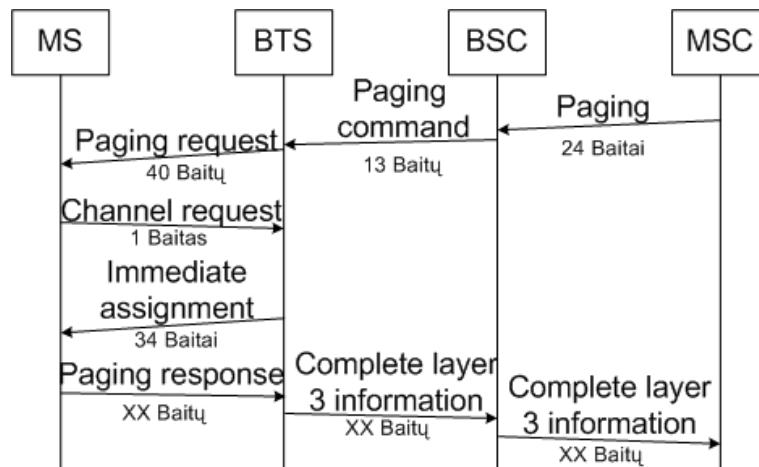
4.1.2. Vietos atnaujinimo SMS žinutės siuntimas per abonentą aptarnaujantį MSC

SMS žinutės siuntimas susideda iš keturių etapų:

1. Žinutė iš GMLC yra siunčiama į abonentą aptarnaujantį MSC įrenginį;
2. MSC inicijuoja abonto paiešką savo aptarnaujamoje vietos zonoje (paging) (kartu atnaujinama vietos informacija);
3. SMS siunčiamas ieškomam abonentui;
4. SMS gavimo rezultatai gražinami į MSC ir toliau į GMLC;

Pirmo etapo generuojama apkrova yra nedidelė. Per MSC keliauja didžiulis skambučių ir SMS žinučių srautas. Vietos atnaujinimo SMS sudaro labai mažą dalį visų pranešimų. Todėl galima nevertinti SMS žinutės apdorojimo laiko priklausomybės nuo užklausų srauto į MSC dydžio.

Trumpoji žinutė (SMS) GSM tinkle gali būti išsiųsta tuo pačiu metu kai vyksta pokalbis, siunčiama informacija ar faksiniai skambučiai. Tai įmanoma dėl to, kad balsas, informacija ar faksas naudoja paskirtą radijo kanalą pokalbio metu, o trumpoji žinutė keliauja per signalizacijos terpę. Tai reiškia, kad jei visi pokalbio kanalai užimti, SMS gali būti išsiųsta. Tačiau ir signalizacijos kanalai turi ribotą pralaidumą. Dėl riboto pralaidumo, žinutės dydis įtakoja siuntimo laiką [3]. Vietos atnaujinimo atveju, kai žinute nereikia perduoti jokios papildomos informacijos, geriausia siųsti tuščią SMS. Šiuo atveju mobilusis telefonas komunikuoja su tinklu taip pat kaip ir siunčiant įprastinę žinutę. Tačiau ši žinutė nerodoma vartotojui ir vartotojas negirdi įprastinio garsinio signalo pranešančio apie žinutę. Trumposios žinutės, neturinčios jokio turinio, siuntimas inicijuoja “sujungimo informacijos” sudarymą, kuris gali būti naudojamas vietos nustatymui. Vietos atnaujinimo diagrama ir siunčiamų pranešimų dydžiai pavaizduoti 10 pav.



10 pav. Paiėškos (paging) ir vietos atnaujinimo procedūros BSS

Vietos atnaujinimo (location update) laikas siunčiant SMS gali būti prognozuojamas. Informacijos apie vietą užklausa iš GMLC gali būti išsiųsta tuo metu, kai tikimybė, kad vieta atnaujinta yra pakankamai didelė. Vietos informacijos užklausa gali būti atlikta kai “paging response” žinutė patenka į MSC. Vietos atnaujinimo laikas t suskaičiuojamas sumuojant atliekamų operacijų kiekviename tinklo segmente laikus ir informacijos persiuntimo tarp tinklo segmentų laikus. Dėl labai trumpų operacijų laikų tinklo segmentuose palyginus su informacijos persiuntimo tarp tinklo segmentų laikais, operacijų laikai gali būti neskaičiuojami.

Kadangi GMLC->MSC duomenų persiuntimo laikai esant normaliai GSM tinklo veikslai yra mažiau nei 0.2% bendro vietos atnaujinimo laiko, šie laikai neįvertinami skaičiuojant vietos informacijos atnaujinimo laiką. Tokiu atveju,

$$t_{simple} = t_{mtt} + t_{pr2} + t_{chr} + t_{ia} + t_{prs1} + t_{mt} + t_{dr1}, \quad (7)$$

čia t_{mtt} – žinutės siuntimo iš GMLC į MSC laikas ($SMS_{size}/0.450\text{kbps}$), t_{pr1} – paging request siuntimo iš MSC į BTS laikas, t_{pr2} – paging request siuntimo iš BTS į MS laikas ($40\text{bytes}/0.782\text{kbps}$), t_{chr} – kanalo prašymo (channel request) siuntimo laikas ($1\text{byte}/0.034\text{kbps}$), t_{ia} – skubaus sujungimo (immediate assignment) prašymo siuntimo laikas ($25\text{bytes}/0.782\text{kbps}$), t_{prs1} – paging response siuntimo iš MS į BTS laikas ($16\text{bytes}/0.782\text{kbps}$), t_{prs2} – paging response siuntimo iš BTS į HLR laikas, t_{mt} – žinutės persiuntimo iš MSC į MS laikas ($SMS_{size}/0.782\text{kbps}$), t_{dr1} – (delivery report) siuntimo iš MS į MSC laikas ($16\text{bytes}/0.782\text{kbps}$).

(7) formulė, pagal [17] atliktus tyrimus gali būti išreikšta,

$$t_{simple} = 0.02735 \cdot SMS_{size} + 1.21. \quad (8)$$

Iš (8) formulės matyti, kad vietos atnaujinimo laikui įtaką daro SMS žinutės dydis. Minimalus žinutės dydis gali užtikrinti minimalų vietos atnaujinimo laiką. Savo ruožtu tai reiškia minimalų tinklo radijo resursų išnaudojimą ir maksimalų vietos atnaujinimo greitį.

Žinutės dydis SMS_{size} kai žinutė turi antraštę [10][2] (42 baitai) ir S simbolių, gali būti apskaičiuotas pagal (9) formulę:

$$\text{SMS}_{\text{size}} = 42 + (\text{S div } 8) * 7 + (\text{S mod } 8). \quad (9)$$

Mažiausias galimas žinutės dydis: $\text{SMS}_{\text{size}} = 42 + (0 \text{ div } 8) * 7 + (0 \text{ mod } 8) = 42$ baitų ir $t_{\text{sms}-0} = 2.359\text{s}$

Didžiausias žinutės dydis: $\text{SMS}_{\text{size}} = 42 + (160 \text{ div } 8) * 7 + (160 \text{ mod } 8) = 182$ baitų ir $t_{\text{SMS}-160} = 6.184\text{s}$.

Siunčiant atnaujinimo SMS žinutę didžiausias efektas pasiekiamas siunčiant ją visiškai tuščią, su specialiai suformuota antrašte.

4.1.3. Vietos informacijos gavimas siunčiant PSI užklausą į abonentą aptarnaujantį MSC

Atnaujinus abonto vietos informaciją į abonentą aptarnaujantį MSC yra siunčiama „Provide Subscriber Info“ užklausa. Užklausa siunčiama tuo pačiu GMLC ir MSC jungiančiu SS7 over ATM [8], 64 kbit/s spartos kanalu, todėl apkrovos GSM tinklui vertinimas yra analogiškas „SendRoutingInfoForSM“ užklausoje atvejui. Užklausoje dydis, pagal [2], ASN.1 BER kodavimu yra 17 baitų.

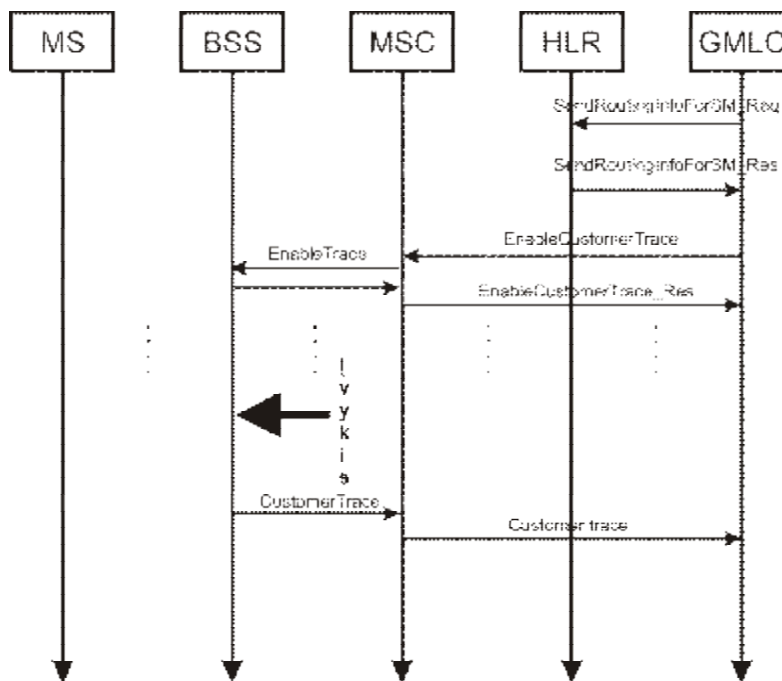
Užklausoje atsakymas pateikia visą reikalingą Cell-ID metodui informaciją:

- Abonentą aptarnaujančios ląstelės identifikacinį numerį.
- LAI (MCC/MNC/LAC kombinacija) leidžia identifikuoti bet kurio pasaulio GSM tinklo celę kaip priklausančią tam tikros šalies (MCC kodas) mobilios operatoriaus (MNC kodas) vietos zonai (LAC kodas).
- Vėliausio vietos informacijos atnaujinimo laiką.

Atsakymo pranešimo dydis, pagal [2], ASN.1 BER kodavimu, yra 31 baitas.

4.2. „Customer Trace“ (CT) Cell-ID, TA informacijos paėmimo algoritmas

„Customer Trace“ algoritmas yra pagrįstas GSM tinklo funkcionalumu skirtu stebėti tam tikriems probleminiams GSM įrenginiams ir gauti išsamią informaciją apie juos. Algoritmas panaudoja šį stebėjimo funkcionalumą vietos nustatymui. Išplėstinė informacija apie abonentą yra persiunčiama įvykiams tam tikriems įvykiams pavaizduotiems 11 pav.



11 pav. "Customer Trace" algoritmo schema

Vietos informacijos paėmimas susideda iš dviejų etapų:

1. „Customer Trace“ įjungimas tam tikram GSM tinklo abonentui, nustatant stebėjimo tipą ir sukonfigūruojant norimus įvykius.
2. Vietos informacijos gavimas įvykius norimiems įvykiams (pvz. abonentui gavus SMS).

Akivaizdus „Customer Trace“ privalumas yra tas, kad vietos nustatymo metu nereikia siųsti užklausas, informacija į GMLC atkeliauja tiesiai iš GSM tinklo. Metodo privalumai ir trūkumai GSM tinklo apkrautumo atžvilgiu pateikti kiekviename etape. Algoritmas suskirstytas į dvi dalis:

- Fiksuotą vietos nustatymo įjungimo.
- Kintamą vietos informacijos siuntimo dalis.

4.2.1. „Customer Trace“ (CT) įjungimas

Prieš pradėdant „Customer Trace“ (CT) įjungimo procedūrą reikia žinoti mobiliosios įrenginio IMSI ir jį aptarnaujančio MSC adresą. Šios informacijos siuntimo įtaka GSM tinklo apkrautui yra išnagrinėta 4.1.1. CT įjungimas atliekamas *EnableTraceMode* užklausa į atitinkama MSC MAP servisą. GSM standarte [2] pateikiamas tokia šio serviso argumento ASN.1 notacija:


```

ActivateTraceModeArg ::= SEQUENCE {
    imsi                [0] IMSI                OPTIONAL,
    traceReference      [15] TraceReference,
    traceType           [16] TraceType,
    omc-Id              [10] AddressString      OPTIONAL
}

```

Ijungimo žinutės parametrai ir jų tipai pateikiami 4 lentelėje. Nors ASN.1 apraše „IMSI“ ir „Omc-ID“ parametrai pateikiami kaip pasirinktiniai, naudojant CT metodą vietos reikia naudoti abu parametrus. „Omc-Id“ parametras reikia nurodyti, nes standartiškai stebėjimo duomenys bus siunčiami į operatoriaus OMC duomenų bazes [11]. Būtina naudoti užklausančio GMLC įrenginio adresą, kad vietos nustatymo duomenys pasiektų adresatą.

4 lentelė. Stebėjimo režimo įjungimo žinutės parametrai

Parametras	Tipas (dydis)
IMSI	OCTET STRING (SIZE (7..8))
TraceReference	OCTET STRING (SIZE (1..2))
TraceType	INTEGER (SIZE (1))
Omc-Id	OCTET STRING (SIZE (5..7))

„TraceType“ parametras nurodo naudojamą stebėjimo režimą ir GSM tinklo įvykius susijusius su inicijuojančiu procesu. Vietos informacija yra perduodama BSS stebėjimo metu. 5 lentelėje pateiktame detalizuotame „TraceType“ parametro kodavime reikia nustatyti BSS įrašo tipą valdančius bitus (5 ir 6) į „11“, o MSC stebėjimo įjungimą valdančius bitus į „00“.

5 lentelė. Stebėjimo režimo tipų parametro kodavimas

8	7	6	5	4	3	2	1
Prioriteto bitas	Rezervuota (0)	BSS įrašo tipas		MSC įrašo tipas		Įvykio tipas	

Naudojant CT metodą vietos informacijai gauti iš GSM tinklo, svarbiausia tinkamai valdyti ir apriboti įvykius sukeliančius informacijos siuntimą iš BSS į GMLC. „Trace type“ parametro bitai kontroliuojantys įvykių parametrus pateikti 6 lentelėje.

Valdantys bitai		Įvykio tipas
2	1	
0	0	MOC, MTC, SMS MO, SMS MT, SS, Vietos zonos atnaujinimas, IMSI prisijungimas, IMSI atsijungimas
0	1	MOC, MTC, SMS_MO, SMS_MT
1	0	Vietos zonos atnaujinimas, , IMSI prisijungimas, IMSI atsijungimas
1	1	Rezervuota

Vietos nustatymo paslaugoms aktualiausi yra įeinantys/išeinantys skambučiai bei SMS žinutės. Tai atitinka atitinkamai į „01“ nustatytus pirmą ir antrą bitus.

4.2.2. Vietos informacijos gavimas „Customer Trace“ (CT) įvykio metu

Įvykus įvykiui (įeinantis skambutis, SMS žinutė) sukonfigūruotam įjungiant „Customer Trace“ stebėjimą, GSM tinklas sukonzentruoja abonentą informaciją prieinamą BSS ir persiunčia į vietos nustatymo platformą. Tai įvyksta be vietos nustatymo platformos įsikišimo ar užklausos, todėl apkrovą GSM tinklui sudaro tik signalizacijos kanalais siunčiamų duomenų kiekis į GMLC įrenginį. Pilnas „BSSTraceEvent“ paketo turinio ASN.1 aprašas pateiktas 1 priede. 7 lentelėje pateikti svarbiausi persiunčiamoje informacijoje laukai.

7 lentelė. Svarbiausi "Customer Trace" pranešimo paketo laukai.

Parametras	Paskirtis
invokingEvent	Nurodo koks įvykis (skambučio inicijavimas, žinutės siuntimas) inicijavo vietos duomenų persiuntimą ir jo kryptis
timingAdvance	„Timing Advance“ (TA) parametro reikšmė
measurementReport	Matavimų, kuriuos mobilusis telefonas atlieka stebėdamas jam artimas bazines stotis reikšmės.

TA parametro gavimas leidžia panaudoti Cell-ID vietos nustatymo metodą plačiau aprašytą 2.4 skyriuje. Tačiau didžiausias CT metodo privalumas susijęs su bazinių stočių signalų reikšmių matavimų gavimu. Aktyvumo periodo metu, mobilusis telefonas nuolat stebi aplinkines bazines stotis ir užfiksuoja signalo lygio reikšmes (dB) ir persiunčia bazinei stotčiai. Šią informaciją galima išnaudoti nustatant mobilaus telefono vietą su Cell-ID + signalo stiprio matavimais pagrįstu metodu.

4.2.3. „Customer Trace“ informacijos paėmimo algoritmo įtakos GSM tinklo apkrovai įvertinimas

Naudojant CT metodą vietos informacijai paimti pagrindinė problema yra dideli persiunčiamų duomenų kiekiai. Vietą nustatant standartiniu – užklausos būdu, galima kontroliuoti

užklausų skaičių, t.y. tinklo perkrovos atveju tolimesnes operacijas nutraukti. Naudojant CT metodą tai nėra įmanoma, nes generuojamų duomenų kiekiai priklauso nuo skambučių ir SMS žinučių skaičiaus. Pritaikant šį vietos informacijos paėmimo algoritmą taip pat susiduriama su kita potencialia problema – skambučių piko metu GSM tinklas veikia ties savo pralaidumo riba. Papildomas vietos informacijos srautas yra nepageidaujamas.

4.3. Vietos nustatymo duomenų perdavimo paslaugos trukmės įtaka GSM tinklo apkrovai

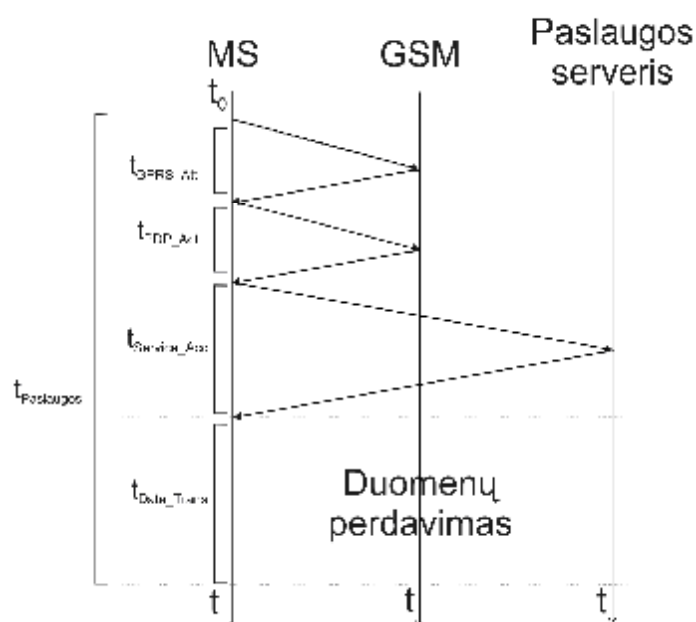
Dalis vietos nustatymo metodų (E-OTD, GPS, A-GPS) nenaudoja GSM tinklo signalizacijos kanalų pozicionavimo metu, tačiau perduoda rezultatus į vietos paslaugos serverį. Todėl galima teigti, kad jų generuojama GSM tinklo apkrova bus priklausoma nuo vietos duomenų perdavimo trukmės. Ši trukmė priklauso nuo perduodamų duomenų kiekio ir GSM tinklo parametrų. Sekančiuose skyriuose yra pateikta autoriaus su kolega atlikta bendra paslaugų pateikimo laiko analizė.

4.3.1. Paslaugos pateikimo laikas

Duomenų perdavimo paslaugose pagrindinis kokybės parametras yra informacijos perdavimo trukmė. Todėl svarbu nustatyti paslaugos pateikimo trukmę ir nustatyti šią trukmę apsprendžiančius faktorius.

Informacijos perdavimo paslauga susideda iš keturių etapų (12 pav.). Kiekvienas etapas trunka tam tikrą laiką. Visą paslaugos pateikimo laiką $t_{paslaugos}$ galima išreikšti:

$$t_{paslaugos} = t_{GPRS_att} + t_{PDP_act} + t_{serv_acc} + t_{data_trans}, \quad (10)$$



12 pav. Paslaugos pateikimo etapai

čia:

- t_{GPRS_att} - prisijungimo prie GPRS prieigos (GPRS Attach) trukmė. Jos metu vyksta abonento registracija ir autorizacija paketinio duomenų perdavimo tinkle. Proceso trukmė priklauso nuo tinklo konfigūracijos, tačiau GPRS Attach proceso metu reikalingi paketinio perdavimo resursai ir bent vienas laikinis kanalas, todėl didelę įtaką gali daryti radijo tinklo apkrautumas.

- t_{PDP_act} - PDP aktyvacijos trukmė, kurios metu aktyvuojamas PDP kontekstas. PDP kontekstas charakterizuoja sujungimą paketų perdavimui ir pateikia informaciją, tokią kaip GGSN nuoroda (APN), TCP/IP adresas, QoS lygis. Trukmė priklauso nuo tinklo konfigūracijos, adresų išskyrimo metodo (statinis, DHCP), autorizacijos (Radius). Šio proceso metu taip pat naudojami laikiniai kanalai.

- t_{serv_acc} - prisijungimo prie paslaugos trukmė. Tiriamas toks atvejis, kai prieiga prie serviso susideda iš TCP/IP sujungimo sudarymo ir vienos užklauso. Tuo metu siunčiami 5 TCP/IP paketai tarp abonento ir paslaugos serverio.

- t_{data_trans} - duomenų siuntimo trukmė, kuri priklauso nuo perduodamo duomenų kiekio D bei vidutinio duomenų perdavimo greičio S . Ši trukmė priklauso nuo: laikinių kanalų skaičius, kodavimo schemų konfigūracija, pakartotinių perdavimų skaičius.

$$t_{data_trans} = \frac{D}{S}. \quad (11)$$

Idealiomis sąlygomis, kai tinklas neapkrautas, $t_{GPRS_att} = 1.53$ sek, $t_{PDP_act} = 0.49$ sek, $t_{serv_acc} = 1.52$ sek.

Idealiomis sąlygomis, kai visi duomenų paketai perduodami teisingai ir nevyksta paketų pakartojimas, duomenų perdavimo trukmę galima apskaičiuoti pakankamai tiksliai. Tinkluose, naudojančiuose GPRS ar EDGE technologiją, duomenų perdavimo spartą lemia naudojamų laiko kanalų kiekis (TS) ir naudojamos kodavimo schemas užtikrinama duomenų perdavimo sparta vienam kanalui (KS):

$$S = TS * KS \quad (12)$$

Tada:

$$t_{data_trans} = \frac{D}{TS * KS} \quad (13)$$

Kodavimo schemas parinkimo įtaka duomenų siuntimo trukmei iliustruoja 13 paveikslas. Paveikslėlyje pateikta duomenų perdavimo trukmė naudojant vieną laikinį kanalą.

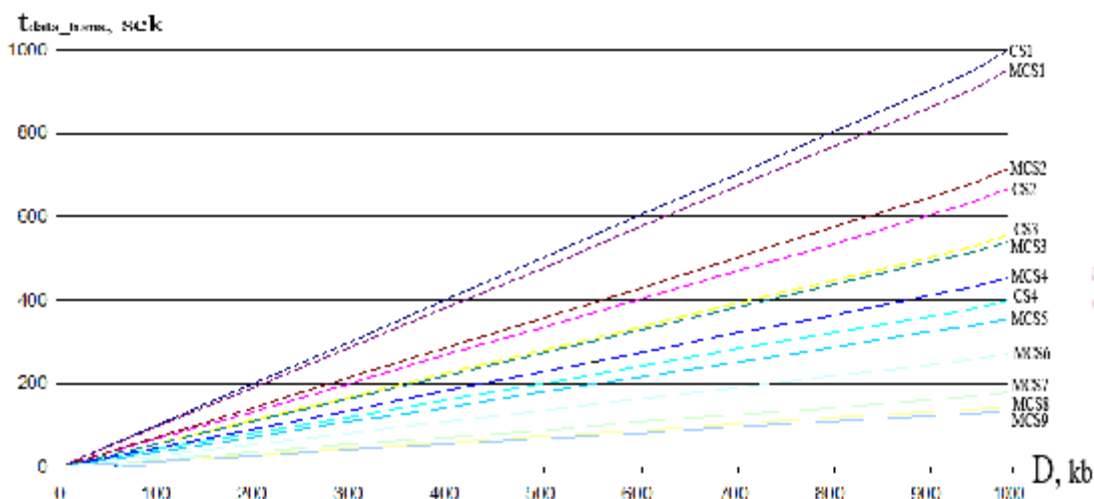
Kodavimo schema parenkama atsižvelgiant į signalo ir pašalinių triukšmų lygį. Galutinė duomenų perdavimo trukmė priklauso ir nuo išskirtų laikinių kanalų skaičiaus. Dažniausiai

duomenų atsisiuntimui operatorius pateikia iki 4 KS_{DL} kanalų, duomenų išsiuntimui KS_{UL} iki 2 kanalų.

Analizuojant 8 lentelėje pateiktas teorines duomenų perdavimo spartas, galima pastebėti, kad dažnai papildomi laikiniai kanalai turi didesnę įtaka duomenų perdavimo spartai negu aukštesnio lygio kodavimo schemas panaudojimas.

8 lentelė. Teorinės duomenų perdavimo spartos

	CS1	CS2	CS3	CS4	MCS1	MCS2	MCS3	MCS4	MCS5	MCS6	MCS7	MCS8	MCS9
TS=1	8	12	14.4	20	8.4	11.2	14.8	17.6	22.4	29.6	44.8	54.4	59.2
TS=2	16	24	28.8	40	16.8	22.4	29.6	35.2	44.8	59.2	89.6	108.8	118.4
TS=3	24	36	43.2	60	25.2	33.6	44.4	52.8	67.2	88.8	134.4	163.2	177.6
TS=4	32	48	57.6	80	33.6	44.8	59.2	70.4	89.6	118.4	179.2	217.6	236.8



13 pav. Duomenų siuntimo trukmė priklausomai nuo kodavimo schemas parinkimo

Įvertinant (10) lygtį, bei žinomus aktyvacijos ir sujungimo laikus, duomenų perdavimo trukmė

$$t_{paslaugos} = 3.54 + \frac{D}{TS * KS} \quad (14)$$

Galima teigti, kad esant neapkrautam tinklui ir naudojant aukščiausią kodavimo schema bei didžiausią laikinių kanalų kiekį, $t_{paslaugos}$ priklauso tik nuo perduodamų duomenų kiekio.

Tokiu būdu minimali duomenų išsiuntimo trukmė,

$$t_{ULpaslaugos} = 3.54 + \frac{D}{2 * 59.2} = 3.54 + \frac{D}{118.4} \quad (15)$$

ir minimali duomenų atsisiuntimo trukmė,

$$t_{DLpaslaugos} = 3.54 + \frac{D}{4 * 59.2} = 3.54 + \frac{D}{236.8} \quad (16)$$

Sujungimo bei aktyvacijos laikų įtaka perdavimo trukmei mažėja didėjant perduodamų duomenų kiekiui. Lyginant 100kb duomenų parsisiuntimo laiką su 300kb, duomenų parsisiuntimo trukmė padidėjo tik 2 kartus.

Pagal teoriškai gaunamus minimalius paslaugos pateikimo laikus galima nustatyti kokia bus vietos nustatymo paslaugos trukmė, priklausomai nuo perduodamų duomenų kiekio.

4.4. Tyrimo dalies apibendrinimas

PSI algoritmo generuojama apkrova GSM tinklui priklauso nuo naudojamos atnaujinimo žinutės dydžio ir užklausų skaičiaus tenkančio vienai celei. CT algoritmo atveju prognozuoti sunkiau, yra reikalingas eksperimentas kontroliuojamoje aplinkoje patikrinti dažniausiai pasitaikančius ir ribinius šio metodo panaudojimo scenarijus.

5. EKSPERIMENTINĖ DALIS

5.1. Cell-ID informacijos paėmimo trukmės nustatymo eksperimentas

Eksperimento tikslas yra nustatyti Cell-ID informacijos paėmimo trukmės priklausomybę nuo siunčiamos SMS žinutės dydžio ir lygiagrečiai siunčiamų užklausų kiekio. Eksperimento metu, modeliuojamame GSM tinkle vykstančių skambučių ir SMS srautas yra pastovus, todėl vietos informacijos paėmimo trukmės kitimas rodo nustatymo algoritmo įtaką tinklo apkrautumui.

5.1.1. Eksperimento priemonės

Eksperimento metu buvo naudojamos šios priemonės:

- 2 kompiuteriai tarpusavyje sujungti „Ethernet“ tipo tinklu,
- operacinė sistema MS „Windows XP SP2“,
- .Net 2.0 platforma,
- GSM tinklo emuliatorius vietos paslaugoms tirti.

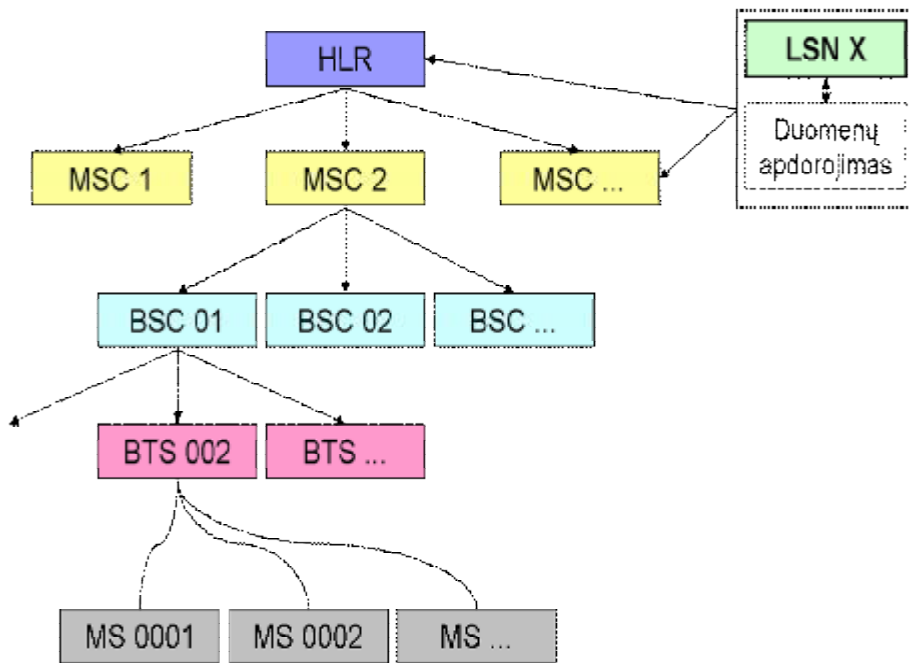
5.1.2. Eksperimento eiga

Eksperimentui parinkta modeliuojamo GSM tinklo konfigūracija atitinka vieno iš Lietuvos mobiliojo ryšio operatorių tinklą:

- į 7 vietos zonos (LA) suskirstytos 2400 GSM ląstelių,
- vienas HLR aptarnaujantis visą modeliuojamą tinklą
- milijonas MS įrenginių.

Eksperimento eigoje PSI algoritmu nustatoma MS įrenginio buvimo vieta. Sujungimų tarp kanalų sparta ir siunčiamų užklausų ir atsakymų dydis nustatytas pagal 4.1.2. pateiktą informaciją. Naudojama iš Lietuvos GSM tinklų gauta informacija apie vidutinį foninį vykstančių skambučių ir SMS žinučių generuojamą informacijos srautą. Išsiuntus vietos užklausą išmatuojamas laiko intervalas nuo užklausos apie abonentą buvimo vietą pasiuntimo į tinklą momento iki to laiko, kai grįžta atsakas apie abonentą buvimo vietą. Šių matavimų metu neįvertinami vietos koordinatų susiejimo su žemėlapiu bei pateikimu vartotojui laikai. Taip pat nevertinti autorizavimo, apmokestinimo laikai. Tai yra laikas, kiek trunka objekto (MS) vietos nustatymas.

Tinklo schema pateikta 14 pav.



14 pav. Bendra modeliujamo GSM tinklo struktūra

Eksperto metu užklausų lygiagretumas pasiekiamas keičiant užklausančių LSN įrenginių skaičių. Jei atsakymas į užklausą negrįžta per 10 s., yra laikoma, kad vietos nustatymo užklausa nepavyko. Skirtingų bandymų metu siunčiama po 300 vietos nustatymo užklausų. Visi 300 pozicijuojamų įrenginių pasiskirstę 12 GSM ląstelių grupėje, kas atitinka realios verslo zonos matmenis.

Norint įsitikinti, kad emuliacijos darbo rezultatai yra teisingi, yra atliekami PSI algoritmo užklausos laiko matavimai realiame GSM tinkle esant nedidelei apkrovai siunčiant mažiausio ir maksimalaus dydžio SMS žinutes. Rezultatai palyginami su emuliacijoje gautais. Įsitikinus, kad gaunami užklausos trukmės duomenys atitinka esančius realiame GSM tinkle, atliekamas eksperimentas su didesne vietos užklausų apkrova, kurio neįmanoma atlikti GSM tinkle dėl:

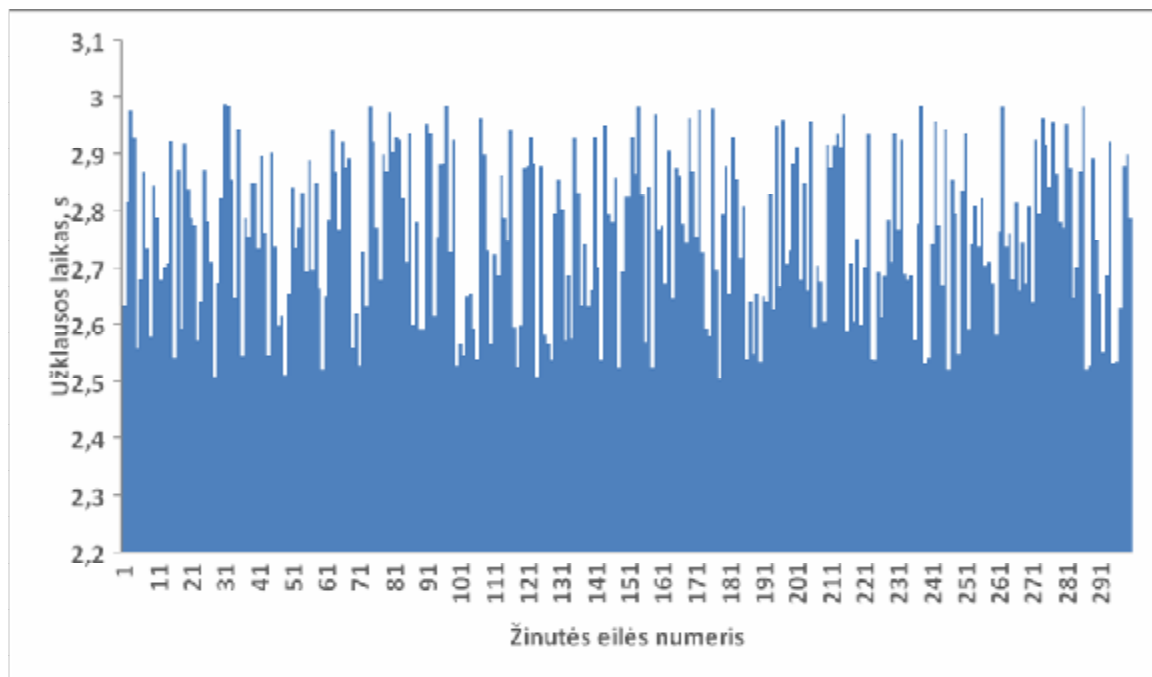
- Poveikio kitoms paslaugoms
- Įrangos brangumo

5.1.3. Užklausos laiko matavimai realiame GSM tinkle

1 bandymas:

Siunčiama tuščia SMS žinutė.

Siuntimo būdas – vienas užklauskėjas, klausiama vieno numerio vienu metu.



15 pav. Vietos nustatymo atnaujinant tuščia SMS žinute rezultatai

Atsako laiko vidurkis – 2.757 sekundės.

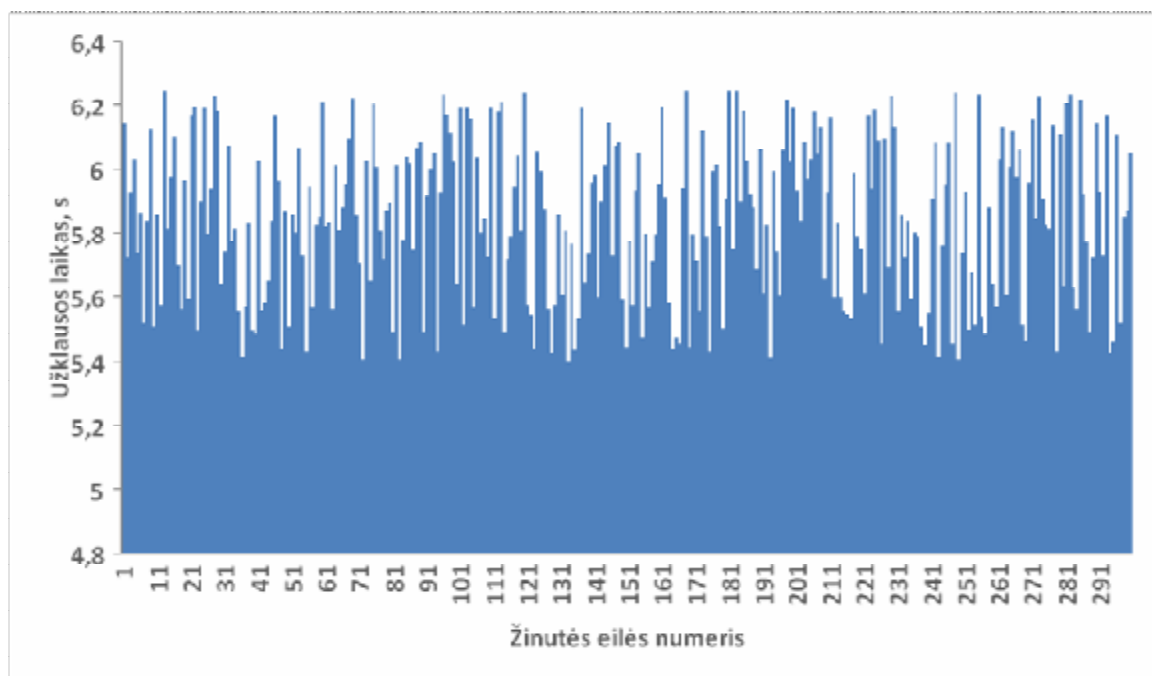
Maksimali atsako reikšmė – 2.997 sekundės.

Minimali atsako reikšmė – 2.502 sekundės.

2 bandymas:

Siunčiama SMS žinutė su 160 simbolių tekstu.

Siuntimo būdas – vienas užklausėjas, klausiama vieno numerio kas 3 sekundės.



16 pav. Vietos nustatymo atnaujinant paprasta SMS žinute rezultatai

Atsako laiko vidurkis – 5.861 sekundės.

Maksimali atsako reikšmė – 6.247 sekundės.

Minimali atsako reikšmė – 5.451 sekundės.

5.1.4. Užklauso laiko matavimai realaus tinklo sąlygas modeliuojant emuliatoriumi vietos paslaugoms tirti

Atliekamas matavimai naudojant 5.1.1 aprašytas priemones, pagal pradines sąlygas aprašytas 5.1.2. Atliekami du bandymai, kurių metu PSI vietos užklauso generuojamos analogiškai GSM tinkle atliktam eksperimentui. Taip pat, atliekami papildomi 3 bandymai, siekiant įvertinti PSI metodo įtaką GSM tinklo apkrovai, augant užklauso skaičiui ir išlygiagretinimui.

Bandymų su tuščia vietos atnaujinimo žinute užklauso generavimo sąlygos:

3 bandymas:

Siunčiama tuščia SMS žinutė.

Siuntimo būdas – trys užklausoėjai, klausiami keturių numerių vienu metu.

4 bandymas:

Siunčiama tuščia SMS žinutė.

Siuntimo būdas – dešimt užklausoėjų, klausiami keturių numerių vienu metu.

Bandymų su pilna (160 simbolių) vietos atnaujinimo SMS žinute generavimo sąlygos:

5 bandymas:

Siunčiama SMS žinutė su 160 simbolių tekstu.

Siuntimo būdas – du užklausoėjai, klausiami dviejų numerių vienu metu.

5.1.5. Eksperimento su emuliatoriumi vietos paslaugoms tirti rezultatai

9 lentelė. Cell-ID informacijos paėmimo trukmės nustatymo rezultatai

Bandymo numeris	SMS dydis	Užklausių kiekis	Min laikas,s	Max laikas,s
1	0	1	2.65	2.91
2	160	1	5.3	6.32
3	0	12	2.94	3.5
4	0	40	3.45	3.9
5	160	4	5.56	6.39

Apibendrinti eksperimento rezultatai pateikti 9 lentelėje. 1 ir 2 bandymo metu gauti minimalios ir maksimalios užklauskos rezultatų paklaida lyginant su išmatuotais matavimo realiame GSM tinkle rezultatais neviršija 10%. Rezultatų paklaida atsiranda dėl dviejų priežasčių:

- Realus GSM tinklo sąlygos yra nekontroliuojamos ir apkrova tam tikroje GSM celėje matavimo metu nėra žinoma.
- Emuliatoriuje nustatant duomenų persiuntimo laiką ir valdant kanalų tarp modeliuojamų GSM įrenginių pralaidumą ir vėlinimą reikalinga laiko atskaita. Ji asmeniniuose kompiuteriuose atliekama su 1ms paklaida. Kadangi trukmės matavimai užklauskos kelyje atliekami kelis kartus, bendra paklaida kaupiasi.

Atliekant bandymus su augančiu užklausių skaičiumi (3, 4, 5) gauti vietos informacijos atnaujinimo su SMS žinute rezultatai patvirtina tyrimo metu iškeltą apkrovos GSM tinklui priklausomybės nuo siunčiamos SMS žinutės ilgio prielaidą. Siunčiant specialiai suformuotą SMS žinutę, kurios ilgis be antraščių yra 0 simbolių stebimas nežymus užklauskos atsako laiko augimas, kuris atsiranda dėl augančios apkrovos BSS ieškant didėjančio skaičiaus abonentų. Tačiau radijo kanalai SMS žinutės turinio siuntimui į MS nėra išskiriami. Siunčiant paprastą, pilnai užpildytą SMS žinutę (160 simbolių), stebimas atsako laiko augimas artimas prognozuojamam pagal (8) ir (9) formules. 5 bandymo metu, iš 300 vietos užklausių per 10 sekundžių negrįžo 105 (65% sėkmingų užklausių). Detalesnis tyrimas su emuliatorimi parodė, kad taip atsitinka dėl to, kad kai kuriuose celėse susikaupia siunčiamų SMS žinučių eilės, ir nors minimali ir maksimali užklauskos trumė nepakito, lyginant su 2 bandymu kur siunčiama 1 užklausa vienu metu, tačiau dalis užklausių buvo užlaikytos BSS eilėse. Eksperimentas atliekamas sąlygomis, kurios yra artimos blogiausiam variantui – MS įrenginiai, kurių vieta yra nustatoma, yra susitelkę mažoje GSM ląstelių grupėje. Lygiagrečiai nustatant keturių MS įrenginių vietą, perkraunami bazinių stočių resursai. Vidutiniškai užklausa trunka apie 6 s., tačiau dalis SMS yra siunčiama į bazines stotis, kurios jau yra perkrautos,

todėl atsakymo laikas viršija eksperimento sąlygose užsibrėžtą 10 s. ribą ir yra traktuojamos kaip nepavykusios.

Vietos nustatymo Cell-ID metodu įtaka GSM tinklo apkrautumi naudojamam PSI pagrįstą vietos informacijos paėmimo algoritmą priklauso nuo naudojamo vietos informacijos atnaujinimo metodo. Vietos informaciją geriausia yra atnaujinti specialiai suformuota SMS žinute, kuri naudoja mažiausiai resursų GSM tinklo radijo dalyje.

6. IŠVADOS

1. Atlikta GSM tinklo abonentų vietos nustatymo metodų analizė ir parodyta, kad visus metodus galima suskirstyti į dvi grupes. Pirmai grupei priklauso metodai, kuriuose vietos informacija gaunama naudojant specialius įrenginius ir perduodama GSM tinklu. Antrajai grupei priklauso metodai, kurie vietos informaciją gauna iš GSM tinklo įrenginių.

2. Pirmos metodų grupės generuojama apkrova priklauso nuo bendros paslaugos informacijos perdavimo trukmės. Tyrimo metu parodoma, kad perduodant duomenis GPRS ar EDGE duomenų perdavimo kanalais, duomenų perdavimo trukmė priklauso nuo kelių faktorių, tarp kurių: vietos duomenų kiekis, prisijungimo prie duomenų perdavimo paslaugos trukmė, naudojamos kodavimo schemas ir išskiriamų perdavimo kanalų skaičius.

3. Tinklo įrenginiuose esančios vietos informacijos paėmimas galimas suaktyvinant ieškomo abonto įrangą specialia užklausa. Tokiu būdu gaunama informacija apie abonentą aptarnaujančią ceļę.

4. Išnagrinėti du Cell-ID vietos informacijos gavimo iš GSM tinklo įrenginių algoritmai: PSI (*Provide Subscriber Info*) ir CT (*Customer Trace*). PSI algoritmas nustato abonto vietą prireikus, tačiau yra reikalinga vietos informaciją GSM tinkle atnaujinti. Tyrimo metu padaryta prielaida ir eksperimentiškai patvirtinta, kad didžiausią įtaką tinklo apkrautumi daro siunčiama atnaujinimo SMS žinutė, kuri naudoja GSM radijo dalies resursus. Rekomenduojama naudoti specialiai suformuotą SMS žinutę arba PSI užklausų srautą mažinti naudojant autoriaus siūlomą CT algoritmą. CT algoritmas vietos informaciją paima abonto aktyvumo metu be atskiros užklauso, todėl yra tinkamas paslaugoms, kur reikalinga paties abonto vietos informacija. Kartu gaunama TA ir bazinių stočių signalo stiprumo informacija leidžia padidinti vietos nustatymo tikslumą be didelių investicijų į tinklą.

5. Atliekant darbą gauta patirtis gali ir bus panaudota ateityje, toliau gilinantis į siūlomo CT pagrįsto vietos informacijos paėmimo algoritmo veikimo charakteristikas: įvykių valdymo tikslinimas, perduodamos informacijos kiekio mažinimas.

7. LITERATŪRA

- [1] 3GPP TS 23.271. *Functional Stage 2 Description of LCS*. 2005.
- [2] 3GPP TS 29.002. *Mobile Application Part (MAP) Specification*. 2005.
- [3] 3GPP TS 44.060. *Mobile Station (MS) – Base Station System (BSS) Interface; Radio Link Control/Medium Access Control (RLC/MAC) protocol*. 2005.
- [4] BERG INSIGHT AB. *The Structure of the European LBS Market 2005*. 2005.
- [5] BORKOWSKI, J., NIEMELA, J. *Performance of Cell ID+RTT hybrid positioning method for UMTS radio networks: Europos bevielių tinklų konferencijos medžiaga*. 2004, p. 487-492.
- [6] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. *European transport policy for 2010: time to decide*. Briuselis. 2001.
- [7] DRANE, C., MACNAUGHTAN, M., SCOTT, C. *Positioning GSM telephones*. *IEEE Communications Magazine*, 1998. Nr. 36, p. 46-54
- [8] DRYBURGH, L. HEWETT, J. *Signaling System No. 7 (SS7/C7): Protocol, Architecture, and Services*. Cisco Press. 2004. ISBN 1587050404.
- [9] *E-safety*. [interaktyvus] EUROPE'S INFORMATION SOCIETY. Prieiga per internetą: <http://europa.eu.int/information_society/activities/esafety/index_en.htm>
- [10] ETSI. *Technical realization of the Short Message Service (SMS)*. GSM 03.40 v7.5.0, 2001.
- [11] ETSI. *Subscriber and equipment trace*. GSM 12.08 v4.6.1, 2001.
- [12] FARRELL, J., GIVARGIS, T. *Differential GPS Reference Station Algorithm— Design and Analysis*. *IEEE Transactions On Control Systems Technology*, 2000, p. 519–531.
- [13] HEINE, G. *GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation*. Artech House London, 1998. ISBN 0890064717.
- [14] YILIN, Z. *Standardization of mobile phone positioning for 3G systems*. *IEEE Communications Magazine*, 2002, Nr. 40, p. 108-116.
- [15] *Lietuvos ryšių sektoriaus apžvalga (2005 m.)* [interaktyvus]. RRT, 2006. Prieiga per internetą: <<http://www.rtt.lt>>
- [16] KOUPPER, A. *Location-based Services Fundamentals and Operation*. Wiley, 2005. ISBN-13 978-0-470-09231-6.
- [17] LIUTKAUSKAS, V. *Aspects of service level for transport location services in GSM*. 5th International Conference Transport Systems Telematics. Lenkija. 2005.
- [18] LIUTKAUSKAS, V., DIGLYS, D. *Mobiliaisiais tinklais teikiamos duomenų perdavimo paslaugos kokybės įvertinimo ypatumai*. Informacinės technologijos 2006. Konferencijos pranešimų medžiaga. 2006, 2 dalis. P. 41 – 45. ISBN 9986-19-877-1.

- [19] LIUTKAUSKAS, V., MATULIS, D., PLĖŠTYS, R. *Location Based Services*. Elektronika ir elektrotechnika, 2004. Nr. 3(52), p. 35-40.
- [20] PETTERSEN, M., ECKHOFF, R. et al. *An experimental evaluation of network-based methods for mobile station positioning*: 13to IEEE tarptautinio simpoziumo asmeninėms, patalpų ir mobiliojo radijo komunikacijoms medžiaga. 2002. Nr. 5, p. 2287-2291
- [21] REED, J.H., KRIZAN, K.J. et al. *An overview of the challenges and progress in meeting the E-911 requirements for location service*. IEEE Communications Magazine, 1998. Nr. 36, p. 30-37.
- [22] SILVENTOINEN, M. I., RANTALAINEN T. *Mobile station emergency locating in GSM*: IEEE tarptautinės asmeninio susisiekimo konferencijos medžiaga. 1996, p. 232-238.

8. SANTRUMPŲ IR TERMINŲ ŽODYNAS

A-GPS – *Assisted GPS*, GPS sistema su pagalbiniais signalais iš GSM bazinių stočių.

AuC – *Authentication Centre*, autentifikacijos centras (dažnai bendras su HLR).

BER – *Basic Encoding Rules*, ASN.1 notacijos viena iš duomenų kodavimo schemų.

BSC – *Base Station Controller*, bazinių stočių kontrolieris.

BSS – *Base Station Subsystem*, bazinių stočių sistema.

BTS – *Base Transceiver Station*, bazinė stotis.

CI – *Cell ID*, GSM ląstelės identifikacijos numeris.

CT – *Customer Trace*, vartotojo stebėjimo režimas

EIR – *Equipment Identity Registry*, įrangos identifikacijos registras.

ETSI – *European Telecommunications Standardization Institute*, Europos telekomunikacijų standartizacijos institutas.

GMLC – *Gateway Mobile Location Centre*, GSM vietos nustatymo centras.

GPS – *Global Positioning System*, globali pozicionavimo sistema.

GSM – *Global System for Mobile communications*, globali sistema mobilioms komunikacijoms.

HLR – *Home Location Register*, namų vietos registras.

IMEI – *International Mobile Equipment Identity*, tarptautinis mobilios įrangos identifikatorius.

IMSI – *International Mobile Subscriber Identity*, tarptautinis mobilaus abonto identifikatorius.

LA – *Location Area*, vietos zona.

LAC – *Location Area Code*, vietos zonos identifikacijos kodas.

LAI – *Location Area Identifier*, vietos zonų identifikatorius.

MAP – *Mobile Application Part*, mobiliųjų taikymų dalis, SS7 protokolas.

MCC – *Mobile Country Code*, šalies identifikacijos kodas.

MNC – *Mobile Network Code*, GSM tinklo identifikacijos kodas.

MS – *Mobile Station*, mobilioji stotis (telefonas).

MSC – *Mobile Switching Centre*, mobilus paskirtymo centras.

PLMN – *Public Land Mobile Network*, bendras ryšių infrastruktūros tinklas.

PSI – *Provide Subscriber Info*, MAP servisas, skirtas išplėstinei informacijai apie vartotoją pateikti.

RRT – Ryšių reguliavimo tarnyba.

SIM – *Subscriber Identity Module*, abonto atpažinimo modulis.

SMS – *Short Message Service*, trumpųjų žinučių paslauga.

SS7 – *Signalling System 7*, signalų sistema 7.

TA – *Timing Advance*, laikinis atstumas.

VLR – *Visitor Location Register*, lankytojų vietos registras.

SANTRAUKA ANGLŲ KALBA

The Impact of Location Methods on GSM Network Load.

This work investigates the problem of location methods putting load on GSM network. The work carried out covers analysis of various location methods, identification of network nodes and datapaths that are involved in getting location data from GSM network. It is shown that methods can generally be divided into two groups: those that use special devices to locate and then transfer results via GSM network and those that use GSM network for positioning. The impact of first group on GSM network load is limited to the time of data transfer time that depends on the coding scheme used, data transfer channels allocated and size of location data. The impact of second group depends on algorithm used. Analysis and experiments carried out using custom GSM network emulator show that standard “Provide Subscriber Info” based algorithm requires mandatory update of location information within GSM network using either SMS or preempted call setup that both require radio resources. Usage of “Customer Trace” algorithm for self-location applications is proposed to save radio resources. Additional benefits of this algorithm include usage of timing advance and signal strength information from “Customer Trace” data to increase the accuracy of location within current GSM network infrastructure.

1. PRIEDAS. BSS ĮVYKIO ĮRAŠO STRUKTŪRA. ASN.1 APRAŠAS

```
BSSEventRecord ::= SET
{
  invokingEvent      [0] BSCInvokingEvent      OPTIONAL,
  btsId              [1] SEQUENCE OF BtsId      OPTIONAL,
  trxId              [2] SEQUENCE OF TRXID      OPTIONAL,
  trauId             [3] SEQUENCE OF TranscoderID  OPTIONAL,
  radioChannelInfo   [4] SEQUENCE OF RadioChannelInfo  OPTIONAL,
  requestType        [5] SEQUENCE OF TimedEstablishmentCause  OPTIONAL,
  endIndication      [6] SEQUENCE OF EndIndication  OPTIONAL,
  msPower            [7] SEQUENCE OF MsTxPower      OPTIONAL,
  bsPower            [8] SEQUENCE OF BsTxPower      OPTIONAL,
  timingAdvance      [9] SEQUENCE OF TimedTimingAdvance  OPTIONAL,
  msClassmark1       [10] SEQUENCE OF TimedMsClassmark1  OPTIONAL,
  msClassmark2       [11] SEQUENCE OF TimedMsClassmark2  OPTIONAL,
  msClassmark3       [12] SEQUENCE OF TimedMsClassmark3  OPTIONAL,
  bsic               [13] SEQUENCE OF BSIdentityCode  OPTIONAL,
  cic                [14] SEQUENCE OF CIC          OPTIONAL,
  handoverResult     [15] SEQUENCE OF TimedHandoverResult  OPTIONAL,
  handoverCause      [16] SEQUENCE OF Cause        OPTIONAL,
  handoverDuration   [17] SEQUENCE OF TimedHandoverDuration  OPTIONAL,
  targetCellList     [18] SEQUENCE OF TimedTargetCellList  OPTIONAL,
  synchInfo          [19] SEQUENCE OF SynchInfo      OPTIONAL,
  sccpConnectionEvent [20] SEQUENCE OF TimedTraceSCCPEvent  OPTIONAL,
  bssmapEvent        [21] SEQUENCE OF TimedBSSMAPEvent  OPTIONAL,
  dtapEvent          [22] SEQUENCE OF TimedDTAPEvent  OPTIONAL,
  rrEvent            [23] SEQUENCE OF TimedRREvent    OPTIONAL,
  abisEvent          [24] SEQUENCE OF TimedABISEvent  OPTIONAL,
  timedAbisEvent     [25] SEQUENCE OF TimedABISEvent  OPTIONAL,
  measurementReport  [26] SEQUENCE OF TimedMeasurementEvent  OPTIONAL,
  timedMeasurementReport [27] SEQUENCE OF TimedMeasurementEvent  OPTIONAL,
  powerControlEvent  [28] SEQUENCE OF TimedPowerControlEvent  OPTIONAL,
  timedPowerControlEvent [29] SEQUENCE OF TimedPowerControlEvent  OPTIONAL,
  additionalExtensions [30] SET OF ManagementExtension  OPTIONAL
}
```

2. PRIEDAS. KONFERENCIJOJE PRISTATYTAS IR IŠSPAUSDINTAS STRAIPSNIS

Mobiliaisiais tinklais teikiamos duomenų perdavimo paslaugos kokybės įvertinimo ypatumai

Vidmantas Liutkauskas

Darius Diglys

Kauno technologijos universitetas

Šiame straipsnyje aprašoma duomenų perdavimo mobiliojo ryšio tinklais etapai, jų įtaka paslaugų pateikimo kokybei. Apibrėžta kas lemia galutinę paslaugos kokybę. Pateikta metodika šios kokybės vertinimui bei skirtingų operatorių tinklų palyginimas duomenų perdavimo kokybės požiūriu.

1. Įvadas

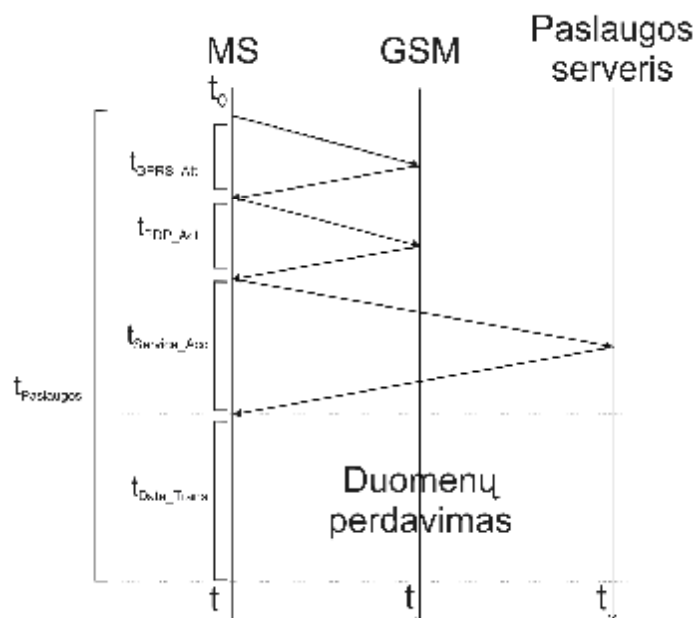
Vartotojai mobilųjį ryšį naudoja ne tik pokalbiams ar trumpųjų žinučių siuntimui, bet ir kitiems tikslams. Ypač auga paslaugų, susijusių su duomenų perdavimu bevieliais tinklais verslo, pramogų, bendravimo, saugumo srityse. Skirtingų paslaugų teikėjų persidengiantys tinklai sudaro sudėtingą ir heterogeninę tinklo struktūrą. Todėl vartotojai, pasirinkdami vieno ar kito operatoriaus tinklus, tikisi aukštos pateikimo kokybės (*End-to-End Quality of Service*).

2. Paslaugos pateikimo laikas

Duomenų perdavimo paslaugose pagrindinis kokybės parametras yra informacijos perdavimo trukmė. Todėl svarbu nustatyti paslaugos pateikimo trukmę ir nustatyti šią trukmę apsprendžiančius faktorius [2].

Informacijos perdavimo paslauga susideda iš keturių etapų (1 pav.). Kiekvienas etapas trunka tam tikrą laiką. Visą paslaugos pateikimo laiką $t_{paslaugos}$ galima išreikšti:

$$t_{paslaugos} = t_{GPRS_att} + t_{PDP_act} + t_{serv_acc} + t_{data_trans}, \quad (1)$$



1 pav. Paslaugos pateikimo etapai

čia:

- t_{GPRS_att} - prisijungimo prie GPRS prieigos (GPRS Attach) trukmė. Jos metu vyksta abonento registracija ir autorizacija paketinio duomenų perdavimo tinkle. Proceso trukmė priklauso nuo tinklo konfigūracijos, tačiau GPRS Attach proceso metu reikalingi paketinio perdavimo resursai ir bent vienas laikinis kanalas, todėl didelę įtaką gali daryti radijo tinklo apkrautumas.

- t_{PDP_act} - PDP aktyvacijos trukmė, kurios metu aktyvuojamas PDP kontekstas. PDP kontekstas charakterizuoja sujungimą paketų perdavimui ir pateikia informaciją, tokią kaip GGSN nuoroda (APN), TCP/IP adresas, QoS lygis. Trukmė priklauso nuo tinklo konfigūracijos, adresų išskyrimo metodo (statinis, DHCP), autorizacijos (Radius). Šio proceso metu taip pat naudojami laikiniai kanalai.

- t_{serv_acc} - prisijungimo prie paslaugos trukmė. Tiriamas toks atvejis, kai prieiga prie serviso susideda iš TCP/IP sujungimo sudarymo ir vienos užklaustos. Tuo metu siunčiami 5 TCP/IP paketai tarp abonento ir paslaugos serverio.

- t_{data_trans} - duomenų siuntimo trukmė, kuri priklauso nuo perduodamo duomenų kiekio D bei vidutinio duomenų perdavimo greičio S . Ši trukmė priklauso nuo: laikinių kanalų skaičius, kodavimo schemų konfigūracija, pakartotinių perdavimų skaičius.

$$t_{data_trans} = \frac{D}{S}. \quad (2)$$

Idealiomis sąlygomis, kai tinklas neapkrautas, $t_{GPRS_att} = 1.53$ sek, $t_{PDP_act} = 0.49$ sek, $t_{serv_acc} = 1.52$ sek.

Duomenų perdavimo technologijose GPRS/EDGE spartos priklausomybės nuo įvairių GSM tinklo bei TCP/IP protokolo ypatybių nagrinėjamos [1, 2].

Idealiomis sąlygomis, kai visi duomenų paketai perduodami teisingai ir nevyksta paketų pakartojimas, duomenų perdavimo trukmę galima apskaičiuoti pakankamai tiksliai. Tinkluose, naudojančiuose GPRS ar EDGE technologiją, duomenų perdavimo spartą lemia naudojamų laiko kanalų kiekis (TS) ir naudojamos kodavimo schemos užtikrinama duomenų perdavimo sparta vienam kanalui (KS):

$$S = TS * KS \quad (3)$$

Tada:

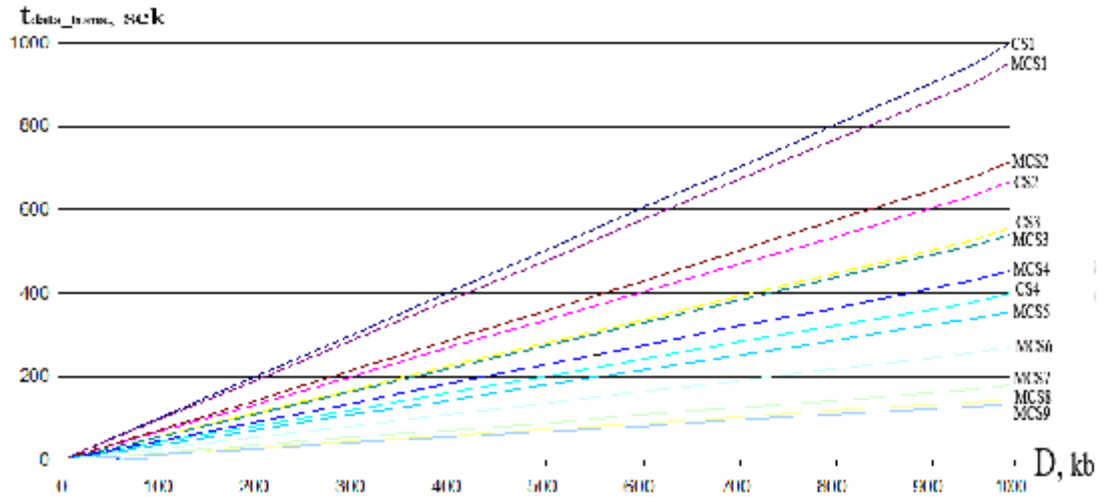
$$t_{data_trans} = \frac{D}{TS * KS} \quad (4)$$

Kodavimo schemos parinkimo įtaka duomenų siuntimo trukmei iliustruoja 2 paveikslas. Paveikslėlyje pateikta duomenų perdavimo trukmė naudojant vieną laikinį kanalą.

Kodavimo schema parenkama atsižvelgiant į signalo ir pašalinių triukšmų lygį. Galutinė duomenų perdavimo trukmė priklauso ir nuo išskirtų laikinių kanalų skaičiaus [4]. Dažniausiai duomenų atsiuntimui operatorius pateikia iki 4 KS_{DL} kanalų, duomenų išsiuntimui KS_{UL} iki 2 kanalų.

Analizuojant 1 lentelėje pateiktas teorines duomenų perdavimo spartas, galima pastebėti, kad dažnai papildomi laikiniai kanalai turi didesnę įtaką duomenų perdavimo spartai negu aukštesnio lygio kodavimo schemos panaudojimas.

	CS1	CS2	CS3	CS4	MCS1	MCS2	MCS3	MCS4	MCS5	MCS6	MCS7	MCS8	MCS9
TS=1	8	12	14.4	20	8.4	11.2	14.8	17.6	22.4	29.6	44.8	54.4	59.2
TS=2	16	24	28.8	40	16.8	22.4	29.6	35.2	44.8	59.2	89.6	108.8	118.4
TS=3	24	36	43.2	60	25.2	33.6	44.4	52.8	67.2	88.8	134.4	163.2	177.6
TS=4	32	48	57.6	80	33.6	44.8	59.2	70.4	89.6	118.4	179.2	217.6	236.8



2 pav. Duomenų siuntimo trukmė priklausomai nuo kodavimo schemos parinkimo

Įvertinant (4) lygtį, bei žinomus aktyvacijos ir sujungimo laikus, duomenų perdavimo trukmė

$$t_{paslaugos} = 3.54 + \frac{D}{TS * KS} \quad (5)$$

Galima teigti, kad esant neapkrautam tinklui ir naudojant aukščiausią kodavimo schemą bei didžiausią laikinių kanalų kiekį, $t_{paslaugos}$ priklauso tik nuo perduodamų duomenų kiekio.

Tokiu būdu minimali duomenų išsiuntimo trukmė,

$$t_{ULpaslaugos} = 3.54 + \frac{D}{2 * 59.2} = 3.54 + \frac{D}{118.4} \quad (6)$$

ir minimali duomenų atsisiuntimo trukmė,

$$t_{DLpaslaugos} = 3.54 + \frac{D}{4 * 59.2} = 3.54 + \frac{D}{236.8} \quad (7)$$

Sujungimo bei aktyvacijos laikų įtaka perdavimo trukmei mažėja didėjant perduodamų duomenų kiekiui. Lyginant 100kb duomenų parsisiuntimo laiką su 300kb, duomenų parsisiuntimo trukmė padidėjo tik 2 kartus.

Pagal teoriškai gaunamus minimalius paslaugos pateikimo laikus galima nustatyti duomenų perdavimo kokybę tinkle. Duomenų perdavimo kokybės koeficientas K yra duomenų siuntimo trukmės santykis su duomenų kiekio siuntimo trukme idealiomis sąlygomis. Kokybės koeficientas nustatomas atskirai duomenų atsisiuntimui K_{DL} ir duomenų išsiuntimui K_{UL} .

$$K_{UL} = \frac{t_{GPRS_att} + t_{PDP_act} + t_{serv_acc} + \frac{D}{S_{ismatuota}}}{3.54 + \frac{D}{118.4}} \quad (8)$$

$$K_{DL} = \frac{t_{GPRS_att} + t_{PDP_act} + t_{serv_acc} + \frac{D}{S_{ismatuota}}}{3.54 + \frac{D}{236.8}} \quad (9)$$

Realaus tinklo parametrai nuolat kinta. Įvertinant sujungimo bei aktyvacijos trukmių pasiskirstymą, nustatomos trukmės su kuriomis yra 95% tikimybė, kad operacija bus atlikta.

3. Eksperimentų rezultatai

Dviejų Lietuvos operatorių tinkluose išmatuoti duomenų parsisuntimo parametrai. Matavimams atlikti kompiuteryje turi būti įdiegta Microsoft Windows operacinė sistema bei Ericsson Tems 6.0 programinė įranga. Matavimui atlikti naudojami TEMS mobilieji telefonai Nokia 6230. Informacijai siusti naudojamas per Litnet tinklą pajungtas serveris. Taškai parenkami pagal metodiką, užtikrinančia vienodas sąlygas visiems operatoriams. Matavimai atlikti 5 didžiausiuose Lietuvos miestuose. Taškų kiekis kiekviename mieste parenkamas pagal gyventojų skaičių. 100 000 gyventojų parenkami 6 matavimo taškai, po 3 verslo rajonuose ir po 3 gyvenamuosiuose rajonuose.

1 lentelėje. Išmatuotos duomenų perdavimo trukmės ir spartos

	t_{GPRS_att}, s		t_{PDP_act}, s		t_{serv_acc}, s		$S, kbit/s$	
	Operat1	Operat2	Operat1	Operat2	Operat1	Operat2	Operat1	Operat2
Min	1.74	2.32	0.54	0.61	1.70	1.62	22.47	19.48
95%	3.16	3.08	1.65	2.88	2.78	3.03	160.82	164.98
Max	4.10	4.39	4.75	7.32	5.86	17.84	172.50	188.65

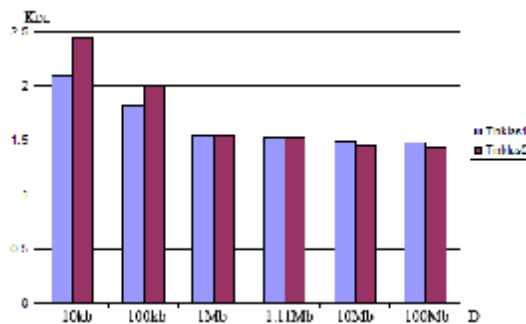
Naudojantis matavimo rezultatais patikslinta (8) formulė pirmo operatoriaus tinklui

$$K_{DL1} = \frac{3.16 + 1.65 + 2.78 + \frac{8 * D}{160.82}}{3.54 + \frac{D}{29.6}} \approx \frac{7.59 + 0.049745 * D}{3.54 + 0.033784 * D}$$

ir antro operatoriaus tinklui.

$$K_{DL2} = \frac{3.08 + 2.88 + 3.03 + \frac{8 * D}{164.98}}{3.54 + \frac{D}{29.6}} \approx \frac{8.99 + 0.048491 * D}{3.54 + 0.033784 * D}$$

Skirtingų operatorių tinklų kokybės koeficientų priklausomybės pateiktos 4 paveiksle.



4 pav. Tinklų kokybės koeficientų palyginimas

Galima pastebėti, kad pasiekus tam tikrą siunčiamų duomenų kiekį kokybė nekinta. Taip yra dėl to, kad aktyvacijos bei sujungimo laikai yra nykstamai maži lyginant su duomenų perdavimo laiku. Be to, jei vieno tinklo

sujungimo bei aktyvavimo laikų suma didesnė, didesnis perdavimo greitis, tai kokybės koeficiento reikšmė esant mažiems perduodamų duomenų dydžiams mažesnė už kito tinklo. Nustatyta duomenų kiekio reikšmė, nuo kurios šio tinklo kokybė bus geresnė. Jeigu vieno tinklo didesnė sujungimo bei aktyvavimo trukmių suma, bei mažesnis perdavimo greitis, tai šis tinklas visada turės mažesnę kokybę. Pateiktame grafike matyti, kad esant mažiems duomenų kiekiams antro operatoriaus tinklo kokybė prastesnė už pirmo operatoriaus tinklo kokybę. Esant 1,1Mb duomenų kiekiui kokybės susilygina, o viršijus 1,1Mb perduodamų duomenų ribą, pirmo operatoriaus tinklo kokybė yra prastesnė.

4. Išvados

Mobiliuoju tinklu teikiamos duomenų perdavimo paslaugos kokybę vartotojo požiūriu vertinama laiku per kurį persiunčiamas nustatytas duomenų kiekis. Nuo tinklo būsenos priklauso prieigos prie paketinio duomenų perdavimo tinklo laikas, paketinio duomenų protokolo aktyvavimo laikas, serviso sujungimo laikas.

Galutinę paslaugos kokybę lemia prieigos prie tinklo resursų laikas bei duomenų perdavimo sparta. Duomenų perdavimo kokybę vertinama kokybės koeficientu, kuris išreiškia pateikiamos paslaugos kokybės santykį su teorine kokybe. Šis koeficientas leidžia sulyginti skirtingų tinklų duomenų perdavimo kokybę esant įvairiems duomenų dydžiams.

Literatūra

Ameigeiras P., Wigard J., Mogensen P. Impact of TCP Flow Control on the Radio Resource Management of WCDMA Networks, Vehicular Technology Conference, VTC, Spring 2002.

Torreblanca J., Gómez G., Cuny R. Impact of RTT on TCP Performance over (E)GPRS Mobile Networks, IASTED CSN'2004, Marbella (Spain).

Staehle D, Leibnitz K., Tsipotis K., QoS of Internet Access with GPRS, MSWiM 2001

Kuurne A., Fernandez D., Sanchez R. On Service Based Prioritization in (E)GPRS Radio Interface, VTC Fall 2004.