

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
KOMPIUTERIŲ TINKLŲ KATEDRA

Evaldas Serbenta

**Paslaugų teikimo mobilaus ryšio tinkluose
modeliavimas**

Magistro darbas

Darbo vadovas

doc. B. Tamulynas

Kaunas, 2006

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

INFORMATIKOS FAKULTETAS

KOMPIUTERIŲ TINKLŲ KATEDRA

Evaldas Serbenta

**Paslaugų teikimo mobilaus ryšio tinkluose
modeliavimas**

Magistro darbas

Kalbos konsultantė

Lietuvių k. katedros lekt.
I. Mickienė

2006-05

2006-05

Vadovas

doc. B. Tamulynas

Recenzentas

dr. D. Rimkus

2006-05

2006-05

Atliko

IFM-0/1 gr. stud.
Evaldas Serbenta

Kaunas, 2006

Turinys

| | |
|---|----|
| ĮVADAS | 5 |
| 1. GSM TINKLO MODELIŲ KŪRIMO IR RESURŲ ĮVERTINIMO APŽVALGA | 7 |
| 1.1. PASLAUGŲ MODELIAVIMAS | 7 |
| 1.2. GSM TINKLAS IR JO PANAUDOJIMO GALIMYBĖS | 7 |
| 1.2.1. GSM TINKLO RESURSAI | 8 |
| 1.2.2. GPRS ĮTAKA TINKLO ZONOS PAJĖGUMUI | 9 |
| 1.2.3. ATEITIES PERSPEKTYVOS | 11 |
| 1.3. APIBENDRINIMAS | 12 |
| 2. KONCEPTUALUSIS MODELIS | 14 |
| 3. PASLAUGŲ TIPAI | 17 |
| 3.1. INFORMACIJOS TEIKIMO PASLAUGOS | 17 |
| 3.1.1. ŽAIDIMAI IR PRAMOGOS | 18 |
| 3.1.2. BENDRAVIMAS IR INFORMACIJOS SKELBIMAS | 18 |
| 3.1.3. KITOS PASLAUGOS | 19 |
| 3.1.4. LIETUVOS OPERATORIŲ TEIKIAMOS INFORMACINĖS PASLAUGOS | 20 |
| 3.2. VALDANČIOS PASLAUGOS | 20 |
| 3.2.1. OBJEKTŲ VALDYMAS | 21 |
| 3.2.2. LIETUVOS OPERATORIŲ TEIKIAMOS VALDANČIOS PASLAUGOS | 21 |
| 3.3. LOKACIJA PAGRĮSTOS PASLAUGOS | 22 |
| 3.3.1. EISMO KOORDINAVIMAS IR VALDYMAS | 24 |
| 3.3.2. INFORMACIJOS APIE PASLAUGAS TEIKIMAS, ATSIŽVELGIANT Į LOKACIJĄ | 24 |
| 3.3.3. PASLAUGOS TURISTAMS | 24 |
| 3.3.4. SAUGUMO PASLAUGOS | 24 |
| 3.3.5. LOKACIJA PAGRĮSTOS PRAMOGOS | 24 |
| 3.3.6. LIETUVOS OPERATORIŲ TEIKIAMOS LOKACIJA PAGRĮSTOS PASLAUGOS | 25 |
| 3.4. LOKACIJOS ATNAUJINIMO MECHANIZMAI | 25 |
| 3.4.1. VIETOS ATNAUJINIMAS | 26 |
| 3.4.2. APKLAUSIMAS | 29 |
| 3.5. PASLAUGŲ ĮVAIROVĖ | 32 |
| 4. LOKACIJA PAGRĮSTOS PASLAUGOS MODELIS | 35 |
| 4.1. MODELIAVIMO PRIEMONĖS IR TIKSLAI | 36 |
| 4.2. GSM TINKLAS | 37 |
| 4.3. ABONENTAI | 39 |
| 4.4. VIETOS NUSTATYMAS | 42 |
| 4.5. REZULTATAI | 43 |
| IŠVADOS | 49 |
| LITERATŪROS SĄRAŠAS | 50 |
| SANTRUMPOS | 52 |
| PRIEDAI | 53 |

Summary

In this time, then mobile phone takes essential place in the market is very important to evaluate action of future service and the behavior in mobile system. Mostly, the service, which is used in daily life, is being tried to move to mobile phone. There is some research made in this area already. There are offered some methods which evaluate the load of base stations by calling or forwarding information. However, it is needed to evaluate services which are not directly connected with functions of mobile network.

In this master paper are analyzed services which are offered in GSM network. There is review of offered possibilities and its resources. There have been made some researches on the development of GSM network and its influence to new services establishment. The services of mobile network have been sort to free groups according to its working mechanism. There have been discussed services and groups of them which are produced by operators of mobile network in Lithuania. There are placed scrutinized services which are connected with position tracing by using GSM network location update and paging procedures.

There have been offered method by which it is possible to evaluate the services which are connected with GSM. The criterion of evaluation is defined as general amount of messages (packets) which should be transferred if it is wanted to give the service. This parameter depends on types of location management procedures, on the structure of network and on the mobility of subscriber.

There have been created model which imitates mass following service in mobile network. There have been made research by this created tool which quantitatively evaluates general quantity of update and paging procedures depending on size of location area and type of subscriber. There have been noticed some tendencies which depend on: paging period, size of location area and the ratio of transferred messages by location updating and by paging procedures.

IVADAS

Visame pasaulyje per pastaruosius keletą metų mobilaus ryšio rinka labai sparčiai augo. Vien Lietuvoje nuo 1999 iki 2005 metų judriojo telefono ryšio abonentų skaičius išaugo beveik 10 kartų. Per pastaruosius metus išsiųstų žinučių (SMS) skaičius padidėjo 1,5 karto [27]. Tokį rinkos augimą lėmė keletas faktorių: labai sumažėjusios paslaugų kainos, vis didesnę teritoriją apimantis mobilusis tinklas, mažos, daugiafunkcinės ir nebrangios mobiliosios stotelės. Rinkos augimas nulėmė paties GSM tinklo vystymąsi. Tinklo standartai ir struktūra keitėsi, kad patenkintų didėjančius rinkos poreikius.

Lyginant dabartinius GSM tinklus su pirmos kartos mobiliaisiais tinklais, dabartiniai turi išties nemažai resursų tenkinti šiuolaikinės rinkos poreikius. Tačiau padidėję resursai, skatina dar didesnę jų naudojimą. Pradedamos teikti paslaugos, kurios visiškai nesusijusios su tiesiogine mobilaus tinklo paskirtimi – balso perdavimas. Išaugusių operatorių teikiamų paslaugų įvairovę nulėmė didėjantis klientų poreikis būti nepriklausomiems nuo vienos vietos bei galimybe judėti. Šiuolaikiniame pasaulyje labai svarbūs mobilumo ir spartumo faktoriai, kuriuos užtikrina mobilaus ryšio tinklas. Todėl nuolat bandoma naudoti mobilaus ryšio tinklą naujoms paslaugoms teikti. Svarbu, kad būtų galima suteikti paslaugą, nepriklausomai nuo to, kur yra klientas.

Kompiuterių komunikavimo ir teikiamų paslaugų ateitis siejama su bevieliu tinklu. Telefono privalumas palyginti su staliniu kompiuteriu yra toks, kad jis - mažas ir gali būti bet kur nešiojamas. Taigi ir paslaugos gali būti gaunamos bet kur, kur yra ryšys. Telefonuose įdiegiama vis daugiau funkcijų, juo galima atlikti vis įvairesnes operacijas. Tokios technologijos kaip WAP, BlueTooth dar labiau plečia telefonų panaudojimo galimybes. Populiarėja telefono ir kompiuterio hibridiniai gaminiai – delniniai kompiuteriai. Tinkle esančios paslaugos tampa vis lengviau pasiekiamos vartotojams.

Mobilaus ryšio tinklas yra labai specifinis. Jis buvo projektuotas taip, kad būtų galima perduoti balsą bei žinutes. Dabar kuriami ir diegiami trečios bei ketvirtos kartos mobilūs tinklai, orientuojami į duomenų perdavimą. Dabartinis tinklas yra ribotų resursų, turi tam tikrą jam būdingą struktūrą. Todėl prieš teikiant paslaugą mobiliu ryšiu, reikia įvertinti jos pritaikymą šiam tinklui. Reikia įsitikinti, ar paslauga gali būti teikiama su turimais mobilaus tinklo resursais. Tad reikia sukurti paslaugos modelį.

Šiuo metu, kai mobilusis telefonas tapo svarbia paslaugų rinkos dalimi, labai svarbu įvertinti būsimos paslaugos veikimą ir elgseną mobiliame tinkle. Dažniausiai paslaugą, kuri jau naudojama kasdieniniame gyvenime, bandoma „perkelti“ į mobilųjį telefoną. Šioje srityje jau nemažai nuveikta, siūlomi įvairūs metodai, įvertinantys stotelių apkrovimą skambinant ar

persiunčiant duomenis [19,7,24]. Tačiau reikia įvertinti ir tokias paslaugas, kurios nėra tiesiogiai susijusios su mobilaus tinklo funkcijomis.

Darbe aptartos šiuo metu GSM tinkle teikiamų paslaugų rūšys, kurios yra sugrupuotos, taip pat aprašyti jų veikimo mechanizmai. Taip pat detalizuoti duomenų srautus, būdingi atskiroms paslaugų grupėms. Šiame darbe išanalizuotos paslaugos, susijusios su vietos nustatymu. Šiuo metu jos dar nėra plačiai naudojamos, tačiau dėl savo specifinio pobūdžio turi didelį potencialą taikomojoje srityje. Pagrindinė priežastis, kodėl vietos nustatymo paslaugos nėra plačiai taikomos, yra didelis tinklo resursų naudojimas bei kitų technologijų konkurencingumas. Pačios paslaugos veikimo mechanizmai darosi sudėtingesni taip pat, kaip ir modeliai, imituojantys šią paslaugą. Būtina skaidyti tokias sistemas į paprastesnes posistemas, kurios lengviau specifikuojamos ir geriau suprantamos. Vietos nustatymo, naudojant GSM tinklo resursus, paslaugos modelis išskaidytas į dvi pagrindines posistemas: mobilųjį tinklą ir duomenų apdorojimo posistemę. Siekiant įvertinti vietos nustatymo paslaugos poveikį lygiagrečiai veikiančioms paslaugoms, bus modeliuojami du vietos atnaujinimo mechanizmai – vietos atnaujinimas ir apklausimas (paieška). Šio darbo tikslas yra įvertinti abiejų lokacijos nustatymo būdų efektyvumą naudojant įvairias vietos atnaujinimo strategijas.

1. GSM TINKLO MODELIŲ KŪRIMO IR RESURSŲ ĮVERTINIMO APŽVALGA

1.1. PASLAUGŲ MODELIAVIMAS

Paslaugos modelio sukūrimas reikalingas norint įvertinti tos paslaugos veikimą tam tikroje apibrėžtoje aplinkoje. GSM tinklas yra griežtai specifikuotas ir su labai ribotais resursais, tad reikia modelio, kuris įvertintų paslaugos veikimo našumą. Paslaugos modeliavimas koncentruojamas į pačios sistemos komunikavimo sąsajų, elgesio, būvio užfiksavimą ir analizę [3]. Mūsų atveju, paslaugą galima dalinti į tris stambius elementus. Tai yra mobilusis tinklas, duomenų bazių valdymo sistema bei vartotojo sąsaja. Ne visoms paslaugoms šie trys moduliai yra būtini. Priklausomai nuo paslaugos realizacijos ir jos sudėtingumo gali nereikėti duomenų bazių valdymo sistemos ar vartotojo sąsajos. Paslaugą teikiantys ar valdantys pranešimai gali keliauti tik GSM tinklo viduje, nenaudodami jokių išorinių posistemių, esančių už tinklo. Tačiau paslaugoms teikti ir valdyti dažniausiai naudojamos papildomos informacinės sistemos, esančios už tinklo ribų. Klientas, pavyzdžiui, naudodamasis paslaugos tarnybine stotimi, gali forsuoti vietos atnaujinimą mobiliajame tinkle ir taip sužinoti norimo abonento buvimo vietą. Tokiai paslaugai teikti reikalinga tiek vartotojo sąsaja, tiek užklausa apdorojanti sistema.

1.2. GSM TINKLAS IR JO NAUDOJIMO GALIMYBĖS

Mobilus tinklas turi labai svarbų pranašumą prieš kitus informacinius paslaugoms teikti skirtus tinklus. Naudojantis mobiliuoju tinklu, paslauga gali būti pasiekta bet kur, nes šis tinklas apraizgęs jau beveik visą žemę. Pagrindinis tokio tinklo trūkumas – tai riboti resursai. Manoma, kad ateityje mobilus tinklas teiks daug didesnę paslaugų įvairovę, nes bus didinami jo resursai bei perdavimo sparta. Mobilus tinklas jau dabar pradėtas naudoti ne tik tiems tikslams, kuriems jis buvo tiesiogiai sukurtas ir projektuotas. Pavyzdžiui, vis didesni mastą dabar įgauna lokacijos nustatymo principas, kuris gali būti naudojamas įvairioms naujoms paslaugoms kurti.

Vis daugiau ir daugiau žmonių pageidauja gauti reikiamą informaciją bet koku metu ir bet kurioje vietoje, t.y. visai nesvarbu, kur jie tuo momentu bebūtų – darbe, namie, lėktuve ar automobilyje. Vien balso tarnyba jau nebetenkina mobiliojo ryšio vartotojų verslo ar asmeninių poreikių. Vis auganti tokio tipo „mobiliųjų duomenų“ poreikį labiausiai skatina interneto paslaugų plėtimasis bei vis labiau populiarėjantys nešiojamieji bei delniniai (kišeniniai) kompiuteriai. Mobilųjų duomenų perdavimą iš dalies skatina ir modernių daugiafunkcinių įrenginių, telefonų, kompiuterių rinkos augimas. Tačiau pagrindinė to

augimo priežastis yra kliento pageidavimas naudotis informacinių technologijų teikiamomis galimybėmis ne tik sėdint prie stacionaraus kompiuterio, bet ir keliaujant.

Vartotojams kildavo trys esminės kliūtys, bandant pasinaudoti mobiliomis paslaugomis, – per daug komplikauta, brangu ir lėta. Paskutiniu metu pramonė pasiekė gana didelę pažangą, naujai kuriami lengvai įdiegiami įrenginiai, patogiai aptarnaujami terminalai, veikiantys pagal WAP (Wireless Access Protocol) standartą. Tokios technologijos kaip GPRS (General Packet Radio Service) užima svarbią vietą mobilių duomenų perdavimo srityje.

1.2.1. GSM TINKLO RESURSAI

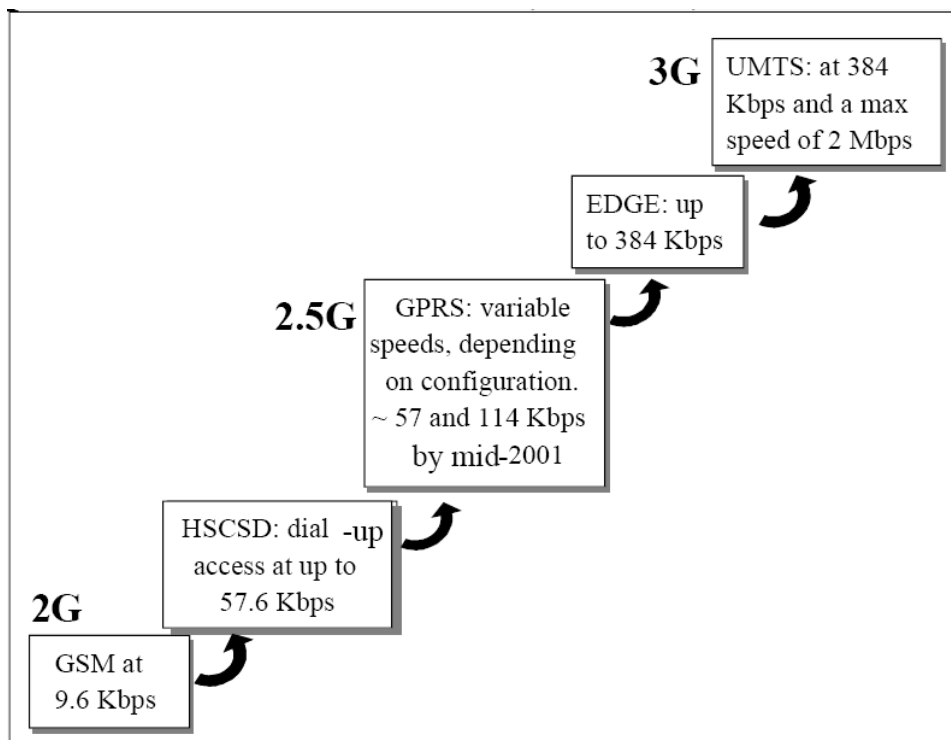
GSM tinkle, lyginant su fiksuotų linijų pajėgumais, mobiliųjų duomenų augimą labai riboja mažos radijo tinklo perdavimo galimybės. Vienas radijo kanalas yra išskiriamas konkrečiam vartotojui visam jo ryšio seanso laikui, nors jo dalį vartotojas skiria gal tik gautų duomenų peržiūrinėjimui, visai nesinaudodamas aktyviuoju kanalu [15]. Akivaizdu, jog visa tai mažina bendrą sistemos našumą, be to, tuščiai eikvojama dalis dažnių juostos, todėl didėja tiek operatoriaus, tiek ir vartotojo išlaidos.

Priešingai standartiniam ryšiui, GPRS yra paketų perdavimo ir persijungimų sistema, įgalinanti visus vartotojus, esančius vienoje zonoje (celėje), bendrai naudoti resursus. Vartotojas realiai naudojami linija tik duomenų transliavimo metu. Taigi tinklo operatorius gali kiekvieną laisvą dažnių juostos dalį, tuo metu neišnaudojamą vieno vartotojo, naudoti kito vartotojo reikmėms. Didėja juostos pajėgumas, be to, toks taupymas mažina tiek vartotojo, tiek ir operatoriaus išlaidas.

Iki šiol būtent dažnių juostos plotis labiausiai riboja mobiliųjų paslaugų plėtojimą. Pirmasis GSM sistemos operatorių mėginimas tenkinti vartotojų poreikius, buvo trumpų pranešimų tarnybos SMS (Short Message Service) įvedimas. Pats pavadinimas sako, jog ši paslauga tinkama tik nedidelės apimties duomenų paketų perdavinėjimui. Deja, SMS negali tenkinti globalinės rinkos poreikių, nes yra naudojami ir tarnybiniai signaliniai kanalai. Taigi esant dideliame perdavimų intensyvumui, gali nukentėti tinklo tarnybos QoS (Quality of Service) lygis.

Padidėjusiems duomenų perdavimo poreikiams patenkinti dažniausiai naudojamos dvi technologijos: HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) ir GPRS. Abi jos didina dažnių juostą manipuliuodamos kanalais. HSCSD, perjunginėjant net iki aštuonių kanalų, gali užtikrinti iki 64 kb/s duomenų perdavimo spartą [16]. GPRS, perjunginėdama kanalus ir naudodama naujas kodavimo technikas, gali padidinti duomenų perdavimo spartą iki 114 kb/s ir daugiau [8].

GPRS leidžia visą laiką būti prisijungus prie tinklo visai nenaudojant jo resursų, kol neprasideda duomenų perdavimas. Veikiant tokiu režimu, yra įmanomas tiesioginis prisijungimas prie reikiamos tarnybos vienu mygtuko paspaudimu be įžanginės skambinimo operacijos.



1. pav. Technologijų evoliucija ir spartų didėjimas[11]

Šiuo metu jau visiškai nepakanka 2G teikiamos spartos, todėl pradėti diegti nauji standartai, užtikrinantys didesnius pralaidumus. Dabar pats populiariausias ir plačiausiai naudojamas yra GPRS, tačiau EDGE ir UMTS teikia daug didesnes spartas ir didesnes galimybes. Šios technologijos greitai turėtų išstumti GPRS.

1.2.2. GPRS ĮTAKA TINKLO ZONOS PAJĖGUMUI

Planuojant tinklo vystymą bei naujų paslaugų teikimą, svarbu įvertinti, kokią įtaką GPRS technologija gali turėti jau egzistuojančio korinio tinklo celių pajėgumui. Tai priklauso nuo GPRS sistemai išskiriamų laiko intervalų skaičiaus. Kai GPRS nevykdo duomenų perdavimo operacijos, tai tinklo resursų ji tuo metu ir nenaudoja. Jei tik retais laiko intervalais yra vykdomas nedidelio kiekio duomenų perdavimas nedidele sparta, tai signalinis kontrolinis kanalas taip pat nesikeičia. Esant intensyviai duomenų siuntimui, jau reikia rezervuoti atskirą PDCH (Packet Data Channel). Maksimalus laiko intervalų skaičius, kurį galima išskirti GPRS sistemai, gali būti apibrėžiamas duomenų bazėje. Toks apribojimas visada užtikrins konkrečioje celėje pakankamą pajėgumų rezervą, būtiną balso tarnybos

perdavimams. Be to, tinklo operatorius gali užtikrinti komutuojamo pokalbio maksimalius kokybės parametrus QoS, perduodamas dalį GPRS sistemai išskirtų laiko intervalų balso kanalui, kai tik šis pareikalauja didesnio pajėgumo. Nors tai ir vėlina duomenų perdavimą, tačiau jo visiškai nesustabdo – nenutraukia kanalo [23]. Toks resursų padalinimas vertinamas analizuojant tris atvejus:

1. Fiksuotas padalinimas: N celių, atsižvelgiant į duomenų perdavimo ir skambinimo statistikas, padalinama į dvi dalis – viena kanalų dalis naudojama balsui perduoti, kita – duomenims.
2. Dalinis padalinimas: n_{data} kanalų yra rezervuota duomenų perdavimui. ($N - n_{data}$) kanalų išskirta tiek duomenų, tiek balso perdavimui. Balso perdavimas turi aukštesnį prioritetą nei duomenų paketų perdavimas. Jei užimti visi kanalai, o duomenims persiųsti naudojami daugiau nei n_{data} kanalų, tai balsui perduoti suteikiamas kanalas, kuriuo perduodami duomenys.
3. Pilnas padalinimas: Visi kanalai yra naudojami tiek balsui, tiek duomenims perduoti. Dalinis padalinimas yra toks pats kaip ir pilnas, kai $n_{data} = 0$.

Tam tikro kiekio laiko intervalų paskyrimas GPRS sistemai pagal atitinkamas kokybės (QoS) klases, savaime aišku, sumažina balso perdavimui liekančius pajėgumus. Bendras poveikis celei priklauso nuo visiško joje vykdomų perdavimų laiko intervalų skaičiaus, kurį perteikia toje celėje esančių linijų tankis. Mažo pajėgumo celėse balso perdavimas nukenčia gana stipriai, jei tam tikras fiksuotas kanalų kiekis yra perduodamas GPRS daliai.

Vienoje celėje aptarnaujamų klientų skaičius gali labai kisti. Viskas priklauso nuo to, kokių paslaugų nori klientas. Jei paslauga reikalauja nedidelio duomenų perdavimo, tam tikrais trumpais laiko periodais, tai bazinė stotelė gali aptarnauti gana daug klientų. Nuo to, kaip apkrauta stotelė, priklauso paslaugos kokybė. Esant dideliame vartotojų skaičiui, sunku išlaikyti gerą paslaugos prieinamumą. Vartotojams didinant atsisiunčiamų duomenų kiekius, klientų, kuriems įmanoma užtikrinti gerą paslaugos kokybę toje celėje, kiekis mažėja [9]. Taigi paslaugos kokybė tiesiogiai priklauso nuo duomenų perdavimo kiekio ir klientų skaičiaus celėje.

Naudojant net ir maksimaliu pajėgumu galinius įrenginius ir vykdant didelių duomenų masyvų perdavimus, galima užtikrinti paslaugos gavimą klientams. Savaime aišku, kad tokių klientų skaičius bus labai mažas, jei bus norima užtikrinti dar ir balso perdavimo paslaugos prieinamumą.

Pagrindiniai skirtumai tarp antrosios ir trečiosios mobiliojo ryšio kartos – perdavimo sparta ir duomenų srautų apimtys. Maksimali duomenų perdavimo sparta UMTS sistemoje siekia 2 Mb/s. Planuojama, kad apie 60 procentų visų mobiliaisiais tinklais keliaujančių

duomenų sudarys daugialypės terpės pranešimai [28]. Kadangi UMTS sistemoje GPRS mazgai perjunginės daug didesnį pranešimų srautą nei balso tarnybos, dabartiniai GPRS mazgai, orientuojantis į vis augančius poreikius, turi būti gana didelio pajėgumo. Priešingu atveju, jau egzistuojantys mazgai bus per silpni ir tinklo operatoriams teks iš naujo investuoti į pajėgesnių komutuojančių įrenginių įrengimą. Vartotojai, sparčiai augant perduodamų duomenų srautams, tikisi ir toliau gauti kokybiškas paslaugas, už kurias moka.

1.2.3. ATEITIES PERSPEKTYVOS

Antrosios kartos GSM tinklo resursai labai riboti ir aiškiai per maži norint patenkinti dabartinius rinkos poreikius. Neišvengiamai įsigali naujasis trečios kartos GSM standartas (3G). Mobilųjų paslaugų rinkai ypač sparčiai augant (šiuo metu tai sparčiausiai auganti rinka), kuriamas kitos kartos standartas ir panašu, jog 3G ilgai nebus vienas iš pagrindinių naudojamų standartų [21]. Pagrindinis klausimas, kuris kyla, ar naujosios mobilios tinklo kartos tikslas bus „dar daugiau pralaidumo“? 4G tinklo specifikacijos turėtų būti orientuotos ne tik į resursų didinimą, bet ir į kitas tinklo savybių charakteristikas. Vien didinant resursus, augančių paslaugų poreikis nebus efektyviai patenkintas. Dar didesnė resursų pasiūla sukels didesnę jų naudojimą ir vėl bus jaučiamas jų stygius. Ar tai reikš dar vieno standarto kūrimą? Ateities GSM tinklas turėtų būti pakankamai lankstus, jog galėtų konkuruoti su taip pat smarkiai besivystančiu įprastu tinklu. Statinės sistemos negalės konkuruoti tokioje dinamiškai besivystančioje rinkoje, mobilus tinklas turi leisti naudotis paslaugomis be apribojimų ir teikti paslaugas prisitaikydamas prie poreikių (Always best connected Access strategy). Tuo pačiu turi būti užtikrinama galimai geriausia paslaugos kokybė (QoS) už geriausią vartotojui kainą.

Galime pažvelgti, kaip per kelis metus išaugo paslaugų įvairovė. Nuo įprastinės skambinimo ar trumposios žinutės paslaugos iki mobilios bankininkystės ar nuotolinės medicininės diagnostikos.

1 lentelė. GSM tinklo vystymasis ir naujų paslaugų atsiradimas

| Metai | Standartas (Karta) | Naujos aplikacijos |
|-------------|--------------------|---|
| Iki 2000 | 2 G | - telefonija - elektroninis paštas - trumposios žinutės (SMS) - skaitmeninio teksto perdavimas |
| 2001 – 2002 | 2.5 G | - mobili bankininkystė |

| | | |
|-------------|-----|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - balso paštas - internetas - mobilus garso grotuvas - laikraščių skelbimai skaitmeniniu pavidalu - skaitmeninis garso (audio) perdavimas - mobilus radijas, karaoke - taikomosios programos - lokacija grįstos paslaugos - mobilūs dokumentai/kuponai |
| 2003 - 2005 | 3 G | <ul style="list-style-type: none"> - mobilios vaizdo konferencijos - vaizdo telefonas/paštas - nuotolinė medicininė diagnostika ir mokymas - mobili televizija/vaizdo grotuvas - pažangi automobilio navigacija/ miesto gidas - skaitmeniniai pirkimo katalogai - bendradarbiaujančios B2B aplikacijos |

Tolimesnis žingsnis – ketvirtos kartos tinklo kūrimas, kurio testavimai jau vyksta [1]. Vienas iš galimų ir teikiančių vilčių sprendimų, padaryti 4G tinklą konkurencingą kitiems tinklams, t. y. naudoti lengvai perkonfigūruojamus mobilaus ryšio tinklus (įskaitant ir specialius tinklus [Ad-hoc]). Tokie tinklai galėtų būti dinamiškai organizuojami, persikonfigūruojantys ir nereikalautų fiksuotų struktūrų, turėtų autonominės sistemos charakteristikas internete. Tokios charakteristikos padaro mobilų tinklą panašesnį į įprastinį tinklą, tačiau tuo pačiu atsiranda problemos dėl paslaugų kokybės, kurios egzistuoja ne tik mobiliuose tinkluose, bet yra paveldimos ir iš įprastinių tinklų architektūrų. Mobilumas dar labiau apsunkina kokybiškos paslaugos teikimo uždavinio sprendimą.

1.3. APIBENDRINIMAS

Naudojant ITU-T rekomendacijas, telekomunikacijų paslaugos gali būti skirstomos į pernašos, pilnutinę ir papildomas paslaugas.

Pagrindinė GSM paslauga yra telefonija. Kaip ir kitose komunikacijose kalba yra paverčiama į skaitmeninį pavidalą ir perduodama GSM tinklu. Dar yra papildoma paslauga (911) – nemokamas operatoriaus iškvietimas.

GSM paslauga, nebuvo senose telekomunikacijų sistemose, yra SMS (Short Message Service)– trumpų žinučių tarnyba. SMS yra vienkrypčių žinučių (iki 160 baitų) paslauga.

Žinutės yra siunčiamos vienos krypties (in a store-and-forward) būdu. Nuo vieno taško iki kito SMS žinutės siunčiamos kitam vartotojui, o pranešimą, kad žinutė gauta sėkmingai, gauna siuntėjas. Žinučių panaudojimas gali būti išplėstas, siunčiamai žinutei suteikiant užklausos funkciją. Visas žinučių perdavimo mechanizmas išlieka toks pats, tik papildomai žinutė apdorojama paslaugos tarnybinėje stotyje, kur „iššifruojama“, ko klientas pageidauja.

Papildomos paslaugos teikiamos ir pernašos, ir pilnutinėse paslaugose. Esamose instrukcijose (I fazė) yra numatyti keli skambinimo (iškvietimo) būdai: būsimas iškvietimas (kai iškviečiant mobilųjį telefoną, jis tinkle yra nepasiekiamas) ir iškvietimas su įeinančiais ar išeinančiais skambučiais, pvz.. keliaujant į kitą šalį (roaming). Daug papildomų paslaugų yra numatyta 2 fazės specifikacijose: skambintojo identifikavimas, iškvietimo laukimas eilėje, konferencijos.

2. KONCEPTUALUS MODELIS.

Modelis sudaromas remiantis bendrais modelio kūrimo principais [18]. Erdvinės charakteristikos mūsų atveju nereikalingos. Pagrindinio proceso (paslaugos), kuri mes modeliuojame, specifinis dažnis nėra didelis, todėl modeliavimo rezultatai turėtų būti matomi jau ir po trumpo laiko tarpo. Sistemą nagrinėsime kaip procesais paremtą modelį.

Visas paslaugas, teikiamas naudojantis mobiliu GSM tinklu, galima apibrėžti modeliu, perteikiančiu informacinių srautų ryšius tarp paslaugos tiekėjų ir paslaugos gavėjų. Modelis yra pakankamai universalus, nepriklausantis nuo paslaugos tiekėjo galimybių ar norimo gauti paslaugos tipo. Paprastai rinka diktuoja poreikius, kokių paslaugų jai reikia. Kita vertus, technologijų vystymasis iššaukia naujų paslaugų kūrimą. Didžiausias pelnas ir sparčiausiai besivystanti rinka yra ten, kur dominuoja naujausios technologijos. Šiuo metu galima rasti daugybę paslaugų rūšių, vienos jų – padiktuotos naujų rinkos sąlygų, kitos – jau įprastos ir nusistovėjusios. Pastaruoju metu ypač populiariomis tapo paslaugos, kurias galima gauti esant bet kur ir bet kada, judant, keliaujant. Per paskutinius penkerius metus įvykęs didelis šuolis perdavimo spartos srityje suteikia naujas galimybes tokių paslaugų plėtojimui ir naujų siūlymų.

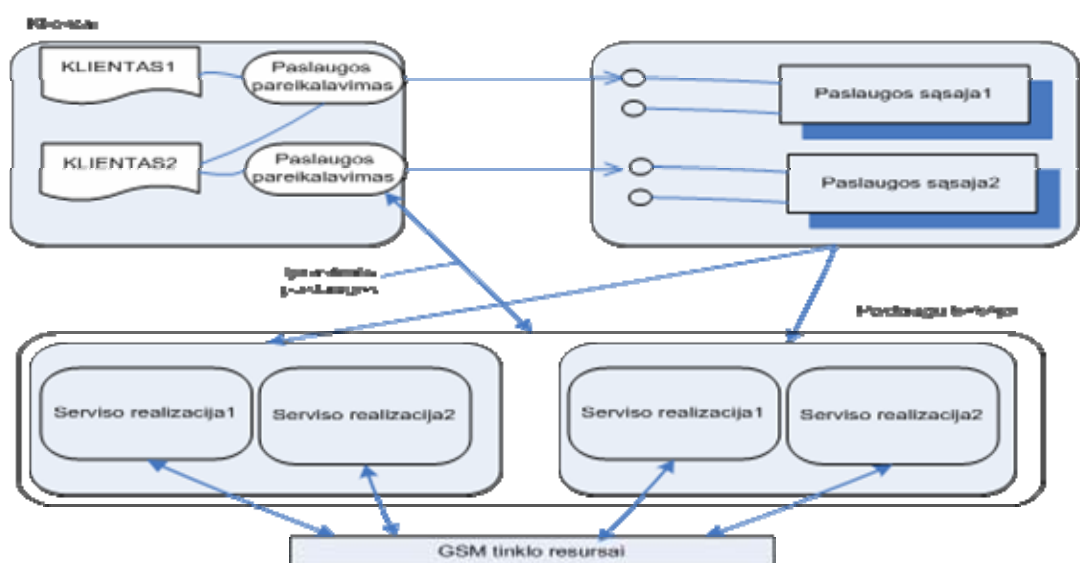
Atsižvelgiant į rinkodarą, paslaugų tiekėjams siūlant naujas paslaugas, reikia įvertinti nemažai papildomų faktorių. Šie faktoriai atsiranda tada, kai planuojama teikti paslaugą, naudojantis terpe, turinčia apribojimus (pvz., GSM tinklu). Aišku, įprastinės paslaugos taip pat turi apribojimų, bet daugeliu atvejų juos galima panaikinti padidinus resursus. GSM tinkle tai padaryti sunku. Resursų didinimas mobiliame tinkle faktiškai reikštų naujų standartų įvedimą, naujos techninės įrangos diegimą visame tinkle. Sudarius paslaugos mechanizmo informacinių srautų grafą, „siauriausios“ grafo šakos būtų tos, kurios jungiasi prie GSM tinklo resursus žyminčios viršūnės.

Paslaugų, teikiamų mobiliame GSM tinkle, spektras labai platus. Tai ne vien paslaugos, kurios prieinamos mobiliąja stotimi (Mobile station). Paslaugos vartotojas gali net nežinoti, jog buvo pasinaudota GSM resursais, teikiant jam paslaugą. Tokios technologijos kaip mobilusis internetas perpina paslaugų srautus tarpusavyje. Pavyzdžiui, namo valdymas, naudojantis asmeniniu kompiuteriu, tai paslauga per internetą ar GSM tinklą? Atsakymas nevienareikšmiškas. Tai, jog namo valdymo sistema prijungta prie kompiuterio, nereiškia, kad paslaugos naudojimosi metu kompiuteriai tarpusavyje bendrauja internetinio ryšio dėka. Galbūt nutolusiame name įrengta GSM prieiga. Vartotojui prisijungus prie paslaugos tiekėjo paslaugos sąsajos, suformuojama užklausa, kuri per vadinamuosius GSM vartus (gateway) iš internetinio tinklo patenka į GSM tinklą. Tokios informacijos perdavimas reikalauja tinklo resursų, kurie yra griežtai riboti.

Paslaugos iniciatorius yra klientas. Jo pateikti pageidavimai užklauskos pavidalu turi būti patenkinti. Naudojant paslaugas, tokias kokioms GSM tinklas ir buvo kurtas, tai yra skambinimui, žinučių siuntimui, vartotojui nereikia kreiptis per sąsajas į paslaugos tiekėjus, kad gautų paslaugą. Vartotojas nebūtinai turi įrenginį, kuris tiesiogiai gali komunikuoti mobiliame tinkle. Tokiu atveju jis gali gauti paslaugas, pasinaudodamas paslaugų sąsajomis. Jos užduotą užklausą apdoros ir realizuos GSM tinkle. Pasinaudojimo paslauga variantai tik praplečia naudotojų ratą. Ta pati paslauga gali būti teikiama tiek tiesiogiai, tiek per paslaugų sąsajas. Paslaugų sąsajos atlieka tarpininko vaidmenį, apdoroja užklausas, su kuriomis pats GSM tinklas negali susidoroti.

Vartotojo užklausą reikia interpretuoti, kaip įvairių atributų rinkinį, kurių dėka galimas paslaugos įvertinimas pagal tam tikrus kriterijus. Kriterijai gali būti bendri, kaip ir visoms paslaugoms. Tai yra, ar paslaugos klientui kritiškai svarbus užklauskos atlikimo laikas, ar svarbiau tikslesnis atsakymas nei sugaištas laikas. Taip pat į atributus reiktų įtraukti paslaugos kokybės parametras. Žinoma, paslaugos naudojimui turi įtakos ir tokie faktoriai, kaip ankščiau besinaudojusių paslauga, nuomonė. Jeigu teikiamos paslaugos reputacija prasta, ją pasirinks mažiau klientų.

Skirtingoms paslaugų grupėms teisingiausia būtų naudoti skirtingus atributus. Taigi atributai priskiriami tam tikroms sritims. Sritys gali dalinai perdengti viena kitą, kai kurie atributai gali būti keliose srityse. Pavyzdžiui, lokacijos nustatymo paslaugai apibrėžti, tikslingiausia naudoti tokius atributus, kaip tikslumas, ar ji kritiškai svarbi, vizualinis pateikimas ir pan. Valdančiųjų paslaugų atributai bus kitokie: prieinamumo, lengvumo naudotis ir t.t.



2 pav. Paslaugų gavimo schema

GSM tinklo resursai yra griežtai apibrėžti, o teikiamų paslaugų įvairovė sparčiai didėja. Būtina įvertinti galimą šių paslaugų naudojamų resursų persidengimą. Tinklo resursai turi būti naudojami adaptyviai, prisitaikant prie esamos situacijos.

Paslaugos mechanizmą galima būtų suskaidyti į tokias tris pagrindines dalis:

- klientas (paslaugos gavėjas);
- terpė, kuria perdavinėjamos užklausos ir informacija;
- įrenginiai, užtikrinantys duomenų perdavimą ir užklausų apdorojimą.

Klientas čia suprantamas plačiaja prasme, tai gali būti asmuo, organizacija ar kita sistema. Ši dalis išreiškia paslaugos gavėjo pusę. Klientas nebūtinai gauna paslaugą naudodamasis telefonu, užklausa jis gali pateikti ir kitomis priemonėmis.

3. PASLAUGŲ TIPAI

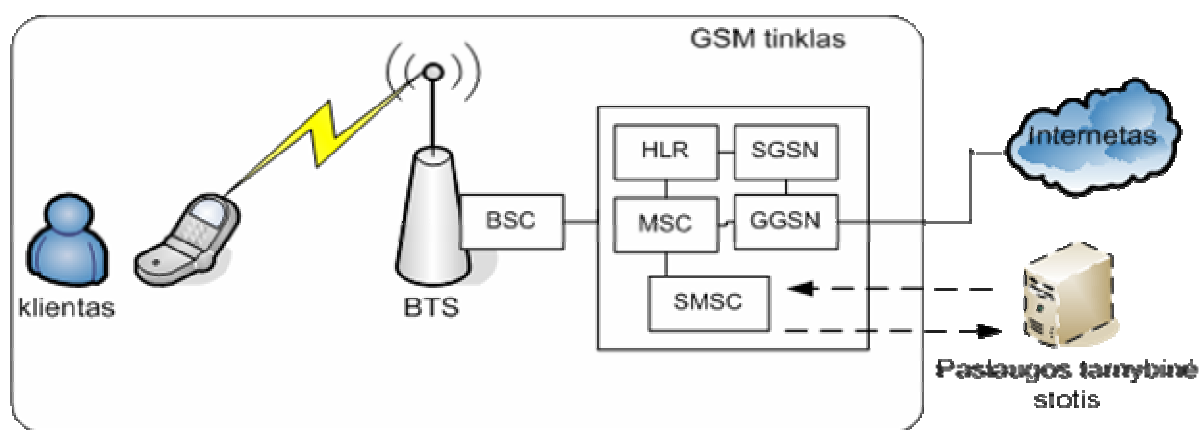
Paslaugų grupavimas gali būti įvairus. Jis galima įvertinti daugeliu parametru. Tai yra kokias technologijas naudoja paslauga, kokiais protokolais perduodama informacija. Klasifikuoti galima pagal paslaugos pobūdį, pagal jos kokybę, kritiškumą, saugumą, vartojimo mastą ir t.t. Aišku, kai kurios paslaugos jau yra standartuose nurodytos, sugrupuotos ir teikiamos tinklo pagal nutylėjimą. Tai yra SMS žinutės, balso paštas, fax mail, įprastinis skambinimas [13]. Skambinimas dar gali būti išskirstytas į kelias paslaugas, tokias kaip skambučio peradresavimas, užlaikymas, konferencija ir pan. Darbe bus analizuojama tik standartinių GSM tinklo paslaugų išplėstinės galimybės, standartizuoti servisi, tokie kaip skambinimas, bus ignoruojami ir nedetalizuojami. Paslaugos grupuojamos pagal tai, kaip paslauga veikia ir ką ji atlieka. Tai yra pagal paslaugos veikimo mechanizmą. Tokiu būdu modeliuojant paslaugą, neatsiremama į konkretų standartizuotą servisą. Visas paslaugos mechanizmas gali apimti kelias technologijas arba atvirkščiai, kelios visiškai skirtingos paslaugos gali naudoti, pavyzdžiui, tokį patį perdavimo protokolą. Todėl mūsų atveju paslaugas skirstome į tris pagrindines grupes: informacijos teikimo, valdančios ir lokacija pagrįstos paslaugos.

3.1. INFORMACIJOS TEIKIMO PASLAUGOS

Į šią paslaugų grupę įeina paslaugos, teikiančios tam tikrą vartotojo pageidautą informaciją. Tai gali būti nuo paprasčiausios reklamos iki informacijos apie valiutų kursus. Informacijos gavimas pasinaudojant mobiliu tinklu gan svarbus. Visų pirma jis turi pranašumą prieš kitas įprastines priemones: informaciją galima gauti esant bet kur, kur yra ryšio zona. Be to, be informacinio serviso neapsieina ir kitos mobiliu tinklu teikiamos paslaugos. Tokia informacija, perduota klientui, yra riboto informatyvumo. Informacijos ir naujienų pateikimo paslauga, pritaikant ją naudoti mobiliajame tinkle, yra apribojama. Paprastai tai būna tekstinio tipo žinutė. Čia informacijos turinio gavimas bet kur ir bet kada kompensuoja skurdų jos pateikimą.

Paslaugos tarnybinė stotis formuoja žinutes su informacija, kurios pageidauja klientas. Iš SMS centro (SMSC) abonentas trumpąją žinutę gauna įprastu būdu. Tarnybinė stotis gali būti kaip atskiras tinklo elementas arba gali būti įdiegta kaip GSM tinklo modulis.

Apibendrintai informacijos teikimo paslaugų mechanizmas galėtų būti atvaizduotas taip:



3 pav. Informacijos teikimo paslaugos schema

3.1.1. ŽAIDIMAI IR PRAMOGOS

Tokios informacinės paslaugos GSM tinkle šiuo metu labai populiarios. Klientas, naudodamasis tam tikrais raktiniais simboliais, formuoja užklausą. Paslaugos tarnybinė stotis atlieka ir užklausos analizatoriaus vaidmenį. Reaguodamas į užklausą, jis gražina kliento pageidaujamą informaciją. Nusiuntus tam tikru numeriu atitinkamą raktinį žodį, klientas gali gauti jį dominančią informaciją (horoskopus, receptus ir pan.).

Tokiu pat principu galima dalyvauti žaidimuose, konkursuose, loterijose. Žaidimuose ar konkursuose vartotojas dalyvauja „pokalbyje“ su paslaugos tarnybine stotimi. Pavyzdžiui, nusiuntus užklausą klientui, atgal siunčiamas suformuotas klausimas. Klientas atsako į klausimą vėl siųsdamas tam tikrą užklausą.

3.1.2. BENDRAVIMAS IR INFORMACIJOS SKELBIMAS

Pastaruoju metu ypač iš populiarėjo bendravimas „televizijos ekrane“. Kuriasi nauji pažinčių ir bendravimo klubai, kurių nariai bendrauja SMS žinučių pagalba. Visi mato TV ekrane parašytas žinutes, taip tarsi SMS pagalba realizuojama vieša diskusija. Tokios bendravimo paslaugos dar papildomos įvairiais papildomais atributais, klubai gali būti uždari, taip pat realizuojamas pranešimų prioritetizavimas.

Bendravimo programinė įranga gali būti realizuota ir telefone. Pasikalbėjimo žinutėmis metu, keletas vartotojų gali dalintis informacija. Visos žinutės chronologine tvarka saugomos duomenų archyve. Kiekviena žinutė eilės tvarka išsiunčiama kiekvienam pokalbyje dalyvaujančiam abonentui. Tokios pokalbių programos įdiegiamos telefone, jos ir valdo žinučių persiuntimus.

3.1.3. KITOS PASLAUGOS

Balso žinutės ir fakso pranešimai. Klientas gauna pranešimą, jog jam atsiųsta balso žinutė ar faksas. Abonentui nereikia nuolat jungtis prie tarnybinės stoties, kur saugomos balso pašto žinutės ar faksas, jam apie tai pranešama žinute.

Pranešimas apie elektroninio laiško gavimą. Klientas užsisakydamas paslaugą, nurodo apie kurią savo elektroninio pašto dėžutę jis nori gauti informaciją. Atėjus laiškui į šią dėžutę, klientas informuojamas žinute. Joje dažniausiai nurodoma siuntėjo adresas, laiško tema ir pirmieji laiško žodžiai.

„Protingos“ žinutės. „Protingų“ žinučių idėja yra sukurta kompanijos Nokia. Ši paslauga leidžia keistis įvairiais objektais naudojant SMS žinutes. Tie objektai, tai gali būti interneto nustatymai, verslo vizitinės kortelės, melodijos ir pan. Taip pat žinutė gali būti susieta su tam tikru paveikslėliu. Pats paveikslėlis nesiunčiamas, siunčiamas tik jo identifikatorius. Gavėjas turi turėti tokios pat kompanijos mobiliąją stotelę, kad sėkmingai identifikuotų gautą paveikslėlį.

Internetas. Naudojantis WAP protokolu mobilią stotelę gali pasiekti interneto resursus. Taigi galima gauti beveik visas paslaugas, kurios pasiekiamos internetu įprastiniu būdu. Tai yra visos informacijos gavimo ir paieškos galimybės, bendravimo funkcijos. Galima skaityti, rašyti elektroninius laiškus, peržiūrėti informaciją apie savo finansus ir t.t. WAP paslaugų įvairovė plati ir apima ne tik informacijos teikimo paslaugas. Šios paslaugos yra įprastinio interneto paslaugų poaibis, todėl jos šiame darbe nedetalizuojamos.

Iš esmės beveik visos informacinės paslaugos išplečia SMS žinučių panaudojimo galimybę. Žinutė – tai kliento pageidavimo išreiškimo būdas. Tokiu būdu galima realizuoti pačias įvairiausias paslaugas, pavyzdžiui, informacijos paiešką duomenų bazėse ar informacinėse sistemose. Pateikus atitinkamą informaciją užklausoje, tarkime įmonės pavadinimą, jums surandamas tos įmonės telefonas ar adresas ir gražinamas SMS žinute. Tokia paslauga yra plačiai prieinama dėl nereikalingų papildomų techninių reikalavimų kliento mobilią stotelę.

3.1.4. LIETUVOS OPERATORIŲ TEIKIAMOS INFORMACINĖS PASLAUGOS

Tarp paslaugų, teikiamų mobiliame tinkle ypač sparčiai augant rinkai, didelius mastus įgauna informacijos platinimas ir reklama. Operatoriui yra pigu perduoti informaciją ar

reklamą SMS žinute. Turint omenyje, jog auditorija, kurią pasiekia reklama tikrai didelė, ateityje reklaminio pobūdžio žinučių tik daugės.

2. lentelė Lietuvos operatorių paslaugos, kurias galima gauti žinutėmis

| Operatorius | Reklaminiai/ informaciniai pranešimai | Mokėjimas už paslaugas žinute | Skambučių registas | Mobilusis paštas |
|-------------|---|----------------------------------|-----------------------|------------------|
| Omnitel | Taip | Taip | Taip | Ne |
| Bitė GSM | Taip | Taip | Taip | Taip |
| Tele2 | Taip | Ne | Ne | Ne |

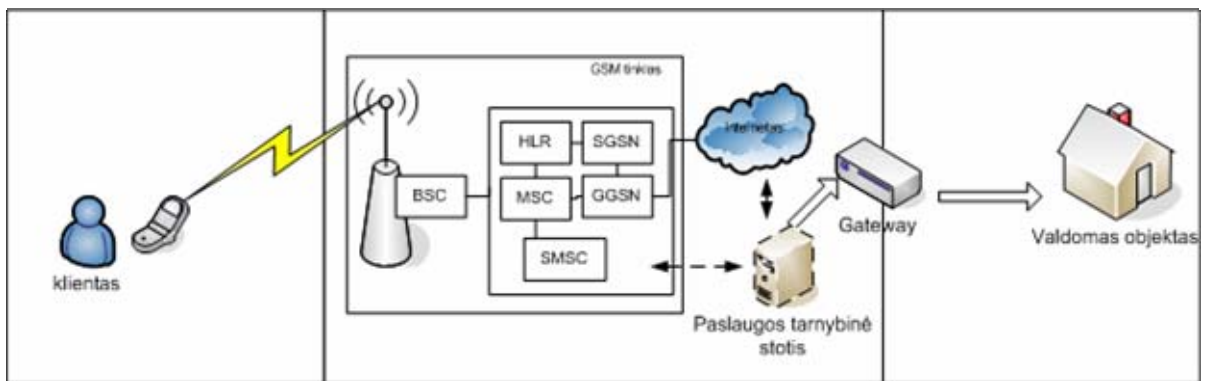
Be paslaugų, kurias, kad patenkintų savo interesus teikia pats operatorius, įvairius servisus siūlo ir privatus sektorius. Vienos iš šių paslaugų daugiau pramoginio pobūdžio, kitos –susijusios su verslo galimybių išplėtimu ir informacijos pasiekiamumu bet kur, panaudojant mobilumą. Verslo sektoriaus teikiamos paslaugos dažniausiai nebūna susietos su konkrečiu operatoriumi, o paslaugai teikti naudojami būdai prieinami plačiosioms masėms, tokie kaip SMS žinutės [26].

3.2. VALDANČIOS PASLAUGOS

Galimybė ne tik gauti informaciją, bet ir ją perduoti, išsiųsta informacija kažką valdyti, smarkiai išplečia paslaugų spektrą. Poreikis savo mobilų telefoną paversti „žaisliuku“, gebančiu kažką valdyti, nemažas. Juolab, kad tai įgyvendinama neatliekant jokių techninių pakeitimų pačiame telefono aparate.

Dažniausiai valdančios paslaugos yra jungiamos su informacijos teikimu. Suformavę tam tikrą užklausa, mes praktiškai galime valdyti bet kokį elektrinį prietaisą. Iki paslaugos tarnybinės stoties, modelis yra toks pats kaip išplėstame informacijos teikimo modelyje. Valdymo paslaugos turėtų būti taip pritaikytos mobiliam tinklui, kad kliento pusėje nereikėtų atlikti jokių pakeitimų. Visas modelis susidarytų iš tokių pagrindinių dalių, kaip kliento dalis, kuri neturi kisti. Taip pat paslaugos tiekėjo dalis, apimantis GSM tinklą ir valdomus objektus.

Paslaugos tarnybinė stotis tarnauja kaip tarpininkas tarp kliento ir valdomo objekto. Kitas svarbus komponentas, tai sąsaja per kurią objektas yra pasiekiamas iš GSM tinklo. Paslaugos veikimo mechanizmas galėtų būti pavaizduotas taip:



4 pav. Valdančios paslaugos schema

Klientas pateikia užklausą, per mobilųjį tinklą ji perduodama tarnybiniai stočiai, kuri apdoroja užklausą. Paslaugos tarnybinė stotis per tam tikrus „vartus“ gali valdyti objektus. Tarkime įjungti šildymą ar signalizaciją. Kad paslauga būtų teikiama, kliento pusėje jokių pakeitimų atlikti nereikia, valdomas objektas turi būti adaptuotas naudojant tam tikrus įrenginius, kad suprastų per „vartus“ gautas komandas. Naudojant tokį modelį, kuriami ir valdomi intelektualūs namai, kuriuose prietaisai supranta per GSM tinklą perduotas komandas. Telefonas gali tarnauti kaip nuotolinis valdymo pultas.

Valdančios paslaugos paprastai sujungtos su informacinėmis. Schemoje matomas atgalinis ryšys. Įvykdžius kliento užklausą, klientas gauna atsakymą ir kartu patvirtinimą apie įvykdytą užklausą.

3.2.1. OBJEKTŲ VALDYMAS

Informacijos teikimo paslaugos metu, vyksta bendravimas tarp kliento ir paslaugos tarnybinės stoties. Valdant objektus, susidaro papildomas ryšys tarp valdomo objekto ir paslaugos tarnybinės stoties. Paslaugos tiekėjas dalyvauja kaip tarpininkas valdant kliento norimą objektą. Valdyti objektą gali būti naudojamas SMS žinutės, kaip informacijos gavimo paslaugos atveju. Tai yra klientas suformuoja užklausą su tam tikrais raktiniais žodžiais ir siunčia paslaugos tiekėjui, šis ją atitinkamai apdoroja ir siunčia objektui ar įrenginiui, kurį klientas nori valdyti. Klientas gali valdyti objektą ir pasinaudodamas internetinėmis technologijomis. Per tam tikrą sąsają, vartotojas pateikia tiekėjui, ką ir kaip jis nori kontroliuoti ar valdyti. Užklausa apdorojama, siunčiama GSM tinklu ir veiksmas įvykdomas su objektu.

Valdančios paslaugos gali būti naudojamos kartu su informacinėmis paslaugomis. Tai yra, pavyzdžiui, kontroliuojamas objektas pats praneša jo šeimininkui tam tikrą informaciją apie sutrikimus ar pan.

Valdomi objektai gali būti patys įvairiausi: nuo sunkiai prieinamų žmogui jungiklių, kurie gali būti automatiškai perjungti naudojantis GSM tinklu siunčiama užklausa, iki fontano ar namo valdymo, vandens, šildymo, apšvietimo ir t.t.

3.2.2. LIETUVOS OPERATORIŲ TEIKIAMOS VALDANČIOS PASLAUGOS

Šis paslaugos tipas pakankamai naujas Lietuvos rinkoje, bet paskutiniu metu vis plačiau pradedamas taikyti. Pagrindinis tokios paslaugos elementas yra valdiklis. Tai yra įrenginys, kuris priima GSM tinklo signalus (žinutes) ir pagal juos valdo objektą. Šiuo metu rinkoje jau yra nemažai tokių valdiklių, pritaikytų sąveikauti su tam tikrais objektais: signalizacijos, jungikliai ir pan.

Šioje srityje kol kas tik vienas mobilaus tinklo operatorius (Omnitel) siūlo kažkuo išsiskiriantį sprendimą. Tai yra būsto informacijos valdymo sistema „Namas“. Būste įrengiama informacinė sistema veikia su „Omnitel“ SIM kortele. Prie jos prijungiama norima stebėti ir valdyti būsto įranga. Suveikus sistemos davikliams, prie kurių prijungta būsto įranga, šeimininkui siunčiami SMS pranešimai, nurodant, kuris daviklis suveikė. Sistemos daviklių būsenos šeimininkas gali užklausti pats, siųsdamas atitinkamas SMS žinutes. Sistema į mobilųjį telefoną gražina SMS žinutę su išvardintomis visų daviklių būsenomis. Esant reikalui, galima keisti stebimų daviklių temperatūrų ribas. Sistemai siunčiama komanda, nurodant daviklius ir temperatūrų režius. Šeimininkas gali įjungti arba išjungti įrangą, prijungtą prie būsto informacinės sistemos valdymo jungčių (pvz., patalpos šildymą). Sistema vykdo tik teisingu slaptažodžiu patvirtintas komandas. Šeimininkas, siųsdamas SMS, slaptažodį gali keisti [26].

Tokio tipo paslaugos neišnaudoja daug tinklo resursų, tačiau reikalauja nemažų kliento investicijų į įrangą. Taigi kol kas paslauga mažai kam prieinama dėl didelių jos pradinių kaštų.

3.3. LOKACIJA PAGRĮSTOS PASLAUGOS

Paskutiniu metu sparčiai plinta paslaugos, pagrįstos lokacija. Pasinaudojant mobilaus ryšio tinklo resursais, galima nustatyti tam tikro telefono lokaciją. Kombinuojant valdančias, informacines bei lokacijos paslaugas, jas modeliuojant, galima gauti įvairių naujų sprendimų. Nuo paprasčiausios vietos nustatymo paslaugos iki teikiamų paslaugų aplink klientą, žemėlapių sudarymo, ar viešo transporto sekimo sistemos [29]. Paslaugą gali riboti tik nepakankamas jos poreikis pelnui užtikrinti arba ne itin dideli mobilaus ryšio tinklo resursai.

Šiuo metu vis daugiau ir daugiau yra nešiojamų įrenginių veikiančių *online* (pvz., prisijungiančių prie interneto) ir taip pat gebančių nustatyti lokaciją. Vartotojai naudojami

telefonais, galinčiais prisijungti prie interneto, tokių technologijų kaip WAP, I-mode ar WAP2.0 dėka. Sąsaja su vartotoju telefonuose smarkiai patobulinta, pagerintas ir padidintas ekranas leidžia juo naudotis, kaip asmeniniu skaitmeniniu pagalbininku (delninku). Pavyzdžiui, turistai gali nešiotis prie interneto gebantį prisijungti ir padedantį nustatyti lokaciją įrenginį, tarkime „kamerą“ ar „laikrodį“ ant riešo.

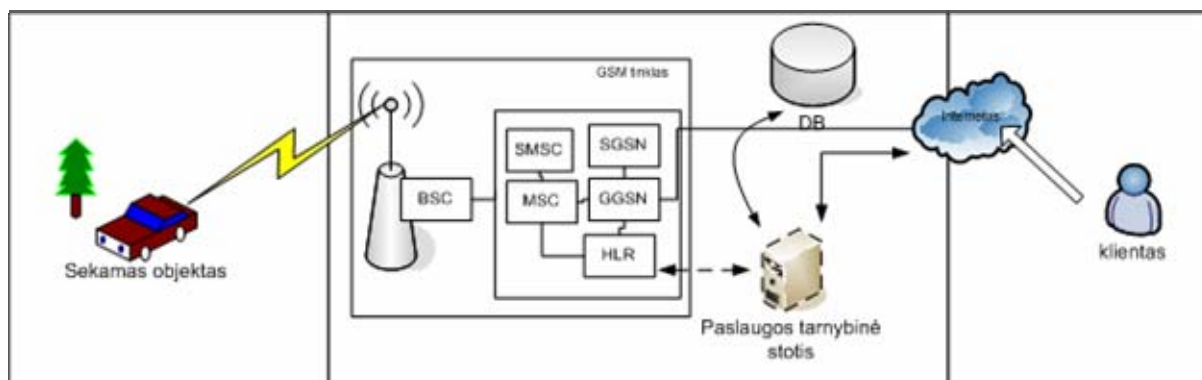
Transporto priemonės su kompiuterine įranga, įskaitant įprastus automobilius, viešąjį transportą, jūrinius laivus ir pan. taip pat gali būti sekamos, t.y. nustatoma jų lokacija. Prabangūs automobiliai jau ir dabar turi navigacines sistemas. Yra įranga, kuri gali būti įdiegta ne tik į naujas transporto priemones. Paslaugų tiekėjai mobiliame tinkle kartu su transporto priemonių gamintojais kuria sistemas, kurių dėka automobiliuose bus integruotas priėjimas prie interneto ir lokacijos nustatymas naudojant mobilųjį tinklą.

Įrenginių gebančių prisijungti ir naudotis tinklu vis daugės. Tokios technologijos kaip Bluetooth leidžia paprastai bendrauti įrenginiams tarpusavyje. Tai nulems vis dažnesnį ir pigesnį tinklo resursų naudojimą.

Informacijai apie judančių objektų lokaciją kaupti naudojamosi elektroninės paslaugomis. Tokiam servisui lokacijos informaciją (poziciją, greitį ir pan.) objektas paskelbia pats arba yra užklauiamas. Ši informacija apdorojama ir gali būti naudojama tam, kad teiktų tam tikras funkcines galimybes.

Duomenys apie lokaciją, esantys duomenų saugyklose, naudojami masiniam pritaikymui. Taigi kiekvienas vartotojas gauna paslaugas, pritaikytas tam tikrai specifinei vartotojo situacijai, nustatymams ir poreikiams. Tai gali būti išreikšta per tiesioginį dinamių interneto puslapių generavimą, atsižvelgiant į kontekstą, esantį duomenų saugyklose ir vartotojo sąveiką su servisu. Pavyzdžiui, vartotojui reklamuojamos tos paslaugos, kurios teikiamos tuo metu netoli jo buvimo vietos.

Lokacijos nustatymas gali būti inicijuojamas paties vartotojo, operatoriaus ar trečio asmens. Visais atvejais informacinių srautų mechanizmas šiek tiek skiriasi. Pats lokacijos nustatymo principas ir komunikavimas tarp sekamo objekto ir serverio nepriklauso nuo iniciatoriaus. Tai daugiau priklauso nuo paslaugos specifiškumo ir funkcionalumo. Užklauiant lokacijos pačiam vartotojui ar operatoriui, apsikeitimas žinutėmis vyksta tik GSM tinklo ribose tarp kliento ir serverio.



5 pav. Lokacija pagrįstos paslaugos schema

Vartotojas suformuoja užklausą, paslaugos tarnybinė stotis ją apdoroja. Priklausomai nuo to, ko klientas nori, ar naujų duomenų, ar senų, serveris arba siunčia užklausą objekto lokacijai nustatyti, arba ieško informacijos duomenų bazėje. Lokacijai nustatyti naudojami įvairūs metodai. Reikia įvertinti, kokio tikslumo jums reikia ir kokius tinklo resursus turime. Didesnio tikslumo metodai reikalauja daugiau resursų.

3.3.1. EISMO KOORDINAVIMAS IR VALDYMAS.

Paslauga remiasi praeities ir dabarties duomenų apie lokaciją pateikimu užsisakiusiajam. Turint duomenis apie lokaciją, gali būti identifikuojami eismo kamščiai ir nustatomas artimiausias ir greičiausias kelias tarp dviejų taškų. Taip pat galima apskaičiuoti su tam tikra paklaida visos kelionės trukmę. Įmanoma netgi apskaičiuoti mokesčius už mokamus tiltus ar magistrales.

3.3.2. INFORMACIJOS APIE PASLAUGAS TEIKIMAS, ATSIŽVELGIANT Į LOKACIJĄ.

Vartotojas gali gauti informaciją apie paslaugas teikiamas netoliese. Kai jis tarkime yra „pirkimo būsenoje“, pagal jo lokaciją nustatome artimiausias parduotuves ir apie tai klientą informuojame. Naudojant vartotojo duomenis bei jo lokaciją, galima teikti jam tinkamiausius pasiūlymus, tarkime reklamuoti paslaugas, kurios labiausiai jam tinkamos.

3.3.3. PASLAUGOS TURISTAMS.

Tokia paslauga apima informacijos apie toje vietoje prieinamas turizmo paslaugas teikimą. Tai informacija apie visą parą veikiančius viešbučius, bendrabučius, kitas įstaigas, teikiančias apgyvendinimo paslaugas, taip pat kultūrinius renginius, tokius kaip parodos, koncertai ir pan. Tarkime turistui gali būti suteikta informacija, kada yra parodos atidarymo valandos ir koks jos darbo laikas, kokios bilietų kainos ir kt. Galima teikti informaciją apie transportą, kaip ir su kuo nuvykti iš taško, kuriame jūs dabar esate į kitą tašką.

3.3.4. SAUGUMO PASLAUGOS.

Įmanoma sekti turistą, keliaujantį po pavojingas vietas, ir reaguoti į kritines situacijas (pvz., kai kas nors nutinka slidinėjant ar buriuojant). Taip pat tarkime duoti senyvam žmogui daugiau laisvės, tačiau stebėti jo buvimo vietą, jei kas atsitiktų.

3.3.5. LOKACIJA PAGRĮSTOS PRAMOGOS.

Pavyzdys galėtų būti lobio ieškojimas, kai dalyviai varžosi, kuris pirmas atras lobį. Lobis virtualus, bet susietas su fizine vieta. Pastoviai sekant žaidimo dalyvių buvimo vietą, sistema užfiksuoja, kuris iš jų pirmas rado lobį. Tai tėra paprasčiausias pavyzdys, kokios pramogos gali būti teikiamos pasitelkiant lokacijos nustatymą. Lobį gali pakeisti „monstras“, kuris turi galimybę judėti, matyti ir t.t.

3.3.6. LIETUVOS OPERATORIŲ TEIKIAMOS LOKACIJA PAGRĮSTOS PASLAUGOS

Šio tipo paslauga nedrąsiai žengia į rinką. Tam nemažą įtaką turi įsitvirtinę senesni metodai lokacijai nustatyti. Vienas iš labiausiai paplitusių yra GPS. Šis vietos nustatymo būdas pakankamai tikslus, tačiau turi ir trūkumų. GPS tiksliau nusako poziciją, tačiau paslauga priklauso nuo aplinkos sąlygų (ar sekamasis yra palydovo matymo zonoje, ar daug pastatų ir pan.). Be to, reikalinga papildoma įranga. Nustatinėjant GSM lokacijos metodais, pozicija nusakoma žymiai mažesniu tikslumu. Todėl dažnai naudojama šių dviejų technologijų kombinacija (A-GPS).

Bitė GSM „Kur esi?“ – pirmoji Lietuvoje veikianti lokacija pagrįsta paslauga. Paslauga teikiama nuo 2003 metų rudens. Ji skirta nustatyti abonento lokacijai. Pozicijai nustatyti naudojamas Cell ID metodas, todėl vietos nustatymas yra su gana didelėmis paklaidomis, t. y. spindulys svyruoja nuo 600 m iki 1,2 km. Tikslumas priklauso nuo aptarnaujančios stoties teritorijos padengimo[5, 20].

Iš kitos pusės, tokia paslauga stipriai susijusi su privatumo klausimais. Tai labai riboja paslaugos panaudojimo galimybes. Galbūt tai viena iš priežasčių, kodėl kiti operatoriai neteikia lokacija pagrįstų paslaugų.

3.4. LOKACIJOS ATNAUJINIMO MECHANIZMAI

Veikiantis mobilus įrenginys yra informuojamas apie ateinančius skambučius ir žinutes naudojant PAGCH celių kanalus. Vienas kanalas reikalingas, kad sistema informuotų mobilų įrenginį apie skambučius, o kitas – kad mobilus įrenginys galėtų sistemai pranešti apie savo

esamą poziciją, kiekvienos celės girdimumo lygį. Taip turi būti, kad duomenys būtų siunčiami tik į tą celę, kurioje yra abonentas, priešingu atveju, sistema būtų mažo naudingumo, dėl didelio celių kiekio sistemoje. Dėl to, kuriant GSM, buvo rastas kompromisas – apjungti celes pagal vietovę. Taigi pranešimai apie mobilaus įrenginio vietos pasikeitimus yra reikalingi tik pereinant jam iš vienos vietovės į kitą

Pozicijos atnaujinimo procedūromis bei skambučio maršrutizavimu užsiima MSC ir du pozicijos registrai: HLR ir VLR. Kai tik mobili stotis prijungiama kitoje vietoje, arba ji pajuda į naują vietą arba į kito operatoriaus GSM tinklą, ji turi prisiregistruoti, kad nurodytų savo naują esamą poziciją. Paprastai nauja pozicija nusiunčiama į naują MSC/VLR, kuris išsiunčia informaciją apie poziciją ir po to šią informaciją pasiunčia į abonento HLR. Pasiūsta į HLR informacija – paprastai yra SS7 adresas naujo VLR, nors tai gali būti maršrutizavimo numeris. Jei abonentas turi teisę į paslaugas, HLR siunčia daugiau informacijos apie jį, kuri reikalinga skambučių kontrolei naujam MSC/VLR ir taip pat pasiunčia žinutę senam MSC/VLR, kad pastarasis jį išregistruotų.

Patikimumui užtikrinti GSM turi periodinę pozicijos atnaujinimo procedūrą. Jei HLR arba MSC/VLR nepavyko nustatyti pozicijos, t.y. nepavyko atnaujinti bazės duomenų apie naujausias abonentų pozicijas. Tada bandoma periodiškai atnaujinti minėtą duomenų bazę. Šį procesą valdo pats operatorius. Jei mobilus įrenginys nerandamas per tam tikrą laiką, tai jis išregistruojamas.

3.4.1. VIETOS ATNAUJINIMAS

Vietos atnaujinimas visada inicijuojamas mobiliosios stoties. Paprastai tai įvyksta, kai mobilioji stotis patenka į celę, kurioje transliuojamas lokacijos identifikatorius skiriasi nuo saugomo SIM kortelėje (jei ankstesnė reikšmė ten įrašyta). Vietos atnaujinimas taip pat gali būti sužadinamas periodiškai tam, kad leistų tinklui žinoti, jog mobili stotis vis dar pasiekama, ar leistų tinklui atnaujinti lokacijos registrus nesėkmės atveju.

Galime skirti tris vietos atnaujinimo atvejus:

- Normalus vietos atnaujinimas
- Periodinis vietos atnaujinimas
- IMSI prisijungimas prie tinklo

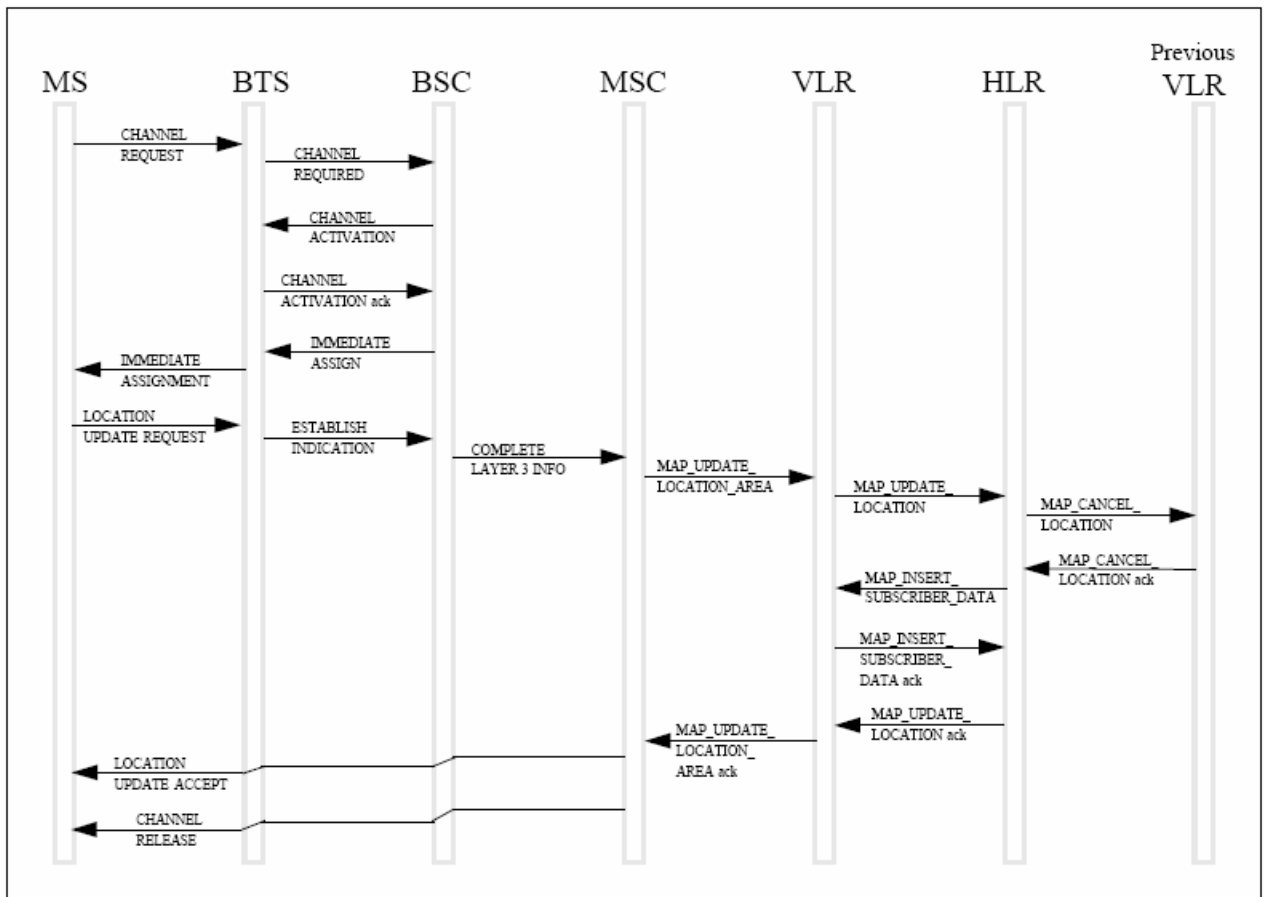
Vietos atnaujinimas ir vietos registravimas yra labai panašūs veiksmai, skiriasi tik siunčiami duomenys vietos registracijai. Jei mobilioji stotis prisiregistruoja prie VLR pirmą kartą, tai vartotojo informacijos ten nėra ir ji turi būti užklausta iš HLR. Vietos atnaujinimui pereinant iš vienos lokacinės srities į kitą, bet nepereinant į kitą VLR, vartotojo informacija

jau egzistuoja VLR, taigi jos užklausti iš HLR nereikia. Žinučių kiekiai ir dydžiai esant skirtingiems normalaus vietos atnaujinimo atvejams, pateikiamos 3 lentelėje.

3 lentelė. Vietos atnaujinimo atvejai

| Vietos atnaujinimo atvejai | Žinučių kiekis | Baitai |
|----------------------------|----------------|--------|
| Tame pačiame VLR | 5 | 122 |
| Tame pačiame MSC | 21 | 1131 |
| Skirtinguose MSC | 36 | 1309 |

Žemiau pateikiama žinučių perdavimo seka, tarp GSM tinklo elementų, norint atnaujinti lokaciją [2, 14].



6 pav. Žinučių keitimasis tarp GSM tinklo elementų atnaujinant lokaciją

Pateiksime detalesnį vietos atnaujinimo mechanizmo aprašymą.

1. Mobilioji stotis pirmiausia turi būti sinchronizuota su bazine stotele, kad galėtų priimti ir dekoduoti signalus iš transliacijos kontrolės kanalo (BCCH). BCCH transliuoja informaciją, kurios dėka mobilioji stotis gali prisijungti prie tinklo. Šiuo kanalu MS gali gauti tokią informaciją kaip tinklo, vietovės zonos (srities) (Location area), celės identifikatorius. Taip pat informaciją apie

- perdavimą ir celės pasirinkimą, esamą kontroliuojamo kanalo struktūrą, parametrus korektiškam bendravimui su atsitiktinio priėjimo kanalu (RACH), kitus celės nustatymus.
2. Mobilioji stotis išsiunčia *channel request* žinutę į atsitiktinio priėjimo kanalą (RACH). Ši žinutė neša savyje 8 bitus informacijos. Tai yra prisijungimo priežastis (nuo 3 iki 6 bitų) ir naudojamas atsitiktinis priskyrimas, kad būtų išvengta dvigubo kanalų priskyrimo. Šiuo atveju priežastis yra vietos atnaujinimas.
 3. Jei neįvyksta jokių kolizijų priimame sraute ir mobilijai stočiai nėra uždraustas priėjimas prie šios vietovės zonos ar celės, bazinė siuntėjo-priėmėjo stotis (BTS) nustato perdavimo vėlinimą ir išsiunčia *channel required* žinutę bazinės stoties kontrolieriui (BSC).
 4. BSC parinks signalinį kanalą ir nusiųs jo aprašymą *channel activation* žinute į BTS. Jei BTS gali priskirti šį kanalą, tuomet ji atsako teigiamai žinute *channel activation*.
 5. Jei BTS kanalo aktyvavimas buvo sėkmingas, BSC persiunčia *immediate assign* komandą į BTS, kuri tuo tarpu persiunčia į mobiliją stotį žinutę *immediate assignment*, joje aprašant priskirtą radijo kanalą.
 6. Mobilioji stotis, naudodamasi priimtais papildomais laiko išmatavimais, galios kontrolės parametrais, prisijungia prie priskirto kanalo ir išsiunčia inicijuojančią žinutę *location update request* su jos identifikacija (IMSI arba TMSI). Taip pat perduodami tokie duomenys, kaip mobilios stotelės įrangos kategorija (parodantys jos galimybes), vietos atnaujinimo tipas.
 7. BTS siunčia *establish indication* žinutę į BSC, patvirtinančia kanalo nustatymus ir nešančia 3 lygmens vietos atnaujinimo užklausoje informaciją.
 8. BSC nustato SCCP susijungimą su paslaugų valdymo centru (MSC). Nuo šio momento mobilioji stotis gali komunikuoti su MSC. Pranešimai tarp MSC ir mobiliosios stoties tiesiog persiunčiami bazinės stotelės posistemės. BSC persiunčia į MSC *complete layer 3 info* žinutę, kurioje saugoma vietos atnaujinimo užklausoje informacija, siūsta iš mobiliosios stoties.
 9. MSC naudoja mobilių aplikacijų protokolą (MAP) tam, kad būtų galima komunikuoti su atitinkamais lokacijos registras ir būtų galima užbaigti vietos atnaujinimą. MSC siunčia *map update location area* žinutę (tarnybinę užklausoje) savajam VLR. Žinutėje yra informacija, gauta iš mobiliosios stoties – IMSI arba TMSI, vietos atnaujinimo tipas ir naujos srities identifikatorius.

10. Nuo šios vietos galimi keli iššaukiamų procedūrų variantai. Tai gali būti mobilios stotelės autentikavimas, šifravimo režimo aktyvavimas ir IMEI (International Mobile Equipment Identity) būsenos tikrinimas tam, kad būtų užtikrinta, jog mobilioji stotis nepavogta ar techniškai suderinama.
11. Jeigu mobilijai stočiai leidžiama prisiregistruoti VLR registre, tai HLR (kuriam priklauso abonentas) pranešama apie VLR registro pasikeitimą, siunčiant *map update location* paslaugos užklausą. Čia galimi keli variantai. Jeigu mobilioji stotis vietos atnaujinimo užklausoje siunčia TMSI, tai turi būti siunčiama užklausa prieš tai buvusiam VLR, kad būtų gauta abonto IMSI (kadangi TMSI tinka naudoti tik kartu su vietos identifikatoriumi). Šiuo atveju ankščiau minėta procedūra būtų šiek tiek modifikuota. Tarnybiniame pranešime HLR registruui siunčiami IMSI ir VLR adresai.
12. Gavęs *map update location* pranešimą, HLR siunčia *map cancel location* užklausą prieš tai buvusiam abonto VLR, kuris, sėkmingai atlikęs procedūrą, siunčia atgal *map cancel location* patvirtinimą HLR registruui.
13. Tuomet HLR siunčia užklausą *map insert subscriber data* naujam VLR. Aišku, jeigu abonentas prisiregistruoja pirmą kartą prie naujojo VLR, jokia informacija jame apie klientą neegzistuoja. Šia užklausa siunčiama informacija, tokia kaip abonto MSISDN, norimos paslaugos tipas, detalės apie papildomus servigus (pvz., skambučio peradresavimas), apribojimai abonentui (pvz., Operatoriaus nustatyti draudimai). Ši informacija būtina tam, kad būtų galima naudotis paslaugomis per naują VLR ir MSC. Nusiuntus šia informaciją, užklausos gavimas bus patvirtinas VLR registro.
14. Kai tik abonto informacija sėkmingai patvirtinama naujojo VLR, HLR užbaigia vietos atnaujinimą ir tai patvirtina siųsdamas *map update location* patvirtinimą naujam VLR. Tai atsakomasis patvirtinimas į ankščiau siųstą *map update location* užklausą iš VLR. VLR gavęs patvirtinimą, siunčia *map update location area* patvirtinimą į MSC ir taip praneša, jog jo siųsta užklausa įvykdyta.
15. Baigus vietos atnaujinimo funkcijų įvykdymą, ir išsiunčiant *map update location area* patvirtinimą, MSC siunčia *location update accept* žinutę mobilijai stočiai. Ši žinutė persiunčiama per BSC ir BTS, naudojant DTAP. Siunčiama prieš tai sukurtomis, dedikuotomis signalinėmis sąsajomis su mobiliąja stotimi.

16. Vietos atnaujinimas baigtas. Nebent mobili stotis prieš tai nurodė, jog ji nori eksploatuoti šį signalinį kanalą arba tinklui jis reikalingas, kad būtų perduoti papildomi signalai. Ryšys yra nutraukiamas, kai mobilioji stotis gauna *channel release* užklausą iš tinklo (arba mobiliosios stoties laikas, skirtas laukti šios žinutės, pasibaigia).

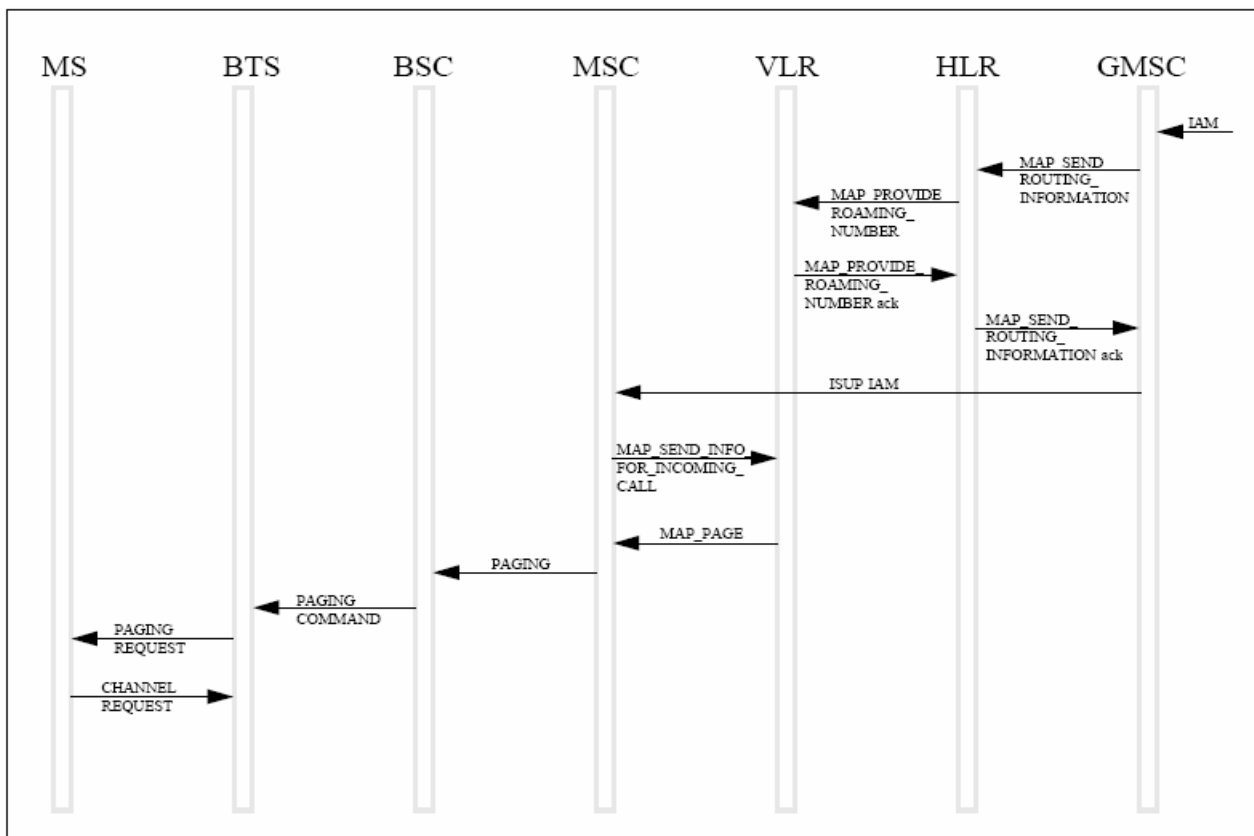
3.4.2. APKLAUSIMAS

Mobilusis abonentas nėra tiesiogiai susietas su fiksuoto telefono sąsaja. Kai skambinama iš fiksuoto tinklo ir skambutis nukreipiamas į mobilųjį tinklą, tuo metu turi būti surastas MSC, aptarnaujantis tą abonentą, kuriam skambinama. Susijungimas turi būti nustatytas ir išlaikomas tarp fiksuoto abonto ir mobiliosios stotelės tol, kol vyksta pokalbis. Tai pagrindinė skambučio maršrutizavimo procedūra. Taigi apklausimas yra mobilaus tinklo funkcija, kuri nustato per kurį MSC turi būti maršrutizuojamas įeinantis skambutis.

Kaip aprašyta anksčiau, mobilusis tinklas, informaciją apie dabartinę abonto vietą saugo HLR registre. Dėl administracinių ar techninių priežasčių, paprastai tik tam tikri komutatoriai yra paskiriami kaip MSC vartai (GMSC), kurie gali tiesiogiai užklausti HLR, kad gautų maršrutizavimo informaciją apie nutrauktus skambučius. GMSC priima skambutį iš fiksuoto tinklo, iš HLR registro užklausia abonto, kuriam skambinama, vietos ir peradresuoja skambutį tam MSC, kuris tuo metu aptarnauja tą klientą. Net jei techniškai ir įmanoma, PSTN komutatoriai paprastai negali tiesiogiai užklausti GSM duomenų bazių tarp jų ir HLR.

Kad apibrėžtume lokacijos atnaujinimą, skambučio nustatymo procedūra apibūdinta žemiau ir parodyta 4.2.2. paveiksle, tai paprasčiausias būdas gauti gerą rezultatą. Tam tikrais atvejais kai kurie žingsniai gali būti nebūtini. Pavyzdžiui, kai mobilioji stotelė skambina kitai mobiliajai stotelei, priklausančiai tam pačiam MSC. Reiktų pažymėti, jog čia nenurodoma tolimesnė skambučio vykdymo procedūra, po to kai sėkmingai įvykdoma paieška, nes mus dominantis objektas yra vietos nustatymas.

1. Inicijuojantis komutatorius PSTN pagal skambinamą numerį (abonto, kuriam skambinama MSISDN), nustato GMSC adresą ir siunčia IAM (Initial Address Message) į GMSC, taip nurodydamas, jog pradamas įeinantis skambutis.
2. GMSC gali nustatyti abonto paskirties vietą HLR registre iš pirmų kelių MSISDN skaitmenų. GMSC siunčia *map send routing information* užklausą į HLR ir pareikalauja tarptinklinio numerio (MSRN), kurį jis gali panaudoti, kad nukreiptų skambutį į tą MSC, kuriame yra abonentas.



7 pav. Žinučių keitimasis tarp GSM tinklo elementų vykdamant paiešką

3. HLR registras suranda MSISDN atitinkantį IMSI ir ieško dabartinės vietos abonento, kuriam skambinama. HLR siunčia *map provide roaming number* užklausą į dabartinį VLR, perduodamas abonento IMSI ir dabartinį MSC (šis paprastai yra ignoruojamas, kadangi praktiškai tarp VLR ir MSC egzistuoja vienas su vienu ryšys).
4. VLR suranda „klajojantį“ numerį (MSNR) iš persiūtos informacijos ir susieja IMSI su MSRN. Surastasis numeris siunčiamas į HLR, kaip atsakymas į *map provide roaming number* užklausą.
5. HLR persiunčia MSRN į GMSC ir taip atsako į *map send routing information* užklausą. Tuomet GMSC gali tęsti skambučio nukreipimą ir persiunčia IAM į paskirtą MSC su nauju MSRN numeriu.
6. Po IAM žinutės gavimo, MSC nusiunčia *map send info for incoming call* užklausą į VLR. Joje perduodama MSRN ir kita informacija (pvz., paslaugos tipas), kuri buvo siūsta originalioje IAM žinutėje. Atsakymas į šią užklausą nepersiunčiamas į MSC tol, kol abonentas sėkmingai neatsako į apklausimą.
7. *Map send info incoming call* užklauskos gavimas praneša VLR registrui, jog jis turi siūsti atgal MSC atsakymą – *map page* užklausą. Šioje užklausoje, skirtoje apklausti mobiliąją stotį, yra informacija, tokia kaip IMSI abonento, kuri norima pasiekti, ir vietos identifikatorius, kuris saugomas VLR.

8. MSC siunčia *paging* žinutę į atitinkamą BSC. Žinutėje saugoma IMSI, TMSI (jei toks buvo priskirtas), sąrašas celių, kurios bus apklaustos ir kanalo tipas, reikalingas įeinančiam skambučiui (pvz., balsas ar duomenys).
9. BSC siunčia *paging command* žinutes į kiekvieną BTS, nurodytą prieš tai siųstoje *paging* žinutėje. *Paging command* žinutėje yra tokia informacija, kaip mobiliosios stotelės identifikatorius (IMSI arba TMSI), apklausinėjama abonentų grupė ir reikalaujamas kanalo tipas. Apklausinėjamos grupės – tai sekcijos visiškai apklaustų kanalų, kuriuose apklausimo žinutės tam tikroms abonentų grupėms yra normaliai išsiųstos. Kadangi mobilioms stotims reikalinga klausytis tik savo pačios apklausiančios grupės, tai apklausimas yra žymiai trumpesnis (trumpesnis transliavimo laikas) nei pilna paieška (apklausa). Mažiau laiko sugaištama klausantis apklausinėjamo kanalo, taip išsaugojama baterijos energija.
10. Yra trys *paging request* pranešimų tipai, kurie gali būti persiūsti radijo sąsaja. Skirtumas tarp jų – siunčiamo identifikatoriaus tipas (IMSI ar TMSI), apklausimo užklausų skaičius, kuris gali būti nusiųstas viename pranešime. Visi pranešimai yra 23 oktetai (184 bitų) ilgio. Kadangi TMSI yra trumpesnis už IMSI, daugiau TMSI apklausimo užklausų gali būti nusiųsta vienoje žinutėje. Dėl nenuspėjamų sąlygų aplinkoje, žinutei keliant radijo terpe, apklausimo pranešimas gali būti pakartotas keletą kartų, kad būtų sumažinta prarastų užklausų tikimybė (pvz., jei abonentas laikinai buvo nepasiekiamoje vietoje).
11. Kai mobilioji stotelė sėkmingai gauna apklausos žinutę, ji inicijuoja kanalo priskyrimo procedūrą, identišką pirmiems vietos atnaujinimo žingsniams. Tik vietoje „atsakymo į apklausimą“ yra „vietos atnaujinimas“. Kai tik mobilioji stotelė atsako į apklausimą ir nustatomi radijo signaliniai kanalai, situacijos kontrolė perduodama tinklo pusei, kad būtų sudaryta grandinė skambučiui realizuoti.

3.5. PASLAUGŲ ĮVAIROVĖ

GSM tinkle teikiamų paslaugų suskirstymas į tipus priklauso nuo požiūrio. Šis tipavimas sugrupuoja paslaugas pagal jų veikimo mechanizmą ir susikurtą paslaugos teikimo modelį. Galimas ir kitoks skirstymas, pagal naudojamą technologiją, pagal sistemos apkrautumą, pagal panaudojimo sritį ir kt.

Tokie veiksmai, kaip slaptos informacijos rinkimas, objektų sekimas, pasiklausymas GSM tinkle, yra įstatymų apriboti, bet taip pat gali būti traktuojami kaip paslauga. Privatumo problema labai svarbi mobiliuosiuose tinkluose ir vis įgauna didesnę mastą augant naudotojų

skaičiui. Ypač lokacija pagrįstose paslaugose turėtų būti skiriamas didelis dėmesys asmens teisei į privatumą.

GSM tinkle teikiamų paslaugų įvairovė labai plati. Augant rinkai, plečiasi ir vartotojų poreikių spektras. Paslaugų tiekėjai stengiasi neatsilikti nuo diktuojamų sąlygų ir konkuruoti su įprastiniais vieliniais tinklais. Kuriamos paslaugos, kurios išnaudoja GSM tinklo mobilumo savybę. Galima sukombinavus visus paslaugų tipus gauti įdomių paslaugų. Tokių kaip, pavyzdžiui, brakonierių gaudymas. Vandenyje panardinus specialius plūdurus su davikliais, kurie geba komunikuoti per GSM tinklą, jais fiksuojama, kuomet vandenyje pasikeičia įtampa ir tai perduodama valdančiam centrui. Centras pagal pozicijos nustatymo metodus nustato, kur yra plūduras ir į tą vietą gali siųsti gamtosaugininkų ekipažą. Tai tik vienas pavyzdys, kaip gali būti panaudotas GSM tinklas paslaugai teikti.

Dar viena nemaža paslaugų grupė – tai paslaugos ir informacija, gaunama naudojantis WAP. Padidinus duomenų pralaidumus, atsivėrė didesnės galimybės naudotis mobiliuoju internetu. Šiuo metu jau ir televiziją, ir laikraščius galima matyti bei skaityti tiesiog telefono ekrane. Viena vertus, mobiliosios informacinės technologijos suteikia naujų galimybių. Kita vertus, jos įveda papildomų ribojimų. Vizualizavimą riboja mažas ekrano dydis ir skiriamoji geba, riboti atminties ir galios ištekčiai, ribotas ryšio kanalo pralaidumas [12].

Apibūdinant Lietuvos mobiliosios tinklo operatorių situaciją, galima pasakyti, jog norint gauti naujas technologijas išnaudojančias paslaugas, reikia už jas mokėti. Pigaus ryšio operatorius (Tele2) teikia minimalų kiekį papildomų paslaugų, orientuojasi į vartotojų grupę, kuri nesirengia leisti pinigų naujovėms. Kiti du operatoriai, Bitė GSM ir Omnitel, konkuruoja tarpusavyje ir pateikia rinkai naujų bei naudingų paslaugų. Naujoms paslaugoms diegti reikalingi ir resursai, diegiami nauji standartai, statoma nauja įranga. Investuojama į tai, kas galėtų patenkinti augančius klientų poreikius. Šiuo metu Lietuvos rinkoje yra tokia situacija, jog praktiškai jau kiekvienas žmogus turi su savim mobilųjį telefoną. Taigi rinka jau užimta, tik kokia dalis kokiam operatoriui teks priklausyti nuo to, kokias paslaugas jis dar pasiūlys vartotojui [26].

4 lentelė. Lietuvos operatorių teikiamų paslaugų kiekiai

| Operatorius | Paslaugos tipas | | | | |
|-------------|--------------------|---------|--------------------|-----------|------------|
| | Skambučio valdymas | SMS/MMS | „Judrusis numeris“ | Lokacijos | Valdančios |
| Omnitel | 6 | 4 | 1 | - | 2 |
| Bitė GSM | 4 | 5 | 1 | 1 | - |
| Tele2 | 3 | - | 1 | - | - |

Pateiktoje ketvirtoje lentelėje matome operatorių teikiamas paslaugas, išskirstytas pagal tipus. Lokacijos ir valdančių paslaugų, palyginti su kitos grupės paslaugomis, yra mažai. Šioje lentelėje įvertinta ne pačios paslaugos kiekybiškai, o jų grupės, nes vien per WAP pasiekiamų paslaugų skaičius yra labai didelis, nekalbant apie kitokio pobūdžio paslaugas.

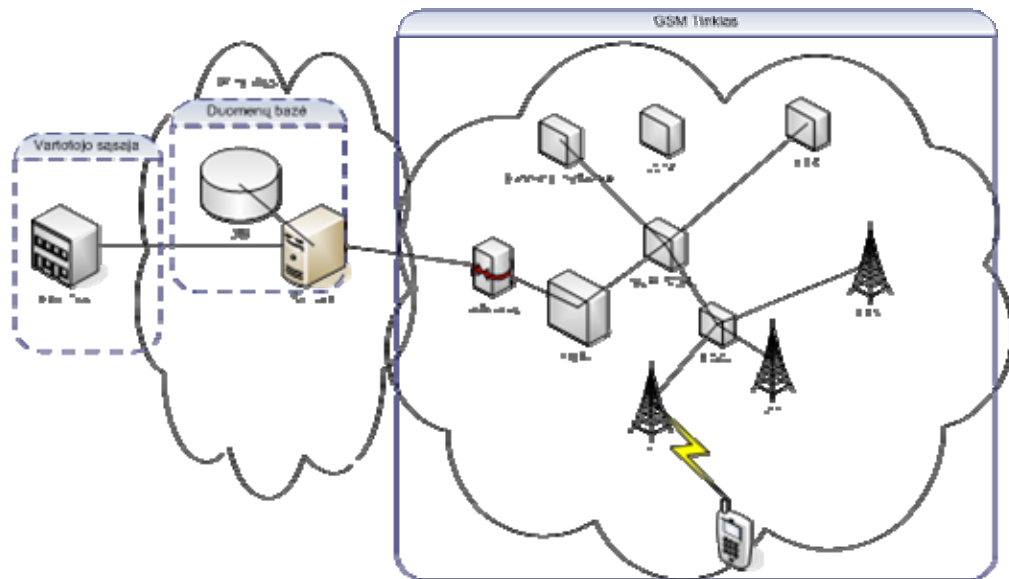
4. LOKACIJA PAGRĮSTŲ PASLAUGŲ MODELIS

Iš apžvelgtos paslaugų įvairovės ir tipų matyti, jog pati paslauga yra sudėtingas procesas, kurį apibrėžia ne vienas protokolas ar standartas. Informaciniai srautai keliauja oru ir laidais, per daugelį įrangų. Vienas iš svarbiausių tinklo elementų teikiant mobilias paslaugas yra bazinė siųstuvo-imtovo stotis. Ji yra atsakinga už likusios GSM tinklo įrangos dalies komunikavimą su MS. Dažniausiai BTS turi anteną su keletu TRX (radijo siųstuvų-imtuvų), kurių kiekvienas komunikuoja vienu radijo dažniu. Balso ir duomenų perdavimai iš MS yra koduojami BTS'e specialia kodavimo sistema. Kodavimas vyksta standartiniu 64 kbit/s kodavimo greičiu [6]. Apklausimo ir vietos atnaujinimo procedūros naudoja signalinius kanalus savo funkcijoms vykdyti. Šiais kanalais taip pat naudojamasi persiunčiant trumpąsias žinutes bei valdant papildomas skambučių funkcijas. Taigi sekant abonentus, signaliniai kanalai papildomai apkraunami. Signalinių kanalų resursų panaudojimo efektyvumui užtikrinti siūlomi apkrovimo balansavimo metodai [4].

Paslaugų, pagrįstų lokacija, spektras labai platus. Tačiau jas visas vienija tam tikri bruožai ir tam tikras veikimo mechanizmas. Pagal tai būtų galima išskirti modelio statines ir dinamines sritis. Visos lokacijos paslaugos prasideda nuo kliento užklauso. Čia reiktų atkreipti dėmesį, jog vartotojas gali būti ir pati sistema, periodiškai užklausinėjanti apie objektų buvimo vietą. Modeliuojant vartotojus reikia atsižvelgti į tai, koks tai vartotojas, per kokią sąsają jis pateikia užklausą. Jei užklausa yra iš įrenginio, esančio už mobilaus tinklo ribų, tai reikalingi „vartai“ užklausiai adaptuoti. Kurioje dalyje, ar kliento, ar serverio, bus realizuoti „vartai“, priklauso tik nuo realizacijos, ir paslaugos tipas tam neturi įtakos. Geriausia, kad „vartai“ būtų perkelti į kliento pusę, taip atirbojant paslaugos vykdytoją nuo užklauso pateikimo formos. Paslaugos tiekėjas gaus suformuotą jam suprantama „kalba“ užklausą ir ją vykdys. Tiekėjui visai nesvarbu, per kokius tarpininkus ta užklausa atkeliavo.

Pati svarbiausia modelio dalis yra paslaugos tiekėjo dalis. Į ją įeina ir užklauso apdorojimas, ir komunikavimas su mobiliu tinklu, ir duomenų saugojimas bei tvarkymas. Gavusi užklausą, sistema turi ją apdoroti ir pateikti rezultatus. Ji gali būti ir pati sau užklauso generatorius. Pavyzdžiui, reikia fiksuoti kas tam tikrą laiko tarpą sekamus objektus. Sistema tam tikrais laiko periodais elgsis taip, lyg gavusi užklausą ir rinks informaciją pareikalautais laiko momentais. Gavusi užklausą iš kliento, sistema išanalizuoja ją. Jeigu pageidaujama tik senesnių duomenų, tai vartotojo užklausa įvykdoma duomenų bazėje ir jis gauna dominančią ataskaitą. Čia lokacijos paslauga neteikiama, tai tik informacinė paslauga. Jei klientas pareikalauja nustatyti objekto lokaciją, tai tarnybinė stotis per mobilųjį tinklą turi užklausti objekto buvimo vietą. Gavus atsakymą, suformuojama ataskaita ir siunčiama klientui.

Kita svarbi dalis yra mobilaus tinklo modeliavimas. Visų pirma informacinius srautus ir tinklo apkrovimą stipriai veikia paslaugos specifiškumas. Modeliuojant svarbu ištirti ribinius atvejus. Tokios sistemos, kaip eismo koordinavimas, apkrauna mobilų tinklą dėl daugybės užklausų. Čia ir yra pagrindinė problema, kai paslaugą reikia adaptuoti mobiliam tinklui ir jo resursams. Kita kliūtis yra ta, kad atsižvelgiant į paslaugos specifiškumą gali prireikti modifikuoti mobilaus tinklo struktūrą. Kaip, pavyzdžiui, greičio fiksavimo sistema, naudojanti GSM tinklą. Kad ji funkcionuotų, vietos zona turi būti sumažinta bent iki kelių celių dydžio.



8 pav. Lokacija pagrįstos paslaugos modelio išskaidymas į posistemas

Schemoje pavaizduotas sistemos, fiksuojančios greičio pažeidėjus, modelis. Kaip matyti, modelis sudarytas iš trijų pagrindinių dalių: vartotojo sąsajos, duomenų valdymo modulio ir GSM tinklo dalies. Išanalizavus paslaugą ir jos veikimą GSM tinkle buvo sukurtas mobilaus tinklo imitatorius. Imitatorius generuoja duomenis panašius į realaus pasaulio duomenis. Sistema dirba kaip kaupiamų duomenų apie lokaciją, analizatorius. Apdorojus duomenis, suskaičiuojami abonentų judėjimo greičiai ir nustatomi viršijimai ir pažeidėjai [25].

4.1. MODELIAVIMO PRIEMONĖS IR TIKSLAI

Paslaugos modelio kūrimo procesas skaidomas į du etapus. Tai yra informacijos apdorojimas ir duomenų suformavimas taip, kad jie imituotų GSM tinklą ir jo dalyvius. Pats mobilusis tinklas apibrėžiamas kaip statinė struktūra, kurioje, kad būtų išanalizuotas paslaugos poveikis tinklui, keičiami tik tam tikri parametrai. Abonentai – tai judantys tinklo elementai. Mobilaus tinklo darbo ir klientų migravimo imitavimas vyksta ne realiu laiku, o

išreiškiamas per duomenų struktūras. Kitas etapas – įrankio, kuris vertintų paslaugos našumą panaudodamas sugeneruotus duomenis, sukūrimas.

Programiniai moduliai realizuojami C++(delphi) kalba. Duomenų bazės ir jų struktūra kuriama naudojantis MySQL. Sąsajos su duomenų bazėmis realizuojamos naudojantis MyODBC tvarkyklėmis.

Paslaugų, susijusių su lokacijos procedūrų naudojimu mobiliajame tinkle, masinis vartojimas gali sukelti nemažą papildomų užklausų atsiradimą. Tokioms paslaugoms, kaip masinis abonentų sekimas, gali reikėti modifikuoti schemas, pagal kurias vyksta vietos nustatymas. Vietos zonų keitimas perskirsto apklausų ir vietos atnaujinimo užklausų santykį. Modeliavimo tikslas – įvertinti vietos atnaujinimo ir apklausos procedūrų bendrą perduodamų pranešimų kiekį, mobilų tinklą naudojant kaip masinio sekimo įrankį.

4.2. GSM TINKLAS

Pačiose GSM tinklo specifikacijose yra numatytos vietos nustatymo procedūros. Tinklo abonentai nėra statiniai elementai, jie keičia savo buvimo vietą. Norint įvykdyti susijungimą su jais, pirma reikia nustatyti jų buvimo vietą. Visas GSM tinklas yra padalintas į vietos zonas. Vietos zonos dydis teoriškai gali kisti nuo vienos celės dydžio iki viso tinklo dydžio.

HLR yra pagrindinis registras, saugantis informaciją apie visų tinkle esančių abonentų buvimo vietą. Registre saugoma paskutinė užfiksuota abonto vietos zona. Dar naudojami ir papildomi VLR registrai, kurie apima tam tikrą tinklo dalį ir saugo abonentų, esančių jų aprėpties zonoje, buvimo vietos informaciją. Pirmiausiai informacija atnaujinama VLR lygmenyje, jei pereinama į vietos zoną, kuri priklauso kitam VLR, tuomet informacija atnaujinama HLR registre.

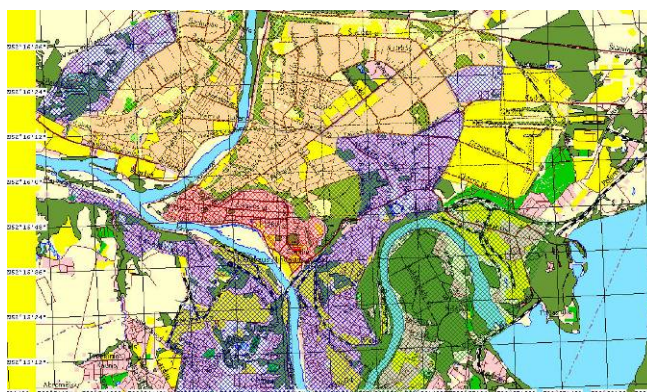
Vietos nustatymo procedūra vykdoma arba iš kliento pusės, arba iš tinklo pusės. Pirmu atveju mobilioji stotis praneša tinklui apie savo buvimo vietą, kai pereinama į kitą vietos zoną. Ši procedūra vadinama vietos atnaujinimu. Kitu atveju, tinklas nori sužinoti abonto buvimo vietą ir, apklausdamas vietos zoną, randa abonentą. Tai yra apklausimo procedūra. 5 lentelėje galima matyti „brangus“ ar „pigus“ vietos nustatymas esant tam tikram vietos zonos dydžiui [17]. Brangumo ir pigumo sąvokas reiktų suprasti, kaip atitinkamai didelis ir mažas signalinimas GSM tinkle. Kuo daugiau užklausų persiunčiama, tuo didesnis sistemos apkrovimas, tuo brangiau kainuoja realizavimas.

5 lentelė. Vietos atnaujinimo kainos priklausomybė nuo vietos zonos dydžio.

| | Vietos zonos dydis | |
|---------------------|--------------------|---------------|
| | 1 celė | Visas tinklas |
| Vietos atnaujinimas | „Brangus“ | „Pigus“ |
| Apklausimas | „Pigus“ | „Brangus“ |

GSM tinklą sudarančios celes bus sukurtos pasinaudojant įrankiu „MPC Map Tool“. Šis įrankis yra sukurtas ir platinamas „Ericsson“ kompanijos. „MPC Map Tool“ pagal užduotus parametrus sugeneruoja celes. Tai yra kokio dydžio celės ir kur jos randasi, taip pat tiksliai antenų koordinatas bei apimamą plotą.

Kuriant modeliруемą tinklą su šiuo įrankiu buvo įkeltas žemėlapis ir jame sugeneruotos celės. Prieš sugeneruojant celes, dengiančias žemėlapio teritoriją, buvo nurodytos zonos su tankiau ir rečiau apgyvendintomis teritorijomis. Taip pat nurodyti pagrindiniai keliai, kuriais gali judėti abonentai (paprastai antenos statomos taip, kad važiuojant tam tikru maršrutu vyktų kuo mažiau persijungimų tarp celių).



9 pav. Žemėlapis, kuriame generuojamos celės

Įvertinus nurodytas gyventojų tankumo zonas bei pagrindinius kelius, sukuriamos ir išdėstomos celės. Dalis duomenų pridedama 2 priede.

Kadangi vietos nustatymo paslauga nagrinėjama tik nustatant vietą celės tikslumu, tai ne visi sugeneruoti duomenys yra reikalingi. Duomenų bazėje saugoma: celės identifikacijos numeris, celės tipas, spindulys bei vietos zona, kuriai priklauso celė. Naudojant tikslesnius vietos nustatymo metodus į duomenų bazę reikėtų įtraukti ir kitus sugeneruotus parametrus (antenų koordinatas, antenos pasukimo kampą). Svarbiausia informacija saugoma „cells“ lentelėje yra celės identifikacijos numeris ir su juo susieta vietos zona. Pagal nutylėjimą visos celės priskiriamos tai pačiai lokacijos zonai. Modeliuojant vietos zonos dydį galima keisti pagal tai, kiek celių apima zona. Arba tiesiog nustatyti konkrečiai situacijai reikalingą lokacijos zoną. Žemiau pateikiama lentelės „cells“ struktūra.

6 lentelė. Saugoma informacija apie celes.

| Lauko pavadinimas | Apibūdinimas | Tipas | Privalomas | Unikalus |
|-------------------|-------------------------------|---------|------------|----------|
| Nr | Numeris | int | Taip | Taip |
| Cell_ID | Celės identifikatorius | varchar | Taip | Taip |
| Cell_type | Celės tipas | varchar | Ne | Ne |
| Cell_r | Celės spindulys | integer | Ne | Ne |
| LA | Vietos zonos identifikatorius | integer | Taip | Ne |

Nr – duomenų bazės įrašo numeris;

Cell_ID – celės identifikavimo numeris. Privalomas ir unikalus atributas;

Cell_type, Cell_r – papildomi duomenys apie celę. Tai yra jos tipas bei spindulys;

LA – vietos zonos numeris. Skaičius rodo, kuriai lokacijos zonai priklauso celė.

4.3. ABONENTAI

Visi GSM tinklo abonentai gali būti suskirstyti į tris pagrindines grupes pagal tai, kokią vietą jie užima tinkle ir kiek naudoja resursų. Pirmoji grupė abonentų – tai aktyvūs klientai. Jie esamu laiko momentu naudojasi GSM tinklu, skambina ar siunčia duomenis. Antroji abonentų grupė yra pasyvūs klientai. Jie nesinaudoja tinklo resursais, tačiau yra pasiekiami tinkle. Esant reikalui jie gali naudotis visomis GSM tinklo teikiamomis paslaugomis. Trečioji grupė abonentų – tai abonentai, kurie yra už tinklo zonos ribų. Jie negali gauti jokių paslaugų tol, kol neprisijungia prie tinklo. Iš pasyvaus režimo abonentas gali pereiti tiek į aktyvų režimą, tiek į atjungtą nuo tinklo. Atjungtas nuo tinklo abonentas gali pereiti į aktyvią būseną tik per pasyvų režimą, išskyrus skambinant pagalbos telefonu 112.

Tik abonentai esantys už tinklo ribų (išjungti) nenaudoja tinklo resursų. Aktyvus abonentas naudoja tiek kanalų, kiek jam buvo išskirta skambučiui ar duomenims perduoti. Pasyvus abonentas periodiškai užklauiamas arba pats praneša savo buvimo vietą. Taip pat kontroliniais kanalais jis gauna signalo stiprumą, celės identifikatorių ir kitus parametrus. Abonentui pereinant iš išjungto režimo į įjungtą, vykdoma prisijungimo prie tinklo procedūra (autentifikacija, vietos atnaujinimas).

Analizės tikslas įvertinti galimas papildomas procedūras, kurios turėtų būti vykdomos dėl teikiamos masinio sekimo paslaugos. Kadangi išjungtų abonentų stebėti neįmanoma, o aktyvus režimas neturi įtakos vietos nustatymui, tai modelyje visi abonentai yra pasyvioje būsenoje.

Norint imituoti abonentus, reikia abonentų ir jų maršrutų. Apie abonentą saugomos informacijos struktūra pateikta 7 lentelėje.

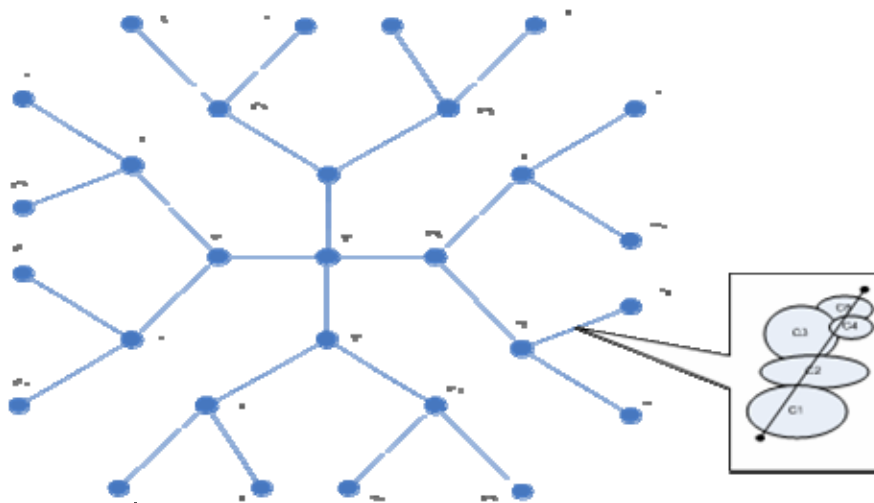
7 lentelė. Saugoma informacija apie abonentus.

| Lauko pavadinimas | Apibūdinimas | Tipas | Privalomas | Unikalus |
|-------------------|--------------------------|---------|------------|----------|
| AbonentoID | Abonento ID | integer | Taip | Taip |
| Ma1 | 1 maršruto pirmas mazgas | integer | Taip | Ne |
| Ma2 | 1 maršruto antras mazgas | integer | Taip | Ne |
| Mb1 | 2 maršruto pirmas mazgas | integer | Ne | Ne |
| Mb2 | 2 maršruto antras mazgas | integer | Ne | Ne |
| Mc1 | 3 maršruto pirmas mazgas | integer | Ne | Ne |
| Mc2 | 3 maršruto antras mazgas | integer | Ne | Ne |
| Md1 | 4 maršruto pirmas mazgas | integer | Ne | Ne |
| Md2 | 4 maršruto antras mazgas | integer | Ne | Ne |
| Me1 | 5 maršruto pirmas mazgas | integer | Ne | Ne |
| Me2 | 5 maršruto antras mazgas | integer | Ne | Ne |
| Mf1 | 6 maršruto pirmas mazgas | integer | Ne | Ne |
| Mf2 | 6 maršruto antras mazgas | integer | Ne | Ne |

AbonentoID – abonto identifikavimo numeris. Tai privalomas ir unikalus atributas. Jis sugeneruojamas atsitiktinai.

M(k)1, M(k)2 – tai yra taškų, žyminčių tam tikros maršruto dalies pradžią ir pabaigą, numeriai. Čia $k = a, b, c, d, e, f$.

Kiekvienas abonentas turi jam priklausančias šešias mazgų poras m_i, m_j . Kiekviena mazgų pora atitinka grafo šaką $g_{ij} = (m_i, m_j)$. Visi grafo mazgai atitinka realius taškus žemėlapyje. g_{ij} šaka gali kirsti daugiau nei vieną celą. Grafo šakos jungiamos tarpusavyje sudaro „tinklą“ dengiantį žemėlapi.



10 pav. Maršrutų grafas.

Viršuje pateiktas maršrutų grafas. Kiekvieno abonto maršrutą sudaro 6 grafo šakos. Klientas keliaudamas g_{ij} gali kirsti daugiau nei vieną celą, tai priklauso nuo to, kiek kertamų celių yra toje grafo šakoje.

Grafas gali būti didesnės detalizacijos, tai yra turėti daugiau šakų. Jo šakos žemėlapyje turėtų atitikti pagrindinius kelius. Šiuo atveju maršrutų žemėlapis sudarytas iš dvejetainių medžių sujungtų tarpusavyje. Be abejo, šis grafas gali būti ir ciklinis, tada papildomos šakos nurodytų papildomus galimus maršrutus.

Informacija apie maršrutus saugoma lentelėje „routs“. Jos struktūra pavaizduota žemiau.

8 lentelė. Saugoma informacija apie maršrutus.

| Lauko pavadinimas | Apibūdinimas | Tipas | Privalomas | Unikalus |
|-------------------|------------------------|---------|------------|----------|
| M1 | Maršruto pirmas mazgas | integer | Taip | Ne |
| M2 | Maršruto antras mazgas | integer | Taip | Ne |
| C1 | Celės identifikatorius | varchar | Taip | Ne |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| C10 | Celės identifikatorius | varchar | Ne | Ne |

M1, M2 – unikali skaičių pora, žyminti viršūnes sudarančias g_{ij} (i,j mazgų numeriai)

Ck – celių, kurios kertamos keliaujant g_{ij} maršrutu, identifikatoriai. (k=1,2..10) (i,j mazgų numeriai)

Kiekvienai mazgų porai saugoma iki 10 celių. Kelio atkarpa nelabai tikslinga sudarinėti taip, jog viena atkarpa apimtų daug celių. Tikslesnis modelis gaunamas darant daugiau šakų, tuomet gaunamas maršrutų medis, tankiau apimantis žemėlapi.

Vietos atnaujinimo procedūra yra inicijuojama vartotojo, jam judant ir pereinant į kitą vietos zoną. Kadangi abonentų judėjimas įtakoja procedūrų skaičių, tai šiai priklausomybei įvertinti suskirstome visus abonentus į tris grupes:

- Judrūs
- Vidutinio judrumo
- Sėslūs

Taip suskirsčius klientus, galima įvertinti, kaip tam tikra grupė abonentų įtakos tinklą. Sėsliais abonentais laikomi tie, kurie per tiriamą laikotarpį gali nukeliauti atstumu g_{ij} . Teoriškai, jei šaka apima tik vieną celą, tai tokiam abonentui vietos atnaujinimo procedūrą atlikti gali ir nereikėti. Judrus abonentas per tiriamą laikotarpį gali nukeliauti atstumą $6 * g_{ij}$, vidutinio judrumo - $3 * g_{ij}$. Tokios reikšmės parinktos atsižvelgiant į konkrečiu atveju sudarytą maršrutų grafą. Esant didesnei maršrutų detalizacijai, šakų, kuriomis keliauja abonentai, skaičių reiktų didinti.

Abonentų ir jų maršrutų generavimo algoritmas:

1. Sugeneruojamas unikalus abonto identifikacijos numeris;
2. Jam priskiriamas pradinis mazgas;
3. Duomenų bazėje surandami galimi mazgai, į kuriuos abonentas gali keliauti;

4. Į abonto maršrutą įrašoma g_{ij} , kurią sudaro pirmas kelionės mazgas ir rastas galimas (jei galimi keli, iš jų vienas išrenkamas atsitiktiniu būdu) sekantis kelionės mazgas;
5. Tikrinamos sąlygos ar abonentas, priklausantis atitinkamai grupei, gali dar keliauti. Jei taip, tai kartojami 3,4 žingsniai. Jei ne – abonto kelionė baigta.

4.4. VIETOS NUSTATYMAS

Kaip jau ankstesniuose skyriuose buvo minėta, vietos atnaujinimą gali inicijuoti vartotojas arba pats tinklas. Abonentui patekus į kitą vietos zoną (Location area – LA), jis registruojamas VLR registre. Inicijuojant ryšį su abonentu, tinklo įrenginiai suformuoja užklausą ir tokiu būdu nustatoma abonto vieta.

Bendru atveju gali būti naudojamos tokios vietos nustatymo procedūros:

- Prisijungimo (attach)
- Vietos atnaujinimo (location update)
- Apklausimo (paging)

Prisijungimo ir vietos atnaujinimo procedūras inicijuojama abonentas. Šios dvi procedūros atskirai nebus išskirtos. Laikoma, jog pradiniu laiko momentu visi abonentai įsijungia į tinklą ir yra įvykdoma prisijungimo procedūra, tuo pačiu atnaujinant informaciją apie vietos zoną. Vietos atnaujinimo procedūra vykdoma, kai abonentas pereina iš vienos LA į kitą.

Abonto vietai nustatyti reikalingos tiek vietos atnaujinimo, tiek apklausimo procedūros. Tik vienu kraštutiniu atveju pakanka vienos iš šių procedūrų. Tai yra, jeigu vietos zona yra celės dydžio, tuomet, kad būtų žinoma abonto buvimo vieta celės tikslumu, pakanka vietos atnaujinimo procedūros. Vietos zonai esant celės dydžio, vietos atnaujinimo procedūra atliekama perėjus į kitą celę, taip nuolat atnaujinant buvimo vietą. Visais kitais atvejais reikalinga tam tikra vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų kombinacija.

Nustatant judančio abonto lokaciją, vietos nustatymo procedūrų skaičius priklauso nuo LA dydžio. Tyrime GSM tinklas modeliuojamas su tam tikrais LA dydžiais, tai yra tam tikromis tinklo „padengimo“ schemomis. Keičiantis vietos zonos dydžiui, keičiasi vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų kiekybinis santykis.

Modeliuojant vertinamas ne tik kiek vienu ar kitu atveju bus vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų, bet ir bendras perduodamų žinučių (paketų) kiekis. Šis parametras apibrėžiamas kaip vietos atnaujinimų ir apklausimo sąlyginių žinučių suma.

Vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūros metu perduodamų žinučių kiekis įvertinamas atitinkamai koeficientais c_1 ir c_2 . Iš 3.4.1. ir 3.4.2. skyriuose aptartų vietos

atnaujinimo ir apklausimo procedūrų, pastebima, jog vietos atnaujinimas yra daugiau resursų „kainuojanti“ procedūra ($c_1 > c_2$). Koeficientu c ($c = \frac{c_1}{c_2}$) išreiškiama, kiek kartų vietos atnaujinimo procedūros vykdymo metu perduodamų žinučių kiekis yra didesnis už žinučių kiekį perduodamą vykdant apklausimo procedūrą. Šis santykis priklausomai nuo to, ar vietos atnaujinimas vykdomas tame pačiame VLR, ar abonentas pereina iš vieno MSC į kitą, gali kisti apytiksliai nuo 5 iki 10 [10, 22]. Modelyje bus naudojamos šios dvi kraštines koeficiento c reikšmes.

Vietos nustatymas gali būti vykdomas trimis strategijomis. Tai yra grįstas laiku, judėjimu ir nuotoliu. Kadangi modeliuojant neapibrėžta laiko dimensija, o žinomi abonentų maršrutai, tai vietos nustatymui pasirenkama judėjimu pagrįstą strategiją. Tai yra abonentui kirtus tam tikrą kiekį celių N , jo buvimo vieta atnaujinama. Laiko intervalas, per kurį kertama N celių, kiekvieno abonto skirtingas. Tačiau abonentui, kuris juda lėčiau, reikalinga mažiau užklausų per tą patį laiko intervalą. Taigi užklausos, grįstos judėjimo strategija, gali būti išreikšiamos periodiniu apklausinėjimu. Bendras perduodamų žinučių kiekis įvertinus apklausinėjimo intervalą skaičiuojamas taip:

$$k = \sum_{i=1}^n \left(S_{VAi} \times c + S_{APi} \times \left\lfloor \frac{M}{N} \right\rfloor \right)$$

Čia S_{VAi} i -tojo abonto atliktų vietos atnaujinimų skaičius; S_{APi} i -tojo abonto apklausimų skaičius arba, kitaip sakant, celių, kurios buvo apklaustos, kiekis; N – celių kiekis, kurį abonentui apkeliavus, jis apklausiamas; M – i -ojo abonto viso maršruto metu apkeliautų celių kiekis; n – abonentų, kuriems nustatinėjama lokacija, kiekis.

4.5. REZULTATAI

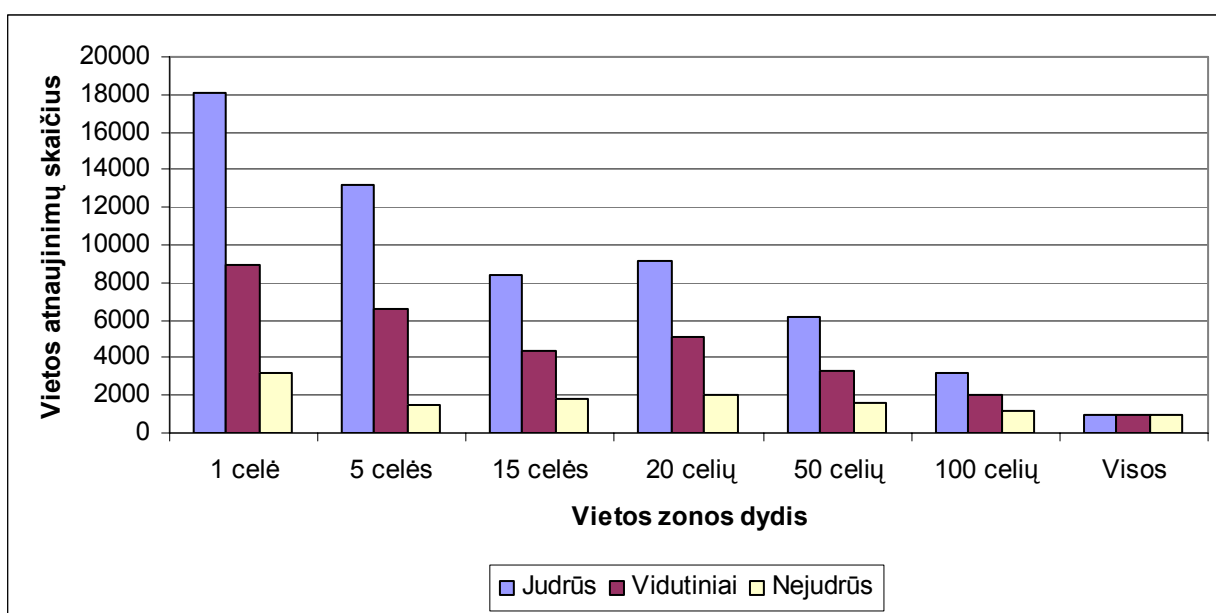
Modeliavimo procesas buvo atliktas 4.2, 4.3 skyriuose aprašyta eiga. Eksperimentuojant su 100, 1000 ir 10000 abonentų, buvo nustatyta tiesioginė gautų pranešimų skaičiaus priklausomybė nuo klientų skaičiaus. Skaičiavimai vykdyti modeliuojant tiek judrius, tiek vidutinio judrumo, tiek nejudrius abonentus. Modeliavimo rezultatai pateikiami 1 priede. Detaliau aptarsime rezultatus, gautus modeliuojant 1000 judrių abonentų.

11 pav. pateiktos atnaujinimo procedūrų kiekio priklausomybė tiek nuo abonentų grupių, tiek nuo vietos zonos dydžio. Mažinant vietos zoną, atnaujinimo procedūrų skaičius tendencingai didėja. Esant vis mažesnei zonai, abonentai dažniau kerta jos ribą ir taip atnaujinama savo buvimo vieta. Kai vietos zonos dydis 15 celių ir 20 celių, vietos atnaujinimo procedūrų atliekama panašūs kiekiai. Netgi esant 20 celių dydžio vietos zonai, atliekama daugiau procedūrų. Tai gali nutikti dėl taip vadinamo „Ping-Pong“ efekto. Tai yra abonentų

maršrutas gali būti toks, jog jis beveik sutampa su vietos zonų sankirtos linija. Abonentui keliaujant savo maršrutu, jis pereina tai į vieną, tai į kitą LA. Dėl to dažniau atliekama vietos atnaujinimo procedūra.

Nejudrių abonentų vietos atnaujinimo kiekiui zonos dydžio keitimas turi mažesnę įtaką nei judriems abonentams. Judrus abonentas kerta daug celių, taigi ir tikimybė, kad jis pereis į kitą vietos zoną yra didesnė.

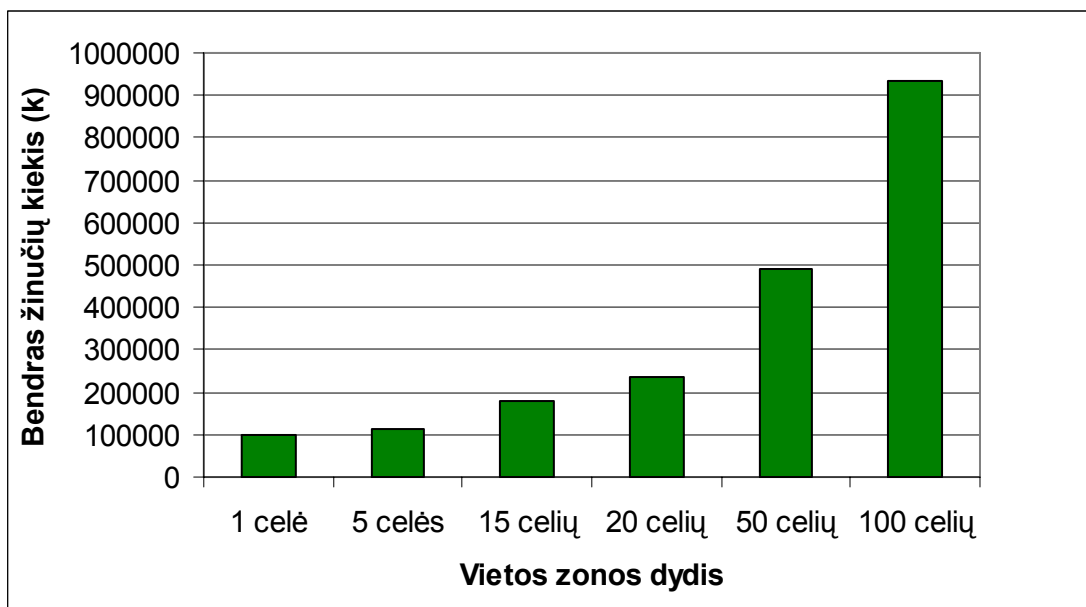
Vietos zonai apimant visas celes, atnaujinimų skaičiui abonto tipas įtakos neturi. Visi klientai tokiu atveju vietos atnaujinimą atlieka tik vieną kartą, kada prisijungia prie tinklo.



11 pav. Vietos atnaujinimo procedūrų kiekio priklausomybė nuo abonentų grupės ir vietos zonos dydžio.

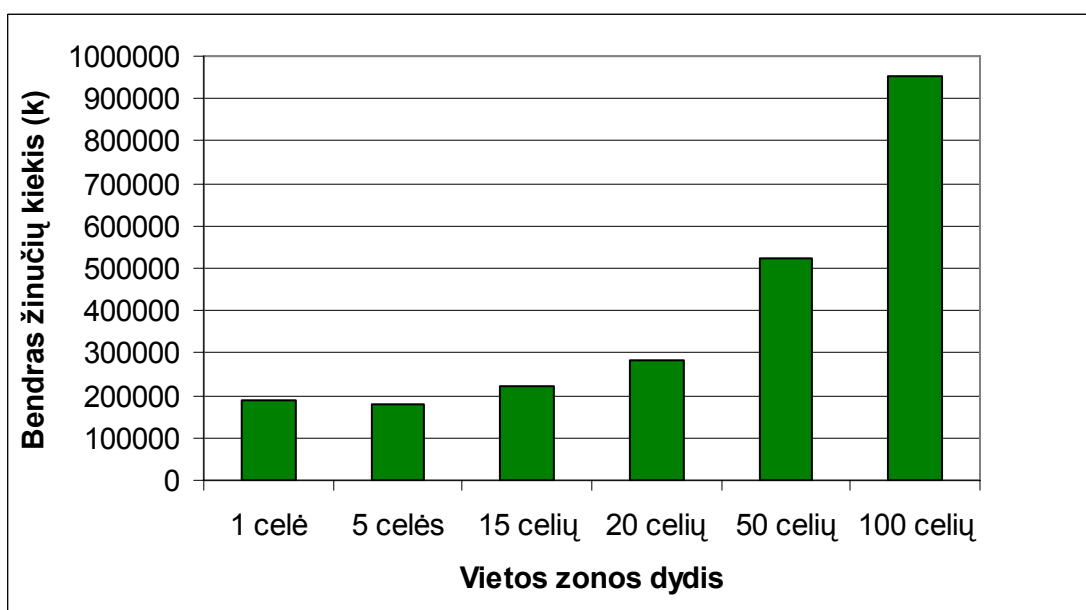
Apklausimo procedūrų skaičius tiesiogiai priklauso nuo zonos dydžio. Kuo zona mažesnė, tuo mažiau reikia apklausimo procedūrų. Abonto tipas neįtakoja apklausimų kiekio. Jada klientas ar ne, apklausinėjama visa vietos zona kur jis randasi.

12 pav. matome bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybę nuo vietos zonos dydžio, kai apklausimo intervalas yra 3 celės, o koeficientas, rodantis vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų proporcingumą, lygus 5. Bendras perduotas žinučių kiekis tendencingai didėja, didinant vietos zonos dydį. Tai rodo, jog didesnę įtaką bendram įverčiui turi apklausimo procedūrų kiekis. Vietos atnaujinimai palyginus su apklausimo procedūromis atliekami žymiai rečiau. Taip pat maža koeficiento c reikšmė nulemia, jog didžioji dalis bendro žinučių kiekio yra apklausimo procedūrų pranešimai.



12 pav. Bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybė nuo vietos zonos dydžio, kai $N=3$, $c=5$.

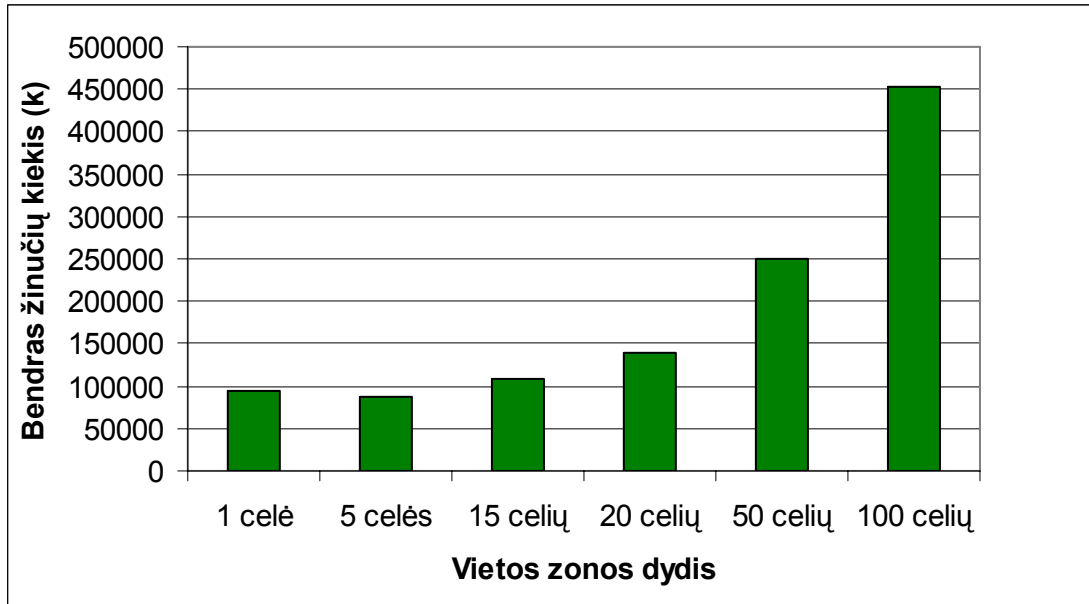
Padidinus santykinį koeficientą (13 pav.), žymiai išauga bendras žinučių kiekis, kai vietos zonos mažos (1 celė, 5 celės). Vietos zonai esant 5 celių dydžio, bendras žinučių skaičius mažiausias. Kai vietos zona apima vieną celę, didžiąją žinučių dalį sudaro vietos atnaujinimo pranešimai. Be to, koeficientas c lygus 10, tai apklausimo pranešimų yra palyginus mažai ir jie neįtakoja bendro įverčio esant mažoms vietos zonoms. Esant didesnėms vietos zonoms bendras pranešimų skaičius ne daug pakitęs lyginant su 12 pav., nes vietos atnaujinimų čia atliekama mažai.



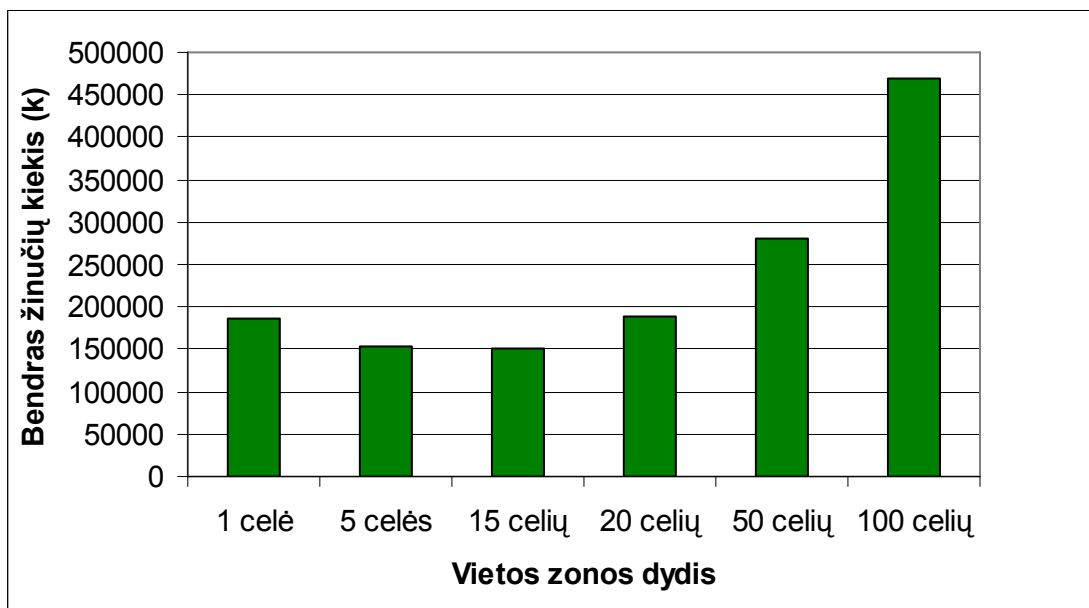
13 pav. Bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybė nuo vietos zonos dydžio, kai $N=3$, $c=10$.

Esant didelėms vietos zonoms padidinus apklausinėjamo intervalą, bendras pranešimų skaičius smarkiai sumažėja (14 pav.). Kai vietos zonos dydis yra iki 15 celių dydžio,

sumažėjimas ne toks ryškus. Nors apklausinėjimas vyksta ir rečiau, apklausimo procedūrų dėl mažos vietos zonos atliekama daugiau. Lyginant su 12 pav. matoma, jog padidinus apklausinėjimo intervalą, mažiausia pranešimų yra perduodama, kai vietos zona yra 5 celių dydžio.



14 pav. Bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybė nuo vietos zonos dydžio, kai $N=6$, $c=5$.

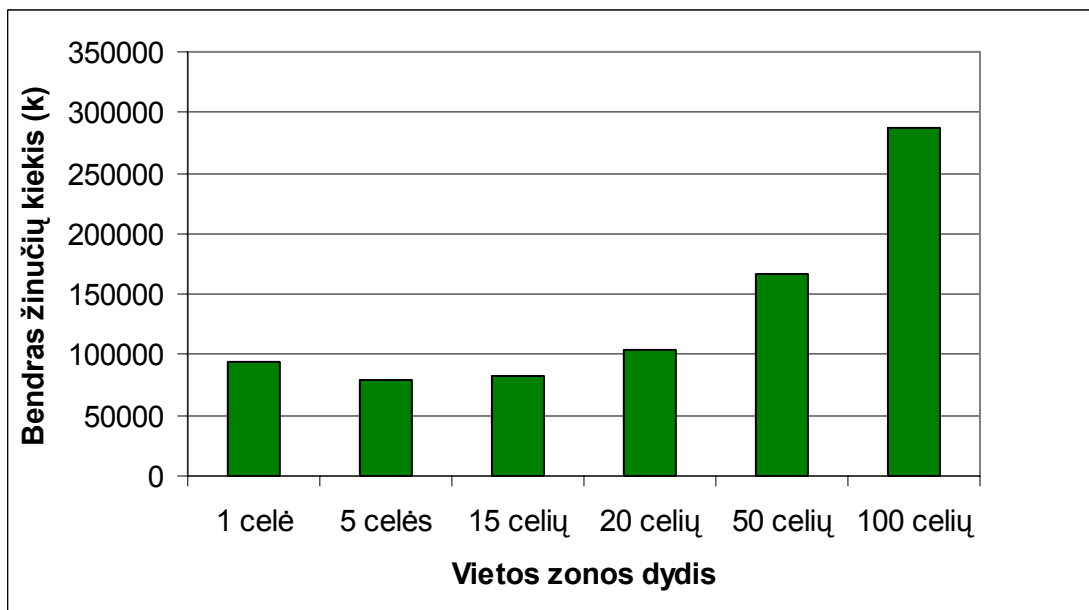


15 pav. Bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybė nuo vietos zonos dydžio, kai $N=6$, $c=10$.

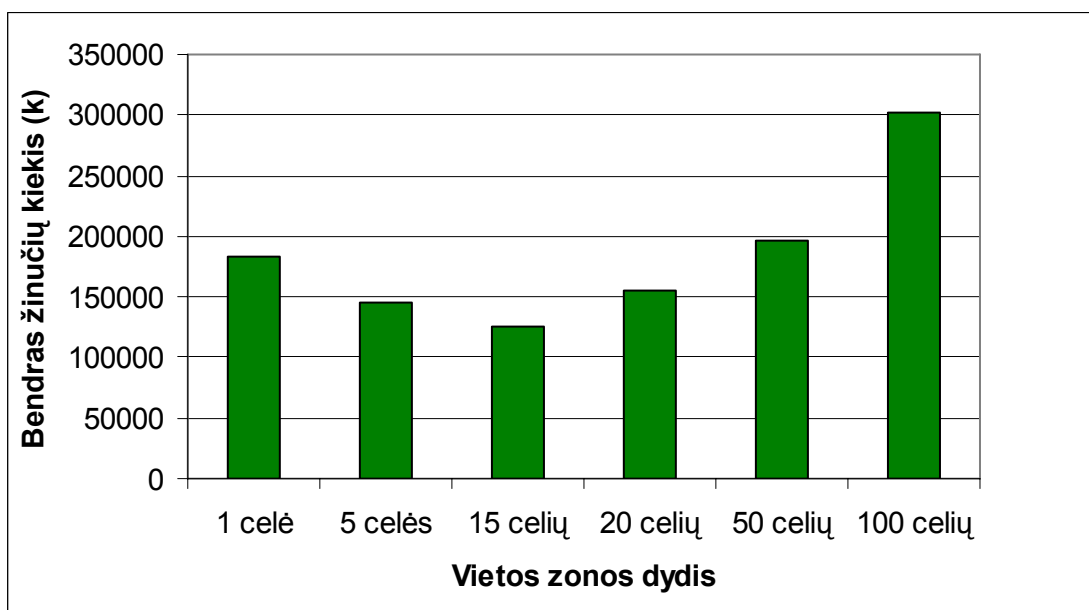
15 pav. matoma bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybė nuo vietos zonos dydžio, kai apklausimo intervalas yra 6 celės, o koeficientas, rodantis vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų proporcingumą, lygus 10. Padidinus koeficientą c , smarkiai padidėjo bendras pranešimų skaičius tik esant mažoms vietos zonoms (20 ir mažiau celių). Padidėjus

vietos atnaujinimo pranešimų skaičiui, žymiai padidėjo bendras žinučių skaičius, kai vietos zonos dydis 1 ir 5 celės. Vietos zonai esant 15 celių dydžio bendras žinučių kiekio padidėjimas ne toks ryškus dėl mažesnio vietos atnaujinimo pranešimų skaičiaus. Esant didesnėms vietos zonoms, c padidinimas turėjo mažą įtaką bendram žinučių skaičiui.

Padidinus apklausimo intervalą iki 9 (16 pav.), lyginant su 12 ir 14 pav. bendras žinučių skaičius pasikeičia nežymiai, kai vietos zonos dydis mažas (5 celės ir mažiau). Dėl retesnio apklausinėjimo smarkiai sumažėja bendras įvertis, kai vietos zonos didelės. Mažiausiai pranešimų yra, kai vietos zonos dydis kinta nuo 5 iki 15 celių. Vietos zonai esant 20 celių dydžio, žinučių skaičius didesnis dėl ankščiau aptarto „Ping-Pong“ efekto.



16 pav. Bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybė nuo vietos zonos dydžio, kai $N=9$, $c=5$.



17 pav. Bendro perduoto žinučių kiekio priklausomybė nuo vietos zonos dydžio, kai $N=9$, $c=10$.

17 pav. matoma, jog padidinus koeficientą c iki 10, beveik dvigubai išauga bendras žinučių skaičius, kai vietos zonos mažos (15 celių ir mažiau). Bendras perduotų žinučių kiekis, kai vietos zona 1 celė, tampa didesnis nei, kai vietos zona lygi 20 celių. Mažiausiai žinučių perduodama, kai vietos zona yra 15 celių dydžio. 20 celių dydžio vietos zonas išdėsčius taip, jog būtų išvengta „Ping-Pong“ efekto, galima būtų sumažinti perduodamų žinučių kiekį ir priartinti bendrą perduodamų pranešimų kiekį prie tokio, kuris perduodamas, kai LA yra 15 celių dydžio.

IŠVADOS

1. Darbe išanalizuota GSM tinkle teikiamos paslaugos. Apžvelgtos mobilaus tinklo teikiamos galimybės ir jo resursai. Tyrinėtas GSM tinklo standartų vystymasis ir kaip jis įtakojo naujų paslaugų kūrimą. Mobilaus tinklo paslaugos suskirstytos į tris grupes pagal jų veikimo mechanizmą. Aptartos paslaugos ir jų grupės, teikiamos Lietuvos mobilaus tinklo operatorių. Detaliau išnagrinėtos paslaugos susijusios su vietos nustatymu naudojant GSM tinklo vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūras.
2. Pasiūlyta metodika, kuria galima vertinti su vietos nustatymu susijusias GSM paslaugas. Vertinimo kriterijus apibrėžtas, kaip bendras žinučių (paketų) kiekis, kuris turi būti perduotas norint teikti paslaugą. Šis parametras priklauso nuo atliekamų vietos nustatymo procedūrų tipų, tinklo struktūros bei abonento mobilumo.
3. Sudarytas modelis, imituojantis masinio sekimo paslaugą mobiliame tinkle. Sukurto įrankio pagalba atliktas tyrimas, kiekybiškai vertinantis bendrą apklausimų ir vietos atnaujinimo procedūrų kiekį priklausomai nuo vietos zonos dydžio ir abonento tipo. Pastebėti tendencingumai, priklausomi nuo apklausimo periodo, vietos zonos dydžio bei vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų metu perduodamų pranešimų santykio.
4. Tyrimo metu gauti rezultatai, gali būti naudojami, kaip pagalbina duomenys, prieš pradėdant teikti realiame GSM tinkle paslaugas susijusias su lokacija. Sudarytas modelis ir sukurtas įrankis gali būti naudojami analizuoti dominantį mobilaus ryšio tinklą, kad įvertintume pranešimų kiekį, kuris atsiranda naudojant GSM tinklą abonentų vietos nustatymui. Taip pat toks tyrimas gali padėti nustatyti optimalų vietos zonos dydį prieš pradėdant diegti konkrečią abonentų sekimo paslaugą.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- [1] 1Gbps Packet Transmission in 4G Field Experiment [žiūrėta 2006-01-19].
Prieiga per internetą <<http://www.4g.co.uk/PR2004/March2005/2048.htm>>
- [2] 3G TS 23.012 version 3.3.0: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+)
(GSM); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS);
Location Management Procedures [žiūrėta 2005-10-25]
- [3] A Compositional Approach to Performance Modelling, Jane Hillston, 1995
[žiūrėta 2005-03-20]
- [4] Andreas Eisenblätter, Arie M.C.A. Koster, Randolf Wallbaum, Roland Wessäly;
Load Balancing in Signaling Transfer Points 2002 m. [žiūrėta 2005-05-12]
- [5] Bitė GSM „Kur esi?“ [žiūrėta 2005-02-18]. Prieiga per internetą
<http://www.bite.lt/api/spcentras/pr/pranesimas/?press_id=64494>
- [6] BSS-MSC layer 3 specification. ETS 300 590 (GSM 08.08),
ETSI recommendation, 1996 [žiūrėta 2005-04-12]
- [7] Capacity Analysis of Uplink and Downlink in Multimedia DS-CDMA
Systems Based On Constraint Models; Xiang Duan, Zhisheng Niu, Junli Zheng [žiūrėta 2005-04-12]
- [8] CEENet 2004: Wireless and Mobile Networking, Sami Tabbane [žiūrėta 2005-03-14]
- [9] Data Service Performance Analysis In Gprs Systems, Majid Ghaderi,
Raouf Boutaba [žiūrėta 2005-03-20]
- [10] Dynamic Location Management and Activity-based Mobility
Modelling for Cellular Networks by John Scourias Waterloo, Ontario, Canada, 1997
- [11] From 2G To 3G – The Evolution Of International Cellular Standards, 2001 [žiūrėta 2005-10-24]
- [12] GIS ir mobiliųjų technologijų integravimo lokalizuotųjų paslaugų sistemose ypatumai,
Viktoras Paliulionis [žiūrėta 2005-10-05]
- [13] Global System For Mobile Communication [žiūrėta 2005-05-03].
Prieiga per internetą <http://www.visualgsm.com/gsm_topic06.htm>
- [14] GSM 03.71: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+);
Location Services [žiūrėta 2005-11-26]
- [15] GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation, Gunnat Heine [žiūrėta 2005-01-17]
- [16] High Speed Circuit Switched Data (HSCSD);
Stage 1(3GPP TS 22.034 version 6.0.0 Release 6) [žiūrėta 2005-01-25]
- [17] Location Management for Mobile Cellular Systems
Dr. Weijia Jia City University of Hong Kong (skaidrės) [žiūrėta 2005-11-24]
- [18] Modeliavimo menas [žiūrėta 2004-10-14]. Prieiga per internetą <www.culture.lt/stud/files/>
- [19] Modelling Service Time Distribution in Cellular Networks

- Using Phase-Type Service Distributions [žiūrėta 2005-03-23]
- [20] „Norite sužinoti kur šiuo metu yra kolega ar draugas?“ [žiūrėta 2005-02-18].
Prieiga per internetą <www.locator.lt>
- [21] Notes on Quality of Service and Performance Evaluation in 4G ALL-IP Networks,
Y. Koucheryavy, Institute of Communication Engineering [žiūrėta 2005-10-05]
- [22] Optimizing Location Management Cost Through Registration Area
Overlapping: Models, Problems And Methods by Georgios Varsamopoulos, 2004 m.
- [23] Performance Modeling and QoS Evaluation of MAC/RLC Layer in GSM/GPRS
Networks, Xiaoyan Fang and Dipak Ghosal [žiūrėta 2005-10-03]
- [24] Performance modelling of hierarchical cellular networks using PEPA,
J.M. Fourneau, L. Kloul, F. Valois [žiūrėta 2005-10-14]
- [25] R. Simaitis, T. Vitkauskas, E. Serbenta. Nuotolinė greičio pažeidimų fiksavimo
sistema. Bakalaurinis darbas. KTU Informatikos fakultetas, 2004
- [26] Teikiamų paslaugų įvairovės tyrimas. Prieiga per internetą <<http://www.bite.lt>>,
<<http://www.tele2.lt>>, <<http://www.omnitel.lt>>
- [27] Telekomunikacijų pagrindiniai rodikliai [žiūrėta 2005-03-05]. Prieiga per internetą <www.std.lt>
- [28] The 3GPP Proposal for IMT-2000 Werner Mohr,
Siemens AG, Seizo Onoe, NTT DoCoMo [žiūrėta 2005-10-24]
- [29] Wireless 101 Choosing a Cell Phone and Calling Pan [žiūrėta 2005-05-03].
Prieiga per internetą <<http://alllongdistance.com/cell-phone-101.shtml>>

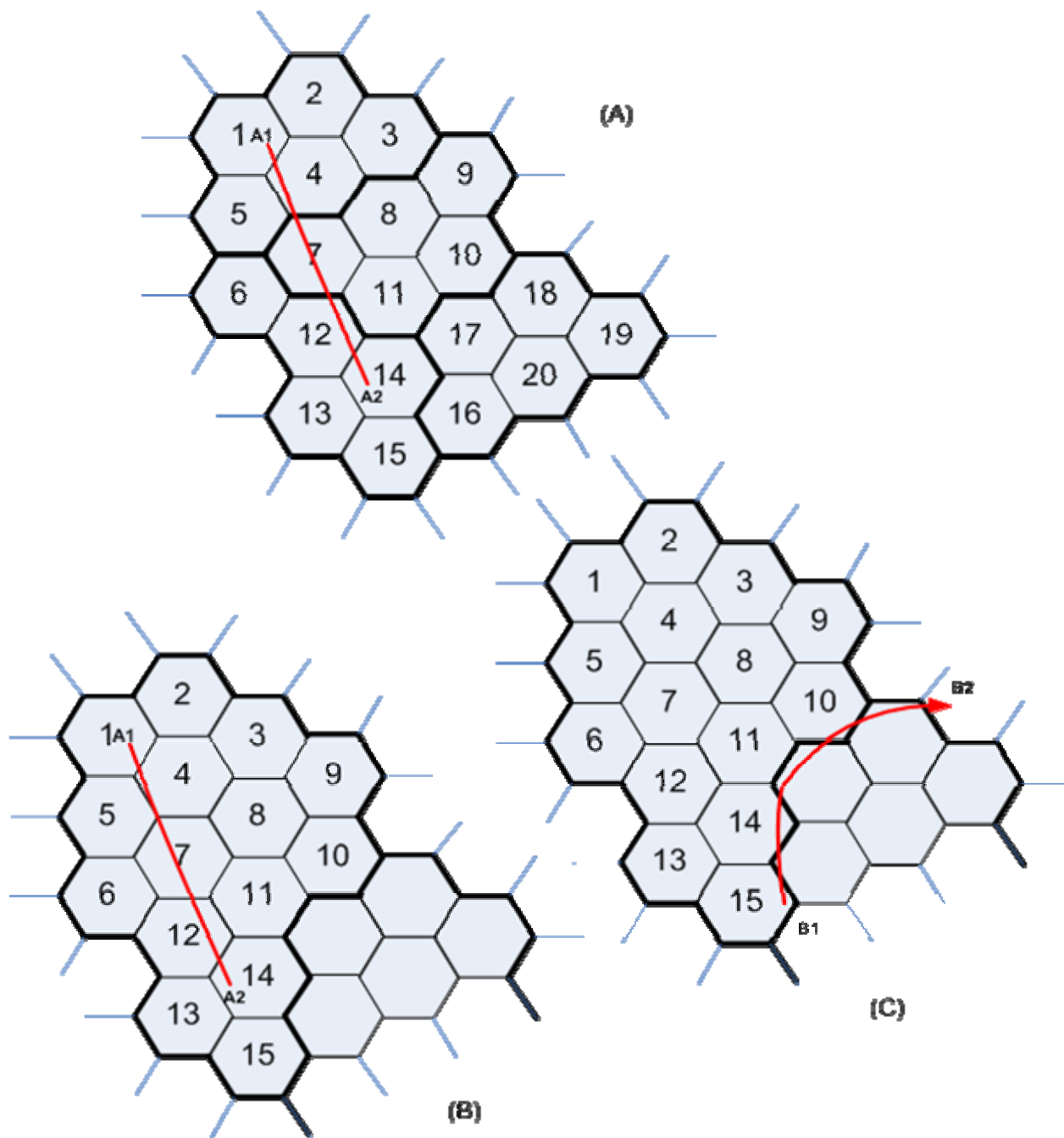
SANTRUMPOS

Bluetooth – bevielio tinklo technologija
BCCH (Broadcast Control Channel) – kanalas, transliuojantis informaciją apie ceļę
BSC (Base Station Controller) – bazinės stotelės kontroleris
BTS (Base Transceiver Station) – bazinė siuntėjo-priėmėjo stotis
DTAP (Direct Transfer Application Part) – protokolas, naudojamas tiesioginiam pranešimo persiuntimui
EDGE (Enhanced Data Rate for GSM evolution) – aukštesnė paketinio duomenų perdavimo GSM tinkle pakopa
GMSC (Gateway MSCs) – sąsaja, per kurią galimas tiesioginis HLR užklausimas
GPRS (General Packet Radio Service) – GSM mobiliojo ryšio technologija, skirta duomenų perdavimui GSM tinkluose
GPS (Global Position System) – globali pozicionavimo sistema
GSM (Global Standard for Mobile Communications) – globalus mobilių telefonų ryšio standartas
HLR (Home Location Register) – registras, kuriame saugoma informacija apie visus abonentus, jų paskutinę žinomą buvimo vietą ir kt.
HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) – GSM mobiliojo ryšio paketinio duomenų perdavimo technologija, manipuliuojanti kanalais, kad užtikrintų didesnę duomenų perdavimo spartą
IMEI (International Mobile Equipment Identity) – mobilios stotelės identifikatorius
IMSI (International Mobile Subscriber Identity) – abonto identifikatorius
MAP (Mobile Application Protocol) – MSC komunikavimo su registrais protokolas
MS (Mobile Station) – mobilioji stotelė
MSC (Mobile service Switching Center) – paslaugų perjungimo centras
MSISDN (Mobile Station ISDN number) – mobiliosios stoties numeris su papildoma informacija
PDCH (Packet Data Channel) – kanalas duomenų paketams perduoti
PSTN (Public Switched Telephone Network) – fiksuotas telefoninis tinklas
QoS (Quality of Service) – paslaugos kokybė
RACH (Random Access Channel) – kanalas, mobilios stoties ryšio su bazine stotele sinchronizavimui
MSRN (Mobile Station Roaming Number) – mobilios stoties numeris, naudojamas maršrutizuoti skambučių iš GMSC į atitinkamą MSC
SS7 (Signalling System No. 7) – pagalbinių kanalų sistema, skambučiams ir papildomoms paslaugoms valdyti
SMS (Short Message Service) – trumpų žinučių paslauga
TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) – laikinas abonto numeris, naudojamas vieno VLR ribose
UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) – viena iš trečios kartos GSM tinklo technologijų
VLR (Visitor Location Register) – registras, kuriame saugoma informacija apie teritorijoje, kurią apima MSC, esančius abonentus
WAP (Wireless Access Protocol) – atviras tarptautinis standartas sistemoms, kurios naudoja belaidį ryšį

1 PRIEDAS.

Pasinaudojus „MPC Map Tool“ įrankiu, sukurtas GSM tinklas sudarytas iš 600 celių. Dalis celių informacijos pateikta 2 priede. Pasinaudojant susikurtu įrankiu, tyrimo metu buvo analizuojamos trijų dydžių abonentų grupės: 100, 1000 ir 10000 abonentų. Kiekviena grupė tyrinėta, kai ją sudarė judrūs, vidutinio judrumo ir nejudrūs abonentai.

Vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų metu perduodamų pranešimų kiekis buvo skaičiuojamas, kai GSM tinklą sudarė vietos zonos, kurių dydis – 1, 5, 15, 20, 50, 100 celių.



18 pav. (A) GSM tinklas, kai LA yra 5 celių dydžio; (B) GSM tinklas, kai LA yra 15 celių dydžio; (C) „Ping-Pong“ efekto pavyzdys. Raudona linija žymi abonto kelią.

18 (A) pav. pavaizduotas GSM tinklas, kurį sudaro 5 celių dydžio vietos zonos. 18 (B) pav. vietos zonos dydis 15 celių. Pavaizduotu atveju abonentui keliaujant iš taško A1 į A2, pirmu atveju bus atlikta dvi vietos atnaujinimo procedūros. Kai tuo tarpu antru atveju tokia procedūra nebus atlikta, nes vietos zonos riba nebus kertama. 18 (C) paveiksle pavaizduotas atvejis, kai abonto maršrutas beveik sutampa su vietos zonų kirtimosi riba. Abonentui nukeliavus maršrutu nuo B1 iki B2 bus atlikta 6 vietos atnaujinimai. Išdėstant vietos zonas reikėtų atsižvelgti į pagrindinius abonentų judėjimo kelius ir zonas dėstyti taip, jog vietos zonų lietimosi ribos kuo galimai mažiausiai sutaptų su pagrindiniais maršrutais.

Žemiau pateikiami rezultatai modeliuojant 100 abonentų grupę. Čia N – apklausimo intervalas, C – koeficientas, žymintis vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų metu perduodamų pranešimų santykį, LA – vietos zona (Location area)

100 judrių abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 1719 |
| 5 celės | 1267 |
| 15 celių | 817 |
| 20 celių | 956 |
| 50 celių | 599 |
| 100 celių | 351 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | Apklausimo intervalas | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------|-------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 895 | 423 | 266 |
| 5 celės | 4475 | 2115 | 1330 |
| 15 celių | 13425 | 6345 | 3990 |
| 20 celių | 17900 | 8460 | 5320 |
| 50 celių | 44750 | 21150 | 13300 |
| 100 celių | 89500 | 42300 | 26600 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | C=5 | | | C=10 | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | Apklausimo intervalas | | | Apklausimo intervalas | | |
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 9490 | 9018 | 8861 | 18085 | 17613 | 17456 |
| 5 celės | 10810 | 8450 | 7665 | 17145 | 14785 | 14000 |
| 15 celių | 17510 | 10430 | 8075 | 21595 | 14515 | 12160 |
| 20 celių | 22680 | 13240 | 10100 | 27460 | 18020 | 14880 |
| 50 celių | 47745 | 24145 | 16295 | 50740 | 27140 | 19290 |
| 100 celių | 91255 | 44055 | 28355 | 93010 | 45810 | 30110 |

100 vidutinio judrumo abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 892 |
| 5 celės | 644 |
| 15 celių | 408 |
| 20 celių | 500 |
| 50 celių | 314 |
| 100 celių | 204 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | Apklausimo intervalas | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------|-------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 449 | 209 | 115 |
| 5 celės | 2245 | 1045 | 575 |
| 15 celių | 6735 | 3135 | 1725 |
| 20 celių | 8980 | 4180 | 2300 |
| 50 celių | 22450 | 10450 | 5750 |
| 100 celių | 44900 | 20900 | 11500 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | C=5 | | | C=10 | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 4909 | 4669 | 4575 | 9369 | 9129 | 9035 |
| 5 celės | 5465 | 4265 | 3795 | 8685 | 7485 | 7015 |
| 15 celių | 8775 | 5175 | 3765 | 10815 | 7215 | 5805 |
| 20 celių | 11480 | 6680 | 4800 | 13980 | 9180 | 7300 |
| 50 celių | 24020 | 12020 | 7320 | 25590 | 13590 | 8890 |
| 100 celių | 45920 | 21920 | 12520 | 46940 | 22940 | 13540 |

100 nejudrių abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 312 |
| 5 celės | 253 |
| 15 celių | 182 |
| 20 celių | 203 |
| 50 celių | 161 |
| 100 celių | 120 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | Apklausimo intervalas | | |
|-------------------------------------|-----------------------|------|-----|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 134 | 38 | 2 |
| 5 celės | 670 | 190 | 10 |
| 15 celių | 2010 | 570 | 30 |
| 20 celių | 2680 | 760 | 40 |
| 50 celių | 6700 | 1900 | 100 |
| 100 celių | 13400 | 3800 | 200 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | C=5 | | | C=10 | | |
|-------------------------------------|-------|------|------|-------|------|------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 1694 | 1598 | 1562 | 3254 | 3158 | 3122 |
| 5 celės | 1935 | 1455 | 1275 | 3200 | 2720 | 2540 |
| 15 celių | 2920 | 1480 | 940 | 3830 | 2390 | 1850 |
| 20 celių | 3695 | 1775 | 1055 | 4710 | 2790 | 2070 |
| 50 celių | 7505 | 2705 | 905 | 8310 | 3510 | 1710 |
| 100 celių | 14000 | 4400 | 800 | 14600 | 5000 | 1400 |

Žemiau pateikiami rezultatai modeliuojant 1000 abonentų grupę. Čia N – apklausimo intervalas, C – koeficientas, žymintis vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų metu perduodamų pranešimų santykį, LA – vietos zona (Location area)

1000 judrių abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 18136 |
| 5 celės | 13241 |
| 15 celių | 8417 |
| 20 celių | 9101 |
| 50 celių | 6165 |
| 100 celių | 3240 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| Apklausimo intervalas LA dydis | Apklausimo intervalas | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|--------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 9196 | 4375 | 2705 |
| 5 celės | 45990 | 21875 | 13525 |
| 15 celių | 137970 | 65625 | 40575 |
| 20 celių | 183960 | 87500 | 54100 |
| 50 celių | 459900 | 218750 | 132250 |
| 100 celių | 919600 | 437500 | 270500 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| Apklausimo intervalas LA dydis | C=5 | | | C=10 | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 99878 | 95055 | 93385 | 190558 | 185735 | 184065 |
| 5 celės | 112195 | 88080 | 79730 | 178400 | 154285 | 145935 |
| 15 celių | 180055 | 107710 | 82660 | 222140 | 149795 | 124745 |
| 20 celių | 234465 | 138005 | 104605 | 284970 | 188510 | 155110 |
| 50 celių | 490725 | 249575 | 166075 | 521550 | 280400 | 196900 |
| 100 celių | 936000 | 453700 | 286700 | 952200 | 469900 | 302900 |

1000 vidutinio judrumo abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 9092 |
| 5 celės | 6636 |
| 15 celių | 4407 |
| 20 celių | 5157 |
| 50 celių | 3485 |
| 100 celių | 2080 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | Apklausimo intervalas | | |
|----------------------------------|-----------------------|--------|--------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 4428 | 1984 | 1135 |
| 5 celės | 22140 | 9920 | 5675 |
| 15 celių | 66420 | 29760 | 17025 |
| 20 celių | 88560 | 39680 | 22700 |
| 50 celių | 221400 | 99200 | 56750 |
| 100 celių | 442800 | 198400 | 113500 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | C=5 | | | C=10 | | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 49888 | 47444 | 46595 | 95348 | 92904 | 92055 |
| 5 celės | 55320 | 43100 | 38855 | 88500 | 76280 | 72035 |
| 15 celių | 88455 | 51795 | 39060 | 110490 | 73830 | 61095 |
| 20 celių | 114345 | 65465 | 48485 | 140130 | 91250 | 74270 |
| 50 celių | 238825 | 116625 | 74175 | 256250 | 134050 | 91600 |
| 100 celių | 453200 | 208800 | 123900 | 463600 | 219200 | 134300 |

1000 nejudrių abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 3139 |
| 5 celės | 1445 |
| 15 celių | 1758 |
| 20 celių | 1996 |
| 50 celių | 1523 |
| 100 celių | 1195 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | Apklausimo intervalas | | |
|----------------------------------|-----------------------|-------|------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 1382 | 373 | 39 |
| 5 celės | 6910 | 1865 | 195 |
| 15 celių | 20730 | 5595 | 585 |
| 20 celių | 27640 | 7460 | 780 |
| 50 celių | 69100 | 18650 | 1950 |
| 100 celių | 138200 | 37300 | 3900 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | C=5 | | | C=10 | | |
|----------------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 17077 | 16068 | 15734 | 32772 | 31763 | 31429 |
| 5 celės | 19135 | 14090 | 12420 | 31360 | 26315 | 24645 |
| 15 celių | 29520 | 14385 | 9375 | 38310 | 23175 | 18165 |
| 20 celių | 37620 | 17440 | 10760 | 47600 | 27420 | 20740 |
| 50 celių | 76715 | 26265 | 9565 | 84330 | 33880 | 17180 |
| 100 celių | 144175 | 43275 | 9875 | 150150 | 49250 | 15850 |

Žemiau pateikiami rezultatai modeliuojant 10000 abonentų grupę. Čia N – apklausimo intervalas, C – koeficientas, žymintis vietos atnaujinimo ir apklausimo procedūrų metu perduodamų pranešimų santykį, LA – vietos zona (Location area)

10000 judrių abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 180464 |
| 5 celės | 131524 |
| 15 celių | 87326 |
| 20 celių | 92305 |
| 50 celių | 60842 |
| 100 celių | 34571 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| Apklausimo intervalas LA dydis | Apklausimo intervalas | | |
|-----------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 91099 | 43312 | 26849 |
| 5 celės | 455495 | 216560 | 134245 |
| 15 celių | 1366485 | 649680 | 402735 |
| 20 celių | 1821980 | 866240 | 536980 |
| 50 celių | 4554950 | 2165600 | 1342450 |
| 100 celių | 9109900 | 4331200 | 2684900 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| Apklausimo intervalas LA dydis | C=5 | | | C=10 | | |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 993419 | 945632 | 929169 | 1895739 | 1847952 | 1831489 |
| 5 celės | 1113115 | 874180 | 791865 | 1770735 | 1531800 | 1449485 |
| 15 celių | 1803115 | 1086310 | 839365 | 2239745 | 1522940 | 1275995 |
| 20 celių | 2283505 | 1327765 | 998505 | 2745030 | 1789290 | 1460030 |
| 50 celių | 4859160 | 2469810 | 1646660 | 5163370 | 2774020 | 1950870 |
| 100 celių | 9282755 | 4504055 | 2857755 | 9455610 | 4676910 | 3030610 |

10000 vidutinio judrumo abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 90269 |
| 5 celės | 65425 |
| 15 celių | 47152 |
| 20 celių | 53017 |
| 50 celių | 32271 |
| 100 celių | 20307 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | Apklausimo intervalas | | |
|----------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 44374 | 19914 | 11429 |
| 5 celės | 221870 | 99570 | 57145 |
| 15 celių | 665610 | 298710 | 171435 |
| 20 celių | 887480 | 398280 | 228580 |
| 50 celių | 2218700 | 995700 | 571450 |
| 100 celių | 4437400 | 1991400 | 1142900 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| LA dydis \ Apklausimo intervalas | C=5 | | | C=10 | | |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 495719 | 471259 | 462774 | 947064 | 922604 | 914119 |
| 5 celės | 548995 | 426695 | 384270 | 876120 | 753820 | 711395 |
| 15 celių | 901370 | 534470 | 407195 | 1137130 | 770230 | 642955 |
| 20 celių | 1152565 | 663365 | 493665 | 1417650 | 928450 | 758750 |
| 50 celių | 2380055 | 1157055 | 732805 | 2541410 | 1318410 | 894160 |
| 100 celių | 4538935 | 2092935 | 1244435 | 4640470 | 2194470 | 1345970 |

10000 nejudrių abonentų.

Vietos atnaujinimo procedūrų kiekis:

| LA dydis | Vietos atnaujinimų skaičius |
|-----------|-----------------------------|
| 1 celė | 31307 |
| 5 celės | 14587 |
| 15 celių | 18194 |
| 20 celių | 20167 |
| 50 celių | 15735 |
| 100 celių | 12081 |

Apklausimo procedūrų kiekis:

| Apklausimo intervalas LA dydis | Apklausimo intervalas | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------|-------|
| | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 13584 | 3668 | 375 |
| 5 celės | 67920 | 18340 | 1875 |
| 15 celių | 203760 | 55020 | 5625 |
| 20 celių | 271680 | 73360 | 7500 |
| 50 celių | 679200 | 183400 | 18750 |
| 100 celių | 1358400 | 366800 | 37500 |

Bendras perduotas žinučių kiekis:

| Apklausimo intervalas LA dydis | C=5 | | | C=10 | | |
|-----------------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | N=3 | N=6 | N=9 | N=3 | N=6 | N=9 |
| 1 celė | 170219 | 160203 | 156910 | 326754 | 316738 | 313445 |
| 5 celės | 140855 | 91275 | 74810 | 213790 | 164210 | 147745 |
| 15 celių | 294730 | 145990 | 96595 | 385700 | 236960 | 187565 |
| 20 celių | 372515 | 174195 | 108335 | 473350 | 275030 | 209170 |
| 50 celių | 757875 | 262075 | 97425 | 836550 | 340750 | 176100 |
| 100 celių | 1418805 | 427205 | 97905 | 1479210 | 487610 | 158310 |

2 PRIEDAS.

| Cell ID | kordinatēs | | tipas | spindulys | kryptis |
|----------------|-------------------|---------|--------------|------------------|----------------|
| 002001_090 | E235129 | N521329 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002001_210 | E235129 | N521329 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002001_330 | E235129 | N521329 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002003_090 | E235211 | N521328 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002003_210 | E235211 | N521328 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002003_330 | E235211 | N521328 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002005_090 | E235253 | N521327 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002005_210 | E235253 | N521327 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002005_330 | E235253 | N521327 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002007_090 | E235335 | N521326 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002007_210 | E235335 | N521326 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002007_330 | E235335 | N521326 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002009_090 | E235417 | N521325 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002009_210 | E235417 | N521325 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002009_330 | E235417 | N521325 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002011_090 | E235459 | N521324 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002011_210 | E235459 | N521324 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002011_330 | E235459 | N521324 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002013_090 | E235542 | N521323 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002013_210 | E235542 | N521323 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002013_330 | E235542 | N521323 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002015_090 | E235624 | N521322 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002015_210 | E235624 | N521322 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002015_330 | E235624 | N521322 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002017_090 | E235706 | N521321 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002017_210 | E235706 | N521321 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002017_330 | E235706 | N521321 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002019_090 | E235748 | N521320 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002019_210 | E235748 | N521320 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002019_330 | E235748 | N521320 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002021_090 | E235830 | N521319 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002021_210 | E235830 | N521319 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002021_330 | E235830 | N521319 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002023_090 | E235912 | N521318 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002023_210 | E235912 | N521318 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002023_330 | E235912 | N521318 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002025_090 | E235954 | N521317 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002025_210 | E235954 | N521317 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002025_330 | E235954 | N521317 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002027_090 | E240036 | N521316 | CircleSector | 800 | 90 |
| 002027_210 | E240036 | N521316 | CircleSector | 800 | 210 |
| 002027_330 | E240036 | N521316 | CircleSector | 800 | 330 |
| 002029_090 | E240118 | N521315 | CircleSector | 3000 | 90 |
| 002029_210 | E240118 | N521315 | CircleSector | 3000 | 210 |
| 002029_330 | E240118 | N521315 | CircleSector | 3000 | 330 |
| 004000_090 | E235109 | N521352 | CircleSector | 800 | 90 |
| 004000_210 | E235109 | N521352 | CircleSector | 800 | 210 |
| 004000_330 | E235109 | N521352 | CircleSector | 800 | 330 |
| 004002_090 | E235151 | N521351 | CircleSector | 800 | 90 |