



***KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS***  
***INFORMATIKOS FAKULTETAS***

Kompiuterių tinklų katedra

*Mindaugas Zaleckis*

***TRANSPORTO INFORMACIJOS SĄSAJOS SU VIETOS  
NUSTATYMO INFORMACIJA SUKŪRIMAS IR TYRIMAS***

**Magistro darbas**

*Vadovas: prof. dr. Rimantas Plėštys*

Kaunas 2007

***KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS***

***INFORMATIKOS FAKULTETAS***

Kompiuterių tinklų katedra

*Mindaugas Zaleckis*

***TRANSPORTO INFORMACIJOS SAŠAJOS SU VIETOS  
NUSTATYMO INFORMACIJA SUKŪRIMAS IR TYRIMAS***

**Magistro darbas**

Recenzentas

doc. dr. D.Rubliauskas

2007-05-28

Vadovas

prof. dr. Rimantas Plėštys

2007-05-28

Atliko:

IFM-1/1 gr. stud.  
Mindaugas Zaleckis

2007-05-28

*Kaunas 2007*

# Turinys

SUMMARY .....	6
1. ĮVADAS .....	7
1.1. Temos aktualumas .....	7
1.2. Būtinis žinios transporto informacijos sąsajos su vietos nustatymo informacija kūrimui .....	9
1.3. Darbo tikslas .....	10
2. OBJEKTO POZICIONAVIMO SISTEMOS STRUKTŪRA .....	11
2.1. Tarpinė įranga .....	11
2.2. LBS platformų architektūra .....	12
2.3. Vietos nustatymo informacijos sudėtinės dalys .....	13
2.3.1. Objekto pozicijos nustatymas .....	15
2.3.1.1. GSM/UMTS telefonams .....	15
2.3.1.2. GSM/UMTS telefonams su palydovine pozicionavimo įranga .....	16
2.3.1.2.1. GPS (Global Positioning System) .....	16
2.3.1.2.2. A-GPS (Assisted Global Positioning System) .....	17
2.3.1.3. Išvados .....	20
2.4. Bendravimo formatas .....	21
2.5. Signalizacijos signalų loginės diagramos .....	21
2.5.1. MS apklausimas .....	22
2.5.2. SMS išsiuntimas .....	22
2.5.3. Pokalbio vykdymas .....	23
2.6. Koordinačių susiejimas su vietos informacija .....	24
2.6.1. Geokodavimas ir atvirkštinis geokodavimas .....	24
2.6.2. Atvirkštinis geokodavimas, kai vieta nustatoma mobiliojo ryšio tinklo pagalba .....	27
2.6.3. Atvirkštinis geokodavimas, kai vieta nustatoma palydovinio ryšio pagalba .....	28
2.7. Reikalavimai vietos nustatymo platformai .....	28
2.7.1. Reikalavimai vietos nustatymo kokybei .....	28
2.7.2. Reikalavimai vietos nustatymo technologijai .....	30
3. REKOMENDUOJAMI VIETOS NUSTATYMO INFORMACIJOS BEI TRANSPORTO INFORMACIJOS SĄSAJOS SPRENDIMAI .....	32
3.1. Vietos nustatymo metodas GSM/UMTS telefonams .....	32
3.1.1. NWAD .....	32
3.1.2. E-Cell-ID .....	33
3.1.3. E-Cell-ID+TA .....	34
3.1.4. MSC E-CGI .....	35
3.2. GSM/UMTS telefonams su palydovine pozicionavimo įranga .....	38
3.2.1. A-GPS SUPL .....	38
3.2.2. A-Galileo SUPL .....	39
3.3. Telekomunikacinių resursų įvertinimas ir optimizavimas .....	40
3.4. Signalizacijos signalų perdavimo tinklo resursų optimizavimo algoritmai .....	43
3.5. Apklausimo strategijos .....	43
3.5.1. BTS skaidymas į grupes .....	45
3.5.2. Apklausimo strategijos ir BTS skaidymo į grupes apjungimas .....	45
3.6. Išvados .....	46
4. KOORDINAČIŲ SUSIEJIMAS SU VIETOS INFORMACIJA .....	46
4.1. Celių dydžių pasiskirstymas .....	46
4.2. Rekomenduojamas atvirkštinio geokodavimo formatas .....	47
4.3. Atvirkštinio geokodavimo įrankis .....	48
4.3.1. Celių dydžio parinkimas .....	48

4.3.2.	Signalų stiprumo prognozavimo modelis.....	51
4.3.3.	Radio signalo stiprumo nuostolių apskaičiavimas pagal prognozavimo modelį .	51
5.	EKSPERIMENTINIAI DARBAI.....	54
5.1.	Objektų būsenos nustatymo eksperimentiniai darbai, rezultatų patikimumo analizė ...	54
5.1.1.	TA zonos ribų nustatymo paklaidos nustatymas.....	54
5.1.2.	Vietos informacijos gavimo trukmės nustatymas .....	54
5.1.3.	Celių dydžių pasiskirstymo ir pakliuvimo į jas tyrimas realiame tinkle .....	55
5.1.4.	Vietos informacijos gavimo trukmės įtaka vietos nustatymo paklaidai.....	57
5.1.5.	Iš skirtingų BTS priimamų signalų lygių priklausomybė nuo aplinkos sąlygų. ...	61
6.	IŠVADOS .....	63
	LITERATŪRA.....	64
	PRIEDAI .....	65
	1 priedas. Santrumpų sąrašas.....	65
	2 priedas. Objektų nuotolinio pozicionavimo standartų suvestinė .....	66
	3 priedas. Prognozavimo modelių analizės rezultatai .....	68
	4 priedas. Detali LBS paslaugų teikimui leistinų vietos nustatymo paklaidų ir informacijos pateikimo vėlinimo laiko suvestinė .....	70
	5 priedas. Detali mobilaus objekto vietos nustatymo technologijų galimybių suvestinė.....	71
	6 priedas. Europos šalių pajamos iš LBS rinkos mln. eurų (2004–2009 metais).....	72
	7 priedas. Referatas „Technoramoje 2006“ „Korinio ryšio tinklų bazinių stočių automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema“ .....	73
	8 priedas. UAB „Bitė Lietuva“ atsiliepiamas apie baigiamąjį darbą .....	93
	9 priedas. UAB „Mobiliųjų Sprendimų Centras" atsiliepiamas apie baigiamąjį darbą .....	94

## **Paveikslėlių sąrašas**

1 pav. Lufthansa Consulting prognozių grafikas .....	7
2 pav. LBS komunikavimo modelis .....	11
3 pav. Tarpinės įrangos panaudojimo schema .....	12
4 pav. LBS apibendrinta architektūra (Locatio.net).....	13
5 pav. Principinė GPS palydovų orbitų schema .....	17
6 pav. A-GPS metodas .....	18
7 pav. Priverstinė MS aktyvinimo apklausimo būdu laikinė diagrama.....	22
8 pav. Vietos atnaujinimo procedūra.....	23
9 pav. Sujungimo pokalbiui procesas.....	23
10 pav. TA reikšmės pasikeitimo vietos nustatymo paklaidos, gautos eksperimentiniu būdu .....	35
11 pav. Signalų iš antenų lygiai .....	36
12 pav. TA zonų skaidymas į segmentus .....	36
13 pav. Zonos skaičiavimai .....	37
14 pav. Celių išsidėstymas maršrute Kaunas-Jonava.....	43
15 pav. LA celės ir kelias kertantis celes .....	44
16 pav. BTS skaidymas į grupes .....	45
17 pav. Celių dydžių pasiskirstymas .....	47
18 pav. Antenos signalo veikimo teritorija .....	48
19 pav. Teritorijos priskyrimas celei .....	49
20 pav. Automatizuotos aprėpčių nustatymo sistemos vartotojo sąsaja .....	50
21 pav. Okumuros–Hatos modelio rezultatas kartu su lauko matavimų taškais .....	53
22 pav. Prognozavimo rezultatas naudojant topografinį modelį kartu su lauko matavimų taškais .....	54
23 pav. MS vietos informacijos gavimo trukmės: a – vienos MS vietos, b- daugelio MS vietų ..	55
24 pav. Celių dydžių pasiskirstymas .....	56
25 pav. Celių dydžiai.....	56
26 pav. Vidutinis judėjimo greitis celėse .....	58
27 pav. Vietos nustatymo vėlinimas celėse.....	59
28 pav. Papildoma paklaida celėse.....	60
29 pav. Santykinė papildoma vietos nustatymo paklaida celėse.....	61

## **Lentelių sąrašas**

1 lentelė. Galimos padėties nustatymo paklaidos naudojant A-GPS metodą .....	19
2 lentelė. Laikas iki pirmojo fiksavimo GSP ir A-GPS technologijose .....	19
3 lentelė. Galimi atsakymų pavyzdžiai .....	24
4 lentelė. Atvirkštinio geokodavimo failas Cell-ID metodui .....	27
5 lentelė. Atvirkštinio geokodavimo failas Cell-ID+TA metodui.....	27
6 lentelė. Paslaugų reikalavimai vietos nustatymo kokybei.....	29
7 lentelė. Vietos nustatymo technologijos tinkamumas LBS paslaugoms teikti.....	30
8 lentelė. Vietos nustatymo metodas pagal iš mobilaus tinklo galima gauti informaciją .....	32
9 lentelė. NWAD tinkami metodai.....	33
10 lentelė. Iš skirtingų BTS priimamų signalų lygių priklausomybė nuo ekranavimo .....	62

The research and development of transport information relationship with location data

## **SUMMARY**

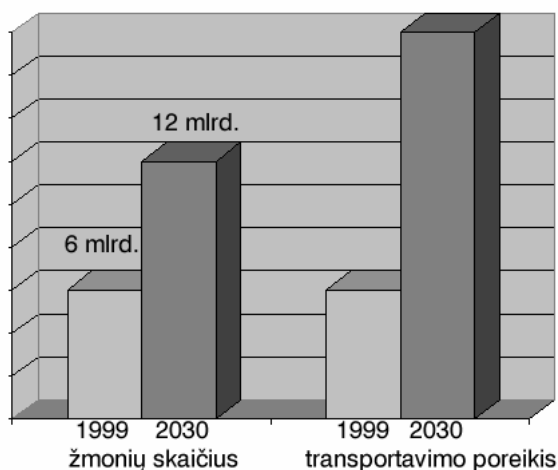
This work investigates the problems of applying GSM location methods to solve transport problems. The work covers analysis of wide selection of location methods, and contemporary location platforms. The research in location platforms has shown that current LBS systems are not completely suitable for establishing relationship between transport and location data. It is shown that geocoding, and especially reverse geocoding is critical in applying location data to solve transport problems. After qualitative analysis of contemporary location methods in context of transport information, it is suggested, that improving existing Cell-ID, Cell-ID+TA, E-CGI methods by making them more geocoding friendly could improve location fix accuracy and time. An NWAD algorithm to automatically select the best location method in GSM/UMTS networks is suggested and developed into the system for automatic cell coverage area calculations.

# 1. ĮVADAS

## 1.1. Temos aktualumas

Intensyvėjant transporto srautams, didėja poreikis tuos srautus valdyti. Norint užtikrinti optimalų transporto kompanijos darbą, reikalingas transporto priemonių buvimo vietos nustatymas bei judėjimo istorijos atkūrimas.

Kadangi transporto intensyvumas, pervežamų krovinių kiekis ateityje vis didės, rinkoje galės išlikti tik didelės kompanijos, kurios optimaliai išnaudos turimą transportą. Todėl be kompiuterinės objektų stebėjimo sistemos šio darbo organizavimas taps praktiškai neįmanomas. Pagal oro linijų kompanijos Lufthansa tyrimus nustatyta, kad iki 2030 metų transportavimo apimtys išaugs 3 kartus. 1 pav. pavaizduoti kompanijos Lufthansa Consulting [1] atliktų tyrimų rezultatai su prognozėmis, kaip keisis gyventojų skaičius ir transportavimo poreikis:



1 pav. Lufthansa Consulting prognozių grafikas

Prisitaikant prie klientų poreikių didėjimo, kompanijos, norinčios išlikti rinkoje, turės krovinius gabenti greičiau ir pigiau. Taip pat auga papildomų paslaugų poreikis. Klientai transporto firmoms kelia vis didesnius reikalavimus. Vienas pagrindinių reikalavimų - visos informacijos apie užsakymo vykdymo eigą gavimas. Klientas pageidauja žinoti, kurioje vietoje yra jo krovinsys šiuo metu, taip pat, kur jis buvo bet kuriuo laiko momentu nuo užsakymo pradžios. Transporto priemonių bei krovinių stebėjimui pasitelkiamos nuotolinio stebėjimo (telemetrinės) paslaugos. Jos leidžia transporto įmonėms bei jų klientams realiu laiku stebėti kur yra jų transporto priemonė ar krovinsys, bei kokia yra būseną. Kadangi informatyvumas yra labai aktualu, transporto firmos turi stengtis ne tik krovinių pristatyti greitai, saugiai ir pigiai, bet ir suteikti visą informaciją apie tai, kur jis buvo bet kuriuo laiko momentu, kur jis yra šiuo metu.



Taip pat aktualus yra mobiliųjų telefonų vietos nustatymas sprendžiant transporto priemonių srautų valdymo bei stebėjimo uždavinius. Šie uždaviniai yra Europos Sąjungos prioritetinių sričių sąrašė. Naujoji E112 (skubios pagalbos) direktyva iš ES taip pat skatina greitesnį didelio tikslumo technologijų įdiegimą mobiliojo ryšio operatorių tinkluose Europoje, - skubios pagalbos atveju būtina kuo tiksliau nustatyti pagalbos prašančiojo vietą [2,3]. Vietos nustatymas suteikia galimybę greičiau pasiekti nukentėjusįjį, o savalaikė pagalba dažnu atveju gali išgelbėti gyvybę.

2005 metais kompanija Berg Insight atliko išsamią, vietos nustatymo paslaugų rinkos, standartų, didžiausių operatorių analizę [4]. Remiantis šia analize, bei kitais analizuotais šaltiniais, aiškiai matomas vietos nustatymo paslaugų poreikio didėjimas ir šios rinkos aktyvėjimas. Pajamos iš vietos nustatymo paslaugų 2004 metais Europoje buvo 108 milijonai eurų. Tikima, kad iki 2009 metų pajamos išaugs iki daugiau negu 2 mlrd. eurų. Europoje LBS paslaugų vystymasis buvo lėtesnis nei tikėtasi, tačiau, kartu su 3G ir duomenų perdavimo tinklų vystymusi, LBS rinka pradėjo įsibėgėti ir prognozuojama, kad 2005-2009 metais joje išlaikys kasmetinis 60%-70% augimas. Lietuvos LBS rinkos augimo prognozės yra dar didesnės ir siekia 100% per metus ir 2009 metais Lietuvos LBS rinka bus 15,2 mln. Lt per metus [4]. Prognozuojamos atskirų Europos šalių pajamos iš LBS rinkos pateiktos 6 priede.

Pagrindiniai artimiausių penkerių-septynerių metų transporto problemų valdymo ir sprendimo principai išdėstyti baltojoje knygoje „European Transport Policy for 2010“ [5]. Atitinkama ES Bendrosios programos strateginė direktyva „eSafety – Cooperative Systems for Road Transport“ [6], kuri vykdoma nuo 2002 metų, pabrėžia transporto efektyvumo, saugumo, patikimumo, patogumo aspektus.

Iš pirmo žvilgsnio vartotojo buvimo vietos nustatymas yra nesudėtingas veiksmas, atliekamas paskaičiuojant vartotojo geografines koordinates. Iš tikrųjų yra gana sudėtinga nustatyti tikslią buvimo vietą 100% atveju. Daugybė faktorių lemia vietos nustatymo tikslumą ir galiausiai tai yra susiję su vartotojo buvimo įvertinimu. Labai svarbu žinoti, kiek arti nuo realios yra nustatytoji vieta. Tam būtina nustatyti pagrindinius parametrus, apibūdinančius vietos nustatymo kokybę.

Ne mažiau svarbu gautus vietos nustatymo rezultatus teisingai interpretuoti. Sprendžiant transporto uždavinius labai aktuali yra transporto informacijos sąsaja su vietos nustatymo informacija. Ar išsami bus informacija apie transportą bei krovinį, didžiaja dalimi priklauso nuo to, ar teisingai susieta vietos informacija su transporto informacija. Vietos informaciją būtina kokybiškai susieti su transporto informacija, kadangi transporto informacija laikui bėgant kinta. Dažnu atveju vien tik koordinacių ir identifikacinio numerio nepakanka. Reikia, kad ši informacija būtų susieta su transporto priemone, vietovės aprašymu, kitais parametrais.

Teisingas vietos nustatymo platformos bei vietos nustatymo paslaugos modelis, leidžiantis kokybiškai realizuoti transporto informacijos sąsają su vietos nustatymo informacija, apsprendžia

kaip kokybiškai bus galima suteikti vietos nustatymo paslaugas transporto uždaviniams spręsti, kokią informaciją, susijusią su vietos nustatymu būtų galima gauti bei kaip gerai galėtų būti realizuoti uždaviniai išskelti E112 (skubios pagalbos) direktyvoje [2, 3], transporto problemų valdymo ir sprendimo baltojoje knygoje „European Transport Policy for 2010“ [5], ES Bendrosios programos strateginėje direktyvoje „eSafety – Cooperative Systems for Road Transport“ [6].

## ***1.2. Būtinios žinios transporto informacijos sąsajos su vietos nustatymo informacija kūrimui***

Kuriant bet kokią sistemą, reikia atkreipti dėmesį į kliento poreikius, kad sukurta paslauga visiškai pateisintų klientų lūkesčius. Klientas turi gauti tik tą informaciją kurios jam reikia, todėl reikia vykdyti informacijos filtraciją.

### *Transporto bei vietos nustatymo informacijos analizė*

Kurti tinkamas ir efektyvias **GIS/AM/FM** (Geographic Information System/ Automated Mapping/ Facilities Management – Geografinė informacijos sistema/ Automatizuotas žymėjimas žemėlapiuose/ Įrangos valdymas) sistemas gali būti sudėtingas ir neįveikiamas uždavinys. Norint išspręsti uždavinius, reikia atsakyti į keletą klausimų. Pirmiausia reikia įveikti informacijos priėmimo, informacijos modeliavimo ir susiejimo fazes.

### *Transporto bei vietos informacijos priėmimas*

- Kokie išoriniai informacijos šaltiniai egzistuoja, kurie tinka uždaviniui spręsti?
- Kaip priimti informaciją? Centrinė bazė, per kurią pildoma informacija?
- Kokie vidiniai duomenų šaltiniai egzistuoja ir kam leidžiama prie jų prieiti?
- Kokie apdorojimo pasirinkimai egzistuoja išoriniams duomenims priimti ar skleisti jau turimus, ar kaupiti informaciją ir kokios išlaidos tam gali būti skirtos?
- Kaip suderinami įvairūs duomenų rinkiniai visoje erdvėje?

### *Transporto bei vietos informacijos modeliavimas*

- Kaip išgauti kuo daugiau iš informacijos, esančios aplinkui?
- Kaip užtikrinti, kad gauta informacija kuo labiau atitiktų reikalingą uždaviniui?
- Kokie yra erdvinių duomenų bazių modeliavimo būdai?
- Koks tikslumo lygis ir precizija egzistuoja erdvinėje informacijoje ir koks lygis reikalingas uždaviniui spręsti?
- Ką galime padaryti, kad egzistuojanti informacija būtų labiau prieinama?

*Veiksmai transporto bei vietos informacijos priėmimo klausimams spręsti*

- Identifikuoti išorinius erdvinės informacijos šaltinius ir kainas.
- Identifikuoti vidinius erdvinės informacijos šaltinius.
- Apibrėžti procesus ir kainas, kad būtų galima siųsti egzistuojančią erdvinę informaciją ar gauti naują informaciją.
- Identifikuoti esančias technologines galimybes, padedančias gauti informaciją įvairiais formatais.

*Veiksmai transporto bei vietos informacijos modeliavimo klausimams spręsti*

- Nustatyti, kokios informacijos reikia uždaviniui spręsti.
- Įvertinti egzistuojančios erdvinės informacijos kokybę ir būseną.
- Dokumentuoti įrangą erdvinei informacijai.
- Sukurti modelį.

*Veiksmai transporto bei vietos informacijos susiejimui*

- Nustatyti, kokią vietos informaciją ir transporto informaciją reikia susieti.
- Apibrėžti vietos informacijos ir transporto informacijos susiejimo procesus.
- Įvertinti informacijos susiejimo kokybę.
- Sukurti susiejimo modelį.

### **1.3. Darbo tikslas**

Šio darbo tikslas sudaryti transporto informacijos susiejimą su vietos nustatymo informacija, kuria naudojantis transportą aptarnaujančios firmos galėtų gauti informaciją apie transporto buvimo vietą tinkamos kokybės bei priimtina forma. Tikslui pasiekti turi būti išspręsti tokie uždaviniai:

- atlikta vietos nustatymo platformų analizė bei klasifikacija,
- išanalizuoti galimi panaudoti vietos nustatymo metodai bei atlikti metodų kokybės įvertinimai
- išanalizuoti bei įvertinti telekomunikacinių resursų, reikalingų transporto vietos informacijai gauti bei perduoti, poreikiai
- išanalizuotos vietos nustatymo informacijos pateikimo vartotojui formos bei būdai
- pasiūlytas adaptuotas vietos nustatymo platformos modelis, tinkamas transporto uždaviniams spręsti

- įvertintos vietos nustatymo paklaidos bei vėlinimai ir susietos su transporto priemonės įvertinimu

## 2. OBJEKTO POZICIONAVIMO SISTEMOS STRUKTŪRA

### 2.1. Tarpinė įranga

Vietos nustatymo paslaugų (LBS – location based services) komunikavimo modelis (2 pav.) sudarytas iš trijų sluoksnių: vietos nustatymo, tarpinės įrangos (middleware) ir taikomųjų programų.



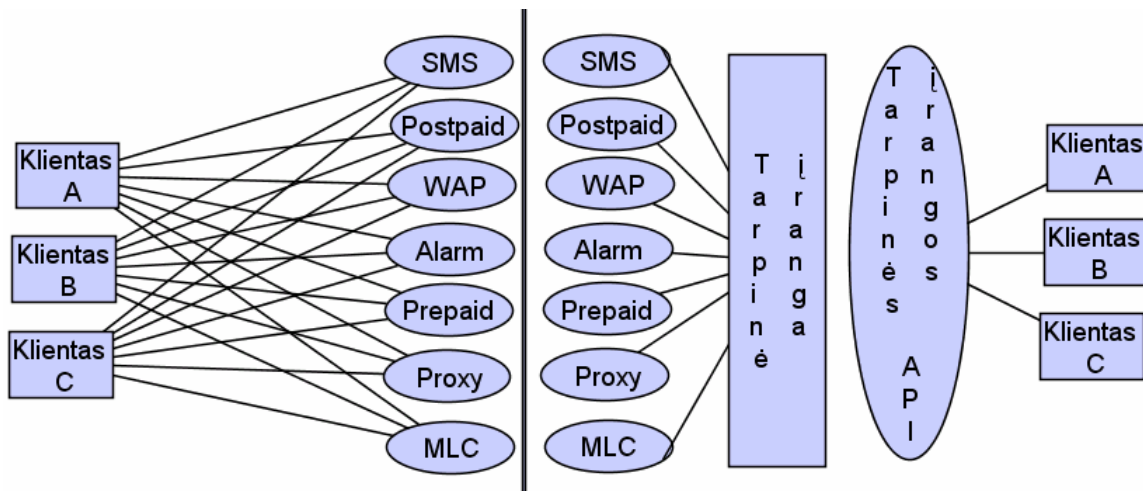
2 pav. LBS komunikavimo modelis

*Vietos nustatymo sluoksnis* atsakingas už mobiliosios stoties (MS), o tuo pačiu ir stebimo objekto vietos nustatymą. Jame vietos nustatymo įranga (PDE – position determination equipment) nustato MS vietą pagal tinklo parametrus (Cell-ID, TA), ir ją atvaizduoja geografinėje informacinėje sistemoje (GIS).

Taikomųjų programų sluoksnis apima įvairias taikomas programas, kurių pagalba vykdomos konkrečios vietos nustatymu pagrįstos paslaugos.

Tarpinės įrangos sluoksnis suderina vietos nustatymo sluoksnį su taikomųjų programų sluoksnio programomis, formuodamas taikomųjų programų sąsają (API – application program interface). Tokia sąsaja įgalina supaprastinti ryšį tarp taikomųjų programų sluoksnio ir vietos nustatymo sluoksnio, mažindama tokio ryšio įvairovę. Ji užtikrina tiesioginį vietos nustatymo sluoksnio nepriklausomumą nuo taikymo įvairovės.

Paprastai vietos nustatymo sluoksnis valdo ir siunčia vietos informaciją tiesiai į taikomąją programą kuri kreipiasi. *Taikomųjų programų sluoksnis* (kuris dažniausiai yra „klientas“) apima visus servisus, kuriems reikia vietos informacijos (pvz. draugų suradimas). Kadangi su vieta susijusių paslaugų vis daugėja, dauguma operatorių tarp taikomųjų programų ir vietos nustatymo sluoksnių naudoja *tarpinės įrangos sluoksnį*. Pirmiausiai tai daroma todėl, kad vietos nustatymo platforma yra giliai mobiliojo ryšio tinkle ir pajungti kiekvieną papildomą paslaugą yra pakankamai sudėtinga. Tarpinė įranga, kuri pajungta tiek prie operatoriaus tinklo, tiek prie išorinio tinklo gali labai supaprastinti paslaugų integraciją. Tarpinės įrangos vieta parodyta 3 pav..



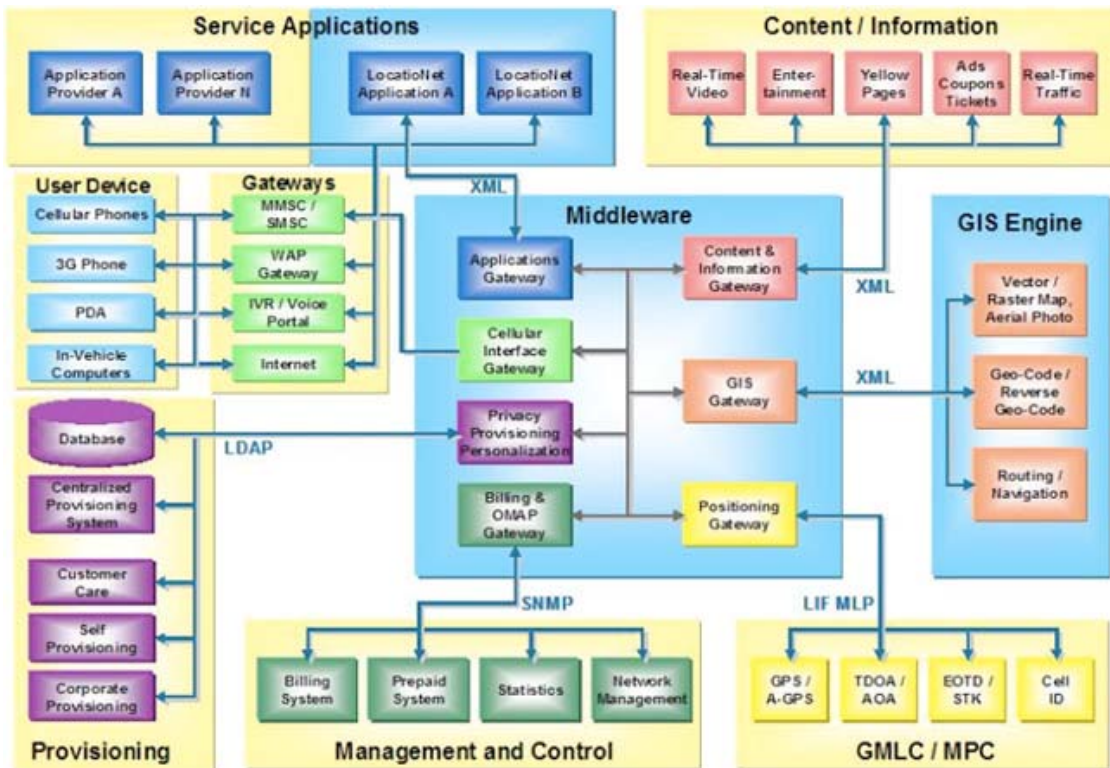
3 pav. Tarpinės įrangos panaudojimo schema

Paprastai taikomųjų programų integracija gyvybiškai svarbi mobiliojo ryšio operatoriams, siekiantiems turėti visa apimančią vietos nustatymo modelį.

Esant dideliame taikomųjų programų kiekiui, kuris generuoja didelį užklausų srautą, tarpinė įranga būtina siekiant užtikrinti mobiliojo ryšio vartotojų privatumą. Tarpinė įranga suteikia galimybę vartotojams valdyti savo teises nepriklausomai nuo taikomosios programos. Tarpinė įranga taip pat valdo vietos nustatymo informacijos apsikeitimą tarp skirtingų tinklų.

## 2.2. LBS platformų architektūra

Daugelio kompanijų sukurtos LBS platformos turi vienodą struktūrą (4 pav.) [7,8,9,10]. Sąsajos tarp komponentų XML, LIF MLP, LDAP, SNMP yra standartizuotos. Standartizuotos sąsajos suteikia galimybę pilnai įdiegti LBS platformą operatoriaus tinkle naudojantis skirtingų gamintojų komponentais. Pagrindinė vietos nustatymo paslaugoms naudojama sąsaja yra LIF MLP.



4 pav. LBS apibendrinta architektūra (Locatio.net)

### 2.3. Vietos nustatymo informacijos sudėtinės dalys

Vienas iš vietos nustatymo kokybės parametrų yra **vietos nustatymo tikslumas**. Šis parametras įgalina nustatyti ar apskaičiuota pozicija yra arti tikslios geografinės vietos. Tam turi būti išnagrinėti šie faktoriai: vietos nustatymo paklaida, neapibrėžtumas ir pasikliautinumo tikimybė.

Vietos nustatymo paklaida yra įvertinama pagal atstumą tarp tikslios objekto pozicijos ir paskaičiuotos pozicijos. Ši paklaida įvertinama ilgio vienetais – metrais. Paskaičiuota pozicija dažniausiai yra ne taškas, bet tam tikra teritorija, kurioje yra vartotojas. Priklausomai nuo pozicijos metodų, teritorija gali turėti skirtingą formą (apskritimą, elipsę, linijos dalį ir t.t.).

Neapibrėžtumas yra nusakomas kaip atstumas nuo teritorijos centro iki teritorijos ribos. Kitais žodžiais tariant neapibrėžtumo reikšmė yra didžiausia galima vietos nustatymo paklaida. Ši neapibrėžtumo reikšmė taip pat išreiškiama ilgio vienetais.

Neapibrėžtumo dydis nustatomas statistiniais metodais ir negali su tikimybe, lygia vienetai, garantuoti, kad išskaičiuota pozicijos paklaida yra mažesnė už neapibrėžtumo reikšmę. Tuo yra pasakoma, kad neapibrėžtumo reikšmė yra susijusi su pasikliautinumo tikimybės reikšme, kuri išreiškiama pasikliautinumo laipsniu nustatant poziciją. Taigi, pasikliautinumas išreiškiamas tikimybe arba procentais.

Neapibrėžtumas ir pasikliautinumo tikimybė negali būti atskirti įvertinant vietos nustatymo metodus. Pavyzdžiui tikslumas, išreikštas dydžiu 150m/95% reiškia, kad 95 atvejais iš 100 atvejų, vietos nustatymo paklaida bus mažesnė, kaip 150m. Didinant neapibrėžtumo reikšmę didėja ir pasikliautinumo reikšmė.

Be vietos nustatymo tikslumo dar yra tokie parametrai, kaip **aprėptis** ir **prieinamumas**. Aprėptis suprantama kaip teritorija, kurioje objektų vietos nustatymo paslauga yra galima. Prieinamumas suprantamas kaip santykis to laiko dalies, kada paslauga yra prieinama aprėpties teritorijoje ir viso laiko.

Labai svarbus vietos nustatymo paslaugos kokybės parametras yra **vietos nustatymo trukmė**. Jis ypač svarbus kuriant transporto mobiliuosius sprendimus, kai transportas juda nepastoviu greičiu. Vietos nustatymo trukmė yra laiko intervalas tarp pozicijos užklausos momento ir pozicijos parametų pateikimo.

Pozicionavimo metodai gali būti suskirstyti į dvi pagrindines grupes: **absoliutaus pozicionavimo** metodų grupę ir **reliatyvaus pozicionavimo** metodų grupę. Absoliutaus pozicionavimo metodų pagrindas yra atstumų nustatymas nuo atskaitos taško: palydovo ar antžeminės radijo stoties. Pavyzdžiais gali būti GPS sistema arba GSM pagrindu sukurtos vietos nustatymo sistemos. Reliatyvaus pozicionavimo metodai grindžiami poslinkių nuo pradinių (tiksliai lokalizuotų) atskaitos taškų paskaičiavimu. Šių metodų pavyzdžiu gali būti giroskopinės sistemos, akcelerometrinės sistemos ir kt..

Vietos nustatymo paslaugos gali būti teikiamos panaudojant skirtingus techninius sprendimus. Pirmai pozicionavimo techninių sprendimų grupei priklauso **palydovinės pozicionavimo** sistemos. Jose yra naudojami žemės palydovai ir specializuoti radijo signalų imtuvai.

Antrajai pozicionavimo techninių sprendimų grupei priklauso **korinio ryšio** sistemos. Pirmiausia jos buvo pradėtos naudoti JAV norint nustatyti abonentų, skambinančių skubios pagalbos numeriu 911, buvimo vietas, o vėliau išplito ir į Europą.

Trečiajai pozicionavimo techninių sprendimų grupei priklauso tie sprendimai, kurie nebuvo specialiai kuriami pozicionavimo tikslais, bet gali būti panaudoti pozicionavimui. Šios technologijos siejasi su **lokaliais radijo tinklais** (WLAN) ir **Bluetooth** radijo technologija. Nors šios technologijos dar nėra naudojamos vietos nustatymo tikslams, tačiau jos gali puikiai papildyti pirmąsias dvi grupes. Palydovinės ir korinio ryšio sistemos gerai tinka nustatyti objektų vietas pastatų išorėje, kai tuo tarpu trečiosios grupės sistemos gali būti panaudotos patalpų viduje.

Objektų padėties nustatymo uždaviniams spręsti gali būti naudojami įvairūs pozicionavimo ir lokalizacijos metodai. Vietos nustatymo technologijos tampa naudingos, kai naudojamos trys informacijos dalys:

- objekto identifikacija,
- geografinė padėtis
- laikas

Pavyzdžiui, objektas gali būti mobilusis telefonas. Padėtis yra lygi vartotojo taškui priskirtam plotui. Laikas yra tas momentas, kada objektas buvo tam tikroje padėtyje.

Informacija reikalinga padėties nustatymui, tik dalinai žinoma užklausimo metu. Kad rezultatas būtų gautas, reikia žinoti visas informacijos dalis, objekto identifikaciją, jo vietą ir laiką. Tai reiškia, kad viena informacijos dalis turi būti gaunama iš kitos. Jeigu objekto identifikacija yra žinoma užklausimo metu, tai objekto nustatymas objekto – padėties erdvėje, atskleidžia jo tikrąją padėtį. Šis priskyrimas yra nedviprasmiškas, tačiau turi „daug su vienu“ ryšį (keletas objektų gali būti toje pačioje vietoje tuo pačiu laiku). Priskyrimas užtikrina, kad objektas gali būti vienoje vietoje, konkrečiu laiku.

### **2.3.1. Objekto pozicijos nustatymas**

Nustatyti mobiliojo objekto vietą yra vienas iš svarbiausių uždavinių, kurių reikia išnagrinėti siekiant diegti lokalizuotąsias paslaugas. Yra du pagrindiniai vietos nustatymo būdai: naudojant palydovinę vietos nustatymo sistemą arba mobiliojo ryšio tinklo infrastruktūrą.

#### **2.3.1.1. GSM/UMTS telefonams**

Paskutiniaisiais metais intensyviai standartizuojamos GSM Location Service (LCS) paslaugos taikant šiuos metodus [15, 16, 17]: Cell Identification + Timing Advance (Cell-ID+TA), Uplink Time of Arrival (U-TOA), Angle Of Arrival (AOA), Enhanced Observed Time Difference (E-OTD), Assisted-GPS (A-GPS) metodus; General Packet Radio Service Location Service (GPRS LCS) paslaugos taikant Cell-ID+TA, E-OTD, A-GPS metodus.

Pozicionavimas, paremtas Cell-ID metodu pasižymi tuo, kad tinklo operatorius žino kiekvienos tinklo bazinės stoties koordinatas ir jai priskiriamos celes aprėpties zoną. Pagal tai, prie kurios bazinės stoties yra prijungtas mobilusis telefonas, objekto vieta pateikiama kaip bazinės stoties koordinatės arba aprėpties zonos plotas, arba linijos dalis (kai transportas juda keliu). Kuo didesnė bazinės stoties aprėpties zona, tuo mažesnis pozicionavimo tikslumas. Užmiestyje galima paklaida iki 35 km, o miestuose ji sumažėja iki 0,1-1 km.

Pozicionavimas, paremtas Cell-ID+TA metodu pasižymi tuo, kad tinklo operatorius, teikiantis bet kokią GSM paslaugą, žino signalo vėlinimą kilpoje bazinė stotis-mobilusis telefonas-bazinė stotis. Šis vėlinimas matuojamas 3,70  $\mu$ s tikslumu, kas atitinka 550 m. Vėlinimo skaitinės reikšmės išsiuntimui į mobiliųjų objektų duomenų bazę, turi būti įvesti nedideli bazinių stočių pakeitimai. Tokiu būdu, taikant šį metodą, lokacijos paklaida bazinės stoties vietos atžvilgiu



neviršija  $\pm 275$  m.

Tolimesniam tikslumo padidinimui tikslinga naudoti E-CGI metodą. Jo esmė yra ta, kad mobilus telefonas matuoja bazinės stoties signalo lauko stiprumą ir jo reikšmę perduoda į bazinę stotį. Bendru atveju pozicionavimas vykdomas mobilaus telefono pagalba matuojant trijų bazinių stočių lauko stiprumus, pagal kurių reikšmes nustatoma mobilaus telefono pozicija. Tai atlieka tinklo mobiliųjų abonentų lokacijos centras (MLC). Tuo atveju, kada transportas juda žinomu keliu, užtenka matuoti vienos bazinės stoties lauko stiprumą. Cell-ID+TA metodu gautas pozicijos diskretines koordinacių reikšmes, papildant E-CGI metodu gautomis reikšmėmis, galima padidinti pozicionavimo tikslumą keletą kartų.

AOA metodas paremtas bazinių stočių kryptinių antenų panaudojimu. Kiekvienos bazinės stoties kryptinių antenų pagalba celės suskaidomos į atskirus sektorius. Jeigu mobilus telefonas yra kelių tokių bazinių stočių sektoriuose, tai, nustačius kiekvienos iš jų tuos sektorius, kuriuose yra ta pati mobilioji stotis, galima gana tiksliai nustatyti mobilaus telefono vietą. Metodas labai gerai tinka atvirose vietovėse, kuriose yra didelis bazinių stočių tankis.

Pozicionavimas, paremtas TOA metodu, pasižymi tuo, kad priimančios bazinės stotys nustato mobilaus telefono signalo priėmimo laikus. Tam turi būti patobulintos bazinės stotys įdiegiant LMU įrangą. LMU įranga turi turėti GPS tikslius laiko žymes. Pagal laikų skirtumus nustatomos mobilaus telefono vieta. Kuo daugiau bazinių stočių dalyvauja pozicionavimo procese, tuo tiksliau nustatoma mobilaus telefono vieta.

E-OTD metodas yra panašus į TOA metodą tuo, kad atliekami bent trijų bazinių stočių siunčiamų signalų vėlinimo matavimai viename mobiliame telefone ir gautos reikšmės perduodamos GSM tinklu. Metodas yra artimas ir GPS metodui, tik šiuo atveju pozicionavimo palydovai yra pakeisti bazinėmis stotimis.

Derinant GSM ir GPS pozicionavimo metodus gaunamas A-GPS metodas, kuris pasižymi dideliu tikslumu net ir uždaroje patalpose. GSM tinklas naudojamas GPS pagalbinių signalų paskleidimu per GSM bazines stotis. Papildomai turi būti naudojama lokacijos tarnybinė stotis. A-GPS metodas užtikrina GPS garantuojamą lokacijos tikslumą ir suteikia galimybę nustatyti objektų koordinates pastatų viduje.

### **2.3.1.2. GSM/UMTS telefonams su palydovine pozicionavimo įranga**

#### **2.3.1.2.1. GPS (Global Positioning System)**

Šiuo metu yra vienintelė palydovinė vietos nustatymo sistema – GPS (global positioning system). Šią sistemą sukūrė ir palaiko JAV gynybos departamentas. Sistema sudaryta iš 24 palydovų, besisukančių tarpusavyje suderintomis orbitomis skrieja maždaug 19000 km aukštyje

aplink Žemę. Principinė GPS palydovų orbitų schema pateikta 5 pav..



5 pav. Principinė GPS palydovų orbitų schema

GPS be jokio įjungimo mokesčio, nepriklausomai nuo oro sąlygų, veikia visame pasaulyje 24 valandas per parą. GPS palydovai griežtai nustatytais orbitomis apsisuka aplink žemę du kartus per dieną. GPS palydovai nuolat siunčia sinchronizuotus skaitmeninius radijo signalus. Šiuos signalus priima specialus įrenginys – GPS imtuvas, kuris pagal signalų gavimo laiko skirtumus trianguliacijos būdu apskaičiuoja imtuvo buvimo vietos geografines koordinatas. Palydovų orbitos nustatytos ir tarpusavyje suderintos taip, kad bet kuriuo metu, bet kurioje žemės rutulio vietoje imtuvas galėtų priimti signalus iš mažiausiai 5 skirtingų palydovų. Atvirose, lygiose vietovėse vienu metu galima priiminėti net 12 skirtingų palydovų signalus, tačiau tiek daug signalų priimama nedažnai - kalnai, pastatai ir net žmogaus kūnas trukdo priimti aukšto dažnio (1,5 GHz) signalus.

Taikant GPS technologiją, mobiliajame įrenginyje privalo būti įmontuotas GPS imtuvas arba turi būti galimybė prijungti išorinį GPS imtuvą. Tačiau yra keli įprastinio GPS imtuvo įmontavimo į mobiliojo telefono aparatą trūkumai. Mobilusis telefonas esti didesnis, padidėja jo kaina, trumpiau naudojama baterija. Be to, GPS neveikia, kai nėra tiesioginio bent trijų palydovų matomumo (pavyzdžiui, patalpose, tarp pastatų ir pan.).

#### **2.3.1.2.2. A-GPS (Assisted Global Positioning System)**

A-GPS (assisted GPS) – tai mišri technologija, naudojant GPS palydovų duomenis ir papildomą informaciją iš bevielio ryšio tinklo. Naudojant A-GPS technologiją vieta nustatoma net esant blogoms palydovų matomumo sąlygoms ar visai be jų – tuo atveju vietai nustatyti yra naudojamas mobilusis tinklo infrastruktūra. Kartu A-GPS technologija turi dar kelis kitus esminius

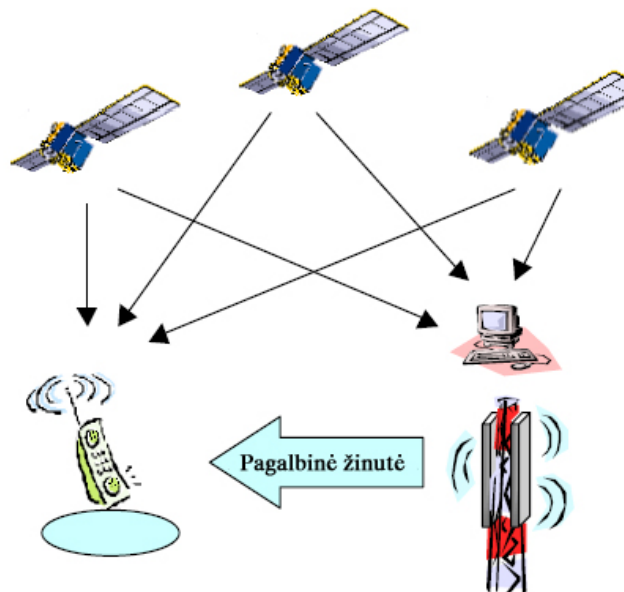
privalumus: pagrindiniai skaičiavimai atliekami tinkle, todėl sumažėja GPS dalis telefone, o kartu ir pats telefono aparatas, baterijų naudojimas.

### Principas

A-GPS metodas negali būti vadinamas grynai korinio ryšio metodu, kadangi jis remiasi ir GPS technologija. Šis metodas gali būti vadinamas hibridiniu tarp palydovinio pozicionavimo ir korinio pozicionavimo. A-GPS standartizuota pozicionavimo technologija GSM, taip pat ir kituose tinkluose.

A-GPS serveris naudoja GPS imtuvą pagalbinės informacijos susijusios su mobiliuoju telefonu kaupimui ir tada šią informaciją perduoda į mobilių telefoną naudojant GSM tinklą. Ši informacija naudojama padėti sekti telefono poziciją.

Pagrindinė assisted GPS idėja – sukurti GPS paremtą tinklą, kurio imtuvai neturi kliūčių su palydovais ir gali dirbti pastoviai. Šis tinklas taip pat sujungtas su korine infrastruktūra, pastoviai tikrina realaus laiko būseną ir tiekia tokią informaciją, kaip apytikslė mobilaus telefono pozicija (ar bazinės stoties pozicija), palydovų matomumas, ephemeris ir laiko koregavimas, Doppler. Mobiliam telefonui ar lokacijos aplikacijai pareikalavus, pagalbinė informacija gauta iš GPS paremto tinklo perduodama į mobiliojo telefono GPS imtuvą kad užtikrinti greitą paleidimą ir padidinti sensoriaus jautrumą.



6 pav. A-GPS metodas

### Charakteristikos

Lokacijos vietos tikslumas naudojant A-GPS pagrinde priklauso nuo to, kokioje aplinkoje

yra mobilusis telefonas. Metodo tikslumas su 67% neapibrėžtumu.

**1 lentelė. Galimos padėties nustatymo paklaidos naudojant A-GPS metoda**

	Užmiestis	Priemiestis	Miestas
A-GPS	10m – 20m	10m – 20m	30m – 100m

Šio metodo prieinamumas labai geras užmiesčiuose ir priemiesčiuose.

Lyginant su įprastiniu GPS, A-GPS gali:

- Sumažinti paleidimo laiką, kuris yra palyginti ilgas dėl ilgai trunkančio navigacijos žinutės gavimo (nuo 30 sekundžių iki keleto minučių). Šis laikas sumažinamas dėl to, kad telefonas jungiasi tiesiai prie reikalingų palydovų apie kuriuos gauna informaciją pagalbinėje žinutėje.
- Padidinti pozicionavimo tikslumą; pagalba aptinkant silpnus signalus (padidina pradinį tikslumą 25dB).
- Sumažinti energijos suvartojimą dėl ilgo GPS signalo gavimo laiko.
- Sumažinti laiką iki pirmojo fiksavimo (Time-To-First-Fix). TTFF – laikas kol GPS gauna pozicijos informaciją po to kai gavo pozicijos užklausimą. Įprastinis GPS paprastai užtrunka keletą minučių pirmos pozicijos nustatymui. Šis laikas aiškiai per ilgas, ypač skubios pagalbos atveju. A-GPS atveju TTFF gali būti sumažintas iki 30 sekundžių.

**2 lentelė. Laikas iki pirmojo fiksavimo GPS ir A-GPS technologijose**

	Įprastas GPS	Assisted GPS	Pagalbinė informacija
TTFF	> 30s	1-10 s	Ephemeris, (Timing)
Tikslumas	<10 m	1-10m (pastato viduje 30m)	DGPS
Jautrumas	-130 dBmW	-150-155 dBmW	Navigacijos informacija, Timing
Padengimas	Tik atviroje erdvėje	Uždaroje erdvėje, miesto teritorijoje	Ephemeris, Navigacijos informacija, Timing

### Apribojimai

A-GPS nepalaikoma standartinių mobiliųjų telefonų. Šia technologija galėtų pasinaudoti tik keletas mobiliųjų telefonų modelių. Metodas užtikrina didelį tikslumą, tačiau negali būti naudojamas pastato viduje, ar vietovėse su aukštais statiniais. Ryšiui užtikrinti turi būti matomi mažiausiai 3 palydovai.

### Poveikis

Didelis poveikis mobiliajam telefonui, kadangi jis turi turėti GSM ir GPS imtuvus.

Tinkle reikalingi imtuvai, kurie galėtų tiekti reikalingą papildomą informaciją.

### 2.3.1.3. Išvados

Šiuo metu nėra technologijos – lyderės. Visos technologijos turi savo privalumų bei trūkumų.

Cell-ID metodas yra paprasčiausias, tačiau mažiausiai tikslus. Taikant šį metodą mobiliojo telefono vieta nustatoma pagal artimiausią bazinę stotį. Šis metodas veikia visada kai tik yra ryšys. Cell-ID metodas dažnai populiariesnis dėl pigumo. Ši technologija ir jos variantai negali pilnai užtikrinti reikiamo tikslumo visoje erdvėje ir gali būti naudojamas tik miestuose.

Cell-ID + Timing Advance (TA) kaip standartizuotas ETSI gali būti naudojamas pagalbėti kitiems metodams ir būti kaip atsarginis būdas. Metodo įdiegimo kaina ženkliai aukštesnė už Cell-ID, o vietos nustatymo tikslumas padidėja nežymiai.

Taikant AOA metodą nustatomas mobiliojo telefono signalų atėjimo kampas dviejose bazinėse stotyse. Šių pelengatorių susikirtimo taškas vienareikšmiškai apibrėžia mobiliojo telefono vietą. Šiam metodui realizuoti visose bazinėse stotyse reikia įrengti labai tikslus pelengatorius. AOA metodas blogai tinka urbanizuotoms vietovėms, nes atspindžiai nuo pastatų iškraipo signalus. Taip pat tikslumas yra prastas jei naudojamas standartinės konfigūracijos (be pelengatorių) tinklas.

Cell-ID + Signalo stiprumas. MS nuolat matuoja signalo, priimamo iš visų aplinkinių BTS, stiprumą ir siunčia ataskaitas į aktyviai naudojamą BTS. Pagal signalo stiprumą tiksliai nustatyti vietos neįmanoma, kadangi kintantis aplinkos poveikis įtakoja signalo stiprumą

E-CGI metodas apjungia Cell-ID+TA bei signalo stiprumo metodus. Naudojant šį metodą galima tiksliausiai iš visų paminėtų metodų nustatyti objekto buvimo vietą. Šis metodas, derindamas du kitus metodus, šiek tiek sumažina paklaidą lemiančių faktorių įtaką, tačiau ji vis dėlto išlieka. Tai pats brangiausias iš apžvelgtų metodų.

E-OTD gali būti naudojamas visose erdvėse išskyrus užmiesčio vietas, kur neįmanoma trianguliacija dėl per didelio atstumo tarp bazinių stočių.

A-GPS pilnai užtikrina reikiamą tikslumą, tačiau negali būti naudojamas pastatų viduje ir erdvėse su aukštais statiniais.

Dėl aukštos kainos TOA ir AOA sprendimai nerekomenduojami.

E-OTD ir A-GPS verta įdiegti dėl didesnio tikslumo.

E-OTD dirba tik tose erdvėse, kur matoma trys ar daugiau bazinių stočių. Jei matoma viena bazinė stotis, tada naudojama Cell-ID technologija. A-GPS naudoti sudėtinga patalpų viduje ir erdvėse, kuriose egzistuoja signalą užstojančios pastatai ar kiti objektai. A-GPS gali būti papildytas tinklu pagrįsta informacija, kad būtų galima užtikrinti 100% tinklo padengimą.

Taigi galima pasakyti, kad nėra nei vienos technologijos idealiai atitinkančios visus reikalavimus. Žiūrint visiškai techniškai, galima teigti, kad geriausias sprendimas – skirtingų technologijų derinimas. Šių technologijų derinimas leidžia bent dalinai eliminuoti kiekvieno metodo

tikslumui daromą aplinkos poveikį. Vienus metodus tikslingiau taikyti apgyvendintose teritorijose, kitus atviroje erdvėje ir pan..

#### **2.4. Bendravimo formatas**

Vietos nustatymo užklausa ir atsakas vykdomi standartizuotu LIF MLP formatu [11]. Šio formato tikslas – užtikrinti paprastą ir saugų prisijungimo metodą, kuris leistų Internetinėms taikomosioms programoms užklausti su vieta susijusios informacijos nepriklausomai nuo sąsajos technologijos ir vietos nustatymo metodo. Mobilios Lokacijos Protokolas (MLP), suderinamas su HTTP, SSL/TLS ir XML.

Atsakyme apie vietą gražinama kokio telefono vietos informacija pateikiama (msid), koku laiku buvo nustatyta ieškomoji vieta pateikiant nustatymo metus, mėnesį, dieną, valandą, minutę ir sekundę (time), koordinatės laipsniais (coord), paklaidos apskritimo spindulys metrais (radius).

Sėkmingas atsakymas apie ieškomą telefoną 37065016830, kuris buvo surastas 2007 metų balandžio 28 diena 1 valandą 4 minutės 23 sekundės ir buvo 1250 metrų spindulio celėje, kurios koordinatės (301547,578; 4509657,537) atrodytų taip:

```
<slrep ver="3.0.0">
  <pos>
    <msid>37065016830</msid>
    <pd>
      <time>20070428010423</time>
      <shape>
        <CircularArea srsName="www.epsg.org#4004">
          <coord>
            <X>301547.578</X>
            <Y>4509657.537</Y>
          </coord>
          <radius>1250</radius>
        </CircularArea>
      </shape>
    </pd>
  </pos>
</slrep>
```

Perdavus atsakymą apie objekto buvimo vietą į tarpinę įrangą, nustatytos koordinatės XML formatu perduodamos į GIS apdorojimo sistemą (apibendrintoje architektūroje GIS engine) per GIS sąsają (apibendrintoje architektūroje GIS gateway). Žemėlapis su atvaizduota objekto vieta per taikomųjų programų sąsają gražinamas vietos nustatymo paslaugai.

#### **2.5. Signalizacijos signalų loginės diagramos**

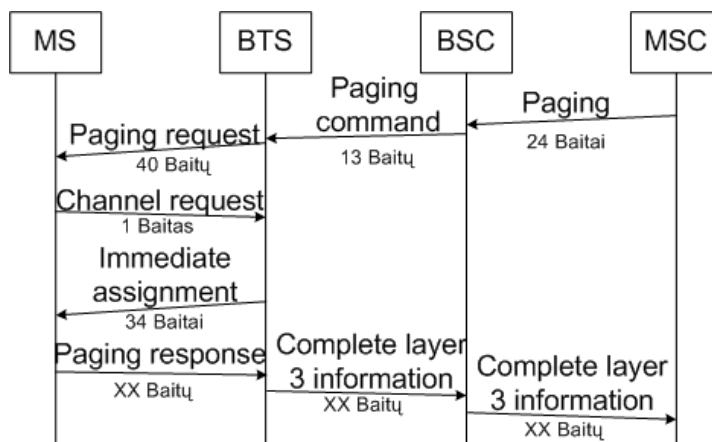
Transporto priemonės (krovinio) vieta gali būti nustatoma tik sužadinus MS. Dažniausiai naudojami šie sužadavimo veiksmai:

- MS apklausimas (Paging)
- SMS išsiuntimas
- Pokalbio vykdymas.

Kiekvienam MS sužadavimo būdai generuojama skirtingo turinio vietos informacija.

### 2.5.1. MS apklausimas

Jeigu norima priverstinai vykdyti MS vietos nustatymo procedūrą, siunčiamos žinutės, pavaizduotas (7 pav.).

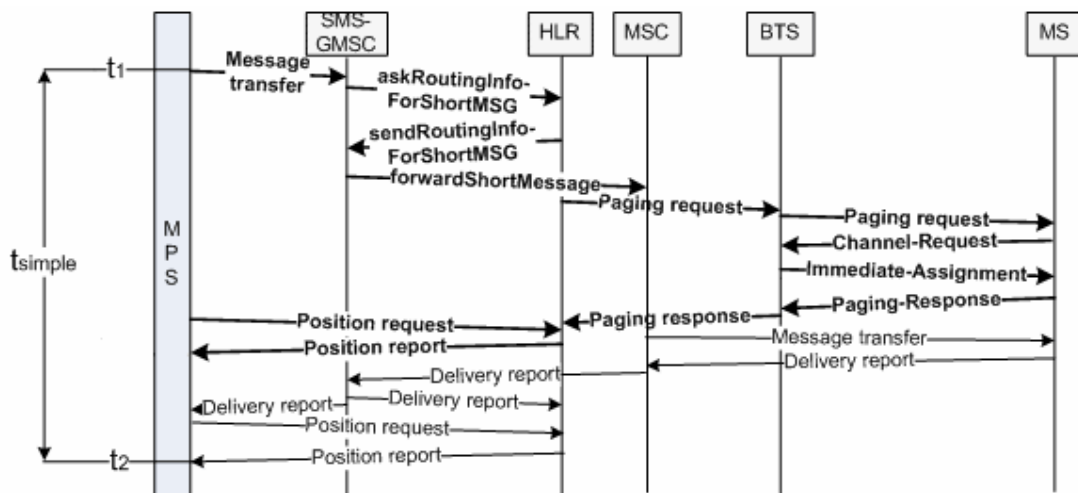


7 pav. Priverstinė MS aktyvinimo apklausimo būdu laikinė diagrama

Apklausimo metu tinkle inicijuojama MS paieška neturint tikslo užmegzti ryšį su abonentu ir jam perduoti informaciją, bet siekiant gauti tinklo parametrus iš MS. Atsakydama į užklausą, MS siunčia į BTS matavimų žinutę MEAS\_REP [12], kurioje yra informacija apie tai, kokia stotis aptarnauja MS, koks aptarnaujančios bei dar 6 kaimyninių stočių signalo lygis, TA (Timing advance) parametro reikšmė, taip pat kiti ryšio parametrai.

### 2.5.2. SMS išsiuntimas

Trumpoji žinutė (SMS) GSM tinkle gali būti išsiųsta tuo pačiu metu kai vyksta pokalbis, nes balso signalui perduoti naudojamas balso kanalas, o SMS perduodama per signalizacijos terpę. Šiuo atveju, kai visi pokalbio kanalai užimti, SMS vis tik gali būti išsiųsta. Tačiau ir signalizacijos kanalai turi ribotą pralaidumą. Dėl riboto pralaidumo, žinutės dydis įtakoja siuntimo laiką. Vietos atnaujinimo atveju, kai žinute nereikia perduoti informacijos, geriausia siųsti tuščią žinutę. Šiuo atveju MS komunikuoja su tinklu taip pat, kaip ir siunčiant įprastinę žinutę, tačiau ši žinutė nerodoma vartotojui, be to vartotojas negirdi įprastinio garsinio signalo pranešančio apie žinutę. Trumposios žinutės, neturinčios turinio, siuntimas inicijuoja MS sužadimą, todėl galima nustatyti MS vietą. MS suradimo procedūra pavaizduota 8 pav..

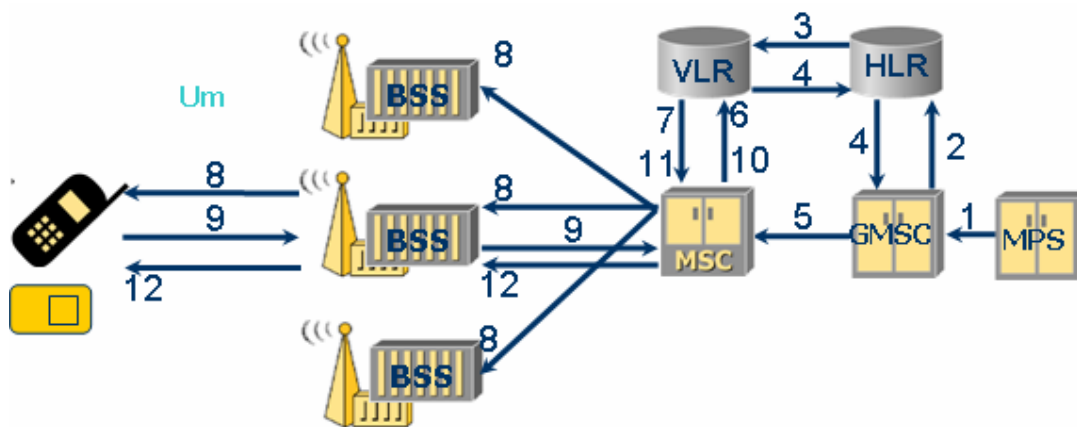


8 pav. Vietos atnaujinimo procedūra

### 2.5.3. Pokalbio vykdymas

Pokalbio metu MS nuolat matuoja visus tinklo radijo dalies parametrus ir siunčia juos į BTS. Tai reiškia, kad periodiškai kas 480 ms (toks yra SACCH blokų kartojimo laikas), siunčiama tiek informacijos, kiek ir vykdant perdavimo procedūrą. Kai kuriais atvejais šis periodas gali būti padidintas iki 1s.

Pokalbių sujungimo procesas pavaizduotas 9 pav..



9 pav. Sujungimo pokalbiui procesas

***Sujungimas pokalbiui procesas vyksta tokiu nuoseklumu:***

1. Ateinantis skambutis persiunčiamas iš MPS į Gateway
2. Pagal IMSI numerį surandamas HLR
3. HLR patikrina numerio egzistavimą. Atitinkamas VLR prašomas duoti mobilios stoties roaming'o numerį (MSRN).
4. MSRN numeris gražinamas į GMSC



5. Atliekamas sujungimas per atsakingą MSC
6. VLR klausiamas dėl mobilaus abonento paieškos statuso
7. Jei mobili stotis randama, radijo skambutis aktyvuojamas
8. Siunčiama abonento paieška į visas radijo zonas priklausančias konkrečiam VLR
9. Mobilusis telefonas atsako į užklausą
10. Atliekamos visos reikalingos saugumo procedūros
11. VLR praneša MSC, kad skambutis galimas
12. Įvykdomas sujungimas.

## **2.6. Koordinačių susiejimas su vietos informacija**

### **2.6.1. Geokodavimas ir atvirkštinis geokodavimas**

Koordinačių susiejimas su vietos informacija vadinamas geokodavimu arba atvirkštinio geokodavimu, priklausomai nuo to ar koordinatės siejamos su vieta ar atvirkščiai.

Geokodavimo paslauga leidžia nustatyti geografines koordinates pagal adresą. Adresas gali būti nurodytas įvairiais būdais: pagal gatvę ir namo numerį, pagal gatvių susikirtimą, pagal pastato pavadinimą, pagal vietovardį ir pan..




Atvirkštinis geokodavimas – tai adreso, objekto arba vietovės pavadinimo nustatymas pagal koordinates. Paprastai šios funkcijos rezultatas yra objektų, atitinkančių nurodytas koordinates, sąrašas (pavyzdžiui, E25°16'54", N54°14'15" → Studentų g. 56, Kaunas; KTU Elektronikos rūmai; Kauno miestas; Lietuva).


Kaip tiksliai galima atlikti geokodavimą ar atvirkštinį geokodavimą priklauso nuo pirminės informacijos tikslumo. Tai yra, jeigu vietos nustatymas buvo su tam tikra paklaida, vietovės tekstinis apibūdinimas ar atvaizdas žemėlapyje negali būti tikslesnis.

Nustatinėjant transporto buvimo vietą pasitelkiant vietos nustatymo platformą, naudojamas atvirkštinis geokodavimas. MLP formatu visada pateikiama vietovės koordinatės (x,y) bei vietos nustatymo paklaida (r). Informacijos atvaizdavimui žemėlapyje, vietos nustatymo paklaida neturi įtakos. Atitinkamo mastelio žemėlapyje nupiešiamas apskritimas atsižvelgiant į vietos nustatymo paklaidą r. Tekstinis vietovės apibūdinimas labai priklauso nuo vietos nustatymo paklaidos. Paklaida apsprendžia kokio detalumo tekstinę informaciją galima pateikti.

**3 lentelė. Galimi atsakymų pavyzdžiai**

MLP atsakas	Tekstinis aprašymas	Žemėlapis

<pre> &lt;slrep ver="3.0.0"&gt; &lt;pos&gt; &lt;msid&gt;37065016830&lt;/msid&gt; &lt;pd&gt; &lt;time&gt;20070428010423&lt;/time&gt; &lt;shape&gt; &lt;CircularArea srsName="www.epsg.org#4004"&gt; &lt;coord&gt; &lt;X&gt;497360.578&lt;/X&gt; &lt;Y&gt;6084312.537&lt;/Y&gt; &lt;/coord&gt; &lt;radius&gt;25000&lt;/radius&gt; &lt;/CircularArea&gt; &lt;/shape&gt; &lt;/pd&gt; &lt;/pos&gt; &lt;/slrep&gt; </pre>	<p>Kauno miestas</p>	
<pre> &lt;slrep ver="3.0.0"&gt; &lt;pos&gt; &lt;msid&gt;37065016830&lt;/msid&gt; &lt;pd&gt; &lt;time&gt;20070428010423&lt;/time&gt; &lt;shape&gt; &lt;CircularArea srsName="www.epsg.org#4004"&gt; &lt;coord&gt; &lt;X&gt;497360.578&lt;/X&gt; &lt;Y&gt;6084312.537&lt;/Y&gt; &lt;/coord&gt; &lt;radius&gt;1000&lt;/radius&gt; &lt;/CircularArea&gt; &lt;/shape&gt; &lt;/pd&gt; &lt;/pos&gt; &lt;/slrep&gt; </pre>	<p>Kauno miestas, Gričiupis</p>	
<pre> &lt;slrep ver="3.0.0"&gt; &lt;pos&gt; &lt;msid&gt;37065016830&lt;/msid&gt; &lt;pd&gt; &lt;time&gt;20070428010423&lt;/time&gt; &lt;shape&gt; &lt;CircularArea srsName="www.epsg.org#4004"&gt; &lt;coord&gt; &lt;X&gt;497360.578&lt;/X&gt; &lt;Y&gt;6084312.537&lt;/Y&gt; &lt;/coord&gt; &lt;radius&gt;300&lt;/radius&gt; &lt;/CircularArea&gt; &lt;/shape&gt; &lt;/pd&gt; &lt;/pos&gt; &lt;/slrep&gt; </pre>	<p>Saulės ir Studentų g. Sankirta ir aplinkinė teritorija, Kauno miestas</p>	

<pre> &lt;slrep ver="3.0.0"&gt; &lt;pos&gt; &lt;msid&gt;37065016830&lt;/msid&gt; &lt;pd&gt; &lt;time&gt;20070428010423&lt;/time&gt; &lt;shape&gt; &lt;CircularArea srsName="www.epsg.org#4004"&gt; &lt;coord&gt; &lt;X&gt;497360.578&lt;/X&gt; &lt;Y&gt;6084312.537&lt;/Y&gt; &lt;/coord&gt; &lt;radius&gt;50&lt;/radius&gt; &lt;/CircularArea&gt; &lt;/shape&gt; &lt;/pd&gt; &lt;/pos&gt; &lt;/slrep&gt; </pre>	<p>Studentų g. 50, Kauno miestas</p> <p><i>arba</i></p> <p>KTU Fundamentaliųjų mokslų ir Informatikos fakultetas</p>	
--	--	--

Jeigu turima informacija apie vietą tekstiniu pavidalu, tai yra adresas, vietovės ar objekto aprašymas, ir reikia rasti objekto koordinates, vykdomas geokodavimas.

Vienas iš paprasčiausių geokodavimo metodų yra adreso interpoliacija. Šis metodas naudoja GIS, esančią gatvių informaciją, kur gatvių tinklas jau susietas su geografinėmis koordinatėmis. Kiekvienam gatvės segmentui priskirtos galimos adresų ribos (pvz., segmento galuose esančių namų numeriai). Geokodavimo metu, pagal adresą surandama gatvė ir specifinis segmentas. Tada interpoliuojama adreso pozicija, pagal segmento adresų ribas.

### **Apsunkinančios aplinkybės**

- Daugiaprasmiai adresai (pvz., vien tik gatvės informacijos dažniausiai nepakanka, reikia miesto ar pašto kodo)
- Dažniausiai nauji gatvių adresai dar nebūna įvesti GIS duomenų bazėje.
- Prielaida, kad vienoje gatvės pusėje namų numeriai lyginiai, o kitoje nelyginiai, ne visada teisinga.
- Interpoliavimas remiasi prielaida, kad namų sklypai tolygiai pasiskirstę pagal visą gatvės segmento ilgį. Bet gyvenime tai dažniausiai netiesa, ir geokoduoti adresai gali skirtis keliais šimtais metrų nuo tikros vietovės.
- Dauguma interpoliacijos paslaugų adresui grąžina vietovės tašką. Realybėje fiziniai adresai išsidėstę palei segmento ilgį. Pvz., prekybos centro teritorija gali užimti didelę gatvės segmento dalį.

Dėl šių aplinkybių, interpoliuotus rezultatus galima naudoti nekritinėse aplikacijose, pvz.,

greito maisto pristatymui į namus. Interpoliuojantis geokodavimas dažniausiai netinkamas priimti patikimus sprendimus, pvz., jei tai gali įtakoti gyvybės saugumą. Nelaimingų atsitikimų tarnybos nepriima svarbių sprendimų remdamosi interpoliuotais rezultatais – greitosios pagalbos ar gaisrinės mašina išsiunčiama nepriklausomai ką rodo žemėlapis.

### **Kiti geokodavimo būdai**

Kitas geokodavimo būdas, kai ieškoma taško žemės sklypo viduje, jei sklypo duomenys jau yra GIS duomenų bazėje. Užmiesčio teritorijose ar kitose vietose, kur mažai aukštos kokybės gatvių tinklo informacijos ir adresavimo, naudojamas GPS. Eismo nelaimės atvejais, naudingas gatvių susikirtimo, ar gatvių centrų geokodavimas. Išsivysčiusiose šalyse dauguma greitkelių turi žymeklius kas kilometrą (ar mylią), kurie naudingi suteikiant greitąją pagalbą nelaimės atveju, atliekant tvarkymo darbus ar naviguojant. Taip pat įmanoma panaudoti kelis geokodavimo būdus – naudojant tinkamiausią būdą specifiniams atvejams ar situacijoms.

### **2.6.2. Atvirkštinis geokodavimas, kai vieta nustatoma mobiliojo ryšio tinklo pagalba**

Nustatant transporto priemonės buvimo vietą Cell-ID metodu, iš mobiliojo ryšio tinklo grįžta informacija apie anteną, prie kurios yra prisijungęs nustatomas įrenginys. Antena aprašoma identifikaciniu numeriu Cell-ID. Gavus šį numerį, kreipiamasi į Celių identifikacinių numerių duomenų bazę, kur Cell-ID yra susieta su koordinatėmis (x,y) bei paklaidos reikšme (r). Priklausomai nuo x,y bei r, atliekamas atvirkštinis geokodavimas ir gražinamas vietovės tekstinis aprašymas, o taip pat vietovės žemėlapis su atvaizduota vieta.

Kiti vietos nustatymo metodai taip pat turi iš anksto prognozuojamus rezultatus. Tai yra, rezultatų aibė yra baigtinė. Kiekvieno iš metodų rezultatai reiškia vieną rezultatą iš duomenų bazėje iš anksto įrašytų duomenų rinkinio x,y,r.

Šiuo atveju atvirkštinį geokodavimą galima supaprastinti, tai yra turėti iš anksto paruoštus atvirkštinio geokodavimo rezultatus. Galimi išankstinių rezultatų failai pavaizduoti lentelėse 4 ir 5.

**4 lentelė. Atvirkštinio geokodavimo failas Cell-ID metodui**

Cell-ID	x	y	r	Apibūdinimas
1005	497360.578	6084312.537	300	Saulės ir Studentų g. Sankirta ir aplinkinė teritorija, Kauno miestas
2004	497354.325	6084345.047	2000	Garliava ir aplinkinė teritorija

**5 lentelė. Atvirkštinio geokodavimo failas Cell-ID+TA metodui**

Cell-ID	TA	x	y	r	Apibūdinimas
2004	3	497354.325	6084345.047	550	Garliava, Vasario 16-

					osios g. Ir aplinkinė teritorija
--	--	--	--	--	----------------------------------

### 2.6.3. Atvirkštinis geokodavimas, kai vieta nustatoma palydovinio ryšio pagalba

Jeigu vietos nustatymo paklaida yra labai maža, į paklaidos teritoriją gali nepakliūti nei vienas objektas. Tuomet atvirkštinis geokodavimas vykdomas parenkant arčiausiai esantį objektą (O). Objekto parinkimui įtaką turi atstumas (d) bei objekto žinomumas (f). Objekto žinomumas vertinamas subjektyviai atsižvelgiant į informacijos apie jį panaudojimo sritį. Pavyzdžiui transporto sistemose prie labiau žinomų objektų gali būti priskirtos degalinės, viešbučiai, objektai esantys netoli kelio. Nustatytos vietos atstumui iki objekto apskaičiuoti naudojama atstumo skaičiavimo formulė:

$$d = \sqrt{(x_{loc} - x_{obj})^2 + (y_{loc} - y_{obj})^2}$$

kur  $x_{loc}, y_{loc}$  yra nustatytos vietos koordinatės,  $x_{obj}, y_{obj}$  yra objekto koordinatės.

Tinkamiausias objektas parenkamas pagal formulę:

$$O_i = \frac{f_i}{d_i}$$

Parenkamas tas objektas kurio  $O_i$  yra didžiausias, tai yra žinomumo santykis su atstumu yra geriausias.

Galimi apribojimai, kad žinomumas nebūtų mažesnis už tam tikrą dydį, t.y. tikrinami tik tie objektai kurių  $f_i$  yra didesnis už nustatytą dydį. Taip pat galimas apribojimas, kad atstumas  $d_i$  būtų mažesnis už tam tikrą dydį. Esant specifiniams reikalavimams, galima apriboti abu parametrus. Tuo atveju jeigu sąlyga netenkinama, galima arba iš viso negražinti vietos informacijos arba padidinti vieno iš parametru toleranciją.

## 2.7. Reikalavimai vietos nustatymo platformai

### 2.7.1. Reikalavimai vietos nustatymo kokybei

Reikalavimai vietos nustatymo paklaidai priklauso nuo sprendžiamų transporto uždavinių. Paslaugos gali būti sugrupuotos į visuomenės saugumo paslaugas (skubios pagalbos ir išankstinio perspėjimo apie įvykius), abonentų vietos nuolatinio stebėjimo paslaugas (valdymo gerinimui, eismo srautų valdymui), skambučių persiuntimo į arčiausiai esančias tarnybas (policijos, greitosios pagalbos, gaisrines) ir aptarnavimo pagal vietovę paslaugas (perspėjimo, informavimo, objektų

paieškos).

6 lentelė. Paslaugų reikalavimai vietos nustatymo kokybei

Paslaugos kategorija	Galima paklaida					Galimas atsakymo laikas
<b>Viešojo saugumo paslaugos</b>						
Skubi pagalba (112)	Pastate	Mieste	Priemiestyje	Užmiestyje	Kelyje (eSafety)	<5 s
Skambinantysis nusako pagrindinę informaciją	10-50m		30-100m	50-100m	20-100m	
Skambinantysis nenusako pagrindinės informacijos	10-50m		10-100m			
Perspėjimas apie pavojų	125m					<5 s
<b>Stebėjimo paslaugos</b>						
Transporto grupių valdymas	125m					5s ir daugiau
Turto valdymas	10-125m					5s ir daugiau
Eismo stebėjimas	10-40m					5s
Žmogaus paieška	10-125m					5s ir daugiau
Gyvūno paieška	10-125m					5s ir daugiau
<b>Informacinės paslaugos</b>						
Navigacinės paslaugos	10-20m					<5 s
Miesto vadovo-gido paslaugos	10-500m					<30s
Regioninės informacijos transliavimas	10-500m					<30s
Reklamos transliavimas	125m					Nesvarbu
Geltonieji puslapiai	125m					<30s

Teikiant skubios pagalbos paslaugas leistina paklaida 50 m (67% atveju), 150 m (95% atveju), išankstinio perspėjimo apie įvykius paslaugas, valdymo gerinimui skirtas paslaugas – 125 m, transporto valdymui skirtas paslaugas – priklausomai nuo vietos nuo 10 iki 40 m.

Persiunčiant skambučius į arčiausiai esančias tarnybas sutaupomas reagavimo laikas. Šioms paslaugoms teikti pakankama vietos nustatymo paklaida – 125 m.

Skirtingos aptarnavimo pagal vietovę paslaugos iškelia skirtingus reikalavimus vietos nustatymui. Pateikiant informaciją kaip patekti į norimą vietą, nustatymo paklaida turėtų neviršyti 10-20m. Nurodant judėjimo kryptis, pagrindines tarnybas ir paslaugų įmonių ir organizacijų vietas leistina paklaida kinta labai plačiose ribose: nuo 10 m iki 500 m. Tuo atveju, kai reikia teikti informaciją abonentams, esantiems tam tikroje vietovėje, MS pakankama vietos nustatymo paklaida

125 m.

### 2.7.2. Reikalavimai vietos nustatymo technologijai

Lietuvoje, remiantis kitų šalių patirtimi, išnaudotos pačios paprasčiausios vietos nustatymo metodų galimybės. Tačiau auga poreikis vietos nustatymo tikslumo padidinimui. Tikslumo padidinimui reikia naudoti sudėtingesnes vietos nustatymo technologijas.

Didžiausią poreikį turinčių transporto vietos nustatymo paslaugų Lietuvoje nustatymui, bei labiausiai tinkamų vietos nustatymo technologijų parinkimui, buvo atliktas poreikio bei galimybių tyrimas.

Reikalavimai vietos nustatymo paklaidai priklauso nuo sprendžiamų transporto uždavinių. Paslaugos gali būti sugrupuotos į visuomenės saugumo paslaugas (skubios pagalbos ir išankstinio perspėjimo apie įvykius), abonentų vietos nuolatinio stebėjimo paslaugas (valdymo gerinimui, eismo srautų valdymui), skambučių persiuntimo į arčiausiai esančias tarnybas (policijos, greitosios pagalbos, gaisrines) ir aptarnavimo pagal vietovę paslaugas (perspėjimo, informavimo, objektų paieškos).

7 lentelė. Vietos nustatymo technologijos tinkamumas LBS paslaugoms teikti

Įrenginys	GSM/3G telefonas	GSM/3G telefonas	GSM/3G/G PS telefonas	GSM/3G/GALILEO telefonas
Tinklas/sistema naudojama objekto vietai nustatyti	GSM/3G tinklas	GSM/3G tinklas	GSM/3G tinklas ir GPS tinklas	GSM/3G tinklas ir GALILEO arba GPS tinklas
Tinklas/sistema naudojama informacijos perdavimui	GSM/3G tinklas	GSM/3G tinklas	GSM/3G tinklas	GSM/3G tinklas
Vietos nustatymo technologija	Cell-ID	Network Adaptive	A-GPS	A-GALILEO
Orientacinis vietos nustatymo tikslumas	500 m.	200 m.	10 m.	3 m.

Viešojo saugumo paslaugos				
Skubi pagalba (112)				
Perspėjimas apie pavojų				
Stebėjimo paslaugos				
Transporto grupių valdymas				
Turto valdymas				
Eismo stebėjimas				
Žmogaus paieška				
Gyvūno paieška				
Informacinės paslaugos				
Navigacinės paslaugos				
Miesto vadovo-gido paslaugos				
Regioninės informacijos transliavimas				
Reklamos transliavimas				
Geltonieji puslapiai				

	Pilnai tinka
	Iš dalies tinka
	Netinka

Detali LBS paslaugų teikimui leistinų vietos nustatymo paklaidų ir informacijos pateikimo vėlinimo laiko suvestinė patekta 4 priede.

Yra daug, labai svarbių, kritinių LBS paslaugų, kurių įgyvendinimas neįmanomas su dabartine technologija, jos teikiamu tikslumu. Nėra pilnai tinkančių ir netinka tokioms svarbioms paslaugoms kaip 112.

Siekiant Lietuvoje išspręsti vietos nustatymo uždavinius, esančius Europos Sąjungos prioritetinių sričių sąrašė, turi būti suprojektuota bei realizuota mobilaus pozicionavimo sistema. Projektuojant sistemą, turi būti atsižvelgta į keliamus reikalavimus vietos nustatymo tikslumui bei galimą vartotojų įrangą. Vartotojų įranga gali būti išskirta į dvi dalis: turima įranga, bei galima naudoti įranga. Įrangos panaudojimo požiūriu, galima išskirti 3 būdus vietos nustatymui:

- Standartinių GSM ar 3G tinklu besinaudojančių telefonų buvimo vietos nustatymas neatliekant jokių pakeitimų vartotojų turimuose mobiliuosiuose telefonuose, bei atliekant kiek galima mažesnius pakeitimus mobiliojo ryšio operatorių tinkluose.
- GPS/GSM imtuvų panaudojimas (jau turimi imtuvai).
- Galileo/GSM imtuvų panaudojimas. (Prioritetine ES sritis, nes siekiama atsisakyti GPS naudojimo)

Investicijos, susijusios su vietos nustatymo paslaugomis, turi būti prasmingos. Vietos nustatymo paklaidos sumažinimui reikalingos investicijos turi būti taip subalansuotos, kad



užtikrintų paslaugų teikiamą naudą ir atsiperkamumą.

Kaip rodo paslaugų, teikiamų Lietuvoje bei kitose Europos Sąjungos šalyse, patirtis, būtų tikslinga išnaudoti palydovinio ryšio teikiamus vietos nustatymo privalumus.

Atsižvelgiant į technologijos įdiegimo kainą ir į jos garantuojamą paklaidą geriausias sprendimas gaunamas kombinuojant kelias technologijas. Pats paprasčiausias metodas Cell-ID su specialiais aprėpties teritorijos apskaičiavimo algoritmais gali būti kaip atsarginis būdas, nustatantis vietą tuo atveju, jei negalima vietos nustatyti sudėtingesnėmis ir tikslesnėmis technologijomis. Tikslinga paruošti platformą leidžiančią naudotis GPS, o nuo 2008 metų ir Galileo, teikiamais vietos nustatymo technologijos privalumais.

### **3. REKOMENDUOJAMI VIETOS NUSTATYMO INFORMACIJOS BEI TRANSPORTO INFORMACIJOS SĄSAJOS SPRENDIMAI**

#### **3.1. Vietos nustatymo metodas GSM/UMTS telefonams**

##### **3.1.1. NWAD**

Visos vietos nustatymo technologijos GSM/UMTS telefonams turi savo privalumų bei trūkumų. Kiekvieno metodo kokybinius parametrus apsprendžia iš tinklo gautos informacijos kiekis, jos kokybė bei aplinkos kurioje taikomas metodas. Kiekvienas metodas turi savo stipriąsias puses tam tikroje aplinkoje. Be to, tinklas ne visuomet gali pateikti metodui pakankamą informacijos kiekį. Pavyzdžiui, kad būtų galima nustatyti objekto vietą Cell-ID + Signalo stiprumas ar E-CGI metodais, telefoną turi pasiekti signalai bent iš 3 antenų. Tai ne visada įmanoma užmiesčio teritorijose, kuriose bazinės stotys yra išdėstytos toli viena nuo kitos. Taip pat tinklas ne visada gali pateikti visą reikiamą informaciją, kad metodu būtų galima apskaičiuoti vietą. Lentelėje pateikiami vietos nustatymo metodai ir jų funkcionavimui reikalinga informacija.

**8 lentelė. Vietos nustatymo metodas pagal iš mobilaus tinklo galima gauti informacija**

	Cell-ID	Cell-ID+TA	Measurement report
Cell-ID	+	+	+
Cell-ID+TA		+	+
Cell-ID+SS			+
E-CGI			+
AOA			+

Iš lentelės matoma, kad metodai Cell-ID + Signalo stiprumas, E-CGI, AOA reikalauja informacijos iš to pačio šaltinio – Measurement report. Todėl galima teigti, kad jei pateikiamos informacijos pakanka vienam iš šių metodų, tikrai pakaks šios informacijos ir kitiems dviems. Iš šių metodų pats tiksliausias yra E-CGI, todėl kitus du galima eliminuoti.

Taigi dominančių metodų lentelė atrodytų taip:

**9 lentelė. NWAD tinkami metodai**

	Cell-ID	Cell-ID+TA	Measurement report
Cell-ID	+	+	+
Cell-ID+TA		+	+
E-CGI			+

Likusius metodus prasminga realizuoti platformoje, kadangi kiekvienas iš jų turi savo privalumų, taip pat jiems reikalingas skirtingas informacijos, pateikiamos iš tinklo, kiekis. Tiksliausia, kad po informacijos iš tinklo pateikimo būtų parinktas pats tinkamiausias iš metodų.

Tinkamiausio metodo parinkimui reikia realizuoti specialų algoritmą, kuris pagal pateiktą informacijos kiekį parinktų tinkamiausią metodą. Algoritmas, metodo parinkimui, turi analizuoti ne tik pateikiamos informacijos kiekį, bet ir pačią informaciją. Pateiktos informacijos kiekis ne visada apsprendžia kuris iš metodų tinkamiausias. Pavyzdžiui, esant mažai celei (vidinės celės būna iki 50m skersmens), papildomai pateikta TA informacija ar signalų lygiai gali pakenkti tikslumui. T.y. panaudojus Cell-ID+TA ar E-CGI metodus tikslumas gali tapti prastesnis.

Kadangi šis algoritmas analizuoja pateiktus duomenis bei parenka tinkamiausią vietos nustatymo metodą, galima jį vadinti prie tinklo prisitaikančiu metodu (NWAD – Network Adaptive).

### **3.1.2. E-Cell-ID**

Naudojantis Cell-ID vietos nustatymo metodu atsakymas apie objekto buvimo vietą pateikiamas kaip teritorija, kurioje veikia iš antenos spinduliuojami signalai. Paprastai skaičiavimo algoritmas apsiriboja paprastu paskaičiavimu kaip tarpusavyje išsidėstę bazinės stotys ir kaip nukreiptos antenos. Geresni algoritmai skaičiavimams naudoja daugiau parametrų (pavyzdžiui, siunčiamo signalo stiprumą). Siekiant maksimaliai padidinti vietos nustatymo Cell-ID metodu tikslumą, tikslinga įvertinti visus antenos veikimo aprėptį įtakojančius parametrus. Šį patobulintą metodą galima vadinti E-CGI (Enriched Cell-ID).

Kadangi atmosferinių sąlygų įtaka GSM naudojamų 900 MHz ir 1800 MHz dažnio radijo bangų sklidimui yra praktiškai lygi nuliui ir lemiamą įtaką šių dažnių radijo bangų sklidimui turi vietovės topografinės ypatybės, signalo stiprumo prognozavimo tikslumą nulemia du pagrindiniai veiksniai: naudojamo topografinio modelio ir radijo signalo stiprumo prognozavimo modelio tikslumas, tai yra, kaip tiksliai turimas topografinis modelis aprašo realią topografinę situaciją ir kaip tiksliai signalo stiprumo prognozavimui naudojamas modelis skaičiavimuose gali įvertinti kartometrinių matavimų duomenis. Modelio tikslumas gali būti įvertinamas lyginant prognozavimo ir signalo stiprumo matavimo lauke rezultatus. Palyginimui be statistinių rodiklių: skirtumų aritmetinio vidurkio ir standartinio nuokrypio įverčio gali būti naudojami kiti kokybės rodikliai,

atspindintys prognozavimo ir matavimų rezultatų atitikimą.

Vienas iš svarbiausių klausimų, nagrinėjamų E-Cell-ID metode, yra GSM/UMTS signalo stiprumo prognozavimo rezultatų tikslumo įvertinimas skaičiavimuose naudojant įvairaus detalumo topografinius modelius. Parengtas *universalus*, *makro celių* radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis *UniMacro*, leidžia įvertinti topografinių modelių kartometrinių matavimų duomenis ir prognozuoti *makro celių* signalo stiprumą tiek neurbanizuotose, tiek urbanizuotose teritorijose.

Pagrindinė parengto *UniMacro* modelio idėja yra tokia: naudojant visus turimus, net skirtingo detalumo topografinius duomenis pagal kartometrinius matavimus nustatyti trijų tipų „matomumo“ iš bazinės stoties zonas ir kiekvienoje iš jų, skaičiuojant signalo perdavimo nuostolius, naudoti skirtingą radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį.

*UniMacro* modelyje naudojami du sąlyginiai paviršiai, kurių kartometrinių matavimų pagrindu yra nustatomos trijų tipų „matomumo“ zonos. Pirmąjį paviršių sudaro signalui nepraeinamos kliūtys. Šį paviršių dažniausiai aprašo Žemės paviršius ir reljefo elementai. Naudojant pirmąjį paviršių nustatomos *nematomumo zonos* (Non Line Of Sight – NLOS). Antrąjį paviršių sudaro signalui dalinai nepraeinamos kliūtys. Šį paviršių dažniausiai aprašo Žemės dangos elementai, tokie kaip: teritorijos užstatymo tankis, augalija, pastatai. Naudojant antrąjį paviršių nustatomos *dalinio nematomumo zonos* (Obstructed Line Of Sight – OLOS). Zonos, esančios „tiesioginiame matomume“ iš bazinės stoties, tai yra kai signalo sklidimo neužstoja nei pirmojo, nei antrojo paviršių objektai, aprašo *tiesioginio matomumo zonos* (Line Of Sight – LOS).

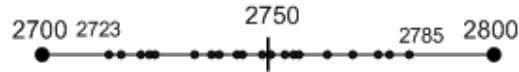
Kita, praktiniam taikymui labai svarbi *UniMacro* modelio naujovė yra tai kad, kad modelyje nėra griežtai nustatyta kas yra kliūtis nustatant tiek LOS ir NLOS, tiek OLOS zonas. Tai leidžia sistemos projektuotojui lanksčiai, pačiam, priklausomai nuo turimų topografinių duomenų struktūros ir tikslumo, norimo prognozavimo greičio ir tikslumo, suformuoti du kartografinius topografijos paviršius, kuriuos naudoti nustatant LOS, OLOS ir NLOS zonas.

Pagal *UniMacro* modelį tarp bazinės stoties ir kiekvienos galimos mobilios stoties buvimo vietos prognozavimo teritorijoje sudaromas vertikalus profilis, pagal kurį nustatoma LOS, OLOS ir NLOS zonos. Kiekvienoje iš jų naudojant skirtingą standartinį radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį, skaičiuojami signalo perdavimo nuostoliai. Gauti rezultatai siejami į vieną kartografinį sluoksnį, ir taip nustatoma *makro celės* signalo stiprumas, aprėptis.

### **3.1.3. E-Cell-ID+TA**

E-Cell-ID+TA vietos nustatymo metodas patobulina paprastą Cell-ID+TA vietos nustatymo metodą tais pačiais skaičiavimo algoritmais kaip ir E-Cell-ID atveju. Taip pat reikia atkreipti, kad TA žiedų ribos gali svyruoti maždaug 30 metrų į vieną ar į kitą pusę. Šią paklaidą svarbu įvertinti pateikiant atsakymą apie vietą.

Galimos TA reikšmės nustatymo paklaidos įvertinimui atliktas eksperimentas, kurio metu gauti rezultatai pateikti 10 pav.. TA reikšmių pasikeitimai fiksuoti užmiesčio teritorijoje, kurioje MS priėmė tik vienos BTS signalus atstumo intervale nuo 2,700 km iki 2,800 km.



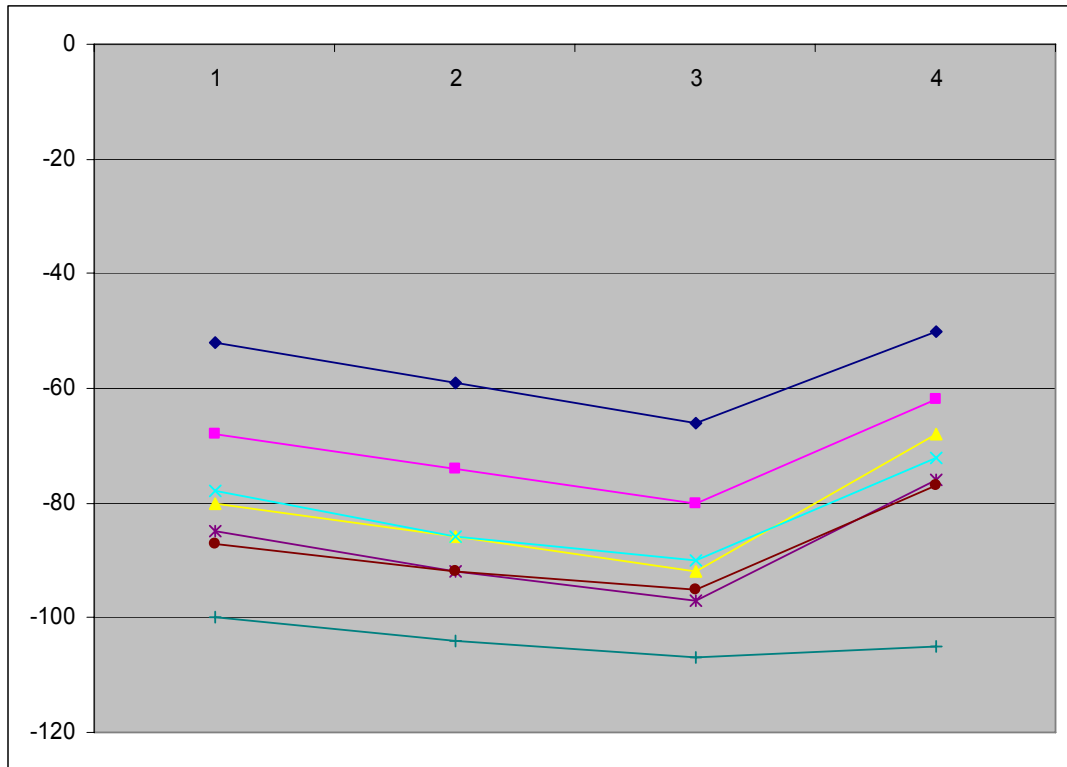
10 pav. TA reikšmės pasikeitimo vietos nustatymo paklaidos, gautos eksperimentiniu būdu

Atlikus dvidešimt TA reikšmių nustatymo bandymų pastebėta, kad TA pasikeitimo vieta kito intervale nuo 2,723 km. iki 2,785 km. Tai sudaro 11% nuo teorinės TA metodo pagalba gaunamos paklaidos ( $6/550=0,11$ ).

### 3.1.4. MSC E-CGI

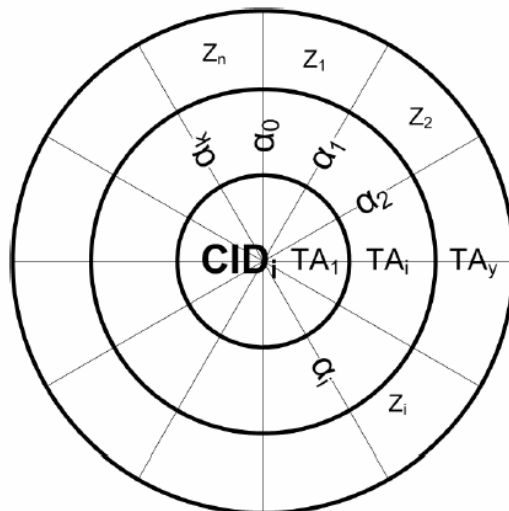
Atlikus galimų vietos nustatymo metodų analizę siūloma naujai sukurto metodo SSR bei įvairiose srityse naudojamo duomenų bazių koreliacijos metodo kombinacija. Metodas naudoja specialų algoritmą lyginantį Measurement report žinutėje gautus duomenis, su duomenimis, esančiais iš anksto sudarytoje duomenų bazėje. Metodo įgyvendinimui nereikia keisti nei mobiliųjų telefonų programinės įrangos, nei daryti papildomas investicijas į tinklą. Pradinei laukų stiprumų skirtingose celės segmentuose duomenų bazei sudaryti rekomenduota HATA Okumura laukų stiprumų skaičiavimo metodika [13]. Sudėtingose vietose duomenų bazėje talpinami lauko stiprumo duomenys gali būti patikslinami matavimo būdu.

Siūlomo metodo esmė yra ta, kad eliminuojamas didžiausią įtaką paklaidai E-CGI metode daręs veiksnys - signalo sklidimo sąlygų kitimas laike. Naujai sukurto metodas vietos nustatymo metu vertina ne signalų lygius, bet signalų lygių santykius. Tai leidžia vietos nustatymo tikslumą padidinti keletą kartų.



11 pav. Signalų iš antenų lygiai

Celės aprėpties zona suskaidoma į Timing Advance zonas, kurios savo ruožtu dar suskaidomos į segmentus.



12 pav. TA zonų skaidymas į segmentus

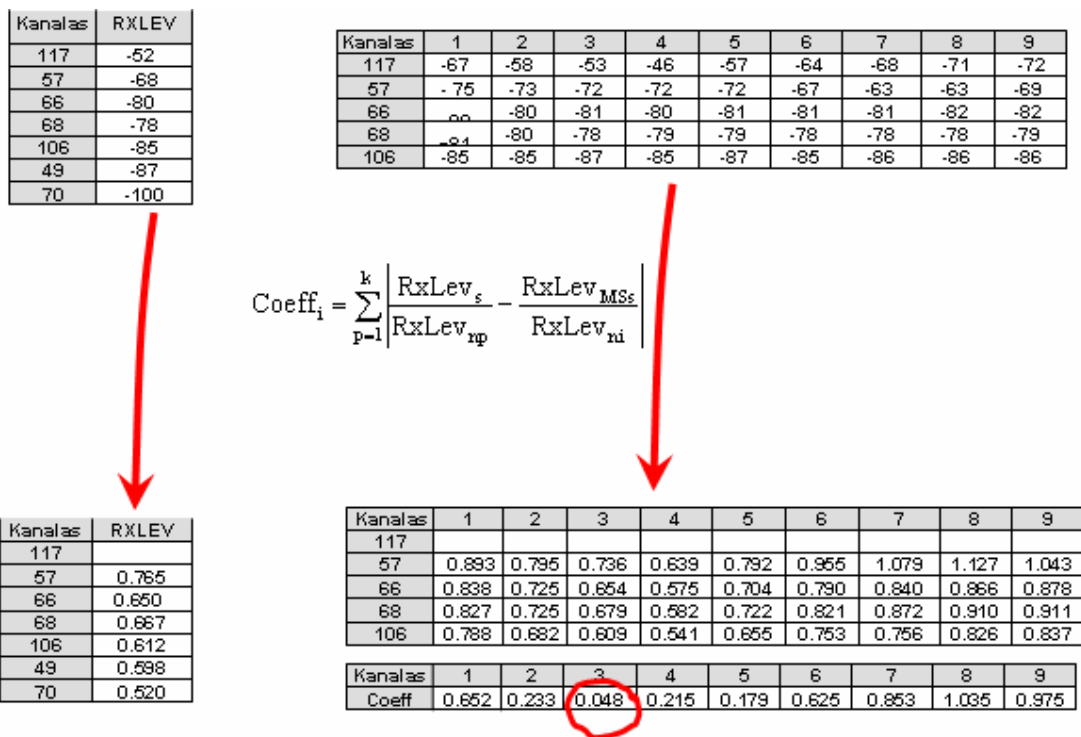
Santykių atitikimo koeficientas TA zonos  $i$  segmente nustatomas sumuojant skirtingų BTS

signalų lygių santykius pagal formulę

$$Coeff_i = \sum_{p=1}^k \left| \frac{RxLev_s}{RxLev_{np}} - \frac{RxLev_{MSs}}{RxLev_{MSnp}} \right|$$

Čia:  $RxLev_s$  – aptarnaujančios BTS signalo stiprumas, esantis duomenų bazėje,  $RxLev_{np}$  – kaimyninės  $p$  BTS signalų stiprumas, esantis duomenų bazėje,  $RxLev_{MSs}$  – MS išmatuotas aptarnaujančios BTS (s-serving) signalo stiprumas,  $RxLev_{MSnp}$  – MS išmatuotas kaimyninės (n-neighbour)  $p$ -osios BTS signalų stiprumas,  $k$  - stebimų skirtingų BTS signalų skaičius. Vienoje TA zonoje esančių segmentų skaičius.

Atliekami kiekvienos zonos skaičiavimai naudojantis HATA formulėmis, bei atliekami eksperimentiniai matavimai. Duomenys surašomi į dvi duomenų bases ir duomenys sulyginami.



13 pav. Zonos skaičiavimai

Atlikus po 150 matavimų mieste, priemiestyje ir užmiestyje gauti rezultatai pateikti žemiau esančiose lentelėse.

### Miesto teritorija (Celės dydis 500-1000 m)

MSC E-CGI panaudojimas			HATA panaudojimas			E-CGI		
Bandymų	150	100%	Bandymų	150	100%	Iš "Movies" projekto		
25 m	117	78%	25 m	84	56%	100 m		67%
50 m	138	92%	50 m	112	75%	500 m		93%

### Priemiesčio teritorija (Celės dydis 1000-5000 m)

MSC E-CGI panaudojimas			HATA panaudojimas			E-CGI		
Bandymų	150	100%	Bandymų	150	100%	Iš "Movies" projekto		
50 m	123	82%	50 m	97	65%	250 m		67%
100 m	141	94%	100 m	119	79%	2000 m		93%

### Užmiesčio teritorija (Celės dydis 5000-25000 m)

MSC E-CGI panaudojimas			HATA panaudojimas			E-CGI		
Bandymų	150	100%	Bandymų	150	100%	Iš "Movies" projekto		
75 m	104	69%	75 m	83	55%	500 m		67%
150 m	127	85%	150 m	104	69%	5000 m		93%

## 3.2. GSM/UMTS telefonams su palydovine pozicionavimo įranga

### 3.2.1. A-GPS SUPL

Vienas iš rekomenduojamų GSM/UMTS telefonams su palydovine pozicionavimo įranga sprendimų yra A-GPS. Šį sprendimą diegti platformoje rekomenduojama dėl GPS technologijos paplitimo bei veikimo charakteristikų. Diegiant šį sprendimą platformoje turi būti realizuota standartizuota informacijos apsikeitimo sąsaja.

Dar neseniai standartizuotos buvo tik vietos nustatymo technologijos veikiančios skambučio kontrolės/signalizacijos plotmėje (Control Plane), tam naudojančios SS7 (Signalizacijos sistema Nr.7), t.y. skambučio kontrolės kanalus. Šias specifikacijas sukūrė ir patvirtino 3GPP ir 3GPP2 standartizacijos institucijos. Tačiau, norint įdiegti vietos nustatymą signalizacijos plotmėje, reikia atlikti nemažai pakeitimų tinklo įrangoje. Todėl mobilių tinklų operatoriai, įvertinę tokių pakeitimų kainą, dažniausiai atsisako diegti vietos nustatymą signalizacijos plotmėje. Dėl to šis metodas nėra populiarus ir plačiai taikomas.

Atsižvelgiant į vietos nustatymo signalizacijos plotmėje diegimo sunkumus ir rinkos situaciją prieš keletą metų telekomunikacinės įrangos ir programų gamintojų suformuota organizacija Open Mobile Alliance (OMA) nusprendė specifiuoti ir standartizuoti visiškai naują vietos nustatymo duomenų perdavimo principą - sistemą. Šis naujas duomenų perdavimo principas rekomenduojamas naudoti universalioje vietos nustatymo platformoje.

Šios sistemos pagrindas yra tai, kad vietos nustatymo duomenys yra perduodami naudojant

ne skambučio kontrolės kanalus, bet duomenų perdavimo kanalus – srauto plotmėje (User Plane), TCP/IP protokolu. Tokios sistemos realizacija reikalauja labai mažai pakeitimų egzistuojančiame mobiliame tinkle palyginus su realizacija signalizacijos plotmėje ir leidžia greitai ir su nedidelėmis investicijomis sukurti tinklo infrastruktūrą reikalingą LBS paslaugoms. 2005 metais OMA išleido pirmą vietos nustatymo sistemos srauto plotmėje standarto versiją, kuri iš karto sulaukė plataus tiek įrangos gamintojų tiek operatorių pritarimo [14].

### **3.2.2. A-Galileo SUPL**

Be GPS, dar yra ir GLONASS vietos nustatymo sistema, sukurta Rusijoje. Iš pradžių ji taip pat buvo naudojama tik kariniams tikslams. Europoje dabar kuriama sistema Galileo, kuri jau iš pat pradžių projektuojama kaip civilinė sistema. Galileo bus civilinė Europos valdoma visuotinė palydovinio ryšio vietos nustatymo sistema, užtikrinanti didelį tikslumą, garantuotą vietos nustatymą bet kuriame taške. Galileo vartotojams pasiūlys dar didesnę tikslumą negu GPS. Galileo užtikrins realaus laiko vietos nustatymą su tikslumu iki 1 metro. Toks tikslumo užtikrinamas civiliniams tikslams yra beprecedentis. Tai sudarys sąlygas kurti naujas paslaugas ir taikymo sritis, pavyzdžiui, sekti darbuotojų judėjimą pastate. Siekiant didesnio tikslumo ir didesnės siunčiamų signalų galios, numatyta modernizuoti ir GPS.

Galileo turi nemažai privalumų lyginant su GPS:

- GALILEO suprojektuota ir diegiama kaip civilinė sistema. Kitaip negu GPS, kuris buvo sukurtas išskirtinai kariniams tikslams, Galileo skirta civiliniams tikslams;
- Galileo paremta panašia technologija kaip ir GPS ir užtikrina panašų – dažnu atveju aukštesnį – tikslumą;
- Galileo yra labiau patikimas, kadangi siunčiamame signale yra „vientisumo žinutė“ nedelsiant informuojanti vartotoją apie atsiradusias klaidas. Dėl didesnio palydovų matomumo, Galileo patikimiau dirbs už GPS miestuose;
- Galileo yra civilinė paslauga. Tai garantuoja, kad ji veiks bet kokiomis sąlygomis. Paskutiniaisiais metais GPS signalai keletą kartų buvo neprieinami dėl planuotų ir neplanuotų priežasčių, kartais net iš anksto neperspėjus.

Šiuo metu į orbitą yra pradedami kelti pirmieji GALILEO palydovai. Yra sukurtos testinės aplinkos – programiniai signalų generatoriai bei imtuvai, taip pat yra Vokietijos kalnuose sukurta imitacinė GATE aplinka. Remiantis šiomis priemonėmis bei mobiliojo ryšio tinklo nuomos galimybe, bus sukurtas naujas vietos nustatymo metodas A-Galileo SUPL, kuris savo veikimu bus labai panašus į A-GPS SUPL. Metodas skirsis savo funkcionavimu tik dėl kitokių Galileo signalų.



### 3.3. Telekomunikacinių resursų įvertinimas ir optimizavimas

Žinant transporto priemonės judėjimo pobūdį ir mobiliojo tinklo struktūrą, galima įvertinti reikiamus telekomunikacinius resursus bei juos optimizuoti.

Pagal transporto priemonės judėjimo prigimtį galima išskirti keletą judėjimo tipų:

- transporto priemonė juda laisvai bet kurioje teritorijos vietoje,
- transporto priemonė juda keliais,
- transporto priemonė juda nustatytu tarptautiniu maršrutu,
- transporto priemonė juda nustatytu tarp miestiniu maršrutu,
- transporto priemonė juda nustatytu maršrutu mieste.

Resursų įvertinimui ir optimizavimui panaudojami statistiniai duomenys apie viešojo transporto maršrutus.

Esami telekomunikacinio tinklo resursai gali būti įvertinami pagal operatoriaus skelbiamus abonentų kiekius ( $V$ ) ir antenų kiekius. Priimkime, kad mobiliojo ryšio tinklo viena antena (celė) vidutiniškai aptarnauja 500 abonentų ( $C=500$ ), o tinkle yra 2000 celių ( $A$ ).

Stebint transporto priemonių eismą informacija apie vietą turi būti nuolat priverstinai atnaujinama, nes laukimo būsenoje mobilijai stočiai (MS) judant tarp celių vienos lokacijos zonos (LA) ribose vietos informacija neatnaujinama. Vietos informacijos atnaujinimas įvyksta tik MS kertant LA ribą ir tuo pačiu nustatant MS priklausomybę naujai celei. Tinklo operatorius planuodamas mobiliojo ryšio tinklą LA kiekį tinkle pasirenka įvertindamas teritorijos dydį, gyventojų tankį, MS mobilumo savybes. MS vietos nustatymo LA viduje laiko mažinimo tikslais reikia mažinti celių kiekį, priklausantį vienai LA. Tačiau dėl dažnų perėjimų nuo vienos LA prie kitos LA naudojami išteklių išauga. Resursų paskaičiavimas kertant LA zoną pateiktas 3.5 skyriuje.

Tarkime, kad vieną mln. abonentų turinčiame tinkle yra septynios lokacijos zonos. Tokiu atveju vienoje LA vidutinis celių skaičius ( $A_{LA}$ ):

$$A_{LA} = \frac{A}{LA} = \frac{2000}{7} \approx 286.$$

MS vienos nustatymo metu taikant lygiagrečiąją apklausimo strategiją vienu metu apklausiamos 286 celės. Tam naudojami resursai, esantys MSC-BTS-MS grandyje.

Kita vertus, duomenų perdavimo išteklių sąsajoje yra riboti ir turi būti taupomi. Jie gali būti sutaupyti naudojant nuoseklią apklausimo strategiją. Tačiau šiuo atveju apklausos laikas žymiai pailgėja. Eksperimentiškai nustatyta, kad MS surandama vidutiniškai apklausus 50% vienos LA celių, t.y. vidutiniškai apklausus 143 celes.

Tuo atveju, kai transporto priemonė juda laisvai, nėra galimybių optimizuoti telekomunikacijų išteklių panaudojimą. Kai transporto priemonė juda žinomoje teritorijoje ar nustatytu maršrutu, MS paiešką tikslinga vykdyti tik tose celėse, kuriose su didžiausia tikimybe gali

būti MS.

Nustatant transporto vietą viename mieste turi būti apklaustos tik miesto teritorijoje išdėstytos celės. Tokiu būdu celių skaičius nustatytoje teritorijoje  $A_{LAT}$  skaičiuojamas įvertinant galimų abonentų kiekį. Pavyzdžiui skaičiuojant celių kiekį Kaune, kuriame gyvena 364 tūkst. gyventojų (2005 metų duomenimis), įvertinama, kad Lietuvoje yra 3480 tūkst. gyventojų. Šiuo atveju Kaunui tenka 10,5% arba 210 celių. Jei transporto priemonė juda Kauno mieste nežinomu maršrutu, tai naudojant lygiagrečią apklausimo strategiją turi būti vidutiniškai apklausiami 210 celių vietoje 286 celių, esančių visoje Kauno zonos LA. Tokiu atveju sutaupomų telekomunikacijų išteklių santykinis dydis

$$R = 1 - \frac{A_{LAT}}{A_{LA}} = 1 - \frac{210}{286} = 26,57\% .$$

Kai viešojo transporto priemonė juda žinomu maršrutu, tai transporto priemonės reikia ieškoti tik tose celėse, kurios yra maršrute.

Nustatykite minimalų celių kiekį, vidutiniame maršrute.

2003 m. Lietuvoje buvo 265 vietinio (miesto) keleivių vežimo maršrutai ( $M=265$ ), kurių bendras ilgis  $L=3000$  km. Tada vidutinis vieno maršruto ilgis  $L_M$  yra:

$$L_M = \frac{L}{M} = \frac{3000}{265} = 11,32 \text{ km} .$$

Skaičiuojant telekomunikacinius išteklius būtina atsižvelgti į pageidaujamą vietos nustatymo paklaidą  $P$ . Jeigu pageidaujama vidutinė paklaida turi būti lygi 10% maršruto vidutinio ilgio, ( $P=1,132$  km), tai vidutinio ilgio vietiniame maršrute turi būti  $A_{LAM} = 10$  celių (Celių vidutinis dydis 1,132 km).

Tada sutaupomų telekomunikacijų išteklių santykinis dydis

$$R = 1 - \frac{A_{LAM}}{A_{LA}} = 1 - \frac{10}{286} = 96,5\% .$$

Vietinio (miesto) maršrutais nuvažiuota  $D=66\,790$  tūkst. kilometrų. Tokiu būdu, aprioriškai įvertinant transporto priemonių judėjimo maršrutus gaunami tokie užklausų skaičiai per metus miestuose:

$$R_{\text{visoLA}} = D \cdot A_{LA} = 66790000 \cdot 286 = 19101940 \approx 19 \text{ mlrd} .$$

$$R_{\text{visoLAT}} = D \cdot A_{LAT} = 66790000 \cdot 210 = 14025900000 \approx 14 \text{ mlrd} .$$

$$R_{\text{visoLAM}} = D \cdot A_{LAM} = 66790000 \cdot 10 = 667900000 \approx 0,66 \text{ mlrd} .$$

Tokiu būdu užklausų skaičius sumažintas daugiau kaip 28 kartus.

Užklausų kiekis priemiesčio susisiekimo maršrutuose.

Tegul vietos nustatymo vidutinė paklaida yra 10% priemiesčio susisiekimo maršruto

vidutinio ilgio. 2003 m. Lietuvoje buvo 1164 priemiestinio keleivių vežimo maršrutai ( $M=1164$ ), kurių bendras ilgis  $L=42\,800$  km. Vidutinis vieno maršruto ilgis

$$L_M = \frac{L}{M} = \frac{42800}{1164} \approx 37 \text{ km}.$$

Analogiškai ankstesniam atvejui vidutinis celių skaičius maršrute 10 celių. Celių dydis 3,7 km. Priemiesčio susisiekimo maršrutais nuvažiuota  $D=31445$  tūkst. kilometrų. Tada minimalus bendras užklausų skaičius per metus tolimojo susisiekimo maršrutuose:

$$R_{\text{visoLA}} = D \cdot A_{\text{LAM}} = 31445000 \cdot 10 = 314450000 \approx 0,314 \text{ mlrd.}$$

Užklausų kiekis tolimojo susisiekimo maršrutuose.

Tegul vietos nustatymo vidutinė paklaida yra 10% tolimojo susisiekimo maršruto vidutinio ilgio. 2003 m. Lietuvoje buvo 373 tolimojo keleivių vežimo maršrutai ( $M=373$ ), kurių bendras ilgis  $L=60\,300$  km. Vidutinis vieno maršruto ilgis

$$L_M = \frac{L}{M} = \frac{60300}{373} = 162 \text{ km}.$$

Analogiškai ankstesniam atvejui vidutinis celių skaičius maršrute 10 celių. Tolimojo susisiekimo maršrutais nuvažiuota  $D=49539$  tūkst. kilometrų. Tada minimalus bendras užklausų skaičius per metus tolimojo susisiekimo maršrutuose:

$$R_{\text{visoLA}} = D \cdot A_{\text{LAM}} = 49539000 \cdot 10 = 495390000 \approx 0,495 \text{ mlrd.}$$

Užklausų kiekis tarptautinio susisiekimo maršrutuose.

Tegul vietos nustatymo vidutinė paklaida yra 10% tarptautinio susisiekimo maršruto vidutinio ilgio. 2003 m. Lietuvoje buvo 35 tolimojo keleivių vežimo maršrutai ( $M=35$ ), kurių bendras ilgis  $L=20800$  km. Vidutinis vieno maršruto ilgis

$$L_M = \frac{L}{M} = \frac{20800}{35} = 594 \text{ km}.$$

Analogiškai ankstesniam atvejui vidutinis celių skaičius maršrute 10 celių. Tarptautinio susisiekimo maršrutais nuvažiuota  $D=9594$  tūkst. kilometrų. Tada minimalus bendras užklausų skaičius per metus tarptautinio susisiekimo maršrutuose:

$$R_{\text{visoLA}} = D \cdot A_{\text{LAM}} = 9594000 \cdot 10 = 95940000 \approx 0,096 \text{ mlrd.}$$

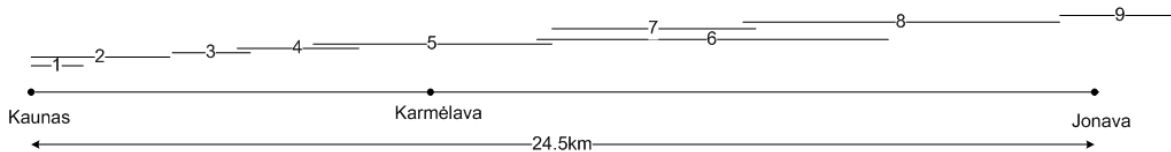
Tokiu būdu minimalus bendras užklausų skaičius per metus lygus:  $0,66+0,314+0,495+0,096=1,964$  mlrd.

### **Celių persidengimo įtakos įvertinimas**

Realiai, celių skaičius priklauso ne vien tik nuo transporto vietos nustatymo poreikių, bet ir

nuo visų abonentų skaičiaus. Todėl maršrute išsidėsčiusios celės persidengia. Persidengimo pavyzdys pateiktas 14 pav.. Jei maršrutas būtų priskiriamas priemiesčio kategorijai, tai minimalus celių skaičius turėtų būti:  $A_{LAM} = 24,5/3,7 = 6,62$  celės. Tačiau realiai maršrute yra  $A = 9$  eilės. Šiuo konkrečiu atveju celių persidengimo koeficientas  $W$  lygus

$$W = \frac{A}{A_{LAM}} = \frac{9}{6,62} = 1,36.$$



14 pav. Celių išsidėstymas maršrute Kaunas-Jonava.

Įvertinant celių persidengimo koeficientą, kuris realiai gali kisti nuo 1,3 iki 2, minimalus užklausų skaičius per metus gali padidėti iki 3.9 mlrd.

Užklausų kiekį galima ženkliai sumažinti tikrinant transporto buvimą tik galiniuose punktuose. Kertant LA zoną užklausos siunčiamos automatiškai. Tokiu būdu informacija apie transporto vietą turėtų būti saugoma pervežimo dispečerių darbo stotyse, naudojant pirmiausia LA zonos keitimo informaciją. Šiuo atveju užklausų kiekis ženkliai sumažėtų.

### 3.4. Signalizacijos signalų perdavimo tinklo resursų optimizavimo algoritmai

Vietos nustatymo metu atliekamo MS sužadavimo tikslas gauti matavimų žinutę MEAS\_REP. Šioje žinutėje esančius duomenis naudoja vietos nustatymo metodo algoritmas, kad apskaičiuotų MS buvimą vietą. Vietos atnaujinimo metu, MSC išsiunčia MS paieškos žinutę į visus BTS, esančius atitinkamame teritorijos plote (LA – location area). Informacijos srautų bei atsako apie vietą laiko paskaičiavimui reikia įvertinti tinklo struktūrą. Informacijos srautus padidina tai, kad tam tikrose tinklo grandyse ta pati informacija siunčiama į kelis tinklo mazgus (ne tik MSC->BTS). Lygiagrečius siuntimas išnaudoja daugiau tinklo resursų, tačiau sumažina paieškos laiką. Žinant tinklo struktūrą bei apkrautumą, galima mažinti tinklo apkrautumą atsižvelgiant į pageidaujamą atsako apie surastą vietą laiką.

Siekiant optimizuoti informacijos srautus ir laiką, reikia siekti, kad kuo mažiau informacijos ir per kuo mažiau tinklo mazgų reikėtų siųsti.

### 3.5. Apklausimo strategijos

Apklausimo strategijos gali būti skirstomos į dvi kategorijas: lygiagrečioji ir nuoseklioji. Tradiciškai GSM tinkle naudojama lygiagrečioji apklausimo strategija, tai visos celės,

priklausančios vienai LA apklausiamos tuo pačiu metu. Šis metodas efektyvesnis informacijos gavimo vėlinimo atžvilgiu. Tačiau tinklo resursai turi būti didesni, nes į visas LA celės paskleidžiama apklausimo žinutė. Naudojant nuosekliają strategiją, numatyta tvarka apklausama kiekviena celė ir labiau tausojami tinklo resursai. Tačiau MS vietos nustatymo laikas pailgėja.

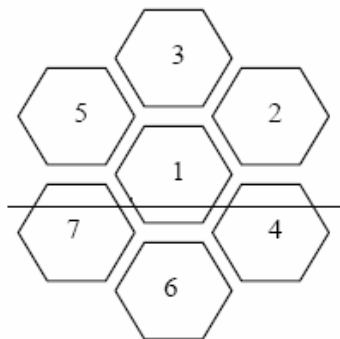
Operatorius turi pasirinkti optimalų LA dydį. Daug bazinių stočių turintys LA siunčia mažą atnaujinimo žinučių skaičių, bet reikalauja didesnio kiekio „paging“ žinučių. Naudojant mažus LA reikia dažniau siųsti vietos patikslinimo žinučių, bet įgalina tiksliau nustatyti MS vietą ir greičiau įvykdyti MS sujungimą turint mažesnius signalizacijos kanalų resursus.

Sprendžiant atskirus MS paieškos uždavinius tikslinga derinti šias strategijas. Apklausiamas celes tikslinga sugrupuoti į klasterius. Jeigu sprendžiamas transporto uždavinys, tikslinga apklausinėti tik tas celes, prie kurių yra galimybė prisijungti judant nustatytu maršrutu. Nėra jokio tikslo apklausinėti tas celes, kurių aprėpties zona nesiekia kelio, arba toje kelio atkarpoje egzistuoja kita bazinė stotis, kurios ryšio kokybė geresnė. Tokiu būdu tikslas yra sukurti tokią MS vietos nustatymo apklausimo strategiją, kuri įvertintų MS buvimo tikimybę konkrečioje vietoje atsižvelgiant į ankstesnes MS vietas.

Tinklo resursų panaudojimo MS vietos nustatymo techninį efektyvumą galima išreikšti santykiu:

$$R = \frac{k}{n} \cdot 100\%, \quad (1)$$

čia: n –celių skaičius priklausantis LA, k – celių skaičius priklausantis LA ir kurių aprėpties zona kerta kelią. Tinklo fragmento atveju, parodytu (15 pav.), n = 7, k = 3 ir R=43% ir sutaupoma 57% signalizacijos kanalų išteklių.



**15 pav. LA celės ir kelias kertantis celes**

Tinklo resursų panaudojimo MS vietos nustatymo ekonominį efektyvumą galima išreikšti sandauga:

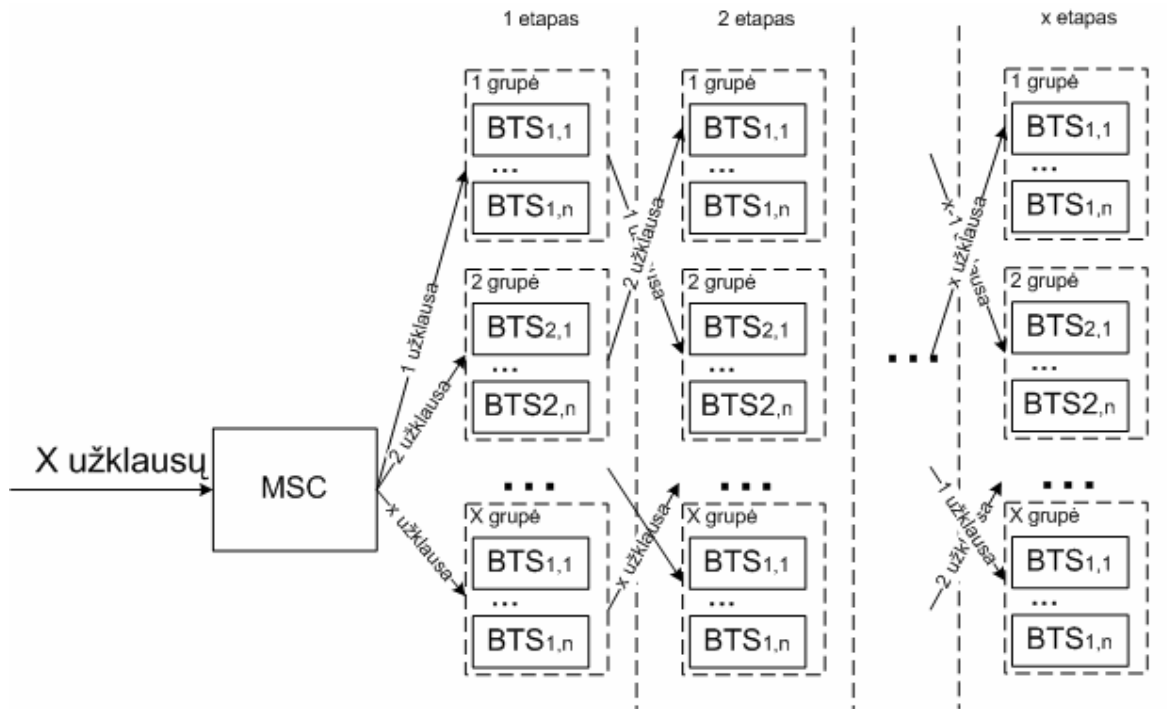
$$C_{paging} = SN_{LA} C_{pag}$$

čia:  $S$  - užklausimų skaičius per valandą;  $N_{LA}$  - vidutinis celių skaičius esantis viename LA;  $C_{pag}$  - LA apklausos kainos vienetas.

Apklausimo funkcija gali būti panaudota MS vietos nustatymui. Tačiau naudojant šį metodą, vietos nustatymo tikslumas priklauso nuo ląstelės dydžio.

### 3.5.1. BTS skaidymas į grupes

Esant didesniam užklausų kiekiui, tikslinga BTS kurias apklaustų MSC padalinti į grupes. Kiekvienos atskirai užklausos laikas išauga dėl keletu apklausimo etapų, tačiau bendras laikas sumažėja, kadangi užklausoms nereikia laukti eilėje ir pagal tikimybę, bendras laikas turėtų sumažėti 50%, taip pat ir resursų panaudojimas turėtų sumažėti 50%. Jeigu kažkurios iš užklausų turi didesnę prioritetą ir jas tikslinga apdoroti greičiau, tokiu atveju BTS dalinami į mažiau nei  $X$  grupių. Apskaičiuoti našumą galima pagal sudarytą matricą  $M[n,n]$ , kur  $n$  yra BTS grupių skaičius, taip pat ir užklausimo etapų skaičius. Netikslinga suskaidyti BTS į tiek grupių, kad  $n > X$



16 pav. BTS skaidymas į grupes

### 3.5.2. Apklausimo strategijos ir BTS skaidymo į grupes apjungimas

Siekiant maksimaliai optimizuoti tinklo resursų panaudojimą bei atsako laiką, tikslinga apjungti apklausimo strategiją su BTS skaidymo į grupes strategiją. Tokiu atveju gaunama, kad apklausinėjant BTS iškarto atmetami BTS, kuriuose objektas negali būti, o likusios BTS, kuriuose

yra tikimybė kad objektas gali būti, suskaidoma į grupes.

Apskaičiuojant tinklo resursų sutaupymą ir atsako laiką, iš pradžių naudojama formulė (1). Prie šios formulės pateikto resursų sutaupymo, pridedama resursų sutaupymas suskaidant BTS į zonas.

Ekspertiškai išmatuota, kad toks strategijų gali padėti sutaupyti iki 60% tinklo resursų.

### **3.6. Išvados**

- Transporto uždaviniams spręsti pritaikytoje architektūroje tikslinga taikyti apibendrintos LBS architektūros struktūrą išlaikant tris pagrindines sudedamąsias dalis: taikomųjų programų sluoksnį, tarpinės įrangos sluoksnį ir vietos nustatymo sluoksnį. Tarpinė įranga, prijungta tarp operatoriaus tinklo ir išorinio tinklo, gali supaprastinti paslaugų integraciją.
- Išnagrinėtos galimos MS apklausimo strategijos: lygiagrečioji ir nuoseklioji. Naudojant lygiagrečiąją apklausimo strategiją visos celės, priklausančios vienai lokacijos zonai (LA) apklausiamos tuo pačiu metu. Ši strategija yra geresnė vietos informacijos gavimo vėlinimo atžvilgiu, tačiau reikalingi tinklo resursai yra dideli, nes į visas LA celes paskleidžiama apklausimo žinutė. Naudojant nuoseklijąją strategiją daugiau tausojami tinklo resursai, tačiau MS vietos nustatymo laikas pailgėja.
- Parodyta, kad telekomunikacijų resursų tolimesnis optimizavimas yra susijęs su transporto priemonės judėjimo maršruto prognozavimo galimybėmis. Tuo atveju, kai transporto priemonė juda iš anksto neapibrėžtu maršrutu vietos nustatymui naudojami didžiausi telekomunikacijų išteklių, kai žinomu maršrutu – mažiausi. Visos respublikos viešojo transporto priemonių vietos nustatymo pavyzdžiu parodyta, kad iš anksto įvertinus transporto vietinius, priemiestinius, tolimojo susisiekimo ir tarptautinius maršrutus užklausų skaičius gali būti sumažintas 28 kartus. Parodyta, kad minimalus metinis užklausų kiekis, susijęs su viešojo transporto priemonių vietos nustatymu 10% maršruto ilgio paklaida artimas 2 mlrd.

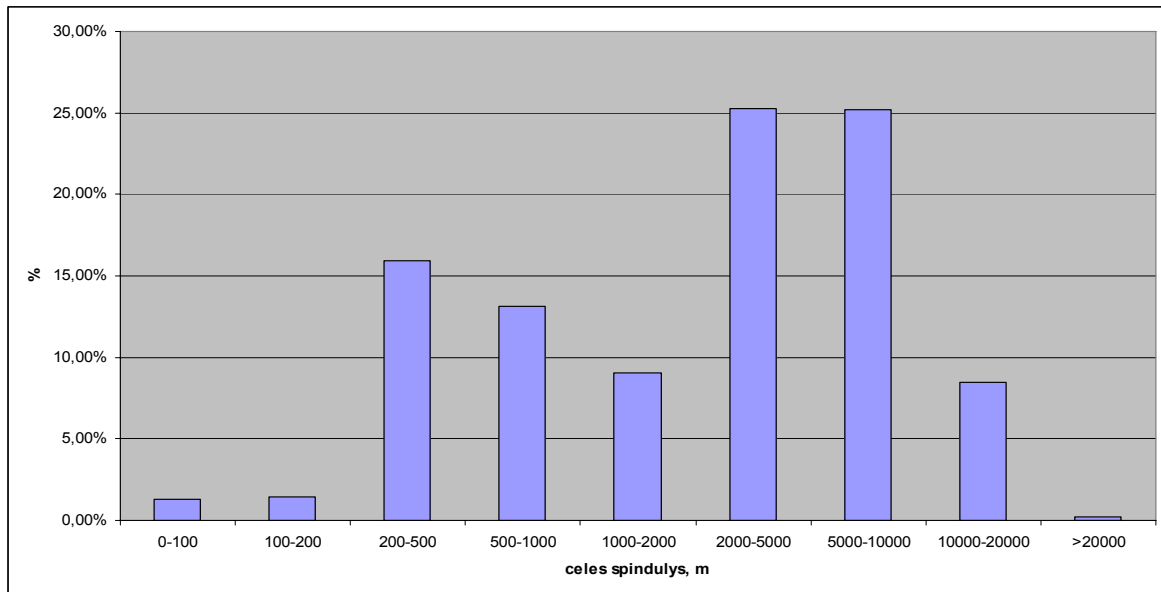
## **4. KOORDINAČIŲ SUSIEJIMAS SU VIETOS INFORMACIJA**

### **4.1. Celių dydžių pasiskirstymas**

Lietuvos mobiliojo ryšio tinkluose, skirtingai nei daugelyje europinių mobiliojo ryšio tinklų, bazinių stočių tankis yra sąlyginai didelis. Tai leidžia turėti žymiai kokybiškesnes vietos nustatymo paslaugas negu užsienio šalyse. Didesnis bazinių stočių tankis reiškia didesnę vietos nustatymo tikslumą naudojant netgi patį paprasčiausią Cell-ID metodą. Ląstelės dydis gali būti labai nevienodas. Didelės ląstelės spindulys užmiesčiuose kai kuriais atvejais gali pasiekti iki 35km.

Priemiesčiuose ląstelės yra keleto kilometrų spindulio. Labiau apgyvendintose teritorijose ląstelės dydis paprastai neviršija 1 kilometro. Tankiai apgyvendintose vietose ląstelės dydis svyruoja nuo 100 iki 500 metrų spindulio.

Vieno iš operatorių celių dydžių pasiskirstymas pateiktas 17 pav..



17 pav. Celių dydžių pasiskirstymas

Iš 17 pav. matyti kad daugiau kaip 50% celių dydis yra tarp 2000 ir 10000 metrų.

#### 4.2. Rekomenduojamas atvirkštinio geokodavimo formatas

Kadangi Lietuvos mobiliojo ryšio tinkluose, kaip ir visuose GSM/UMTS ryšio tinkluose matyti tinklo tankumo bei teritorijos apgyvendinimo tankumo koreliacija, todėl jeigu naudojamas Cell-ID ar E-Cell-ID metodas, atlikti atvirkštinį geokodavimą nėra sudėtinga. Miestuose, kur antenos veikimo teritorija būna nedidelė, vietos informaciją rekomenduojama aprašyti formatu:

[miestas], [mikrorajonas], [gatvių sankirta] „ir aplinkinė teritorija“

Jeigu naudojamos vidinės antenos, kurių veikimo spindulys iki 50 metrų, o taip paprastai būna prekybos centruose ar kituose dideliuose gerai žinomuose objektuose, vietos informaciją rekomenduojama aprašyti formatu:

[miestas], [adresas], [objekto pavadinimas] „ir aplinkinė teritorija“

Užmiestyje, kur paklaida gali siekti nuo kelių kilometrų iki 30 kilometrų ir apimti kelis miestelius bei kaimus, rekomenduojama naudoti formatą:

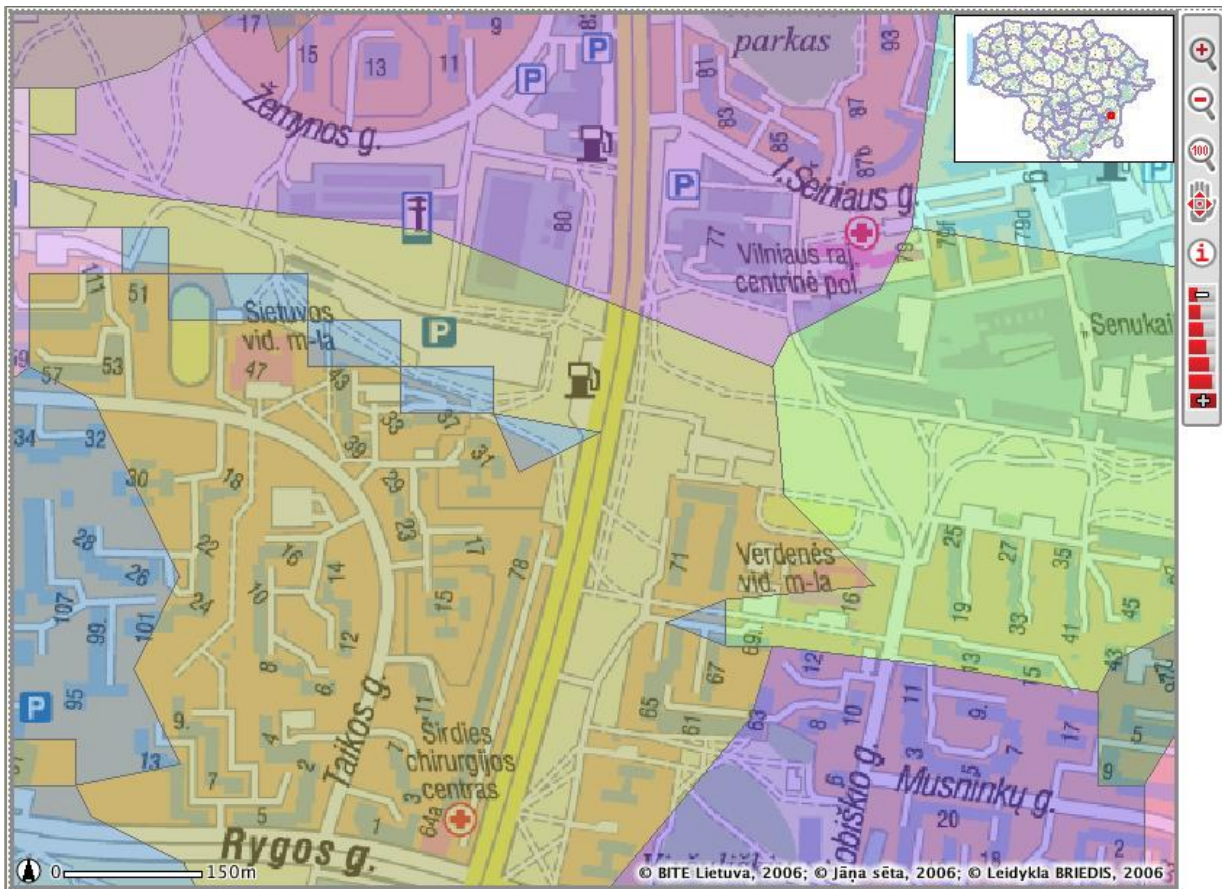
[rajonas], [miestelis], [miestelis], [miestelis] „ir aplinkinė teritorija“



### 4.3. Atvirkštinio geokodavimo įrankis

#### 4.3.1. Celės dydžio parinkimas

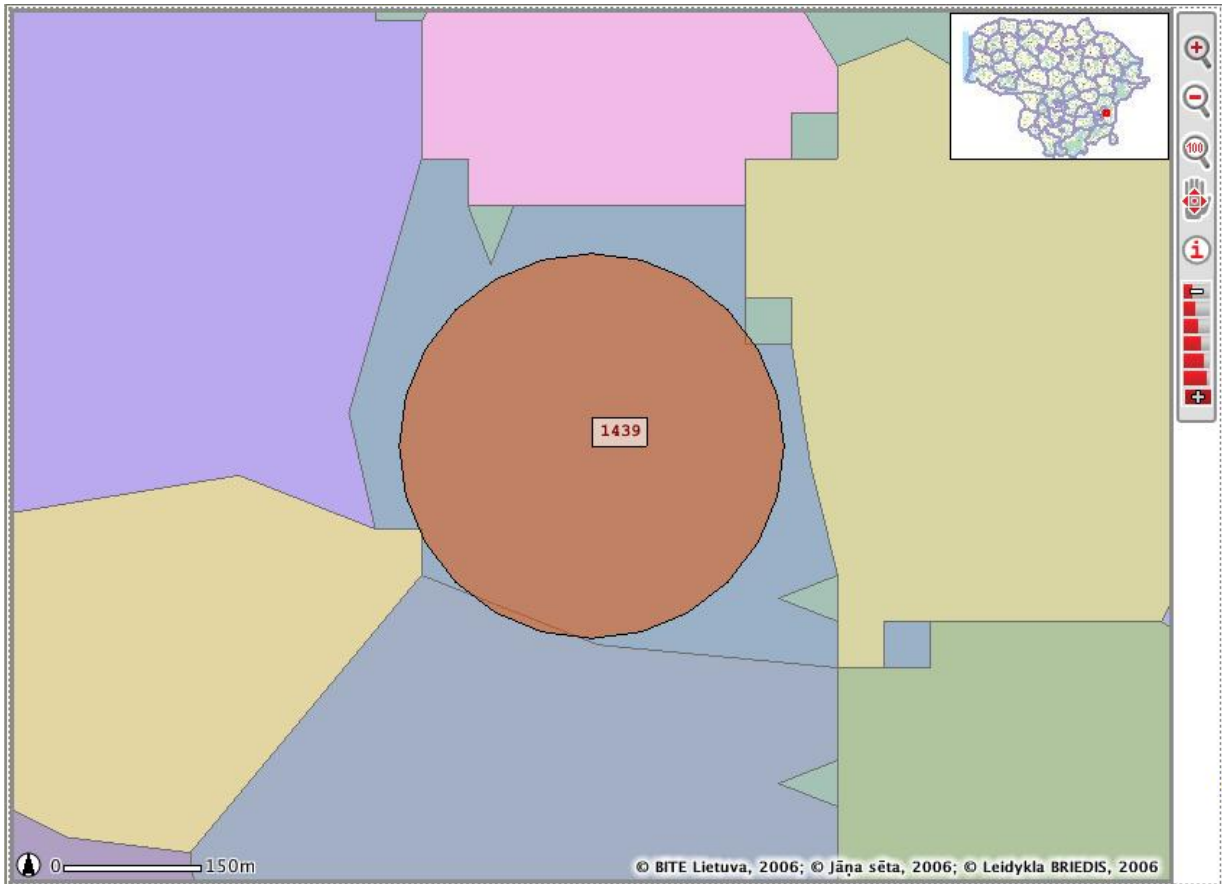
Celės dydžio parinkimas yra didžiausių skaičiavimų reikalaujanti vieta ir turi didžiausią įtaką vietos nustatymo patikimumui. Antenos veikimo teritorija nėra apibrėžiama aiškia figūra, o po teritoriją gali būti išsibarsčius labai įvairiai. Paprastai atsakymas apie galimą buvimo vietą atvaizduojamas apskritimu. Jeigu būtų parenkama, kad apskritimas apimtų 100% visos teritorijos, kurioje veikia antena, vietos nustatymo paklaida būtų labai didelė. Antenos signalo veikimo teritorija pavaizduota 18 pav.



18 pav. Antenos signalo veikimo teritorija

Pagal paveikslėlyje matomą išsibarstymą aišku, kad apimant 100% veikimo teritorijos ir brėžiant apskritimą paklaida gautųsi labai didelė, Todėl reikia daryti išlygą ir piešti apskritimą apimančią tam tikrą veikimo teritoriją (paprastai 1  $\delta$  arba 2  $\delta$ ). Reikia pastebėti, kad paprastai brėžiant apskritimus apimančius tam tikrą % teritorijos, į juos pakliūna didesnis % ieškomųjų. Tai yra, jei imama kad apskritimas apima 67% teritorijos, tai į juos pakliūna apie 95% ieškomųjų. Teritorijos

priskyrimas celei pavaizduotas 19 pav.



19 pav. Teritorijos priskyrimas celei

### ***Savalaikis informacijos atnaujinimas***

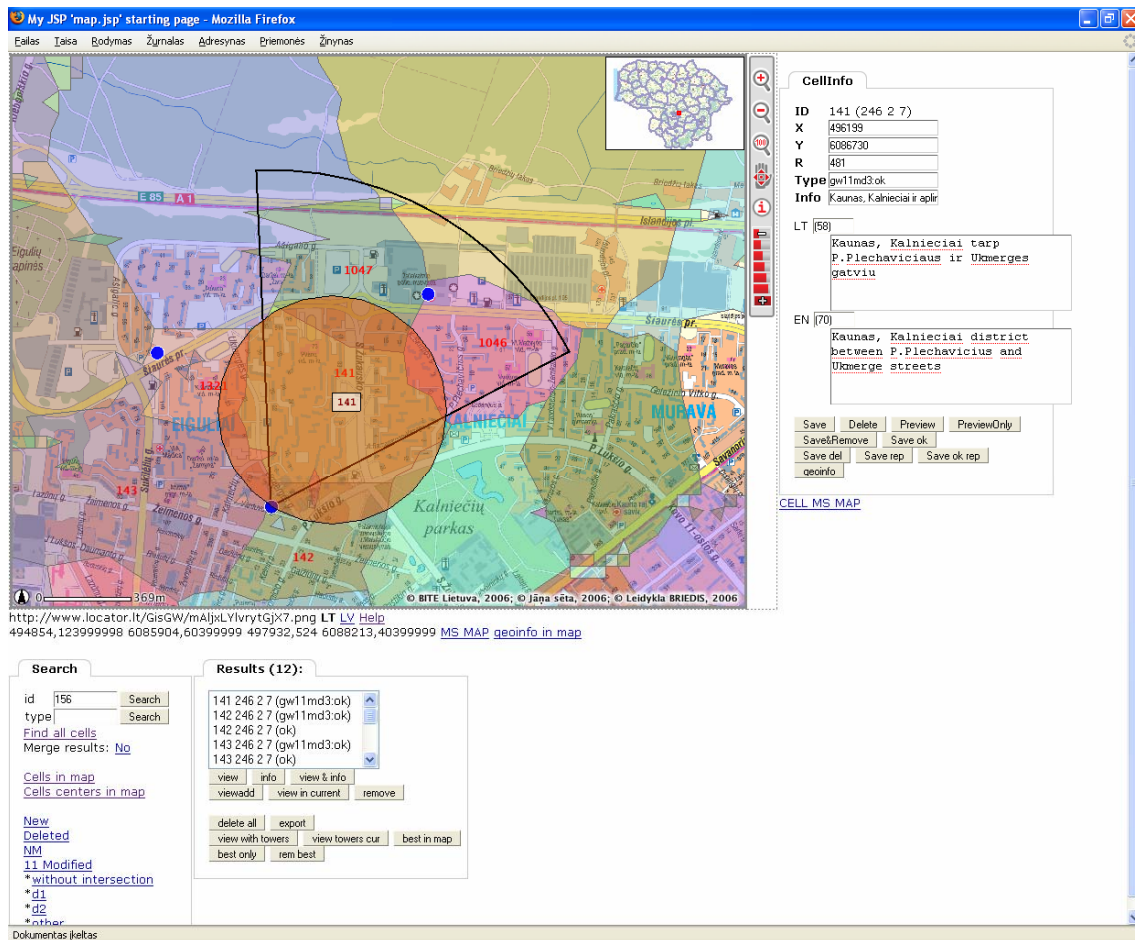
Kadangi mobiliojo ryšio tinklas nuolat kinta ir jame atsiranda naujos antenos, senos perkeliamos ar panaikinamos, reikia nuolat stebėti pokyčius tinke ir atsiradus naujoms antenoms apskaičiuoti jų veikimo teritoriją, bei perskaičiuoti aplink esančių antenų veikimo teritorijas.

Laiku neatnaujinta informacija gali tapti kritiniu veiksniumi paslaugos naudojimui, kadangi gauta informacija apie Cell-ID kuriame objektas gali būti nesusiejama su konkrečia geografine vieta (naujos antenos atsiradimo atvejis) arba susiejama klaidingai (antenos perkėlimo atvejis).

Šiame darbe parengtas radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis, leidžiantis įvertinti topografinių modelių kartometrinių matavimų duomenis ir prognozuoti celių signalo stiprumą tiek neurbanizuotose, tiek urbanizuotose teritorijose. Modelis programiškai realizuotas vartotojui patogioje GIS (Geographical Information System) aplinkoje, kartometrinių uždavinių sprendimui taikant GIS programinės įrangos funkcijas.

Darbo metu realizuota automatizuota aprėpčių nustatymo sistema skirta automatizuotai nustatinėti korinio ryšio tinklų (GSM, 3G, Wi-Fi, WiMAX) antenų aprėpties teritorijas įvertinant spinduliuojamų signalų, meteorologinių sąlygų ir topografinių žemėlapių duomenis. Šiuo metu sistema automatiškai ir periodiškai apskaičiuoja keleto operatorių GSM/3G tinklų visų bazinių stočių aprėpčių zonas. Šios sistemos skaičiavimo rezultatai gali būti naudojami ir vietos nustatymo paslaugoms teikti patobulinant patį paprasčiausią vietos nustatymo metodą Cell-ID ir realizuoti aprėpčių skaičiavimą pagal E-Cell-ID metodą.

Įrankio vaizdas pateiktas 20 pav., detalus įrankio aprašymas pateiktas priede 7 Technorama-2006 pristatytame referate.



20 pav. Automatizuotos aprėpčių nustatymo sistemos vartotojo sąsaja

Kadangi atmosferinių sąlygų įtaka nagrinėjamų korinių tinklų bangų sklidimui yra praktiškai lygi nuliui ir lemiamą įtaką šių dažnių radijo bangų sklidimui turi vietovės topografinės ypatybės, signalo stiprumo prognozavimo tikslumą nulemia du pagrindiniai veiksniai: naudojamo topografinio modelio ir radijo signalo stiprumo prognozavimo modelio tikslumas, tai yra kaip tiksliai turimas topografinis modelis aprašo realią topografinę situaciją ir kaip tiksliai signalo stiprumo prognozavimui naudojamas modelis skaičiavimuose gali įvertinti kartometrinių matavimų

duomenis. Modelio tikslumas gali būti įvertinamas lyginant prognozavimo ir signalo stiprumo matavimo lauke rezultatus. Palyginimui be statistinių rodiklių: skirtumų aritmetinio vidurkio ir standartinio nuokrypio įverčio gali būti naudojami kiti kokybės rodikliai, atspindintys prognozavimo ir matavimų rezultatų atitikimą.

#### **4.3.2. Signalo stiprumo prognozavimo modelis**

Pagrindinė parengto prognozavimo modelio idėja yra tokia: naudojant visus turimus, net skirtingo detalumo topografinius duomenis pagal kartometrinius matavimus nustatyti trijų tipų „matomumo“ iš bazinės stoties zonas ir kiekvienoje iš jų, skaičiuojant signalo perdavimo nuostolius, naudoti skirtingą radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį.

Modelyje naudojami du sąlyginiai paviršiai, kurių kartometrinių matavimų pagrindu yra nustatomos trijų tipų „matomumo“ zonos. Pirmąjį paviršių sudaro signalui nepraeinamos kliūtys. Ši paviršių dažniausiai aprašo Žemės paviršius ir reljefo elementai. Naudojant pirmąjį paviršių nustatomos *nematomumo zonos* (Non Line Of Sight – NLOS). Antrąjį paviršių sudaro signalui dalinai nepraeinamos kliūtys. Ši paviršių dažniausiai aprašo Žemės dangos elementai, tokie kaip: teritorijos užstatymo tankis, augalija, pastatai. Naudojant antrąjį paviršių nustatomos *dalinio nematomumo zonos* (Obstructed Line Of Sight – OLOS). Zonos, esančios „tiesioginiame matomume“ iš bazinės stoties, tai yra kai signalo sklidimo neužstoja nei pirmojo, nei antrojo paviršių objektai, aprašo *tiesioginio matomumo zonos* (Line Of Sight – LOS).

Pagal modelį tarp bazinės stoties ir kiekvienos galimos mobilios stoties buvimo vietos prognozavimo teritorijoje sudaromas vertikalus profilis, pagal kurį nustatoma LOS, OLOS ir NLOS zonos. Kiekvienoje iš jų naudojant skirtingą standartinį radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį, skaičiuojami signalo perdavimo nuostoliai. Gauti rezultatai siejami į vieną kartografinį sluoksnį, ir taip nustatoma *makro celės* signalo stiprumas, aprėptis.

Modelio taikymo apribojimus lemia jame naudojamų standartinių radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių taikymo ribos. Modelis yra tinkamas visų mobilių telekomunikacinių tinklų celių signalo stiprumui prognozuoti. Jo taikymo ribos yra:

$f$  – dažnis (MHz), 150 MHz – 2 GHz ribose;

$h_B$  – bazinės stoties antenos aukštis nuo Žemės paviršiaus (m), 30 – 200 m ribose;

$h_M$  – mobilios stoties antenos aukštis (m), 1–10 m ribose;

$d$  – atstumas nuo bazinės stoties iki mobilios stoties (km), iki 100 km;

#### **4.3.3. Radijo signalo stiprumo nuostolių apskaičiavimas pagal prognozavimo modelį**

Modelio bendra išraiška yra:

$$L = \begin{cases} L_{FreeSpace} & , \text{kai LOS} \\ L_{Hata} + L_{Clutter} & , \text{kai OLOS,} \\ L_{Hata} + L_{Diff} + L_{Clutter} & , \text{kai NLOS} \end{cases}$$

čia:

$L_{FreeSpace}$  – signalo perdavimo atviroje erdvėje nuostoliai (free space loss)

$L_{Hata}$  – pagrindiniai signalo perdavimo nuostoliai (basic loss)

$L_{Diff}$  – signalo perdavimo nuostoliai dėl difrakcijos (diffraction loss)

$L_{Clutter}$  – signalo perdavimo nuostoliai dėl Žemės dangos įtakos (clutter loss)

visi dydžiai yra išreikšti decibelais (dB)

Skaičiuojant  $L_{FreeSpace}$  ir  $L_{Hata}$  parametrus modelyje numatyta galimybė pasirinkti vieną iš kelių populiariausių modelių. Žemiau pateiktose formulėse parametrai, kurie gali būti keičiami, pažymėti raide  $k$  su indeksu.

$L_{FreeSpace}$  skaičiuojama pagal:

$$L_{FreeSpace} = \begin{cases} L_{OneSlope} \\ L_{DualSlope} \end{cases} ,$$

$$L_{OneSlope} = k_{Off} + k_{LogD} \cdot \log(d) + k_{LogF} \cdot \log(f),$$

$$L_{DualSlope} = \begin{cases} k_{NearOff} + k_{NearLogD} \cdot \log(d) + k_{NearLogF} \cdot \log(f) & , \text{kai } d \leq d_{Break} \\ k_{FarOff} + (k_{NearLogD} + k_{FarLogD}) \cdot \log(d) + k_{NearLogF} \cdot \log(f) + \\ + (k_{NearLogD} - (k_{NearLogD} + k_{FarLogD})) \cdot \log(10) & , \text{kai } d > d_{Break} \end{cases} ,$$

$$d_{Break} = \begin{cases} \frac{4 \cdot h_B \cdot h_M \cdot f}{300} \\ k_{Break} \end{cases} ,$$

$L_{Hata}$  skaičiuojama pagal:

$$L_{Hata} = \begin{cases} L_{Okumura} \\ L_{Macro} \\ L_{9999} \end{cases} ,$$

$$L_{Okumura} = \begin{cases} 69,55 - 26,16 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_B) - \\ + a(h_M) + (44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B)) \cdot \log(d)^b & , \text{kai } f \leq 1,5 \text{ GHz} \\ 46,3 - 33,9 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_B) - \\ + a(h_M) + (44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B)) \cdot \log(d)^b & , \text{kai } f > 1,5 \text{ GHz} \end{cases} ,$$

$$a(h_M) = (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_M - (1,56 \cdot f - 0,8),$$



$$b = \begin{cases} 1 & , \text{kai } d \leq 20\text{km} \\ 1 + \left(0,14 + 0,000187 \cdot f + 1,07 \cdot 10^{-3} \cdot h_B\right) \cdot \left(\log\left(\frac{d}{20}\right)\right)^{0,8} & , \text{kai } 20\text{km} < d < 100\text{km} \end{cases} \quad (2)$$

Makro modelyje taip pat numatytas ir dviejų polinkių algoritmo panaudojimas:

$$L_{Macro} = \begin{cases} k_{NearOff} + k_{NearLogD} \cdot \log(d) + k_{HM} \cdot h_M + k_{LogHM} \cdot \log(h_M) + \\ + k_{LogHB} \cdot \log(h_B) + k_{LogHBLogD} \cdot \log(h_B) \cdot \log(d)^b & , \text{kai } d \leq k_{Break} \\ k_{FarOff} + k_{FarLogD} \cdot \log(d) + k_{HM} \cdot h_M + k_{LogHM} \cdot \log(h_M) + \\ + k_{LogHB} \cdot \log(h_B) + k_{LogHBLogD} \cdot \log(h_B) \cdot \log(d)^b & , \text{kai } d > k_{Break} \end{cases}$$

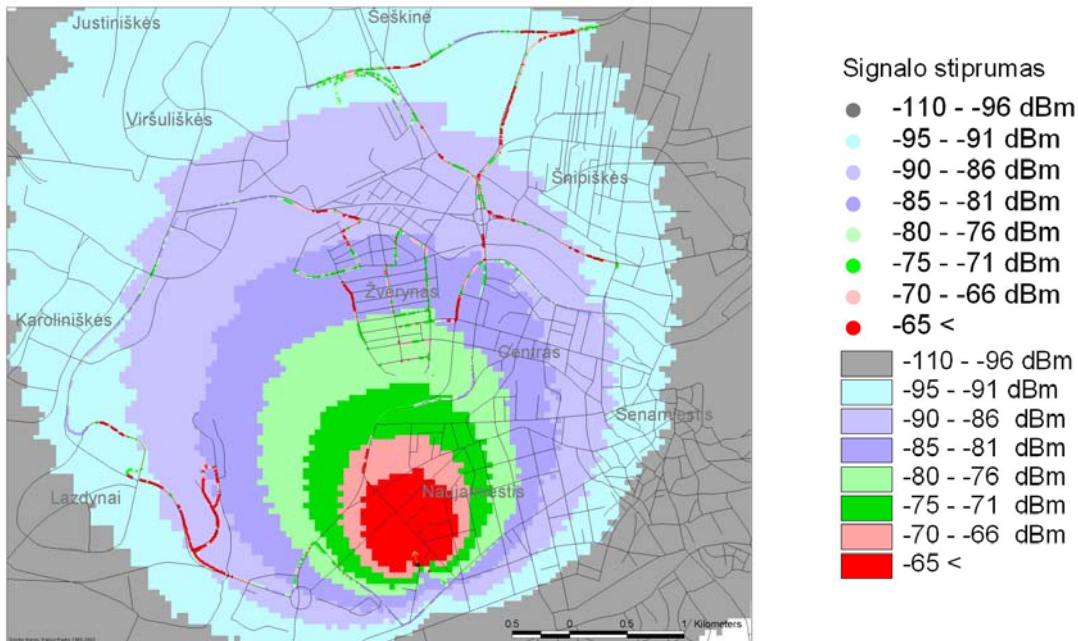
čia,  $b$  skaičiuojama pagal (2) formulę.

$$L_{9999} = k_{A0} + k_{A1} \cdot \log(d) + k_{A2} \cdot \log(h_B) + k_{A3} \cdot \log(h_B) \cdot \log(d)^b + \\ + 3,2 \cdot (\log(11,75 \cdot h_M))^2 + g(f),$$

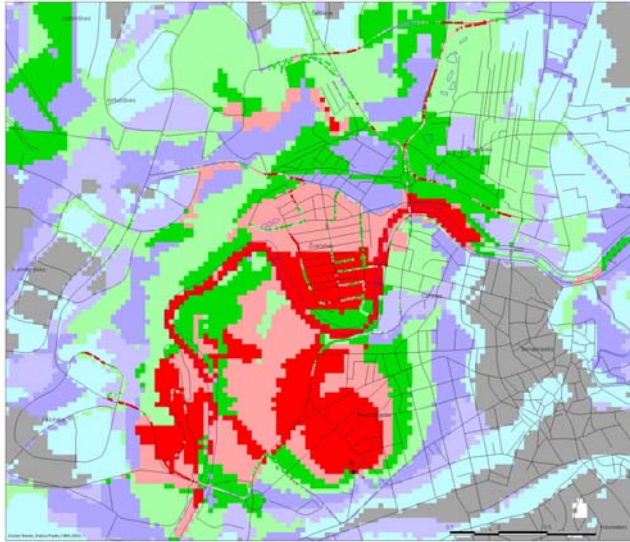
$$g(f) = 44,49 \cdot \log(f) + 4,78 \cdot (\log(f))^2,$$

čia,  $b$  irgi skaičiuojama pagal (2) formulę.

Kaip skiriasi Okumuros–Hatos modelis nuo prognozavimo naudojant topografinį modelį kartu su lauko matavimų taškais pateiktas 21 pav. bei 22 pav..



21 pav. Okumuros–Hatos modelio rezultatas kartu su lauko matavimų taškais



22 pav. Prognozavimo rezultatas naudojant topografinį modelį kartu su lauko matavimų taškais

## 5. EKSPERIMENTINIAI DARBAI

### 5.1. *Objektų būsenos nustatymo eksperimentiniai darbai, rezultatų patikimumo analizė*

#### 5.1.1. TA zonos ribų nustatymo paklaidos nustatymas

GSM tinklo Timing Advance (TA) parametras yra vienas iš pagrindinių vietos nustatymui naudojamų parametru. Tam, kad nustatyti su kokia paklaida MS yra nustatoma TA zonos riba, buvo atliktas eksperimentas. Eksperimentui parinkta užmiesčio vietovė, kurioje MS priima tik vienos BTS signalą.

Atlikus dvidešimt TA verčių nustatymo bandymų nustatyta, kad TA pasikeitimo vieta kinta intervale nuo 2,723 km iki 2,785 km, t.y 62 m. Toks pokytis sudaro 11 % nuo teoriniu būdu nustatytos TA zonos pločio ( $62/550 \times 100 = 11\%$ ).

#### 5.1.2. Vietos informacijos gavimo trukmės nustatymas

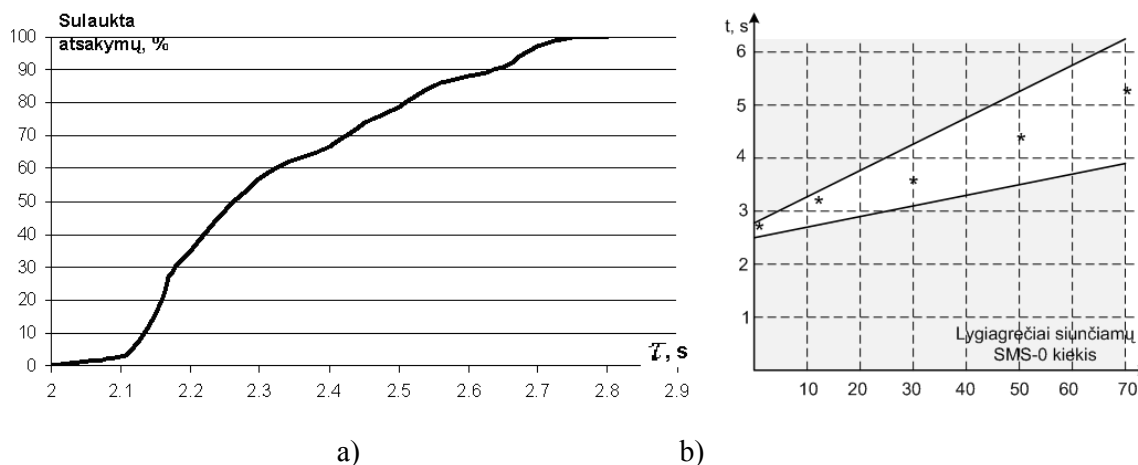
Vietos informacijos gavimo trukmė nustatoma siunčiant į stebimą MS tuščią trumpąją žinutę (SMS-0). Tokios žinutės dydis 42 baitai. Vietos informacijos gavimo trukmė gali būti išskaidyta į 4 dalis:

- SMS-0 adresato paieškos „Routing info“ trukmė -  $\tau_1$ ;
- SMS žinutės formavimo ir išsiuntimo bendra trukmė -  $\tau_2$ ;
- į namų registrą talpinamos MS vietos informacijos atnaujinimo trukmė -  $\tau_3$ ;

- vietos informacijos išsiuntimo adresatui -  $\tau_4$ .

MS vietos informacijos gavimo trukmės pasiskirstymas pateiktas 23 pav. a. Tokiu būdu vietos informacijos gavimo trukmė praktiškai neviršija 2.75 sekundės.

Išanalizavus GSM tinkle vykstančius procesus nustatyta, kad kai iš karto nustatomos daugelio MS vietos, vietos informacijos gavimas gali užtrukti ribose nuo  $\tau_{\min}=2.5 + n*0.02$  s. iki  $\tau_{\max} = 3 + n*0.05$ s. Atliktų bandymų rezultatai, pateikti 23 pav. b, leidžia daryti išvadas apie tiesinę vietos nustatymo trukmės priklausomybę nuo stebimų MS skaičiaus.



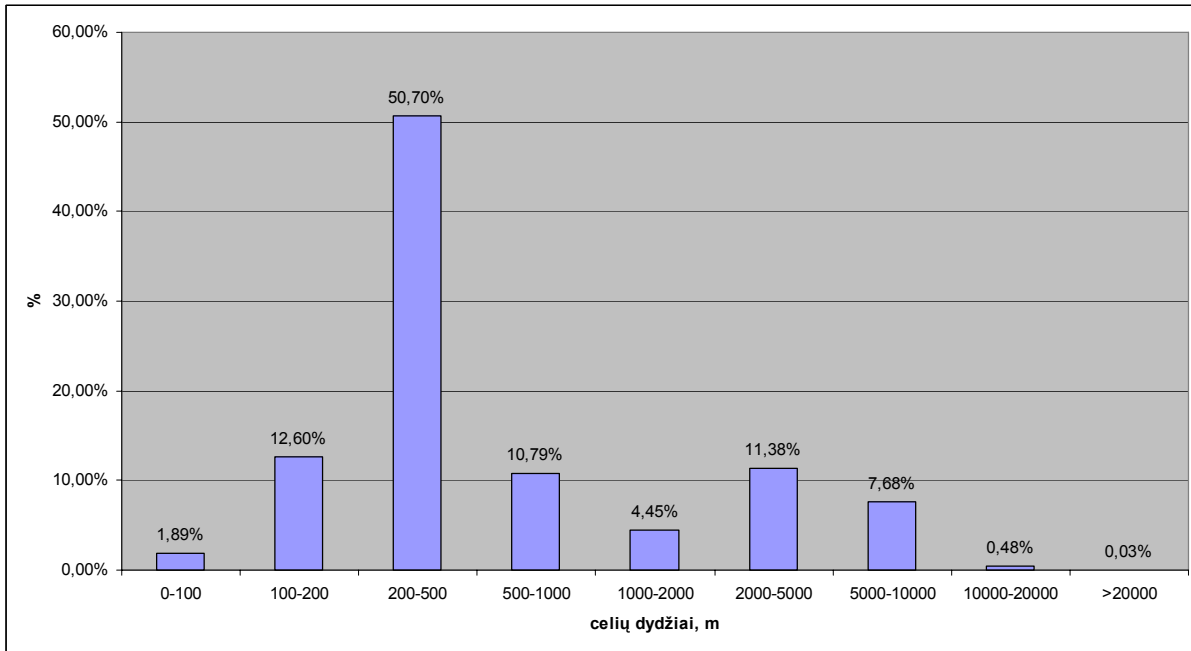
23 pav. MS vietos informacijos gavimo trukmės: a – vienos MS vietos, b- daugelio MS vietų.

### 5.1.3. Celių dydžių pasiskirstymo ir pakliuvimo į jas tyrimas realiame tinkle

Buvo atlikti tyrimai vieno iš Lietuvos operatorių realiame GSM/UMTS tinkle siekiant nustatyti kaip koreliuoja celių dydžių kiekių pasiskirstymas su pakliuvimo į tas celes tikimybe. Celių dydžiai buvo paskaičiuoti su šio darbo metu realizuota „Korinio ryšio tinklų bazinių stočių automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema“, o pakliuvimo į celes pasiskirstymas naudojantis vietos nustatymo paslauga Locator.It, buvo paskaičiuotas su šio baigiamojo darbo metu sukurta statistikos ir duomenų analizės sistema „MSC LBS Analytics“.

Analizuojami rezultatai pasirinkti už atsitiktinį laikotarpį, neatsižvelgiant į jokiais galimas vietos nustatymo paslaugos Locator.It naudojimosi tendencijas. Iš viso analizuojama 770 694 vietos nustatymo Lietuvoje atvejai.

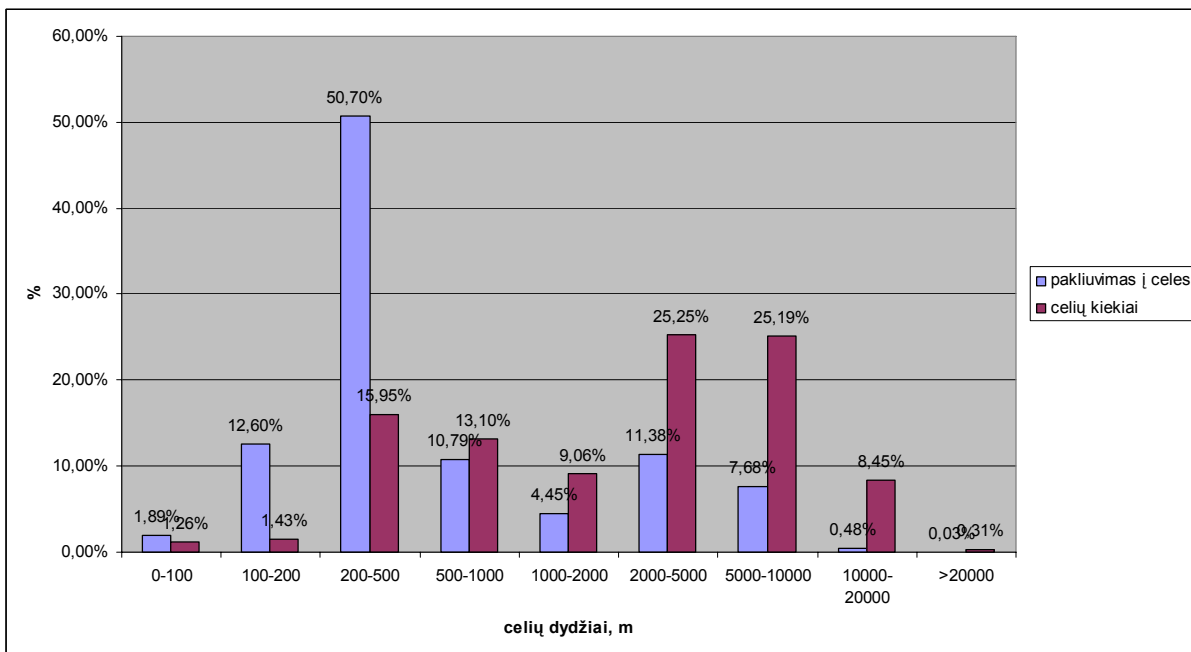




24 pav. Celių dydžių pasiskirstymas

Tyrimo rezultatas rodo, kad daugiau kaip 65% atvejų informacija apie vietą buvo pateikta su mažesne kaip 500m paklaida. O tai reiškia, kad vykdant atvirkštinį geokodavimą, paslaugos vartotojai gaudavo tekstinį vietos aprašymą su gatvių tikslumu.

25 pav. rodo kaip susijęs celių dydžių pasiskirstymas su objekto buvimu tose celėse.



25 pav. Celių dydžiai

Rezultatai rodo, kad ieškomi objektai procentiškai žymiai dažiau yra teritorijose, kuriose yra mažos celės (iki 500m).

#### **5.1.4. Vietos informacijos gavimo trukmės įtaka vietos nustatymo paklaidai**

Kadangi nustatinėjant transporto buvimo vietą ji dažniausiai juda, vietos informacijos gavimo trukmės įtaka vietos nustatymo paklaidai gali būti ženkli.

Buvo atlikti tyrimai vieno iš Lietuvos operatorių realiame GSM/UMTS tinkle siekiant nustatyti kaip vietos nustatymo trukmė bei judėjimo greitis įtakoja vietos nustatymo tikslumą naudojant Cell-ID metodą.

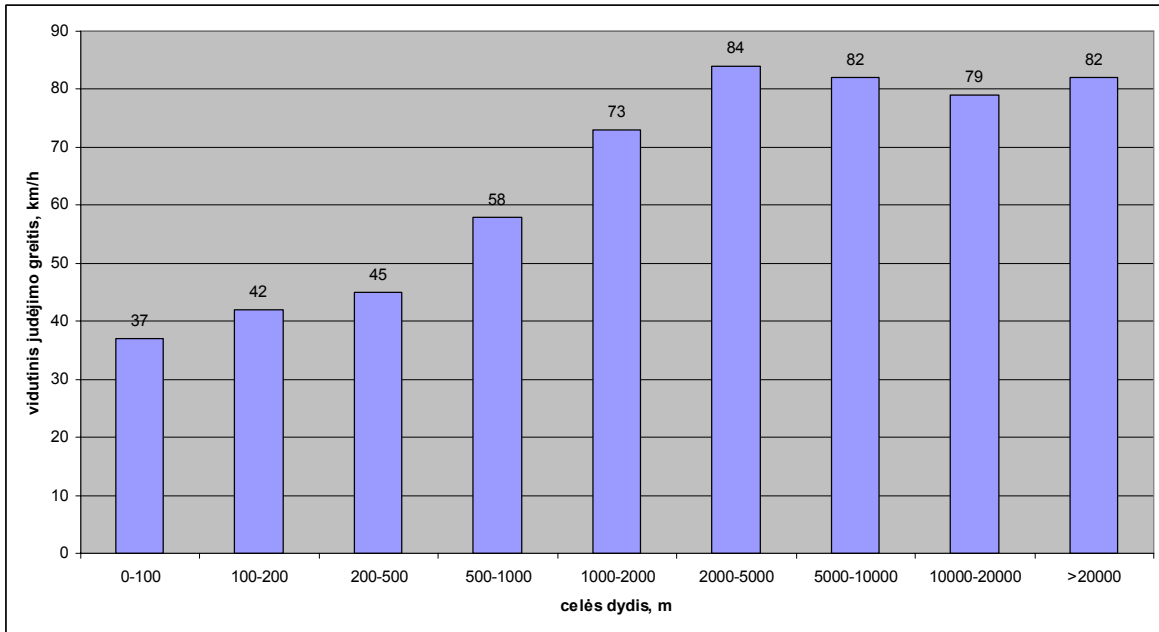
Transporto priemonių greitis tam tikro dydžio celėse buvo analizuojamas pasitelkiant transporto kontrolės paslaugą LocTracker, kuri GPS pagalba be visų kitų parametrų gali fiksuoti transporto priemonės judėjimo greitį. Pasitelkiant baigiamojo darbo metu sukurtą statistikos ir duomenų analizės sistemą „MSC LBS Analytics“ buvo išanalizuota kokiose celėse koks yra vidutinis greitis.

Analizuojami rezultatai pasirinkti už atsitiktinį laikotarpį, neatsižvelgiant į jokiais galimas transporto kontrolės paslaugos LocTracker naudojimosi tendencijas. Iš viso analizuojama 100 00 vietos nustatymo Lietuvoje atvejai.

Taip pat pasitelkiant statistikos ir duomenų analizės sistemą „MSC LBS Analytics“ buvo išanalizuotos vietos nustatymo trukmės tam tikro dydžio celėse.

Analizuojami rezultatai buvo paimti iš Mobilijų Sprendimų Centro teikamos vietos nustatymo paslaugos Locator.lt. Šios paslaugos duomenys taip pat buvo analizuojami pasitelkiant baigiamojo darbo metu sukurtą statistikos ir duomenų analizės sistemą „MSC LBS Analytics“. Analizuojami rezultatai pasirinkti už atsitiktinį laikotarpį, neatsižvelgiant į jokiais galimas vietos nustatymo paslaugos Locator.lt naudojimosi tendencijas. Iš viso analizuojama 770 694 vietos nustatymo Lietuvoje atvejai.

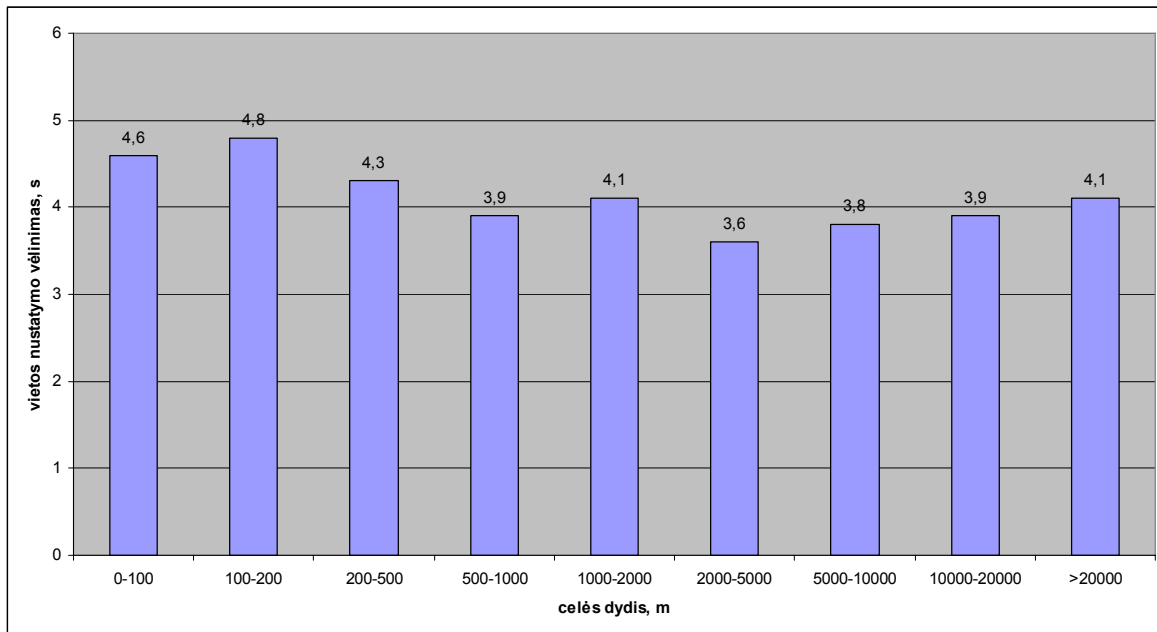
Gauti vidutiniai greičiai skirtingo dydžio celėse pateikti 24 pav. Greičių vidurkiai paskaičiuoti išanalizavus LocTracker paslaugoje sukauptus duomenis. Kiekvienam greičio bei vietos užfiksavimui pagal vietovę buvo priskirtas celės dydis. Celės suskirstytos į intervalus [0..100], [100..200], [200..500], [500..1000], [1000..2000], [2000..5000], [5000..10000], [10000..20000], [20000..∞] metrų. Tada iš kiekvienam intervalui priskirtų greičių aibės buvo išvestas greičio vidurkis.



**26 pav. Vidutinis judėjimo greitis celėse**

Iš duomenų grafike matyti, kad celėse su skirtingais dydžiais, transporto judėjimo vidutinis greitis skiriasi. Taip yra dėl to, kad mažosios celės paprastai būna mieste, kur judėjimo greitis yra mažesnis, o didelės celės būna užmiestyje, kur judėjimo greitis būna didesnis.

Gauti vėlinimai skirtingo dydžio celėse pateikti 25 pav. Vėlinimai paskaičiuoti išanalizavus Locator.lt paslaugoje sukauptus duomenis. Celės suskirstytos į intervalus [0..100], [100..200], [200..500], [500..1000], [1000..2000], [2000..5000], [5000..10000], [10000..20000], [20000..∞] metrų. Tada iš kiekvienam intervalui priskirtų vėlinimų aibės buvo išvestas vėlinimų vidurkis.



27 pav. Vietos nustatymo vėlinimas celėse

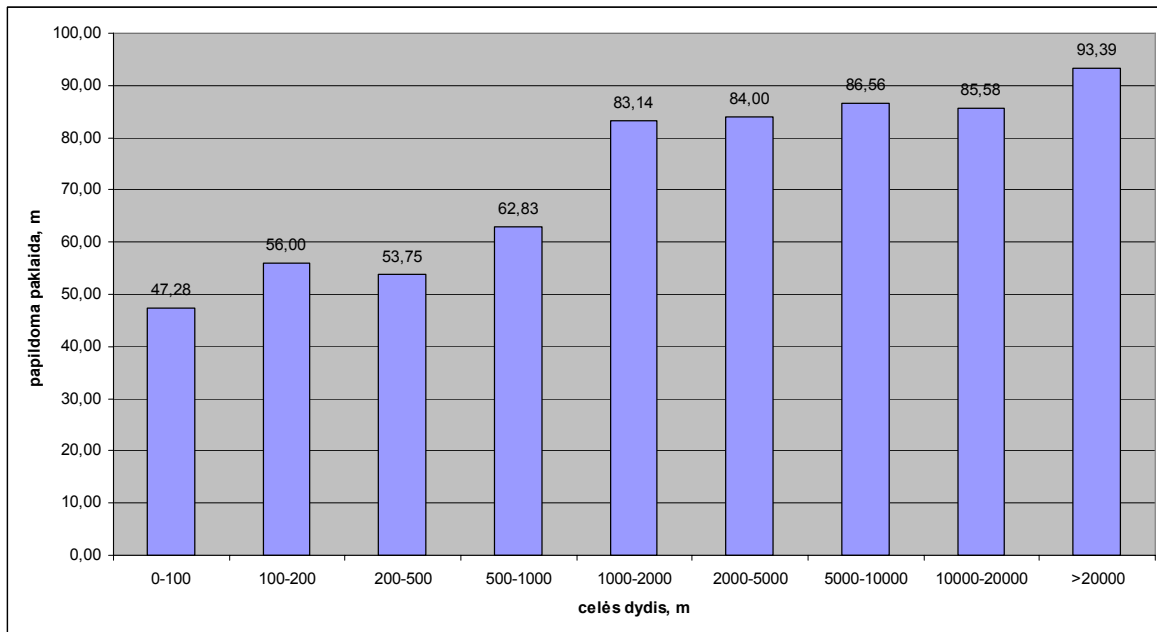
Iš duomenų grafike matyti, kad celės dydis turi labai nežymią įtaką vietos nustatymo trukmei. Galima išvelgti tendenciją, kad mažesnėse celėse, esančiose miestuose, vietos nustatymo trukmė šiek tiek didesnė. Taip gali būti dėl didesnio tinklo apkrautumo miesto teritorijoje.

Turint vidutinius judėjimo greičius bei vietos nustatymo trukmę, galima apskaičiuoti kokią įtaka tikslumui daro šie veiksniai.

Papildoma vietos nustatymo paklaida  $d_{vt}$  dėl transporto priemonės judėjimo  $v_{vid}$  ir vietos nustatymo vėlinimo  $t_{vid}$  apskaičiuojama pagal formulę:

$$d_{vt} = v_{vid} * t_{vid}$$

Apskaičiuota papildoma vietos nustatymo paklaida pateikta grafike:

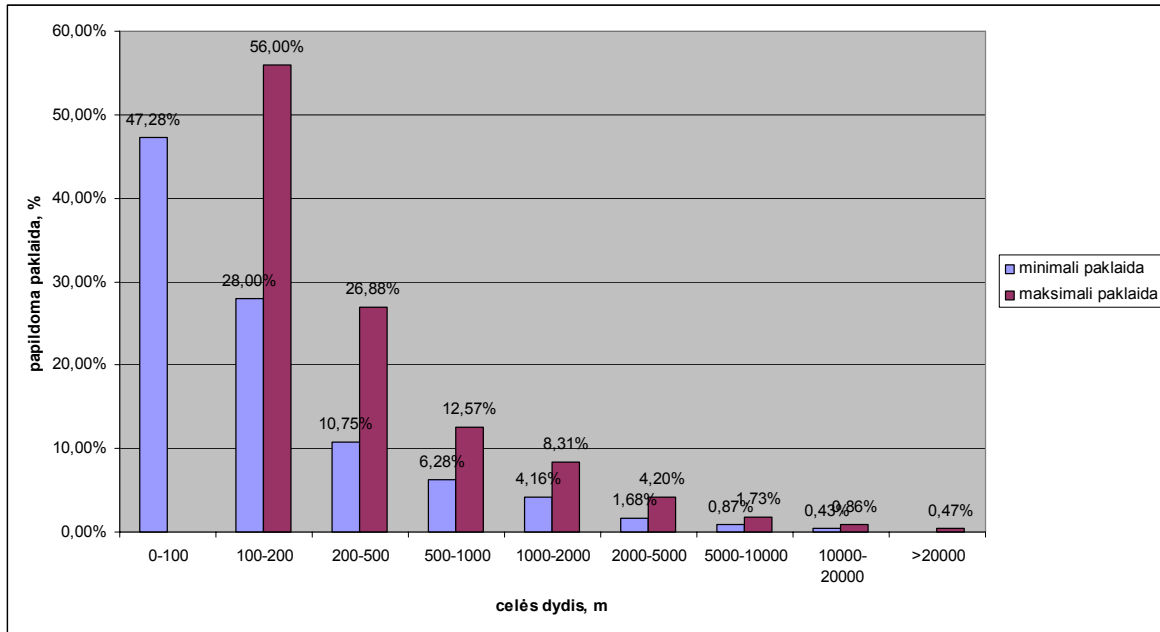


**28 pav. Papildoma paklaida celėse**

Iš duomenų grafike matyti, kad nežymus vėlinimo svyravimas nepadaro tokios didelės įtakos papildomai vietas nustatymo paklaidai, kaip judėjimo greitis.

Tačiau dažnu atveju papildoma vietas nustatymo paklaida išreikšta metrais nėra tiek svarbi, kaip įvertinimas, kiek % sistema gali papildomai suklysti dėl judėjimo greičio ir vietas nustatymo vėlinimo.

Santykinė paklaida pateikta grafike:



29 pav. Santykinė papildoma vietos nustatymo paklaida celėse

Iš duomenų grafike matyti, didėjant celei, santykinė paklaida greitai mažėja ir celėms didesnėms nei 1000 metrų jau nesiekia 10%. Tačiau celėms, kurios naudojamos labai dažnai (iki 500 metrų), transporto priemonės judėjimas ir vietos nustatymo vėlinimas turi ženkliai įtaką vietos nustatymo paklaidai.

### 5.1.5. Iš skirtingų BTS priimamų signalų lygių priklausomybė nuo aplinkos sąlygų.

Jeigu aplinkos sąlygos yra pastovios duomenų bazių koreliacijos metodas (DCM) užtikrina pakankamai mažą vietos nustatymo paklaidą. Tam, kad ir keičiantis aplinkos sąlygoms gauti tokią pačią paklaidą, pasiūlyta naudoti signalų, patenkančių iš skirtingų BTS, lygių santykius. Tuo tikslu atliktas eksperimentas, patvirtinantis, kad keičiantis aplinkos sąlygomis visų BTS priimamų signalų lygiai keičiasi vienodu dėsniu. Eksperimentas atliktas įvairiai ekranuojant nejudančią MS. Gauti rezultatai įgalina daryti prielaidą kad signalų lygio kitimo nevienodumas ne didesnis, kaip 5-6 dB, nors absoliutus signalų lygis keičiasi dvigubai didesniame diapazone.

10 lentelė. Iš skirtingų BTS priimamų signalų lygių priklausomybė nuo ekranavimo

BTS sąlyginis Nr.	Skirtingų BTS siunčiamų signalų lygių priklausomybė nuo aplinkos sąlygų, dBm			
	Atviroje erdvėje	Paėmus į ranką	Patalpinus į ekranuotą įdėklą	Padėjus ant ekranuoto įdėklo
1	-52	-59	-66	-50
2	-68	-74	-80	-62
3	-80	-86	-92	-68
4	-78	-86	-90	-72
5	-85	-92	-97	-76
6	-87	-92	-95	-77
7	-100	-104	-107	-105

## 6. IŠVADOS

- Darbe pasiūlytas transporto informacijos susiejimas su vietos nustatymo informacija, kuria naudojantis vartotojai gauna informaciją apie transporto buvimo vietą. Transporto informacijos susiejimas su vietos nustatymo informacija realizuotas vietos nustatymo paslaugose Locator.lt bei transporto stebėjimo paslaugoje LocTracker. Tam buvo sukurti šių paslaugų komponentai. Šių komponentų dėka, paslaugoje galima kaupti, apdoroti, analizuoti transporto informaciją bei gauti išsamias ataskaitas.
- Atlikta vietos nustatymo platformų analizė parodė, kad norint spręsti vietos nustatymo uždavinius, susijusius su transportu, įprastinės vietos nustatymo platformos nėra visiškai tam tinkamos. Pasiūlyta platformų modifikacija, atsižvelgiant į transporto poreikius, įdiegta vietos nustatymo platformoje MSC MPSv5.
- Išanalizuoti galimi panaudoti vietos nustatymo metodai bei atlikti metodų kokybės įvertinimai. Transporto uždaviniams spręsti pasiūlyta patobulinti jau egzistuojančius vietos nustatymo metodus Cell-ID, Cell-ID+TA, E-CGI. Naujieji metodai pavadinti E-Cell-ID, E-Cell-ID+TA bei MSC E-CGI. Šiam tikslui sukurta „Korinio ryšio tinklų bazinių stočių automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema“ kuri buvo pristatyta parodoje „Technorama 2006“
- Pasiūlyta naudoti vietos nustatymo metodų parinkimo algoritmą, leidžiantį išrinkti patį tinkamiausią vietos nustatymo metodą. Šis algoritmas pavadintas NWAD.
- Baigiamojo darbo rezultatai buvo paskelbti tarpuniversitetinė doktorantų magistrantų konferencijoje „Informacinės technologijos 2006“ – 2 pranešimai, tarptautinėje konferencijoje „Elektronika 2007“, jaunųjų mokslininkų darbų parodoje „Technorama 2006“



## LITERATŪRA

- [1] Internetinė prieiga: <http://www.lhconsulting.com/> Paskutinį kartą žiūrėta 2007-03-25
- [2] Komisijos rekomendacija 2003/558/EB „Dėl telefono ryšio paslaugų gavėjo vietos nustatymo tvarkos elektroninių ryšių tinkluose užtikrinant skubios pagalbos paslaugų teikimą“. 2003 m. liepos 25 d.
- [3] 2002 m. kovo 7 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2002/22/EB „Dėl universaliųjų paslaugų ir paslaugų gavėjų teisių, susijusių su elektroninių ryšių tinklais ir paslaugomis (Universaliųjų paslaugų direktyva)“
- [4] Johan Fagerberg. „The Structure of the European LBS Market 2005“ Berg Insight, Švedija
- [5] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. European transport policy for 2010: time to decide. Brussels, 12.9.2001
- [6] E-safety. [http://europa.eu.int/information\\_society/activities/esafety/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/information_society/activities/esafety/index_en.htm)
- [7] Namje Park, Kiyong Moon and Jongsu Jang, „The Security Consideration and Guideline for Open LBS using XML Security Mechanism“, 4-6 August 2004, Hyderabad, India
- [8] Ingrid Håkansson and Johanna Kraft, „Ericsson’s middleware“, April 5, 2004
- [9] James Nord, Kare Synnes, Peter Parnes, „An Architecture for Location Aware Applications“, Lulea University of Technology, Švedija
- [10] LocatioNet internetinis tinklapis. [www.locationnet.com](http://www.locationnet.com)
- [11] Location Inter-operability Forum (LIF) Mobile Location Protocol. LIF TS 101 Specification. Version 3.0.0 6 June 2002
- [12] Gunnar Heine, „GSM Networks: Protocols, Terminology, and Implementation, |Artech House, London, 1999.
- [13] Hata. Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services // IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. VT-29, 1980, pp. 317-325
- [14] Open Mobile Alliance. OMA Management Object for SUPL Candidate Version 1.0 – 19 Jul 2005
- [15] Location Service Study Report. MOVIES project deliverable document D2.3.1 22-11-02. – P.1-63.
- [16] Overview of Location Services, Deliverable1. IST-1999-14093 LOCUS, Information society technologies, 2001.
- [17] Cellular network optimisation based on mobile location. IST-2000-25382-CELLO, Information society technologies, 2001.

# PRIEDAI

## *1 priedas. Santrumpų sąrašas*

<b>Trumpinys</b>	<b>Angliškas paaiškinimas</b>	<b>Lietuviškas paaiškinimas</b>
<b>A-GPS</b>	Assisted GPS	Paremtinė globaliojo pozicionavimo sistema
<b>AOA</b>	Angle of Arrival	Priėmimo kampas
<b>BCC</b>	Base Station Color Code	Bazinės stoties spalvinis kodas
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station	Bazinė siuntimo ir priėmimo stotis
<b>Cell-ID</b>	Cell Identity	Celės identifikatorius
<b>CGI</b>	Cell Global Identity	Pasaulinis celės identifikavimas
<b>CI</b>	Cell Identity	Celės identifikatorius
<b>DCM</b>	Data base correlation method	Duomenų bazių koreliacijos metodas
<b>E-CGI</b>	Enhanced Cell Global Identity	Patobulintas pasaulinis celės identifikavimas
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute	Europos telekomunikacijų standartų institutas
<b>GIS</b>	Geographic Information System	Geografinė informacinė sistema
<b>GPS</b>	Global Positioning System	Pasaulinė pozicionavimo sistema
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications	Korinio ryšio tinklas
<b>HLR</b>	Home Location Register	Namų lokacijos registras
<b>LBS</b>	Location based service	Su vietos nustatymu susijusios paslaugos
<b>ME</b>	Mobile Equipment	Mobilioji įranga
<b>MLC</b>	Mobile Location Centre	Mobiliosios lokacijos centras
<b>MLP</b>	Mobile Location Protocol	Mobilios Lokacijos Protokolas
<b>MS</b>	Mobile Station	Mobilioji stotis
<b>MSISDN</b>	Mobile Subscriber ISDN	Mobiliojo abonentų ISDN (numeris)
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module	Abonto identifikavimo modulis
<b>SMLC</b>	Serving Mobile Location Center	Aptarnaujantis mobiliosios lokacijos centras
<b>SMS</b>	Short Message Service	Trumposios žinutės paslauga
<b>TA</b>	Timing Advance	Išankstinis laiko nustatymas
<b>WAP</b>	Wireless Application Protocol	Bevielis taikomasis protokolas
<b>XML</b>	Extensible Markup Language	Metaduomenų apjungimo formatas

## *2 priedas. Objektų nuotolinio pozicionavimo standartų suvestinė*

<b>Technologija (pozicionavimo metodas)</b>	<b>Kas standartizuota (visiškai/iš dalies)</b>	<b>Standartai, jų grupės</b>
<b>Cell-ID</b>		Nestandardizuoti
<b>TA</b>	<p>Procedūrų aprašymai</p> <p>Bendras aprašymas</p> <p>Pranešimų funkcinis aprašymas bei jų turinys</p> <p>Informacinių elementų aprašai</p>	<p>TS 101 724 (GSM 03.71) 8 skyrius</p> <p>TS 101 724 (GSM 03.71) Annex B</p> <p>TS 101 726 (3GPP TS 08.71 v.8.5.0) 2 skyrius</p> <p>TS 101 726 (3GPP TS 08,71 v.8.5.0) 3 skyrius</p>
<b>Cell-ID +TA</b>	Informacinių elementų aprašai	TS 101 726 (3GPP TS 08.71 v.8.5.0) 3 skyrius
<b>AOA</b>		TS 101 725 (3GPP TS 04.71 v.7.5.0) Annex B
<b>GPS</b>	Procedūros	TS 101 724 (GSM 03.71) 10 skyrius TS 101 513 (GSM 12.71 v.8.0.1) Annex A
	Procedūrose naudojamo RRLP protokolo aprašymas	TS 144 031 (3GPP TS 44,031 v.5.5.0)
	Skleidimo žinutės turinio aprašymas	TS 101 528 v.8.4.1, (TS 144 035 v.5.0.1) 4.2 skyrius
	Skleidimo pagalbinės informacijos funkcionalumo ir reikalavimų apžvalga	TS 101 528 v.8.4.1, (TS 144 035 v.5.0.1) Annex A3
	Skleidimo žinutės pavyzdys	TS 101 528 v.8.4.1, (TS 144 035 v.5.0.1), Annex C
<b>A-GPS</b>	Bendras aprašymas	TS 101 724 (GSM 03.71) Annex D, TS 144 035
<b>Vietos atnaujinimas</b>	Vietos informacijos atnaujinimo GSM tinkle mechanizmai	TS 100 940 V7.21.0 (GSM 04.08)
	Pagrindinis standartas kuriame apibrėžtas vienas iš SS7 protokolų steko - protokolas MAP (Mobile Application Part - Mobilios Aplikacijos Dalies). Šiuo protokolu vyksta bendravimas tarp pagrindinių GSM tinklo įrenginių, tokių kaip HLR, MSC, SMSC ir kitų	TS 100 974 v7.14.0 (GSM 09.02)

	Pateikiamos GSM OAM funkcijos. Aprašoma SubscriberTrace, kurios pagalba galima paimti konkretaus abonento TA informacija	TS 100 627 V4.6.1 (GSM 12.08)
--	---	-------------------------------

### **3 priedas. Prognozavimo modelių analizės rezultatai**

Eil. Nr.	Modelio pavadinimas	Modelio taikymo atvejai
1	Radio signalo stiprumo prognozavimo atviroje erdvėje (Free-space) modelis	Modelis naudojamas tik atvirose erdvėse. Signalo sklidimui neturi maišyti jokios kliūtys. Mobilioms telekomunikacinėms sistemoms, kur galimi papildomi signalo nuostoliai dėl reljefo ir kitų kliūčių, tiksliam signalo lygių skaičiavimui atviros erdvės (Free-space) modelis nenaudojamas.
2	Lee radio signalo stiprumo prognozavimo modelis	Modelyje įvertinami padidėję signalo perdavimo nuostoliai urbanizuotoje teritorijoje lyginant su tiesioginio matomumo teritorija. Pilna Lee modelio forma įvertina daug parametru, aprašančių sklidimo ir antžeminės aplinkos sąlygas.
3	Hata radio signalo stiprumo modelis	Modelis leidžia įvertinti dažnį, siųstuvo ir imtuvo antenų aukščius bei teritorijos atvirumą. Hata modelio parametrai tinkami kai veikimo dažnis yra 150 MHz – 1 GHz, bazinės stoties aukštis 30 - 200m, mobiliosios stoties aukštis 1 - 10m, mobiliosios stoties atstumas nuo bazinės stoties 1 - 20 km.
4	Tiesinis radio signalo stiprumo modelis	Visi aprašyti radio bangų sklidimo nuostolių skaičiavimų modeliai, gali būti pateikti supaprastintoje, tiesinės lygties formoje. Naudojamas polinkio faktorius, parodantis kaip mažėja signalo stiprumas priklausomai nuo atstumo. <i>Atviros erdvės</i> , <i>Lee</i> ir <i>Hata</i> modelių polinkis yra skirtingas, atitinkamai 20 dB/dekadai, 38,4 dB/dekadai ir 35,2 dB/dekadai, kai bazinės stoties aukštis yra 30 m.
5	Dviejų polinkių (Dual slope) radio bangų sklidimo modelis	Signalų perdavimo nuostolių kreivės <i>polinkis</i> nėra pastovus. Modelyje naudojami kritiniai taškai, kuriuose keičiasi nuostolių kreivės polinkis. Kritiniais taškais radio bangų sklidimo trajektorijoje gali būti įvairūs faktoriai: Žemės užlinkimas, reljefo elementai ar net signalo užlinkimas už gatvės kampo.
6	COST-231 Walfish-Ikegami radio bangų sklidimo modelis	Naudojamas skaičiuojant GSM signalo perdavimo nuostolius urbanizuotoje, miesto aplinkoje. Šiame modelyje siekiant tiksliau aprašyti ir atsižvelgti į signalo sklidimo mieste sąlygas skaičiavimo formulėse įvesti tokie parametrai kaip vidutinis pastatų aukštis, atstumas tarp pastatų, gatvės plotis ir jos orientacijos kampas signalo sklidimo krypties atžvilgiu.
7	Makro radio	Modelis pagrįstas <i>Hata</i> modeliu, tačiau čia kiekvienas faktorius,

	signalo stiprumo prognozavimo modelis	įtakojančias signalo perdavimo nuostolių skaičiavimą, turi vartotojo nustatomą daugiklį, todėl modelį patogiau tikslinti, tai yra nustatyti parametrus taip, kad jie tiksliau aprašytų radijo bangų sklidimą pasirinktoje aplinkoje.
8	9999 radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis	Modelyje pagrindinių signalo perdavimo nuostolių skaičiavimas paremtas <i>Hata</i> modeliu, tačiau kiek kitaip pertvarkyta <i>Hata</i> modelio ir parametrų įvertinimo forma. <i>9999</i> modelis yra patogus jo parametrų tikslinimui ne vien tik dėl mažesnio parametrų kiekio, bet ir dėl Ericsson pateikiamos jų tikslinimo metodikos.

**4 priedas. Detali LBS paslaugų teikimui leistinų vietos nustatymo paklaidų ir informacijos pateikimo vėlinimo laiko suvestinė**

Paslaugos kategorija	Galima paklaida					Galimas atsakymo laikas
<b>Viešojo saugumo paslaugos</b>						
Skubi pagalba (112)	Pastate	Mieste	Priemiestyje	Užmiestyje	Kelyje (eSafety)	<5 s
Skambinantysis nusako pagrindinę informaciją	10-50m		30-100m	50-100m	20-100m	
Skambinantysis nenusako pagrindinės informacijos	10-50m		10-100m			
Perspėjimas apie pavojų	125m					<5 s
<b>Stebėjimo paslaugos</b>						
Transporto grupių valdymas	125m					5s ir daugiau
Turto valdymas	10-125m					5s ir daugiau
Eismo stebėjimas	10-40m					5s
Žmogaus paieška	10-125m					5s ir daugiau
Gyvūno paieška	10-125m					5s ir daugiau
<b>Informacinės paslaugos</b>						
Navigacinės paslaugos	10-20m					<5 s
Miesto vadovo-gido paslaugos	10-500m					<30s
Regioninės informacijos transliavimas	10-500m					<30s
Reklamos transliavimas	125m					Nesvarbu
Geltonieji puslapiai	125m					<30s

**5 priedas. Detali mobilaus objekto vietos nustatymo technologijų galimybių  
suvestinė**

Eil.Nr.	Technologija	Patalpų viduje	Mieste	Priemiestyje	Užmiestyje	Rezultato gavimo laikas
1	GPS/Galileo (Hot Start)	Netikslinga	20-100m	20-100m	20-100m	10 – 20 sec
2	GPS/Galileo(Warm Start)	Netikslinga	20-100m	20-100m	20-100m	30 – 60 sec
3	GPS/Galileo (Cold Start)	Netikslinga	20-100m	20-100m	20-100m	2 – 30 min
4	Galileo	Netikslinga	4-6m	4-6m	4-6m	10sec– 30 min
5	GPS Block II F	Netikslinga	2-6 m	2-6 m	2-6 m	10 – 20 sec
6	DGPS/Galileo	Netikslinga	100m-1km	1-7m	1-7m	10sec– 30 min
7	DGPS	Negalima	1-7m	1-7m	1-7m	2 – 30 min
8	A-GPS	30-50m	30-50m	5-20m	5-20m	6 – 20 sec
9	Cell-ID	1-35m	0,1-1 km	1-10km	1-35km	< 5 sec
10	Cell-ID+TA	100-500m	100-500m	550m	550m	< 5 sec
11	E-CGI	0,05-8km	50-550m	0,25-5km	0,25-8km	< 5 sec
12	AOA	Netikslinga	>125m	>125m	>125m	~ 10 sec
13	U-TOA	25-100m	85-100m	30-75m	25-70m	~ 10 sec
14	E-OTD	50-150 m	50-150 m	50-150m	50-150m	4 – 10 sec
15	OTDOA	50-150 m	50-150 m	50-150 m	50-150 m	3 – 4 sec
16	Data Base Correlation		50-100m	80-200m	80-200m	~ 5 sec
17	Loc. Pattern Match.		65 m	130m	130m	~ 5 sec
18	WLAN	1-2m	Nenaudotina	Nenaudotina	Nenaudotina	~ 5 sec
19	Bluetooth	10-30m	Nenaudotina	Nenaudotina	Nenaudotina	< 5 sec
20	UWB	0,15m	Nenaudotina	Nenaudotina	Nenaudotina	< 5 sec
21	DTV	~1m	~1m	~1m	~1m	5 – 10 sec



**6 priedas. Europos šalių pajamos iš LBS rinkos mln. eurų (2004–2009 metais)**

<b>Šalis</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Austrija	2.3	6.0	10.2	15.4	26.0	46.0
Belgija	2.7	6.9	11.9	18.0	30.3	53.6
Kroatija	0.2	0.5	0.9	1.6	2.5	5.4
Čekija	0.6	1.4	2.6	4.8	7.6	16.5
Danija	1.2	3.1	5.4	8.1	13.6	24.1
Estija	0.2	0.3	0.4	0.7	1.1	2.4
Suomija	1.6	4.2	7.2	10.8	18.2	32.2
Prancūzija	13.8	35.2	60.5	91.4	154.1	272.2
Vokietija	15.3	39.1	67.1	101.4	170.9	302.0
Graikija	2.7	7.0	11.9	18.0	30.4	53.7
Vengrija	0.7	1.5	2.8	5.1	8.0	17.4
Airija	1.7	4.2	7.3	11.0	18.5	32.7
Italija	15.4	39.3	67.5	102.0	171.9	303.7
Latvija	0.0	0.1	0.6	1.0	1.6	3.5
Lietuva	0.2	0.4	0.7	1.3	2.0	4.4
Nyderlandai	4.6	11.8	20.3	30.7	51.8	91.5
Norvegija	1.5	3.7	6.4	9.7	16.3	28.9
Lenkija	1.3	3.0	5.6	10.2	16.2	35.0
Portugalija	2.3	5.9	10.1	15.3	25.7	45.4
Rusija	3.0	6.6	12.4	22.7	36.0	77.9
Slovakija	0.2	0.5	1.0	1.8	2.9	6.3
Slovėnija	0.1	0.2	0.4	0.8	1.3	2.7
Ispanija	11.5	29.4	50.5	76.4	128.7	227.4
Švedija	2.0	5.2	9.0	13.6	22.9	40.4
Šveicarija	2.9	7.5	12.9	19.4	32.8	57.9
Turkija	1.2	2.8	5.2	9.5	15.0	32.5
Didžioji Britanija	18.6	47.7	81.7	123.5	208.1	367.7

*7 priedas. Referatas „Technoramoje 2006“ „Korinio ryšio tinklų bazinių stočių automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema“*



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

INFORMATIKOS FAKULTETAS

Mindaugas Zaleckis

**KORINIO RYŠIO TINKLŲ BAZINIŲ STOČIŲ  
AUTOMATIZUOTO APRĖPČIŲ NUSTATYMO  
SISTEMA**

Vadovas

asist. Vidmantas Liutkauskas

KAUNAS, 2006

TURINYS	
IVADAS .....	75
<b>1. Literatūros apžvalga</b> .....	77
<b>2. Radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių analizė</b> .....	78
2.1 Radijo signalo stiprumo prognozavimo atviroje erdvėje ( <i>Free-space</i> ) modelis .....	78
2.2 Lee radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis .....	78
2.3 Hata radijo signalo stiprumo modelis .....	79
2.4 Tiesinis radijo signalo stiprumo modelis .....	80
2.5 COST–231 Walfish–Ikegami radijo bangų sklidimo modelis .....	80
<b>3. Automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema</b> .....	84
3.1. Signalų stiprumo prognozavimo modelis .....	84
3.2. Radijo signalo stiprumo nuostolių apskaičiavimas pagal prognozavimo modelį .....	84
3.3. Automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema .....	87
<b>4. Išvados</b> .....	91
LITERATŪRA .....	92

## ***IVADAS***

Paskutinį dešimtmetį investicijos į bevielių, mobilių telekomunikacijų infrastruktūrą buvo viena iš pagrindinių investicijų sričių tiek pasaulyje, tiek Lietuvoje. Lietuvoje į GSM (Global System Mobile) tinklų infrastruktūros išvystymą jau investuota virš milijardo litų ir kiekvienais metais investicijos didėja – tai yra viena pagrindinių užsienio investicijų sričių. Mobilų telekomunikacijų infrastruktūra tapo neatsiejama šalies, miesto infrastruktūros dalimi. Nors šiuo metu dviejų GSM operatorių: *Bites GSM* ir *Omnitel* tinklai dengia beveik visą Lietuvos teritoriją, o trečio operatoriaus *Tele2* tinklas – sparčiai vystomas, dėl vis didėjančio mobilaus ryšio vartojimo ir naujos mobilaus ryšio technologijos – UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) diegimo, prognozuojama, kad investicijos į mobilių telekomunikacijų tinklų plėtrą ateinančių dešimtmetį ne tik nemažės, bet dar išaugs.

Efektyviam investicijų į mobilies telekomunikacijas panaudojimui būtinas pažangiausių projektavimo metodų ir priemonių taikymas. Priimamo signalo stiprumo matavimas yra viena iš svarbiausių funkcijų laiduojančių GSM (Global System Mobile) tinklo veiklą. Projektuojant korinį radijo tinklą reikia užtikrinti tiek minimalų priimamo signalo stiprumą visoje tinklo aprėpties teritorijoje, tiek reikiamą skirtumą tarp tuo pačiu ir gretimais dažniais dirbančių siųstuvų signalų stiprumų. Šio kompleksinio uždavinio sprendimui būtina prognozuoti signalo stiprumą, kurio reikšmės pasirinktose vietose galima patikrinti atliekant matavimus.

Šiame darbe parengtas radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis, leidžiantis įvertinti topografinių modelių kartometrinių matavimų duomenis ir prognozuoti celių signalo stiprumą tiek neurbanizuotose, tiek urbanizuotose teritorijose. Modelis programiškai realizuotas vartotojui patogioje GIS (Geographical Information System) aplinkoje, kartometrinių uždavinių sprendimui taikant GIS programinės įrangos funkcijas.

Darbo metu realizuota Sistema skirta automatizuotai nusustatinėti korinio ryšio tinklų (GSM, 3G, Wi-Fi, WiMAX) antenų aprėpties teritorijas įvertinant spinduliuojamų signalų, meteorologinių sąlygų ir topografinių žemėlapių duomenis. Šiuo metu sistema automatiškai ir periodiškai apskaičiuoja keleto operatorių GSM/3G tinklų visų bazinių stočių aprėpties zonas. Šios sistemos skaičiavimo rezultatai gali būti naudojami ir vietos nustatymo paslaugoms teikti patobulinant patį paprasčiausią vietos nustatymo metodą Cell-ID.

Naudojantis Cell-ID vietos nustatymo metodu atsakymas apie objekto buvimo vietą pateikiamas kaip teritorija, kurioje veikia iš antenos spinduliuojami signalai. Paprastai skaičiavimo algoritmas apsiriboja paprastu paskaičiavimu kaip tarpusavyje išsidėstę bazinės stotys ir kaip nukreiptos antenos. Gudresni algoritmai skaičiavimams naudoja daugiau parametrų. Pavyzdžiui

siunčiamo signalo stiprumą. Siekiant maksimaliai padidinti vietos nustatymo Cell-ID metodu tikslumą, tikslinga įvertinti visus įtakojančius antenos veikimo aprėptį parametrus. Ši patobulintą metodą galima vadinti E-CGI (Enhanced Cell-ID)

Kadangi atmosferinių sąlygų įtaka nagrinėjamų korinių tinklų bangų sklidimui yra praktiškai lygi nuliui ir lemiamą įtaką šių dažnių radijo bangų sklidimui turi vietovės topografinės ypatybės, signalo stiprumo prognozavimo tikslumą nulemia du pagrindiniai veiksniai: naudojamo topografinio modelio ir radijo signalo stiprumo prognozavimo modelio tikslumas, tai yra kaip tiksliai turimas topografinis modelis aprašo realią topografinę situaciją ir kaip tiksliai signalo stiprumo prognozavimui naudojamas modelis skaičiavimuose gali įvertinti kartometrinių matavimų duomenis. Modelio tikslumas gali būti įvertinamas lyginant prognozavimo ir signalo stiprumo matavimo lauke rezultatus. Palyginimui be statistinių rodiklių: skirtumų aritmetinio vidurkio ir standartinio nuokrypio įverčio gali būti naudojami kiti kokybės rodikliai, atspindintys prognozavimo ir matavimų rezultatų atitikimą.

## 1. Literatūros apžvalga

Pasaulyje yra atlikta nemažai matavimais paremtų mokslinių tyrimų siekiant nustatyti tikslius radijo signalo stiprumo prognozavimo algoritmus. Populiariausi iš jų yra dokumentuoti ir standartizuoti Tarptautinio telekomunikacijų instituto (International Telecommunications Union, ITU) ir Europos telekomunikacijų standartizavimo instituto (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) standartuose ir rekomendacijose.

2000 metais Kauno Technologijos Universitete, Dr. Artūro Medeišio pristatytoje daktarinėje disertacijoje buvo pirmą kartą pristatyti Lietuvoje atliktų radijo signalo stiprumo eksperimentinių tyrimų mobiliojo ryšio sąlygomis plačioje dažnių juostoje nuo 160 MHz iki 1800 MHz rezultatai. Šie tyrimai parodė, kad nė vienas iš trijų žinomų *empirinių* (Empirical) radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių: *ITU-R Rec.* [1,2,3,4], *Lee* [9] ir *Okumuros–Hatos* [10] nėra pakankamai tikslus, kad jį būtų galima tiesiogiai taikyti Lietuvos sąlygomis. Darbo autoriui apibendrinus skirtingose Lietuvos vietose ir skirtingais dažniais atliktus matavimų rezultatus nustatyta, kad bendriausiu atveju dažniausiai geriausiu tapdavo *Okumuros–Hatos* modelis.

Pasaulyje nėra nei vieningai priimto radijo signalo stiprumo prognozavimo modelio nei visuotinai priimto standarto, nusakančio prognozavimo modelių naudojimą. ETSI rekomendacijoje [5] pabandyta nustatyti GSM tinklo projektavimui naudotinus modelius, kur, skaičiuojant celės aprėptį, kai bazinės stoties antena iškelta aukštai virš aplinkinių namų stogų ir signalo slopimą pagrinde nulemia sklaida ir užlinkimas už kliūčių, rekomenduojama naudoti *Hata* modelį, o miesto teritorijoje mažų celių, kurių aprėptis iki 5 km (*mikro celės*), atveju rekomenduojama naudoti *Cost 231 Walfish–Ikegami* [11, 12], modelį, kuriame signalo slopimas yra įvertinamas atsižvelgiant ir į pastatų aukščius, tarpus tarp pastatų, gatvių plotį ir orientaciją. Praktikoje, radijo signalo stiprumo prognozavimui, naudojamas turimoje programinėje įrangoje įdiegtas modelis, kuris dažniausiai yra paremtas vienu ar keliais ITU ar ETSI rekomendacijoje pateiktais modeliais, dažnai sudėtingesnis, bet kartu ir tikslesnis modelis.

## 2. Radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių analizė

### 2.1 Radijo signalo stiprumo prognozavimo atviroje erdvėje (Free-space) modelis

Atviroje erdvėje elektromagnetinės bangos slopsta pagal atvirkštinio kvadrato funkciją, arba  $1/d^2$ , čia  $d$  yra atstumas nuo siųstuvo iki imtuvo. Linijinėje formoje, sklidimo nuostoliai pagal [4] yra:

$$L_p = \frac{4\pi\lambda^2}{d^2}, \quad (1.1)$$

čia  $\lambda$  yra signalo bangos ilgis. Lygtis (1.1) taip pat gali būti parašyta ir decibelinėje formoje [4]:

$$L_p = 32,4 + 20 \log(f) + 20 \log(d), \quad (1.2)$$

čia  $d$  – dydis yra išreikštas kilometrais,  $f$  yra signalo dažnis megahercais ir sklidimo nuostoliai  $L_p$  yra išreikšti decibelais.

Išvedant lygtį (1.2), priimama, kad šviesos greitis yra dažnio ir bangos ilgio santykis (tai yra,  $c = f / \lambda$ ). Kai yra žinomas signalo perdavimo dažnis  $f$ , pirmoji ir antroji lygties (1.2) sąlygos yra kilometrinės konstantos, ir  $L_p$  skiriasi tik kaip  $d$  funkcija trečiojoje sąlygoje. Jei nubraižytume lygtį (1.2) logaritminiame popieriuje, kreivės *polinkis* būtų 20 dB/dekados.

Atviros erdvės modelis yra grindžiamas sferinės bangų fronto išplėtimo koncepcija, kadangi signalas spinduliuojamas iš šaltinio į erdvę. Modelis dažniausiai naudojamas palydovinėse ir kosminėse telekomunikacijų sistemose, kur signalai iš tiesų keliauja per „atvirą erdvę“. Mobiloms telekomunikacinėms sistemoms, kur papildomi nuostoliai atsiranda dėl reljefo ir kitų Žemės dangos kliūčių, tiksliam perdavimo nuostolių nustatymui, radijo signalo stiprumo *atviroje erdvėje* (Free-space) modelis tiesiogiai nėra naudojamas.

### 2.2 Lee radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis

Sklidimo aplinka antžeminėse komunikacijose yra blogesnė nei atviroje erdvėje. Tarp bazinės stoties ir mobiliojo ryšio vartotojo dažnai yra kliūčių. Rezultate gaunamas signalas susideda iš signalų, keliaujančių tiek tiesioginėmis, tiek netiesioginėmis trajektorijomis. Zonos, kurias pasiekia tiesioginėmis trajektorijomis sklindantys signalai yra vadinamos *tiesioginio matavimo zonomis* (Line Of Sight areas – LOS). Tiesioginėmis trajektorijomis sklindančių signalų nepasiekiamos zonos vadinamos *netiesioginio matavimo zonomis* (Not Line Of Sight areas – NLOS). Jas pasiekia tik nuo įvairių objektų, tokių kaip pastatai, medžiai ar kalnai, atsispindėję signalai. Todėl, sudėjus sklidimo nuostoliai antžeminėje aplinkoje, ypač urbanizuotose teritorijose, yra žymiai didesni nei

atviroje erdvėje. *Lee* radijo signalo stiprumo modelyje šis skirtumas yra įvertinamas padidinus signalo perdavimo nuostolių priklausomybę nuo atstumo tarp siųstuvo ir imtuvo atspindintį parametą. Supaprastinta *Lee* modelio formulė mobilių tinklų dažniams, iš [8] yra:

$$L_p = 1.14 \times 10^{-13} \frac{h^2}{d^{3.84}}, \quad (1.3)$$

čia  $d$  yra atstumas (kilometrais) tarp bazinės stoties ir mobiliojo ryšio vartotojo ir  $h$  yra pagrindinės stoties antenos aukštis (metrais). *Lee* modelyje sklidimo nuostoliams skaičiuoti naudojamas atstumo laipsninis rodiklis lygus 3.84, taigi beveik dvigubai didesnis nei sklidimo atviroje erdvėje modelyje, kuriame jis yra lygus 2. Kitaip sakant, sklidimo nuostoliai antžeminėse mobiliose telekomunikacinėse sistemose yra žymiai didesni nei sklidimo nuostoliai atviroje erdvėje. Nuostoliai sumažėja kai yra didesnis bazinės stoties aukštis  $h$ , tai yra, kai bazinės stoties antena yra pakeliama aukščiau.  $L_p$  skaičiuojama decibelais pagal formulę:

$$L_p = 129,45 + 38,4 \log(d) + 20 \log(h), \quad (1.4)$$

čia  $d$  yra dydis išreikštas kilometrais ir  $h$  yra išreikštas metrais. Šioje *Lee* modelio formulėje sklidimo nuostolių *polinkis* yra 38.4 dB/dekados. Pilna *Lee* modelio forma, aprašyta [9], yra sudėtingesnė nei pateikta (1.3) ir (1.4) formulėse ir turi daugiau parametų, aprašančių sklidimo ir antžeminės aplinkos sąlygas.

## 2.3 Hata radijo signalo stiprumo modelis

Geras sklidimo modelis turėtų būti skirtingų parametų, tiksliai nusakančių radijo signalo stiprumo priklausomybės nuo aplinkos sąlygų, funkcija. *Hata* modelis yra sudėtingesnis nei prieš tai aprašyti sklidimo nuostolių skaičiavimo modeliai. Jis papildomai leidžia įvertinti įtaką, tokių parametų kaip: dažnis, siųstuvo ir imtuvo aukštis bei teritorijos atvirumas. *Hata* modelis yra nustatytas atlikus ir statistiniais metodais apdorojus didelį kiekį elektromagnetinio lauko matavimų miesto aplinkoje. Decibelinėje formoje, apibendrintas modelis, pagal [10] yra išreikštas taip:

$$L_p = K_1 + K_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log(d) + K_0, \quad (1.5)$$

čia  $f$  yra sklidimo dažnis (megahercais),  $h_b$  yra pagrindinės stoties antenos aukštis (metrais) ir  $h_m$  yra mobilios antenos aukštis (metrais),  $d$  yra atstumas (kilometrais) tarp bazinės stoties ir mobiliojo ryšio vartotojo.  $a(h_m)$  ir  $K_0$  parametrai priklauso nuo teritorijos atvirumo, tai yra ar bangos sklinda urbanizuotoje ar pusiau urbanizuotoje ar atviroje aplinkoje.

Nustatyti *Hata* modelio parametrai yra tinkami tik esant tam tikroms sąlygoms, tai yra kai:  $f$  yra nuo 150 MHz – 1 GHz,  $h_b$  – nuo 30m iki 200m,  $h_m$  – nuo 1m iki 10m, ir  $d$  – nuo 1 km iki 20 km. *Hata* modelio (1.5) formulėje sklidimo nuostolių *polinkis* yra  $[44,9 - 6,55 \log(h_b)]$  arba 35,2



dB/dekados.

## 2.4 Tiesinis radijo signalo stiprumo modelis

Visi aprašyti radijo bangų sklidimo nuostolių skaičiavimų modeliai, gali būti pateikti supaprastintoje, tiesinės lygties formoje:

$$L_p = L_0 + \gamma \log(d), \quad (1.6)$$

čia  $L_0$  yra tiesinės lygties sklidimo nuostolių skaičiavimo *poslinkis* ir  $\gamma$  – *polinkis*. Polinkis yra faktorius, parodantis kaip mažėja signalo stiprumas priklausomai nuo atstumo. *Atviros erdvės*, *Lee* ir *Hata* modelių polinkis yra skirtingas, atitinkamai 20 dB/dekados, 38,4 dB/dekados, ir 35,2 dB/dekados, kai bazinės stoties aukštis yra 30 m. Realybėje *polinkis* svyruoja nuo 20 iki 40 dB per dekadą, tai yra perdavimo nuostolių priklausomybė nuo atstumo yra atvirkštinė atstumo, kurio laipsninis rodiklis nuo 2 iki 4 funkcija. Signalui sklindant atviroje aplinkoje atstumo laipsninis rodiklis yra arčiau 2, urbanizuotoje, miesto aplinkoje – apie 4 [7]. Pagal [6], nustatant signalų sklidimo nuostolius bendrai, visame mieste, *tiesinėje* nuostolių skaičiavimo lygtyje galima naudoti atstumo laipsninį rodiklį lygų 4, tačiau analizuojant atskirose miesto vietose jis gali būti labai skirtingas. Pavyzdžiui, gatvės properšoje, *tiesioginio matavimo* zonoje nuo bazinės stoties, jis gali būti lygus 2, kitose miesto vietose – 4, o kai kuriose vietose, kur daug medžių ar kito tipo kliūčių, siekti net 6.

## 2.5 COST–231 Walfish–Ikegami radijo bangų sklidimo modelis

*Walfish* ir *Bertoni* [11] bei *Ikegami* [12] modelių pagrindu Europos mokslinių tyrimų komitetas COST 231 sukūrė *COST–231 Walfish–Ikegami* modelį, kurį ETSI rekomenduoja naudoti skaičiuojant GSM signalo perdavimo nuostolius urbanizuotoje, miesto aplinkoje. Šiame modelyje siekiant tiksliau aprašyti ir atsižvelgti į signalo sklidimo mieste sąlygas skaičiavimo formulėse įvesti tokie parametrai kaip vidutinis pastatų aukštis, atstumas tarp pastatų, gatvės plotis ir jos orientacijos kampas signalo sklidimo krypties atžvilgiu. Žemiau pateikti *COST–231 Walfish–Ikegami* modelio taikymo apribojimai ir skaičiavimo formulės [5]. Taip pat 1.1 paveiksle pateiktas grafinis modelyje naudojamų parametrų paaiškinimas.

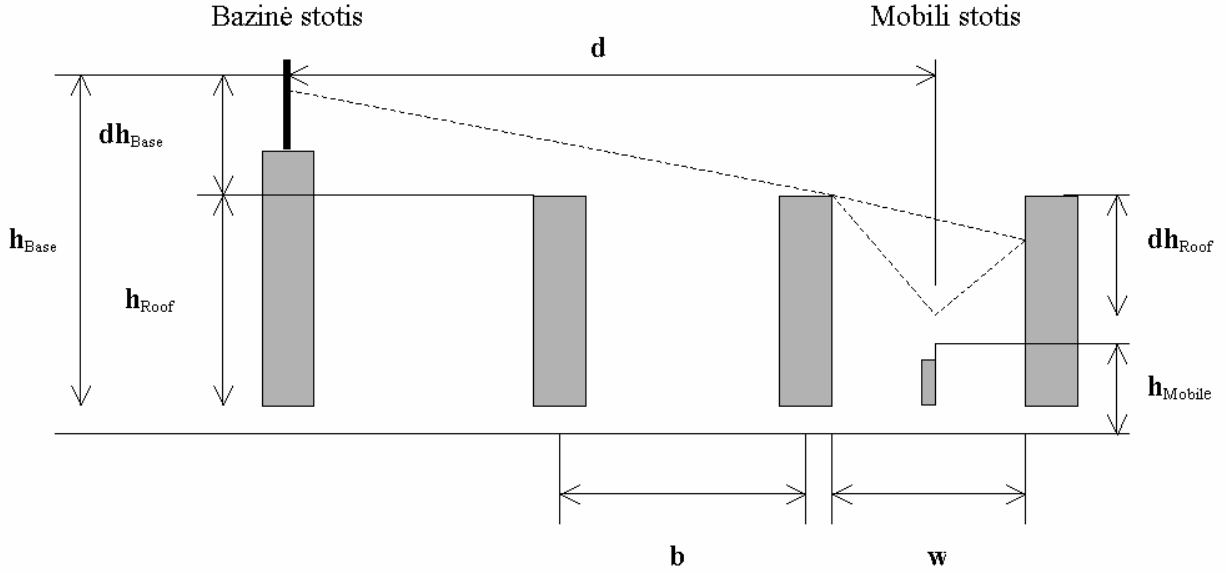
*COST–231 Walfish–Ikegami* modelio taikymo apribojimai:

$f$  – dažnis (MHz), apie 800 MHz – 2 GHz ribose;

$h_B$  – bazinės stoties antenos aukštis nuo Žemės paviršiaus, 4 – 50 m ribose;

$h_M$  – mobilios stoties antenos aukštis, 1–3 m ribose;

$d$  – atstumas nuo bazinės stoties iki mobilios stoties, 0,02 – 5 km ribose.



1.1 pav. COST–231 Walfish–Ikegami modelio parametru grafinis paaiškinimas

COST–231 Walfish–Ikegami modelio pagrindinių signalo perdavimo nuostolių skaičiavimo formulė yra:

$$L_b = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd} & , \text{kai } L_{rts} + L_{msd} > 0 \\ L_0, & , \text{kai } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad (1.7)$$

čia:  $L_0$  – signalo perdavimo atviroje erdvėje nuostoliai (free–space loss), kurie apskaičiuojami pagal (1.2) formulę:

$$L_0 = 32,4 + 20 \log(d) + 20 \log(f), \quad (1.8)$$

čia:  $L_{rts}$  – signalo difrakcijos nuo pastatų stogų ir atspindžių įtaka (roof–top–to–street diffraction and scatter loss), kuri skaičiuojama pagal formulę:

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log(w) + 10 \log(f) + 20 \log(h_{Roof} + h_{Mobile}) + L_{cri}, \quad (1.9)$$

$$L_{cri} = \begin{cases} -10 + 0,354 \cdot \varphi & , \text{kai } 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \\ 2,5 + 0,075 \cdot (\varphi - 35) & , \text{kai } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ, \\ 4,0 + 0,114 \cdot (\varphi - 55) & , \text{kai } 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases} \quad (1.10)$$

čia,  $\varphi$  yra gatvės orientacijos kampas signalo sklidimo krypties atžvilgiu.

$L_{msd}$  – nuostoliai dėl difrakcijos už sąlyginių kliūčių (multi–screen diffraction loss), skaičiuojami:

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \cdot \log(d) + k_f \cdot \log(f) - 9 \cdot \log(b), \quad (1.11)$$

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \cdot \log(1 - h_{Base} - h_{Roof}) & , \text{kai } h_{Base} > h_{Roof} \\ 0 & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof} \end{cases} \quad (1.12)$$

$$k_a = \begin{cases} 54 & , \text{kai } h_{Base} > h_{Roof} \\ 54 - 0,8 \cdot (h_{Base} - h_{Roof}) & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof}, d \geq 0,5, \\ 54 - 0,8 \cdot (h_{Base} - h_{Roof}) \cdot (d / 0,5) & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof}, d < 0,5 \end{cases} \quad (1.13)$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & , \text{kai } h_{Base} > h_{Roof} \\ 18 - 15 \cdot \frac{h_{Base} - h_{Roof}}{h_{Roof}} & , \text{kai } h_{Base} \leq h_{Roof} \end{cases} \quad (1.14)$$

$$k_f = \begin{cases} -4 + 0,7 \cdot (f / 925 - 1) & \text{miestams} \\ -4 + 1,5 \cdot (f / 925 - 1) & \text{didmiesciu centrams} \end{cases} \quad (1.15)$$

Kai mobili stotis yra *tiesioginio matomumo* zonoje iš bazinės stoties, gatvės properšoje (Street Canyon), tai yra *mikro celės* atveju, bazinės stoties antena yra žemiau supančių pastatų stogų lygio, rekomenduojama pagrindinių signalo perdavimo nuostolių skaičiavimo formulė yra:

$$L_b = 42,6 + 26 \cdot \log(d) + 20 \cdot \log(f). \quad (1.16)$$

Jei nėra nustatytos tikslesnės konkretaus miesto *COST-231 Walfish-Ikegami* modelio parametrų reikšmės, COST-231 rekomenduoja [13] naudoti 1.1 lentelėje pateiktas reikšmes.

**1.1 lentelė.** Rekomenduojamos *COST-231 Walfish-Ikegami* modelio parametrų reikšmės

Parametras	Rekomenduojama reikšmė
$s$	
$b$	nuo 20 iki 50 m
$w$	$b / 2$
$h_{Roof}$	3m * (vidutinis pastatų aukštų skaičius) + stogo aukštis stogo aukštis = $\begin{cases} 3\text{m} & , \text{kai šlaitinis stogas} \\ 0\text{m} & , \text{kai plokščias stogas} \end{cases}$
$\varphi$	90°

Svarbus *COST-231 Walfish-Ikegami* modelio skirtumas nuo *Hata* modelio yra tame, kad jame yra numatytas skirtingų skaičiavimo algoritmų naudojimas priklausomai nuo mobilios stoties buvimo vietos, tai yra ar ji yra *tiesioginio matomumo* zonoje (LOS) ar *netiesioginio matomumo* zonoje (NLOS). Tačiau *COST-231 Walfish-Ikegami* modelyje sklidimo aplinkos sąlygoms aprašyti naudojami neišmatuojami, sąlyginiai parametrai, tokie kaip: gatvės – gatvės properšos plotis, atstumas tarp pastatų. Šiais parametrais neįmanoma tiksliai aprašyti miesto aplinkos sąlygų.

Pavyzdžiui, prognozuojant elektromagnetinio lauko stiprumą aikštėje, iš visų pusių apsuptoje gatvių, – neįmanoma parinkti nei gatvės pločio, nei jos orientacijos kampo signalo sklidimo kryptimi.

*COST-231 Walfish-Ikegami* modelis, kaip ir *Hata* modelis yra įdiegtas daugelyje programinės įrangos produktų, tačiau jis nėra plačiai naudojamas visų pirma dėl sunkiai nustatomų aplinką aprašančių parametrų, kurie praktiškai tampa papildomais kintamaisiais nustatant nuostolių skaičiavimo lygčių parametrus. Antras modelio trūkumas praktiniam naudojimui – žymiai lėtesnis skaičiavimo greitis nei *Hata* modelio.

### 3. Automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema

Šiame skyriuje pristatomas parengtas signalo stiprumo prognozavimo modelis bei automatizuoto aprėpčių nustatymo sistema

#### 3.1. Signalo stiprumo prognozavimo modelis

Pagrindinė parengto prognozavimo modelio idėja yra tokia: naudojant visus turimus, net skirtingo detalumo topografinius duomenis pagal kartometrinius matavimus nustatyti trijų tipų „matomumo“ iš bazinės stoties zonas ir kiekvienoje iš jų, skaičiuojant signalo perdavimo nuostolius, naudoti skirtingą radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį.

Modelyje naudojami du sąlyginiai paviršiai, kurių kartometrinių matavimų pagrindu yra nustatomos trijų tipų „matomumo“ zonos. Pirmąjį paviršių sudaro signalui nepraeinamos kliūtys. Ši paviršių dažniausiai aprašo Žemės paviršius ir reljefo elementai. Naudojant pirmąjį paviršių nustatomos *nematomumo zonos* (Non Line Of Sight – NLOS). Antrąjį paviršių sudaro signalui dalinai nepraeinamos kliūtys. Ši paviršių dažniausiai aprašo Žemės dangos elementai, tokie kaip: teritorijos užstatymo tankis, augalija, pastatai. Naudojant antrąjį paviršių nustatomos *dalinio nematomumo zonos* (Obstructed Line Of Sight – OLOS). Zonos, esančios „tiesioginiame matomume“ iš bazinės stoties, tai yra kai signalo sklidimo neužstoja nei pirmojo, nei antrojo paviršių objektai, aprašo *tiesioginio matomumo zonos* (Line Of Sight – LOS).

Pagal modelį tarp bazinės stoties ir kiekvienos galimos mobilios stoties buvimo vietos prognozavimo teritorijoje sudaromas vertikalus profilis, pagal kurį nustatoma LOS, OLOS ir NLOS zonos. Kiekvienoje iš jų naudojant skirtingą standartinį radijo signalo stiprumo prognozavimo modelį, skaičiuojami signalo perdavimo nuostoliai. Gauti rezultatai siejami į vieną kartografinį sluoksnį, ir taip nustatoma *makro celės* signalo stiprumas, aprėptis.

Modelio taikymo apribojimus lemia jame naudojamų standartinių radijo signalo stiprumo prognozavimo modelių taikymo ribos. Modelis yra tinkamas visų mobilių telekomunikacinių tinklų celių signalo stiprumui prognozuoti. Jo taikymo ribos yra:

$f$  – dažnis (MHz), 150 MHz – 2 GHz ribose;

$h_B$  – bazinės stoties antenos aukštis nuo Žemės paviršiaus (m), 30 – 200 m ribose;

$h_M$  – mobilios stoties antenos aukštis (m), 1–10 m ribose;

$d$  – atstumas nuo bazinės stoties iki mobilios stoties (km), iki 100 km;

#### 3.2. Radijo signalo stiprumo nuostolių apskaičiavimas pagal

## prognozavimo modelį

Modelio bendra išraiška yra:

$$L = \begin{cases} L_{FreeSpace} & , \text{kai LOS} \\ L_{Hata} + L_{Clutter} & , \text{kai OLOS,} \\ L_{Hata} + L_{Diff} + L_{Clutter} & , \text{kai NLOS} \end{cases} \quad (3.1)$$

čia:

$L_{FreeSpace}$  – signalo perdavimo atviroje erdvėje nuostoliai (free space loss)

$L_{Hata}$  – pagrindiniai signalo perdavimo nuostoliai (basic loss)

$L_{Diff}$  – signalo perdavimo nuostoliai dėl difrakcijos (diffraction loss)

$L_{Clutter}$  – signalo perdavimo nuostoliai dėl Žemės dangos įtakos (clutter loss)

visi dydžiai yra išreikšti decibelais (dB)

Skaičiuojant  $L_{FreeSpace}$  ir  $L_{Hata}$  parametrus modelyje numatyta galimybė pasirinkti vieną iš kelių populiariausių modelių. Žemiau pateiktose formulėse parametrai, kurie gali būti keičiami, pažymėti raide  $k$  su indeksu.

$L_{FreeSpace}$  skaičiuojama pagal:

$$L_{FreeSpace} = \begin{cases} L_{OneSlope} \\ L_{DualSlope} \end{cases}, \quad (3.2)$$

$$L_{OneSlope} = k_{Off} + k_{LogD} \cdot \log(d) + k_{LogF} \cdot \log(f), \quad (3.3)$$

$$L_{DualSlope} = \begin{cases} k_{NearOff} + k_{NearLogD} \cdot \log(d) + k_{NearLogF} \cdot \log(f) & , \text{kai } d \leq d_{Break} \\ k_{FarOff} + (k_{NearLogD} + k_{FarLogD}) \cdot \log(d) + k_{NearLogF} \cdot \log(f) + \\ + (k_{NearLogD} - (k_{NearLogD} + k_{FarLogD})) \cdot \log(10) & , \text{kai } d > d_{Break} \end{cases}, \quad (3.4)$$

$$d_{Break} = \begin{cases} \frac{4 \cdot h_B \cdot h_M \cdot f}{300} \\ k_{Break} \end{cases}, \quad (3.5)$$

$L_{Hata}$  skaičiuojama pagal:

$$L_{Hata} = \begin{cases} L_{Okumura} \\ L_{Macro} \\ L_{9999} \end{cases}, \quad (3.6)$$

$$L_{Okumura} = \begin{cases} 69,55 - 26,16 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_B) - \\ + a(h_M) + (44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B)) \cdot \log(d)^b & , \text{ kai } f \leq 1,5 \text{ GHz} \\ 46,3 - 33,9 \cdot \log(f) - 13,82 \cdot \log(h_B) - \\ + a(h_M) + (44,9 - 6,55 \cdot \log(h_B)) \cdot \log(d)^b & , \text{ kai } f > 1,5 \text{ GHz} \end{cases} \quad (3.7)$$

$$a(h_M) = (1,1 \cdot \log(f) - 0,7) \cdot h_M - (1,56 \cdot f - 0,8), \quad (3.8)$$

$$b = \begin{cases} 1 & , \text{ kai } d \leq 20 \text{ km} \\ 1 + \left( 0,14 + 0,000187 \cdot f + 1,07 \cdot 10^{-3} \cdot h_B \right) \cdot \left( \log\left(\frac{d}{20}\right) \right)^{0,8} & , \text{ kai } 20 \text{ km} < d < 100 \text{ km} \end{cases} \quad (3.9)$$

Makro modelyje taip pat numatytas ir dviejų polinkių algoritmo panaudojimas:

$$L_{Macro} = \begin{cases} k_{NearOff} + k_{NearLogD} \cdot \log(d) + k_{HM} \cdot h_M + k_{LogHM} \cdot \log(h_M) + \\ + k_{LogHB} \cdot \log(h_B) + k_{LogHBLogD} \cdot \log(h_B) \cdot \log(d)^b & , \text{ kai } d \leq k_{Break} \\ k_{FarOff} + k_{FarLogD} \cdot \log(d) + k_{HM} \cdot h_M + k_{LogHM} \cdot \log(h_M) + \\ + k_{LogHB} \cdot \log(h_B) + k_{LogHBLogD} \cdot \log(h_B) \cdot \log(d)^b & , \text{ kai } d > k_{Break} \end{cases} \quad (3.10)$$

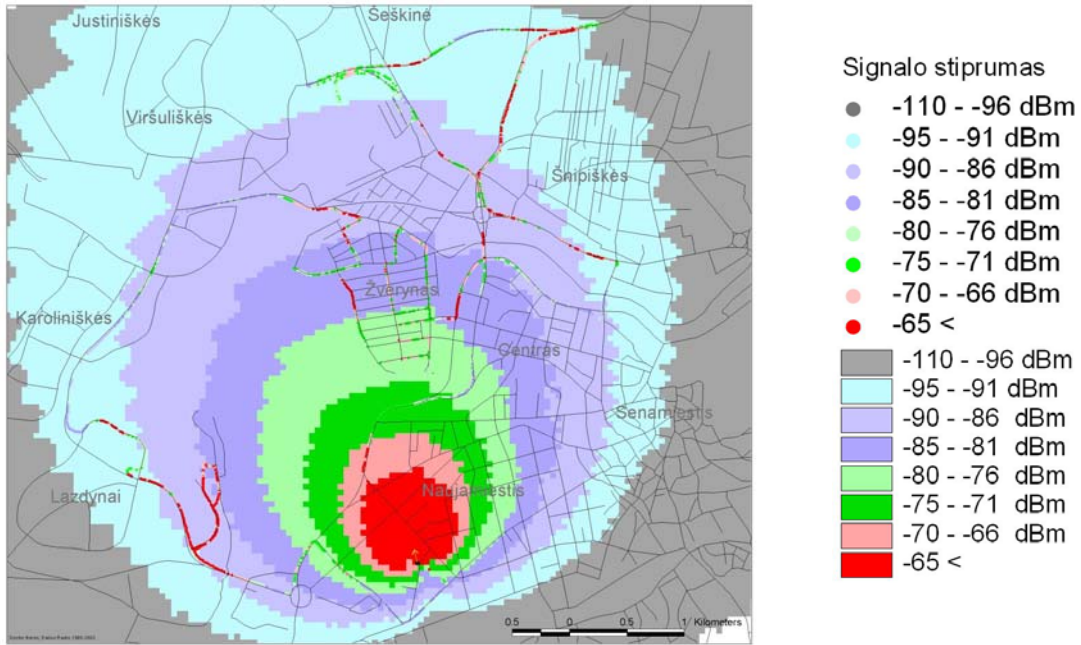
čia,  $b$  skaičiuojama pagal (3.9) formulę.

$$L_{9999} = k_{A0} + k_{A1} \cdot \log(d) + k_{A2} \cdot \log(h_B) + k_{A3} \cdot \log(h_B) \cdot \log(d)^b + \\ + 3,2 \cdot (\log(11,75 \cdot h_M))^2 + g(f), \quad (3.11)$$

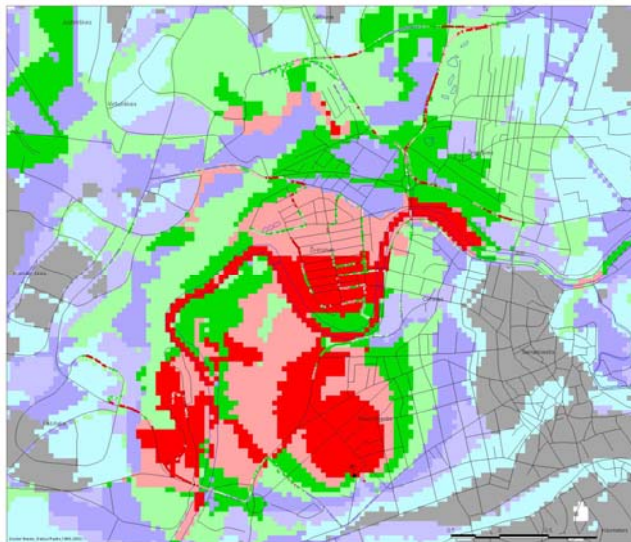
$$g(f) = 44,49 \cdot \log(f) + 4,78 \cdot (\log(f))^2, \quad (3.12)$$

čia,  $b$  irgi skaičiuojama pagal (3.9) formulę.

Kaip skiriasi Okumuros–Hatos modelis nuo prognozavimo naudojant topografinį modelį kartu su lauko matavimų taškais pateiktas 3.1 bei 3.2 pav.



3.1 pav. Okumuro–Hatos modelio rezultatas kartu su lauko matavimų taškais



3.2 pav. Prognozavimo rezultatas naudojant topografinį modelį kartu su lauko matavimų taškais

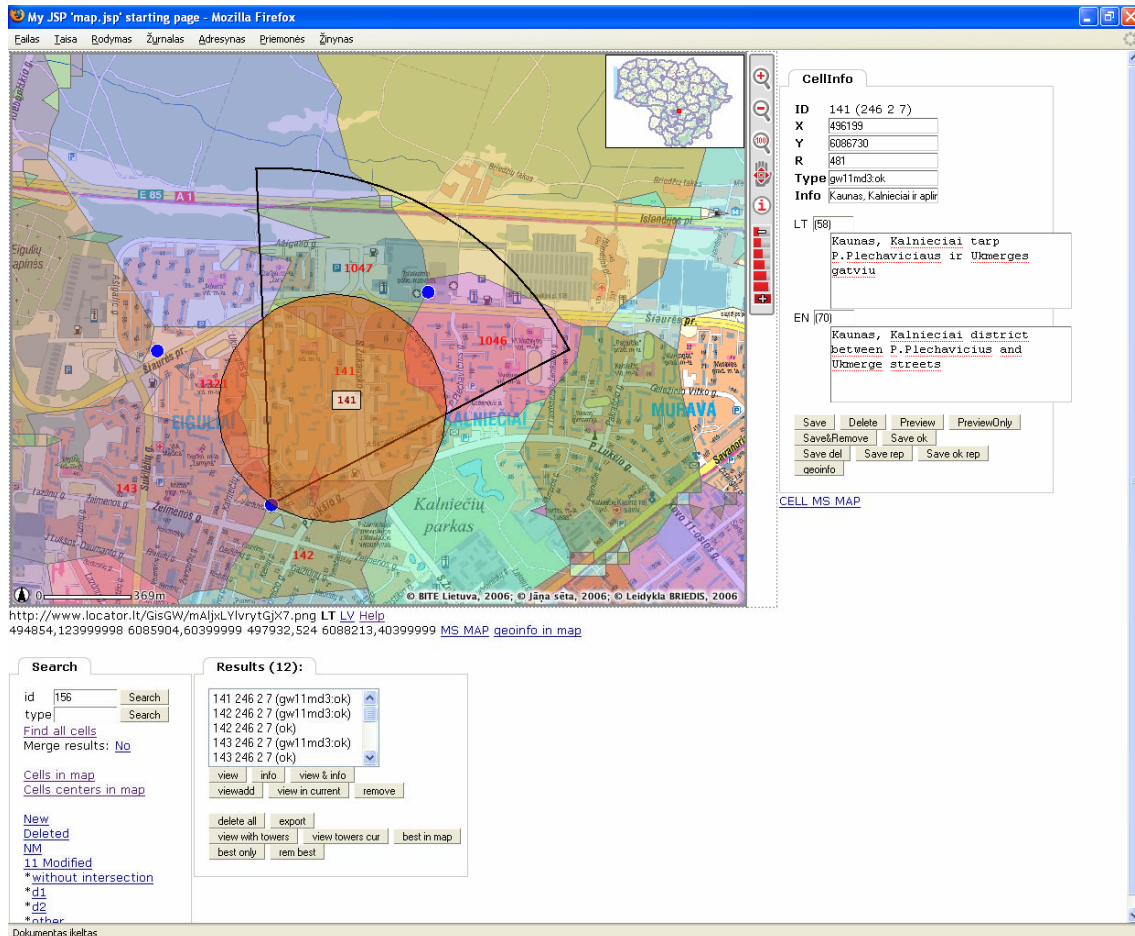
### 3.3 Automatizuoto aprėpties nustatymo sistema

Sistema skirta automatizuotai nusustatinėti korinio ryšio tinklų (GSM, 3G, Wi-Fi, WiMAX) antenų aprėpties teritorijas įvertinant spinduliuojamų signalų, meteorologinių sąlygų ir topografinių žemėlapių duomenis. Šiuo metu sistema automatiškai ir periodiškai apskaičiuoja keleto



operatorių GSM/3G tinklų visų bazinių stočių aprėpčių zonas. Šios sistemos skaičiavimo rezultatai gali būti naudojami ir vietos nustatymo paslaugoms teikti patobulinant patį paprasčiausią vietos nustatymo metodą Cell-ID.

Realizuota sistema gali būti pasiekama per internetinę sąsają arba idiegiama tiesiogiai į kompiuterį. Internetinės sąsajos langas pateiktas 4.1 pav.



3.3 pav. Automatizuotos aprėpčių nustatymo sistemos vartotojo sąsaja

### Sistemoje realizuotos funkcijos:

#### "Search" langas

"Serach" lange atliekama celių paieška. Celės korinio ryšio tinkluose identifikuojamos celių numeriu.

- Visų korinio ryšio tinklo celių paieška - "Find all cells"
- Korinio ryšio tinklo celių paieška pagal tipą

- rep% - kartotuvai
- gdesc% - suras celes, kurių aprašymai teoriškai gali būti geri (naudojamas analizavimo algoritmas)
- bdescI - suras celes, kurių aprašymai blogi (naudojamas analizavimo algoritmas)
- Merge results - galima padaryti, kad atliekant paiešką kelis kartus, rezultatai būtų kaupiami
- id - galima atlikti paieška pagal celės id
- Cells in map - suranda celes kurios pilnai telpa į dabartinį matomą žemėlapy langą
- Cells centers in map - suranda celes kurių centai yra dabartiniame žemėlapy lange

### **"Results" langas**

Celių paieškos rezultatai pateikiami lange "Results". Prie pavadinimo "Results" parodoma kiek celių rasta. Pasirenkamame sąraše rodoma informacija apie celę - cellId, MCC, MNC, LAC

- "view" - parodo pasirinktas celes žemėlapyje
- "info" - parodo apie pasirinktą vieną celę informaciją lange "CellInfo"
- "view & info" - parodo pasirinktą vieną celę žemėlapyje, bei jos informaciją lange "CellInfo".

Jei pasirinkta daugiau nei viena celė, tai visos celės rodomos žemėlapyje, bet informacija rodoma tik apie vieną iš jų.

- "viewadd" - prie dabar vaizduojamų celių žemėlapyje, prideda pasirinktas celes
- "view in current" - parodo tik pasirinktas celes dabartiniame žemėlapyje (t.y. senos celės dingsta, bet žemėlapy matmenys išlieka tie patys)
- "remove" - pašalina pasirinktas celes ir rezultatų lango

Dažniausiai naudojami "view & info", bei "view" mygtukai.

### **CellInfo langas**

Pasirinktos celės informacija rodoma CellInfo lange.

- "Save" - išsaugo celę duomenų bazėje

- "Delete" - ištrina celę iš duomenų bazės
- "Preview" - parodo celę žemėlapyje, kartu su jau esamomis celėmis
- "Preview only" - parodo tik pasirinktą celę žemėlapyje

### **Celių aprašymo veiksmų seka**

1. Atlikti paiešką (pvz., pagal celės tipą "gdesc%", "bdesc%", "new%")
2. Kiekvienai celei "view & info"
3. Peržiūrėti celę žemėlapyje
4. Pakeisti, jei reikia, celių aprašus
5. Pakeisti celės tipą, į "ok" (tada bus galima atlikti paiešką pagal šį tipą ir rasti aprašytas celines, be to iš naujo atliekant neaprašytų celių paiešką ši celė nepasirodytų rezultatuose)
6. Paspausti mygtuką "save"
7. Iš rezultatų lango pašalinti aprašytą celę "remove"

Šiuos veiksmus atlikti su celėmis, kurių tipas:

"gdesc%". Tai celės, kurių vietovė pasikeitusi ne daugiau kaip per 1 km.

"bdesc%". Tik jų aprašus jau reiktų tikrai peržiūrėti ir pakeisti.

"new%". Jos yra naujos ir be aprašymų.

Aprašius visas celes įsitikinti, kad nebėra neaprašytų:

- 1) atliekant paiešką pagal "gdesc%" ir "bdesc%", "new%", jų turi nerasti
- 2) atliekant paiešką pagal "ok", turi rasti visas aprašytas celes
- 3) atliekant paiešką pagal "delete" ir "rep", turi rasti likusias celes

## 4. Išvados

- Išanalizuoti radijo signalo stiprumo prognozavimo modeliai
- Parengtas radijo signalo stiprumo prognozavimo modelis, įvertinantis topografinių modelių kartometrinių matavimų duomenis. Jį galima taikyti prognozuojant korinio ryšio tinklų signalo stiprumą ir neurbanizuotose, ir urbanizuotose vietovėse.
- Realizuota Sistema skirta automatizuotai nusustatinėti korinio ryšio tinklų (GSM, 3G, Wi-Fi, WiMAX) antenų aprėpties teritorijas įvertinant spinduliuojamų signalų, meteorologinių sąlygų ir topografinių žemėlapių duomenis.
- Šiuo metu sistema automatiškai ir periodiškai apskaičiuoja keleto operatorių GSM/3G tinklų visų bazinių stočių aprėpties zonas.
- Šios sistemos skaičiavimo rezultatai gali būti naudojami:
  - Korinio tinklo planavimui
  - Korinio tinklo padengiamumo nustatymui
  - Vietos nustatymo paslaugoms teikti patobulinant patį paprasčiausią vietos nustatymo metodą Cell-ID.

## LITERATŪRA

1. Guide to the application of the propagation methods of Study Group 3. ITU–Rec., P.1144, 1995, 7 p.
2. The prediction of field strength for land mobile and terrestrial broadcasting services in the frequency range from 1 to 3 GHz. ITU–Rec., P.1146, 1995, 27 p.
3. Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line–of–sight systems. ITU–Rec., P.530–7, 1997, 26 p.
4. Calculation of free–space attenuation. ITU–Rec., P.525–2, 1994, 4 p.
5. GSM 03.30 version 8.3.0. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio network planning aspects. ETSI Technical Report, 1999, 40 p.
6. UMTS 30.03 version 3.1.0; Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS. ETSI Technical Report, 1997, 84 p.
7. Jorgen Bach Andersen, Theodore S. Rappaporot, Susumu Yoshida. Propagation measurements and models for wireless communications channels. // IEEE Commun. Mag., Jan 1995, pp.42–49.
8. Samuel C. Yang. CDMA RF System Engineering. Artech House, 1998, 280 p.
9. W. C. Y. Lee. Mobile Cellular Telecommunications: Analog and Digital Systems. New York, 1995, 250 p.
10. Hata. Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services // IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. VT–29, 1980, pp. 317–325.
11. Walfish, Bertoni. A Theoretical Model of UHF Propagation in Urban Environments. // IEEE Trans. on Antennas and Propagation AP–38, 1988, pp. 1788–1796.
12. Ikegami, Yoshida, Takeuchi, Umehira. Propagation Factors Controlling Mean Field Strength on Urban Streets // IEEE Trans. on Antennas and Propagation AP–32, 1984, pp. 52–58
13. Urban transmission loss models for mobile radio in the 900 and 1800 MHz bands. COST 231. COST: TD, 1991, 282 p.

## 8 priedas. UAB „Bitė Lietuva“ atsiliepimas apie baigiamąjį darbą



### ATSILIEPIMAS

2007 m. gegužės 23 d.

Dėl magistro baigiamojo darbo „Transporto informacijos sąsajos su vietos nustatymo informacija sukūrimas ir tyrimas“

Mindaugo Zaleckio magistro baigiamajame darbe “Transporto informacijos sąsajos su vietos nustatymo informacija sukūrimas ir tyrimas” nagrinėjama nemažai labai įdomių ir aktualių klausimų susijusių su mobilius telefono vietos nustatymo technologija ir LBS (angl. Location Based Services) paslaugomis. Bendrovė „Bitė Lietuva“ (Bitė) kartu su UAB Mobiliųjų sprendimų centras jau daugiau kaip du metus savo klientams teikia LBS paslaugą [www.locator.lt](http://www.locator.lt), nuo šių metų pradžios pradėjo teikti dar vieną paslaugą [www.locracker.lt](http://www.locracker.lt). Bitė ir toliau planuoja plėsti savo klientams teikiamų LBS paslaugų sąrašą ir gerinti jų kokybę; analizuoja galimybes įdiegti savo tinkle funkcionalumą reikalingą tiksliai nustatyti 112 telefonu skambinančiojo kliento buvimo vietą. Todėl Mindaugo Zaleckio darbe nagrinėjami klausimai yra mums labai įdomūs ir aktualūs.

Mindaugo Zaleckio išanalizuoti, šiandieninėje situacijoje labai aktualūs, klausimai, tokie kaip: LBS paslaugoms tekti reikalingas tinklo resursų skaičiavimas, šių resursų optimizavimo galimybės, realus LBS paslaugų tikslumas Lietuvos mobiliuosiuose tinkluose, geokodavimo ir atvirkštinio geokodavimo klausimai.

Šį Mindaugo Zaleckio darbą vertinčiau puikiai: kaip aktualia tema labai kūrybiškai atlikta darbą.

Dr. Dalius Radis  
Tinklo planavimo vadovas, BITĖS grupė

## 9 priedas. UAB „Mobiliųjų Sprendimų Centras“ atsiliepimas apie baigiamąjį darbą



### UAB Mobiliųjų Sprendimų Centras

Mindaugui Zaleckiui

2007-05-23

Dėl magistro baigiamojo darbo „Transporto informacijos sąsajos su vietos nustatymo informacija sukūrimas ir tyrimas“

Mindaugas Zaleckis savo magistro baigiamajame darbe nagrinėja aktualius vietos nustatymo mobiliojo ryšio tinklu bei palydoviniu ryšiu klausimus. Pasirinkta viena iš aktualiausių ir turinčių specifinių poreikių bei savybių sritis – vietos nustatymas transporto uždaviniams spręsti. Darbe analizuojama ir ieškoma sprendimų kaip susieti transporto informaciją su vietos nustatymo informacija.

Darbe detaliai išanalizuoti vietos nustatymo principai GSM/UMTS tinkluose bei palydovinio ryšio panaudojimo galimybės, apibrėžtas atvirkštinio geokodavimo mechanizmas.

UAB Mobiliųjų Sprendimų Centras (MSC) - tai modernius ITT sprendimus ir paslaugas kurianti ir diegianti bendrovė. Šiuo metu MSC per ([www.locator.lt](http://www.locator.lt)) internetinį portalą teikia su mobilaus kliento vietos nustatymu susijusias paslaugas (LBS services), taip pat per [www.locracker.lt](http://www.locracker.lt) internetinį portalą teikia transporto priemonių stebėjimo paslaugą. Taip pat MSC teikia „MSC MPS“ techninę-programinę įrangą GSM tinklo operatoriams.

Mindaugo atlikti tyrimai bei realizuoti programiniai įrankiai leidžia patogiai susieti transporto bei kitų objektų informaciją su vietos informacija (atlikti atvirkštinį geokodavimą) bei įvairiapusė analizuoti vietos nustatymo informaciją su statistikos ir duomenų analizės sistema. Mindaugas taip pat sukūrė paslaugai Locator.lt keletą modulių, kurie leidžia paslaugai tiksliau nustatyti buvimo vietą, o taip pat panaudoti palydovinio ryšio teikiamas galimybes vietos nustatymui.

Baigiamojo darbo metu taip pat buvo sukurta transporto priemonių stebėjimo paslauga LocTracker, kuri šiuo metu teikiama komerciškai ir yra pripažintas vienu geriausių savo srities produktų Lietuvoje.

Mindaugo Zaleckio darbe nagrinėjama tema yra aktuali, gerai išanalizuota ir realizuota ir naudojama praktikoje.

Direktorius

Vidmantas Liutkauskas

