



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

SAULIUS SEMAŠKA

**BEVIELIO TINKLO VIETOS NUSTATYMO ALGORITMŲ
TYRIMAS**

MAGISTRO DARBAS

Vadovas:

doc. dr. Ingrida Lagzdinienė-Budnikė

2016 05 25

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

**BEVIELIO TINKLO VIETOS NUSTATYMO ALGORITMŲ
TYRIMAS**

MAGISTRO DARBAS

Vadovas:

doc. dr. Ingrida Lagzdinienė-Budnikė
2016 05 25

Recenzentas:

dr. Darius Matulis
2016 05 25

Autorius:

IFM-4/2 gr. stud. Saulius Semaška
2016 05 25

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Informatikos fakultetas

(Fakultetas)

Saulius Semaška

(Studento vardas, pavardė)

Programų sistemų inžinerija (621E16001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Bevielio tinklo vietos nustatymo algoritmų tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. gegužės 25 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Sauliaus Semaškos**, baigiamasis projektas tema „Bevielio tinklo vietos nustatymo algoritmų tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS.....	6
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	7
1. ĮŽANGA.....	9
1.1. Dokumento paskirtis.....	9
1.2. Santrauka.....	9
2. ANALITINĖ DALIS.....	10
2.1. Įvadas.....	10
2.2. Tikslas.....	10
2.3. IEEE 802.11X MAC protokolų tyrimas.....	11
2.4. Kelių pastatų Wifi pagrindu paremtas vartotojo vietos informacijos nustatymo sistema.....	11
2.4.1. Aprašymas.....	11
2.4.2. Tyrimas.....	12
2.5. Vartotojo vietos informacijos nustatymo wifi signalu algoritmų tyrimas.....	14
2.5.1. Aprašymas.....	14
2.5.2. Tyrimas.....	14
2.6. Duomenų paruošimas.....	16
2.7. Algoritmų analizė.....	17
2.7.1. Bajeso teorema.....	17
2.7.1.1. Aprašymas.....	17
2.7.1.2. Parametrai.....	17
2.7.2. Paremtas Bajeso teoremą ir „Masės centro technika“.....	18
2.7.2.1. Aprašymas.....	18
2.7.2.2. Parametrai.....	18
2.7.3. „Laiko vidurkė technika“.....	19
2.7.3.1. Aprašymas.....	19
2.7.3.2. Parametrai.....	19
2.7.4. Artimiausio kaimyno algoritmas panaudojant Euklido atstumą.....	19
2.7.4.1. Aprašymas.....	19
2.7.4.2. Parametrai.....	20
2.7.5. Histogramų palyginimas.....	20
2.7.5.1. Aprašymas.....	20
2.7.5.2. Parametrai.....	20
2.8. Išvados.....	21
3. PROJEKTINĖ DALIS.....	22
3.1. Sistemos kontekstas.....	22
3.2. Sistemos funkcijos.....	22

3.3.	Reikalavimų specifikacija.....	23
3.3.1.	Panaudojimo atvejis.....	23
3.4.	Panaudos atvejų sąrašas.....	24
3.5.	Funkciniai reikalavimai	26
3.6.	Nefunkciniai reikalavimai	30
3.7.	Duomenų modelis ir jo elementų žodynas.....	31
3.7.1.	duomenų modelis.....	31
3.7.2.	Duomenų žodynas	31
3.8.	Sistemos statinis vaizdas	32
3.8.1.	Apžvalga.....	32
3.8.2.	Paketų detalizavimas	33
3.9.	Sistemos dinaminis vaizdas	35
3.9.1.	Sekų diagrama	35
3.9.2.	Bendradarbiavimo diagrama.....	37
3.9.3.	Veiklos diagrama.....	38
3.10.	Išvados.....	39
4.	TIRIAMOJI DALIS	40
4.1.	Tyrimo tikslas.....	40
4.2.	Tyrimo eiga	40
4.3.	Tyrimo išvados	42
5.	EKSPERIMENTINĖ DALIS.....	43
5.1.	Eksperimentinio tyrimo tikslas.....	43
5.2.	Eksperimentinio tyrimo aprašymas	43
5.3.	Eksperimentinio tyrimo eiga	43
5.4.	Eksperimentinio tyrimo rezultatai	44
5.5.	Eksperimentinio tyrimo išvados	45
6.	IŠVADOS.....	47
7.	LITERATŪRA.....	48
8.	TERNINŲ IR SANTRAUPŲ ŽODYNAS.....	50
9.	PRIEDAI	51
9.1.	Tyrimo rezultatai	51
9.2.	Eksperimentinio tyrimo rezultatai	52

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

Pav 1. Greičio ir bevielio ryšio gyvumo bevielio sistemoms: WiFi, HSPA, UMTS, GSM. [7]	11
Pav 2. Konrad Górski, Mateusz Groth, Łukasz Kulas tyrimo infrastruktūra [4].....	12
Pav 3. atvaizduota nukrypimas nuo tikslios duomenų bazėje įvestų duomenų [4]	13
Pav 4. Nukrypimo palyginimas metrais, kai yra skirtingi AP konfigūracija ir tikrinami duomenys. [4].....	13
Pav 5. Greitaveikos skirtumas tarp KNN algortimo ir tiesioginio filtro algoritmo [5]	14
Pav 6. W5NN ir 5NN algoritmų nustatymo tyrimas [1].....	15
Pav 7 centroidinio metodo AP kodo vietų nustatymas [4]	15
Pav 8. Vietos nustatymo algoritmų klaidų skaičius [1]	16
Pav 9. Vietos nustatymo tikslumo grafikas pagal vietos nustatymo algoritmus[1].....	16
Pav 10. Pajemso teoremos formulė [19].....	17
Pav 11. „Masės centro technika“ vietos informacijos radimas [17].....	18
Pav 12 „Laiko vidurkio technikos“ formulė [17]	19
Pav 13. Euklido atstumas [18].....	20
Pav 14. Sistemos infrastruktūra	22
Pav 15. Panaudos atvejų diagrama	23
Pav 16. Duomenų modelis.....	31
Pav 17. Sistema suskirstytą į paketus	32
Pav 18. Paketas „Sensors“	33
Pav 19. Paketas „Main Controller“	33
Pav 20. Paketas „GUI“	34
Pav 21. Paketas „DataManager“	34
Pav 22. Panaudojimo atvijo „Stebėti vartotojo vietą“ sąveikos diagrama.....	35
Pav 23. Panaudojimo atvijo „Prisijungti prie bevielio ryšio“ sąveikos diagrama	35
Pav 24. Panaudojimo atvijo „Skirstyti RSSI signalą atskiriems prietaisams“ sąveikos diagrama	36
Pav 25. Panaudojimo atvijo „Nustatyti vartotojo vietą“ sąveikos diagrama	36
Pav 26. Panaudojimo atvijo „Skanuoti vartotojo RSSI signalą“ sąveikos diagrama.....	37
Pav 27. Sistemos bendradarbiavimo diagrama.....	37
Pav 28. Realiu laiku vartotojo vietos nustatymas.....	38
Pav 29. Algoritmų tyrimo su 3 AP algoritmo veikimo laikas sekundėmis.....	40
Pav 30. Algoritmų tyrimo su 3 AP	41
Pav 31. Algoritmų tyrimo rezultatų paklaidos su 3 AP ir signalo trukdžių paklaidos metrais.....	42
Pav 31. Algoritmų tyrimo su 3 AP	44
Pav 32. Algoritmų tyrimo rezultatų paklaidos su 3 AP ir signalo trukdžių paklaidos metrais.....	45

LENTELIŲ SĄRAŠAS

Lentelė 1. „Bajeso teoremos“ formulės parametrai	17
Lentelė 2. „Masės centro technikos“ parametrai	18
Lentelė 3. „laiko vidurkio technika“ algoritmui naudojami parametrai	19
Lentelė 4. Artimiausio kaimyno algoritmo parametrai.....	20
Lentelė 5. Histogramų palyginimo algoritmo parametrai.....	20
Lentelė 6. PA 1: Stebėti vartotojo vietą.....	24
Lentelė 7. PA 2: Prisijungti prie bevielio ryšio	24
Lentelė 8. PA 3: Skirstyti RSSI signalą atskiriems prietaisams	24
Lentelė 9. PA 4: Nustatyti vartotojo vietą	25
Lentelė 10. PA 5: Skanuoti vartotojo RSSI signalą.....	25
Lentelė 11. Reikalavimas 1: Sistema turi vietos informaciją vaizduoti ekrane	26
Lentelė 12. Reikalavimas 2: Sensorių siunčiami duomenys turi būti saugomi duomenų faile	26
Lentelė 13. Reikalavimas 3: Sensorių siunčiami duomenys turi būti saugomi duomenų faile	27
Lentelė 14. Reikalavimas 4: Vartotojas turi turėti prieigą prie bevielio tinklo	27
Lentelė 15. Reikalavimas 5: Sistema privalo kurti vartotojų signalo stiprumo vektorius einamuoju laiku	28
Lentelė 16. Reikalavimas 6: Realizuojamas vietos nustatymo algoritmas: artimiausias kaimynas	28
Lentelė 17. Reikalavimas 7: Realizuojamas vietos nustatymo algoritmas: Bajeso teorema ir „masės centro techniką“.....	29
Lentelė 18. Reikalavimas 8: Infrastruktūroje sensoriai turi turėti galimybę gauti RSSI signalą.....	29
Lentelė 19. Reikalavimas 9: Galimybė apskaičiuoti kelių įrenginių buvimo vietas.	30
Lentelė 20. Duomenų žodynas	31
Lentelė 21. Greitaveikos tyrimas.....	51
Lentelė 22. Paklaidos tyrimas.....	51
Lentelė 23. Greitaveikos tyrimas.....	52
Lentelė 24. Paklaidos tyrimas.....	52

Semaška, Saulius. Bevielio tinklo vietos nustatymo algoritmų tyrimas. Programų sistemos inžinerijos magistro baigiamasis darbas / vadovas doc. dr. Ingrida Lagzdinienė-Budnikė; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Informatikos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: Beveliai tinklai, vietos nustatymo algoritmai, vietos informacijos nustatymo tyrimas

Kaunas, 2016. 52 p.

SUMMARY

As technology made it possible to measure the user's place not only in large-scale, but in smaller too. The most popular technology to determine the user's location is a GPS, which determines the user's location in low accuracy. With GPS technology, the exact user location is difficult to determine in indoors. Therefore, there is the need to use other techniques, the find user's locations.

One possibility is to establish a more precise location of the user is using a wireless network resources. Each device connected to a wireless network, gives their information as the MAC address, device name, signal strength indicator and other information. The wireless network access point receives all information sent to devices. The received signal strength indicator is used to identify the location of the user.

In master's degree work software was created. It collects signal strength of user using the wireless network. To this information software will adjust the positioning algorithms. So, the user location information will be found.

In software development stage algorithms was created. Also performed research and experimental study. The results brought out the methods and factors for algorithms that enhance the performance of the software. Also, the results showed that which algorithm is the most efficient and as needed to carry out transactions with one or another algorithm to determine the location information.

Research and experimental study provides knowledge of how to improve software development. It is likely to improve the software so that the software would act as artificial intelligence and be able to under the current situation to create or modify the rules under which the software runs.

1. ĮŽANGA

1.1. Dokumento paskirtis

Šio dokumento paskirtis yra aprašyti magistro studijų metu kurtos programinės įrangos – „Bevielio tinklo vietos nustatymas uždaroje patalpoje“ (toliau, - PĮ) – informaciją, naudotas technologijas, tyrimą ir tyrimo rezultatus. Taip pat išanalizuoti vietos nustatymo algoritmus, pritaikyti technologijas, metodus ir naujus algoritmus našumui pagerinti.

Dokumentas suskirstytas į skyrius nuo PĮ analitinės dalies iki tiriamosios dalies. Šiuose skyriuose yra pateikta projektavimo procesas, PĮ tyrimas, tyrimo nauda bei PĮ galimi patobulinimai, norint pasiekti aukštą kokybę.

1.2. Santrauka

Tobulėjant technologijoms, atsirado galimybė išmatuoti vartotojo vietą ne tik dideliais mastais, bet ir mažesniais. Populiariausia technologija, nustatyti vartotojo vietą, - yra GPS (angl. Global Positioning System), kuri nustato vartotojo vietą mažu tikslumu. Su GPS technologiją tikslią vartotojo vietą yra sunku nustatyti uždaroje patalpoje. Todėl yra atsiranda poreikis naudoti kitas technologijas, tikslios vietos nustatyme.

Viena iš galimybių nustatyti tikslesnę vartotojo vietą yra naudojant bevielį tinklą resursus. Kiekvienas prietaisas prisijungęs į bevielį tinklą, skleidžia savo informaciją, kaip MAC adresą, prietaiso pavadinimą, signalo stiprumo indikatorių ir kitą informaciją. Bevielio tinklo prieigos taškas (angl. Access point, toliau AP), gauna visų įrenginių siunčiamą informaciją. Gautas signalo stiprumo indikatorius (angl. Received signal strength indicator, toliau RSSI) yra naudojamas vartotojo vietai nustatyti.

Magistrinio darbo metu yra kuriama PĮ, kuri renka vartotojo, besinaudojančio bevieliu tinklu, signalo stiprumą, pritaiko vietos nustatymo algoritmus. Taip, nustatoma vartotojo vietos informacija.

PĮ kūrimo metu buvo sukurti algoritmai, atliktas algoritmų tyrimas bei eksperimentinis tyrimas. Tyrimo rezultatai išvedė metodus ir koeficientus algoritmams, kurie padidina PĮ našumą. Taip pat tyrimo rezultatai parodė, kuris algoritmas yra našiausias bei kiek reikia atlikti operacijų su vienu ar kitu algoritmu vietos informacijai nustatyti.

Tyrimas ir eksperimentinis tyrimas suteikė žinių, kaip tobulinti PĮ plėtojimui. Tikėtina PĮ tobulinti taip, kad PĮ veiktų kaip dirbtinis intelektas (angl. Artificial Intelligence, toliau AI) ir sugebėtų pagal esamą situaciją kurti ar modifikuoti taisykles, pagal kurias veikia PĮ.

2. ANALITINĖ DALIS

Šioje dokumento dalyje yra pateikiami algoritmų apžvalga bei mokslinių publikacijų apžvalga bevielių tinklų vietos nustatyme. Taip pat išsiaiškinama matomas problemas, technologijų panaudojimo galimybes, sistemų trūkumus, esminį rezultatą, sąryšį tarp skirtingų autorių rezultatų, išvadas, kurios jau buvo gautos, įvardijimas aktualumas ir įkomponuojami savi tikslai, uždaviniai ir vystymo eiga.

2.1. Įvadas

Vartotojo vietos informacija gali suteikti naujos pridėtinės vertės paslaugoms teikti. Pavyzdžiui prekybos centruose produktų vietos paskirstymas patalpoje ar muziejų eksponatų vietų organizavimas. Nustačius kuriuose vietose žmonės daugiausiai lankosi, įmonė gali pakeisti savo produktų išdėstymą, pastato infrastruktūroje. Įmonė atlikusi atitinkamus pakeitimus, gali padidinti įmonės pelną.

Norint nustatyti vartotojo vietos informaciją yra reikalinga sukurti infrastruktūra arba naudoti jau esamą. Todėl yra svarbu analizuoti technologijas naudojamas vartotojo vietos informacijos radimui. Taip pat yra ne tik svarbu, kokius protokolus bevieliuose tinkluose naudoti, bet ir kaip pasiekti maksimaliai kokybišką rezultatą.

Vartotojo vietos nustatyme duomenų rinkimas yra prioritetas uždavinys. Tai yra signalo stiprumų žemėlapių sudarymas (toliau – RSS žemėlapis), kuriuo naudojantis bus ieškoma vartoto vieta.

Šiuo metu užsienyje yra nemažai publikuotų mokslinių straipsnių apie bevielio tinklo panaudojimą vietos nustatymui. Panaudojus šių straipsnių pateiktus tyrimo rezultatais ir kurtos PĮ tyrimo rezultatais atsiranda galimybė tobulinti PĮ, taip kad efektyviau ir kokybiškiau nustatinėtų vartotojų vietos informaciją.

Nors ir bevielių tinklų sferoje Lietuva pirmauja, tačiau remiantis Lietuvos Respublikos statistikos departamento statistikos departamento, vyriausybės sprendimais, publikacijomis duomenų nėra aptikta [4]. Lietuvos rinkoje tai yra naujovė, todėl tai gali padidinti PĮ plėtros galimybes.

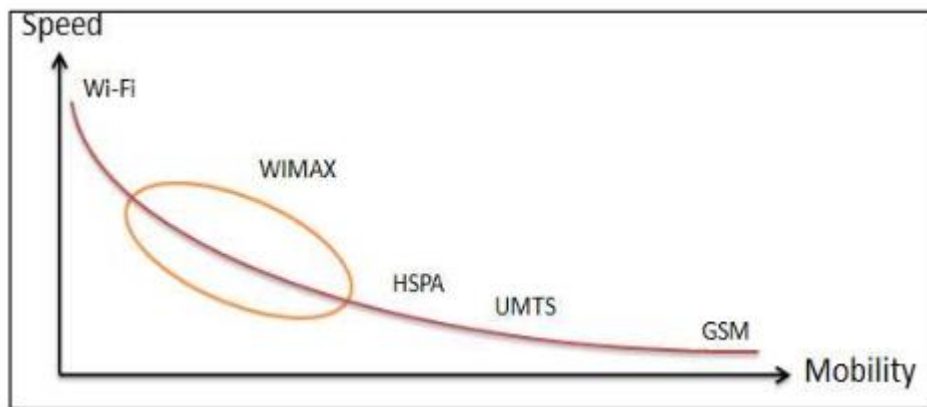
2.2. Tikslas

Šio projekto tikslas yra įvertinti kitų autorių publikuotus mokslinius darbus susijusia su bevielio tinklo vartoto vietos nustatymu. Taip pat surasti efektyvų ir kokybišką sprendimą PĮ kūrime ir išanalizuoti PĮ algoritmų efektyvumą, bei stengtis kuo efektyviau juos panaudoti. Galiausiai gauti rezultatus ir juos panaudoti PĮ tobulimui.

2.3. IEEE 802.11X MAC protokolų tyrimas

Pagal Teddy Mantoro, Media A. Ayu, Asma Nuraini, Sulafa Mohd bevielių ryšių naudojimas sparčiai kylanti inžinerinė šaka. Labiausiai paplitęs ir plačiai naudojamas yra Wifi bevielis ryšys. Tačiau šis Wifi bevielis ryšys turi minusų.

Šių autorių tyrimas įrodo, jog WiFi signalas gali perduoti ribotą maksimalų galios kiekį. WiFi dažnių signalo stiprumas gali tik būti prognozuojamas, bet kurioje atitinkamoje zonoje. Šis atstumo mažėjimas prilyginamas WiFi signalo spinduliavimo lygiui. Deja, palyginus su kitais bevielio tinklo standartais, WiFi naudoja gan aukštą energijos kiekį, o tai yra didelė problema mobiliems telefonams. Paveikslėlis (Pav. 1) rodo kitą problemą: greičio ir bevielio ryšio gyvumo problemą lyginant su kitais bevieliais tinklais[7]. Wifi yra ribojamas, jeigu įrenginys yra toli nutolęs nuo Wifi skleidžiamo taško.



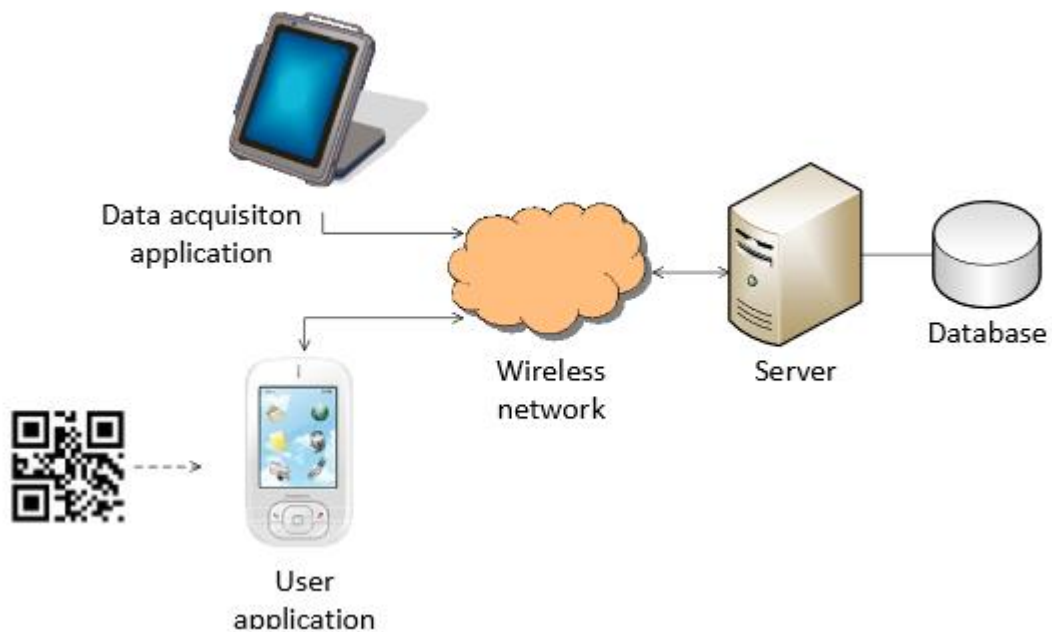
Pav 1. Greičio ir bevielio ryšio gyvumo bevielio sistemoms: WiFi, HSPA, UMTS, GSM. [7]

IEEE 802.11x MAC protokolas, pagal faktą, yra standartas bevieliu LAN tinklui, įtraukiant platinimo koordinavimo funkciją (DCF), kuri yra naudojama AP tinklo architektūroje. [7]

2.4. Kelių pastatų Wifi pagrindu paremtas vartotojo vietos informacijos nustatymo sistema

2.4.1. Aprašymas

Pagal autorius Konrad Górski, Mateusz Groth, Łukasz Kulas vidinė lokalizacija yra sudėtinga ir labai svarbi dalis dabartinėje radijo dažnio pagrįsta inžinerijos dalis. Plačiai išvystytą pasaulio palydovinės navigacijos sistema GPS, turėjo didžiulį poveikį pramonės, mokslo ir net visuomenės aplinkoje. Taip pat šie autoriai paminėjo, kad nepaisant didelio tankumo uždaruosiose patalpose, GPS sistema negali veikti tokiame tankume. Jų kurta sistema yra nebrangi, paremta piršto anspaudu metodu, naudoja 2,4 GHz WiFi infrastruktūrą, kuri yra pastate. Sukurta sistema naudoja keletą algoritmų, nustatyti vartotojo vietą, naudodama gautus radijo sistemos stiprumos. Šių autorių sukurta sistemos planas pavaizduota paveikslėlyje (Pav. 2) [6].

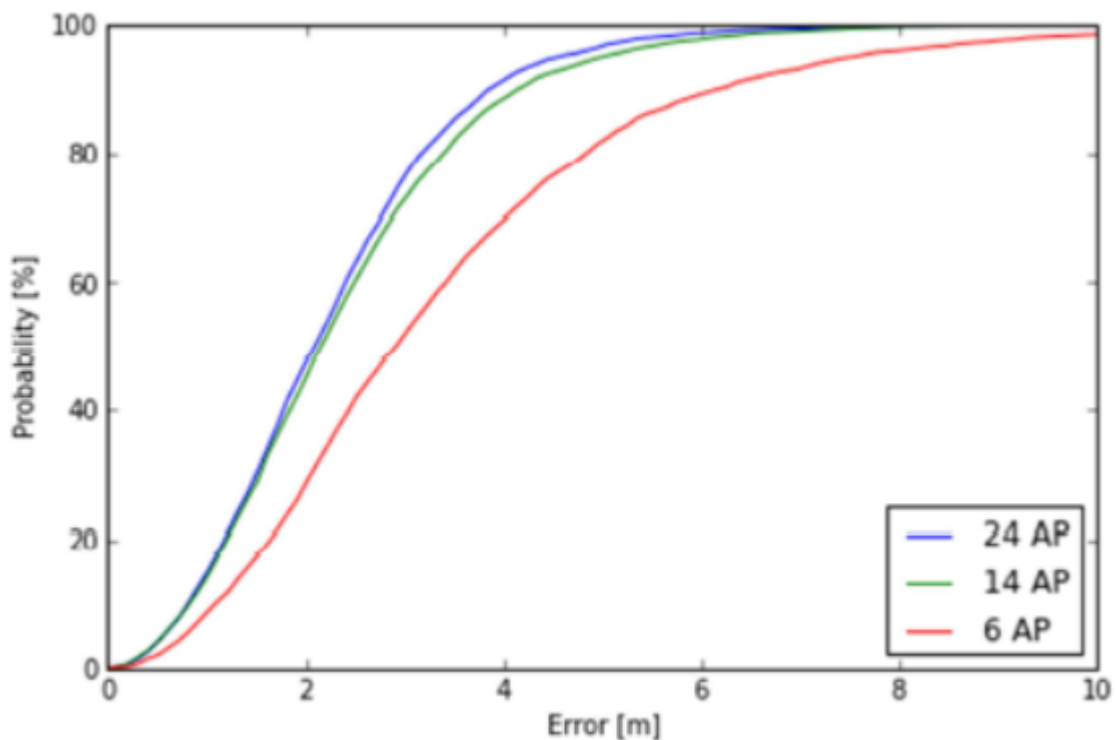


Pav 2. Konrad Górski, Mateusz Groth, Łukasz Kulas tyrimo infrastruktūra [4]

Paveikslėlyje (Pav. 2) „Data acquisition application“ yra duomenų rinkimo programa, „Wireless Network“ – bevielis ryšys, „Server“ – serveris, „Database“ – duomenų bazė, „User application“ – vartotojo programa.

2.4.2. Tyrimas

Sistemos autoriai Konrad Górski, Mateusz Groth, Łukasz Kulas savo sistemai naudojo dvidešimt keturis AP. Tariant statinės padėties KNN algoritmą buvo įvesti tikri rezultatai į duomenų bazę, kurie vėliau bus lyginami su realiais duomenimis. Taip pat tyrimo metu buvo išbandytas du kartus: naudojant 20% įvesties domenu ir 80% įvesties duomenų. Taip pat buvo tirta naudojant 3 infrastruktūras: 24, 14, 6 tolygiai išdėliotų WiFi AP. Paveikslėlyje (Pav. 3) atvaizduota nukrypimas nuo tikslios duomenų bazėje įvestų duomenų. Pav. 3 legendoje žymima AP kiekis.



Pav 3. atvaizduota nukrypimas nuo tikslios duomenų bazėje įvestų duomenų [4]

Tyrimo rezultatai atskleisti paveikslėlyje (Pav. 4). Šiame paveikslėlyje „Training data“ – yra realūs jau surinkti duomenys, naudojami skanavimui; APs – access point kiekiai.

Training data	6 APs			14 APs			24 APs		
	<i>MSE</i>	80%	95%	<i>MSE</i>	80%	95%	<i>MSE</i>	80%	95%
20%	3.59	4.94	7.78	2.07	3.43	5.05	2.17	3.23	4.64
80%	2.72	3.93	6.96	1.72	2.72	4.24	1.61	2.32	3.63

Pav 4. Nukrypimo palyginimas metrais, kai yra skirtingi AP konfigūracija ir tikrinami duomenys. [4]

Taip pat šios sistemos kūrėjai ištestavo sistema su paprastu filtro metodu. Tačiau rezultatai nuvylė, nes rezultatų gavimas atlieka daugiau kaip šimtą kartų didesnis operacijų skaičių už artimiausio kaimyno metodą (KNN metodą) (Pav. 5):

	<i>KNN</i>	<i>Particle filter</i>
80% of data	0.122 s	15.39 s
20% of data	0.188 s	3.52 s

Pav 5. Greitaveikos skirtumas tarp KNN algortimo ir tiesioginio filtro algoritmo [5]

2.5. Vartotojo vietos informacijos nustatymo wifi signalu algorimų tyrimas

2.5.1. Aprašymas

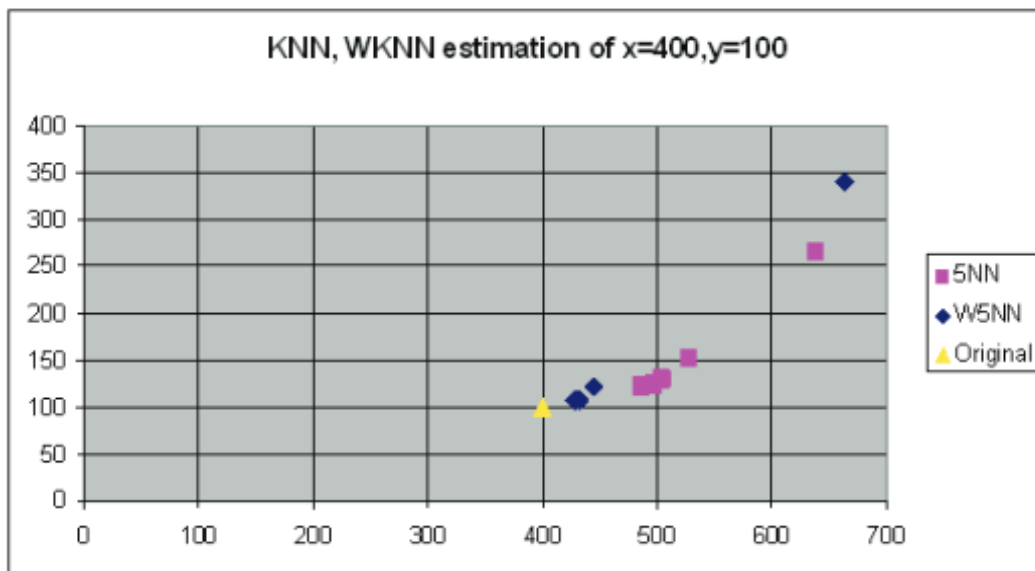
Pagal autorius Timea bagosi ir Zoltan Barush vietos žinojimas yra vienas iš naujausių tyrimo sričių. Taip pat šis tyrimas priklauso šiuolaikinių ryšių technologijos tyrimui. Šiais laikais mobilumas yra aktualus kiekvienam [5].

Labiausiai paplitusi vietos radimo informacijos nustatymui yra naudojama GPS modulis. Tačiau šis nustatymas netinkamas vidinėse patalpose. Rasti tinkamą alternatyvą GPS sekimui vidinėse patalpose, galima naudoti bevielį vietinį tinklą – (Wireless Local Area Networks - WLAN) naudojant IEEE 802.11b standartą (WiFi), kuris suteikia teikia vietinį bevielį ryšį tinklo architektūrai. Šių tinklų prieinamumas laikui einant didėja, todėl suteikia gerą galimybę atlikti vietos nustatymą naudojant šia infrastruktūrą, gaunant RSS signalo stiprumą.

2.5.2. Tyrimas

Timea Bagosi ir Zoltan Barush tirdami vietos nustatymą Gaus kernel algoritmu gavo puikius rezultatus su 1,6 metrų paklaida.

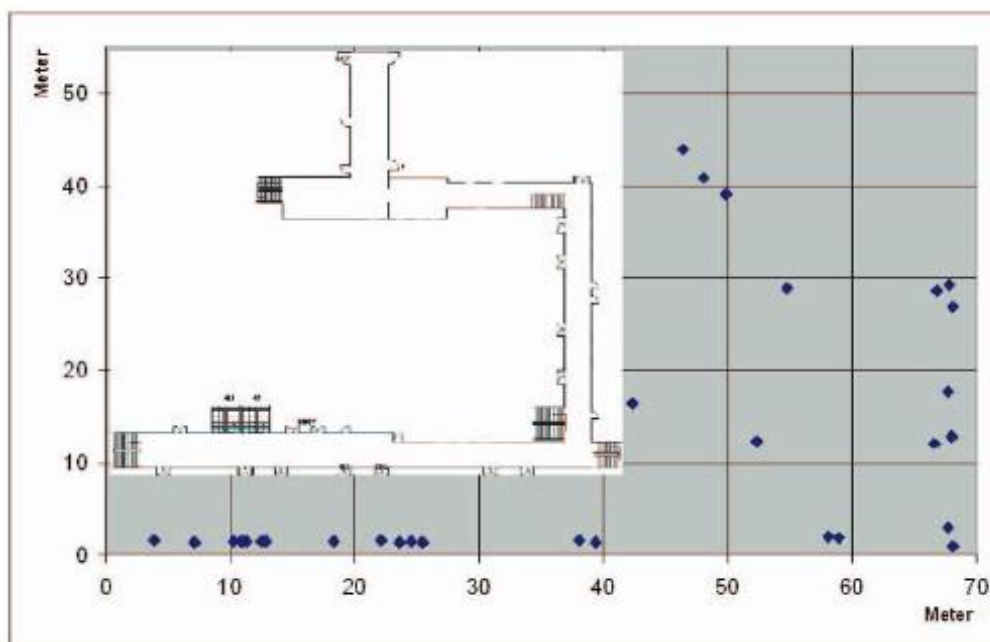
Taip tyrimas artimiausio kaimyno algoritmu (KNN), bei svorinį artimiausio kaimyno algoritimą (WKNN) (Pav 6). Pasirinkę parametą $K = 5$ bei naudodami pozicijos koordinates (400,100), autoriai testavo sistemą penkis kartus. 90% rezultatų W5NN metodu rodo nukrypimą 0,5 metrai toliau už tikro taško, o 5NN metodu 1,5 metrai.



Pav 6. W5NN ir 5NN algoritmų nustatymo tyrimas [1]

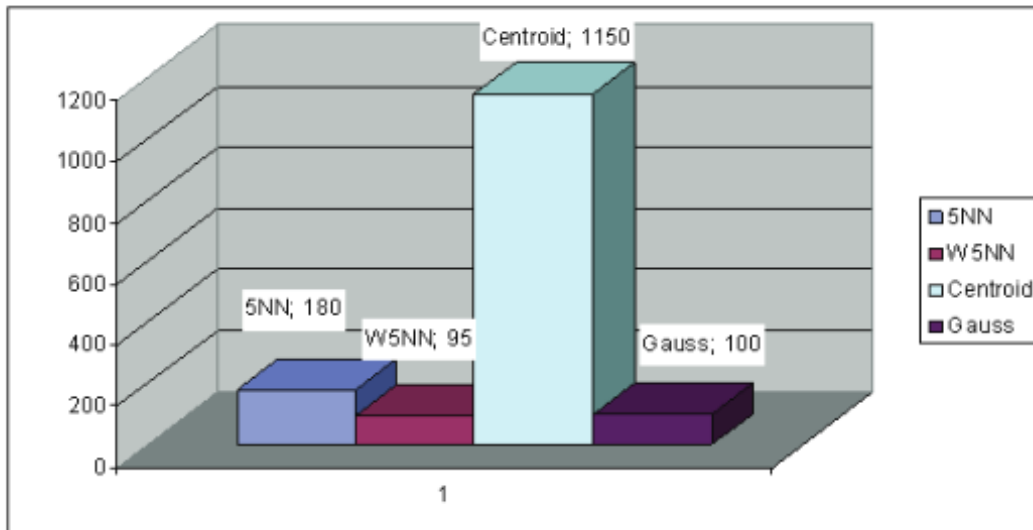
Tai reiškia, jog W5NN metodas rodo 4 iš 5 vietas kurios yra beveik tikroje vietoje su 2 metrų paklaida. 5NN metodas rodo 4 iš 5 vietas, kurios yra beveik tikroje vietoje su 2 metrų paklaida.

Paveikslukas (Pav. 7) rodo centroidinio metodo AP kodo vietas. Nors AP centrai rodomi teisingai, tačiau šis metodas negali susidoroti su kintama aplinka. [6]



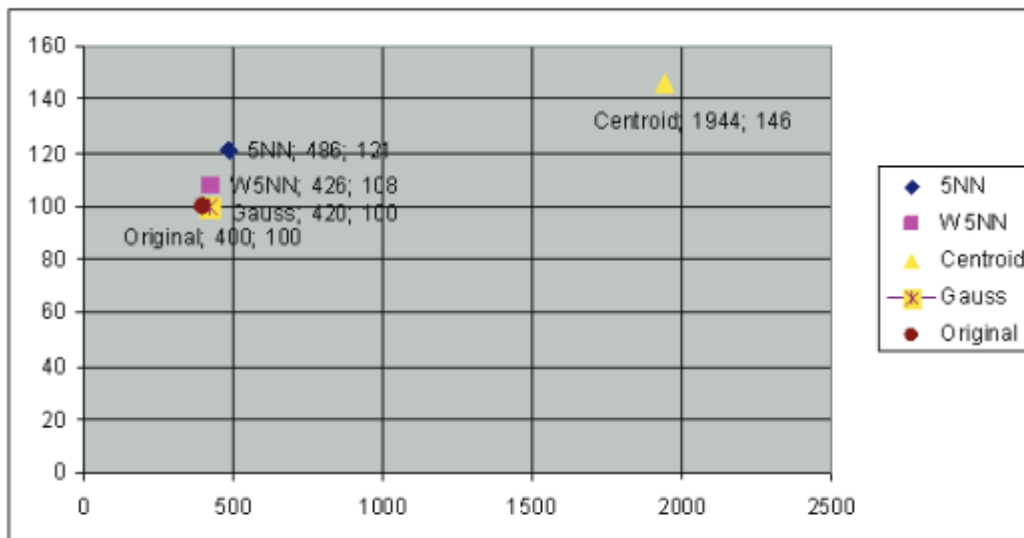
Pav 7 centroidinio metodo AP kodo vietų nustatymas [4]

Tyrimo rezultatų klaidos pavaizduotos (Pav. 8):



Pav 8. Vietos nustatymo algoritmų klaidų skaičius [1]

Vietų nustatymas pagal skirtingus algoritmus pavaizduotas (Pav 9). Kaip galime įžvelgti Gauss kernel algoritmas pateikė tiksliausius algoritmus:



Pav 9. Vietos nustatymo tikslumo grafikas pagal vietos nustatymo algoritmus[1]

2.6. Duomenų paruošimas

Kaip jau minėta įvade duomenų paruošimas yra vienas iš prioritetinių darbų. Tai yra RSS žemėlapių sudarymas. Šis žemėlapis yra sudaromas tokiu metodu:

- Fizinė vieta yra padalinta į dvimatę koordinatinių sistemą, kuri turi horizontalę ašį x ir vertikalę ašį y .

- Kiekvienas koordinačių sistemos taškas paverčiamas į objektą, kuriame saugoma informacija naudojama algoritmuose. Taip pat šie objektai saugo didžiausią prieigos taškų gaunama RSSI signalo stiprumą, žemėlapių kūrimo metu.
- Skirtingiems algoritams yra reikalingas skirtingas parametras. Šis objektas saugo parametrus reikalingus vartotojo vietos informacijai nustatyti. Nustatomi parametrai yra aprašyti sekančiame skyriuje: „Algoritmų analizė“ .

RSS žemėlapis, pritaikius vietos nustatymo algoritmus, bus naudojamas vietos informacijos rasti.

2.7. Algoritmų analizė

2.7.1. Bajeso teorema

2.7.1.1. Aprašymas

Bajeso teorema yra tikimybių teorema, kuri nustato įvykio tikimybę, kai stebint žinoma tik dalis informacija apie įvykius. Ši teorema suteikia galimybę nustatyti daug tikslesnę tikimybę imant iš anksto žinomą informaciją ir naujų stebėjimų duomenis. Ši teorema bus naudojama su kitais algoritmais pateiktais dokumente. Bajeso teoremos formulė pavaizduota paveikslėlyje (Pav. 10)

$$\Pr(A|B) = \frac{\Pr(B|A) \Pr(A)}{\Pr(B)}$$

Pav 10. Bajemso teoremos formulė [19]

2.7.1.2. Parametrai

„Bajeso teoremai“ naudojami parametrai ir jų reikšmės atvaizduotos lentelėje (Lentelė 1):

Lentelė 1. „Bajeso teoremos“ formulės parametrai

Algoritmo parametras	Reikšmė
Pr(A)	Apribotinė A hipotezės tikimybė
Per(A B)	A hipotezės tikimybė, atsirandant B įvykiui
Per(A B)	Įvykio B atsirado tikimybė esant teisingai A hipotezei
Per(B)	Įvykio B tikimybė

2.7.2. Paremto Bajeso teoremą ir „Masės centro technika“

2.7.2.1. Aprašymas

„Masės centro technika“ algoritmas yra paremtas tuo, jog visos vietovės signalų žemėlapyje yra laikomi kaip svoriniai objektai fiziniėje erdvėje. Šių objektų svoris yra lygus normalizuotai tikimybei priskirtai žemėlapio kūrimo procese. Taip sukuriama N objektai su didžiausiais svoriais, kur N yra sistemos parametras

Norint rasti vartotojo vietą naudojant „Masės centro technika“ žymime $p(x)$, kaip tikimybė vietovės x , kuri priklauso signalų žemėlapyje X ir \bar{X} žymime kaip masyvą objektų, signalų žemėlapyje, surikiuota mažėjimo tvarka, pagal šių objektų tikimybes. Tada vietovė x randama pagal formulę (Pav. 11):

$$x \leftarrow \frac{\sum_{i=1}^{\min(N, \|\bar{X}\|)} p(i) * \bar{X}(i)}{\sum_{i=1}^{\min(N, \|\bar{X}\|)} p(i)}$$

Pav 11. „Masės centro technika“ vietos informacijos radimas [17]

Čia $\bar{X}(i)$ yra i elementas \bar{X} masyvo.

Pritaikius Bajeso teoremą šiam algoritmui, yra užtikrinama vietovės tikslumas.

2.7.2.2. Parametrai

„Masės centro technika“ algoritmui naudojami parametrai ir jų reikšmės atvaizduotos lentelėje (Lentelė 2):

Lentelė 2. „Masės centro technikos“ parametrai

Algoritmo parametras	Reikšmė
s	Išmatuoti vartotojo signalo vektoriai ($s = \{s_1, \dots, s_k\}$)
\bar{X}	RSS žemėlapio objektai
RM	RSS žemėlapis
N	RSS žemėlapio objektų skaičius naudojamas algoritme
$p(i)$	RSS žemėlapio buvimo tikimybė apskaičiuojama formule: $p(x/s)$, kur x yra objektas vienos vietovės ir s vartotojo signalo vektorius

2.7.3. „Laiko vidurkė technika“

2.7.3.1. Aprašymas

„Laiko vidurkio“ algoritmas vietos nustatyme yra naudojamas tolyginti rezultatams. Ši technika turi W lango dydį, vartotojas būna vienoje koordinatėje RSS žemėlapyje. Kitaip tariant, ši technika nustato vidutinišką \bar{x}_t objektą iš koordinatinių masyvo surinkto per W buvimo tarpsnį. „Laiko vidurkio technikos“ formulė atvaizduota paveikslėlyje (Pav. 12).

$$\bar{x}_t = \frac{1}{\min(W, t)} \cdot \sum_{i=t-\min(W, t)+1}^t x_i$$

Pav 12 „Laiko vidurkio technikos“ formulė [17]

2.7.3.2. Parametrai

„Laiko vidurkio technika“ algoritmui naudojami parametrai ir jų reikšmės atvaizduotos lentelėje (Lentelė 3):

Lentelė 3. „laiko vidurkio technika“ algoritmui naudojami parametrai

Algoritmo parametras	Reikšmė
s	Išmatuoti vartotojo signalo vektoriai ($s = \{s_1, \dots, s_k\}$)
\bar{X}	RSS žemėlapio objektai
RM	RSS žemėlapis
W	Vidutiniškas lango dydis
Q	Eilė W dydžių, per kurią yra būnama vietovėje

2.7.4. Artimiausio kaimyno algoritmas panaudojant Euklido atstumą

2.7.4.1. Aprašymas

Artimiausio kaimyno metodas paremtas tuo, jog yra ieškomas mažiausias skirtumas tarp dviejų vektorių: RSS žemėlapio vektorių ir vartotojo signalo vektorių. Šis skirtumas vadinamas Euklido atstumu (Pav. 13) Norint rasti vartotojo vietą „Artimiausio kaimyno“ algoritmu žymime D_j , kaip Euklido atstumą. Čia j yra RSS žemėlapio objektas. Mažiausia D_j reikšmė nurodo vartotojo vietą esamu metu.

$$D_j = \sqrt{\sum_{i=1}^N (r_i - \mu_{j,i})^2}$$

Pav 13. Euklido atstumas [18]

2.7.4.2. Parametrai

„Artimiausio kaimyno“ algoritmui naudojami parametrai ir jų reikšmės atvaizduotos lentelėje (Lentelė 4):

Lentelė 4. Artimiausio kaimyno algoritmo parametrai

Algoritmo parametras	Reikšmė
D_j	Euklido atstumas j RSS žemėlapyje objekte.
N	RSS žemėlapyje objektų skaičius naudojamas algoritme
r_j	Išmatuoti vartotojo signalo vektoriai
$\mu_{j,i}$	RSS žemėlapyje objektų vektorius, kur j – eilės matavimo numeris

2.7.5. Histogramų palyginimas

2.7.5.1. Aprašymas

Algoritmų visuma sudaranti žemėlapyje Histogramas einamuoju momentu bei lygina jį su seniau sukurta Histograma. Algoritmas radęs labiausiai atitikusią histogramą, teoriškai gali nusakyti bevielio tinklo vartotojo vietą.

2.7.5.2. Parametrai

„Histogramų palyginimo“ algoritmui naudojami parametrai ir jų reikšmės atvaizduotos lentelėje (Lentelė 5):

Lentelė 5. Histogramų palyginimo algoritmo parametrai

Algoritmo parametras	Reikšmė
s	Išmatuoti vartotojo signalo vektoriai ($s = \{s_1, \dots, s_k\}$)
\bar{X}	RSS žemėlapyje objektai
RM	RSS žemėlapis
N	RSS žemėlapyje objektų skaičius naudojamas algoritme

2.8. Išvados

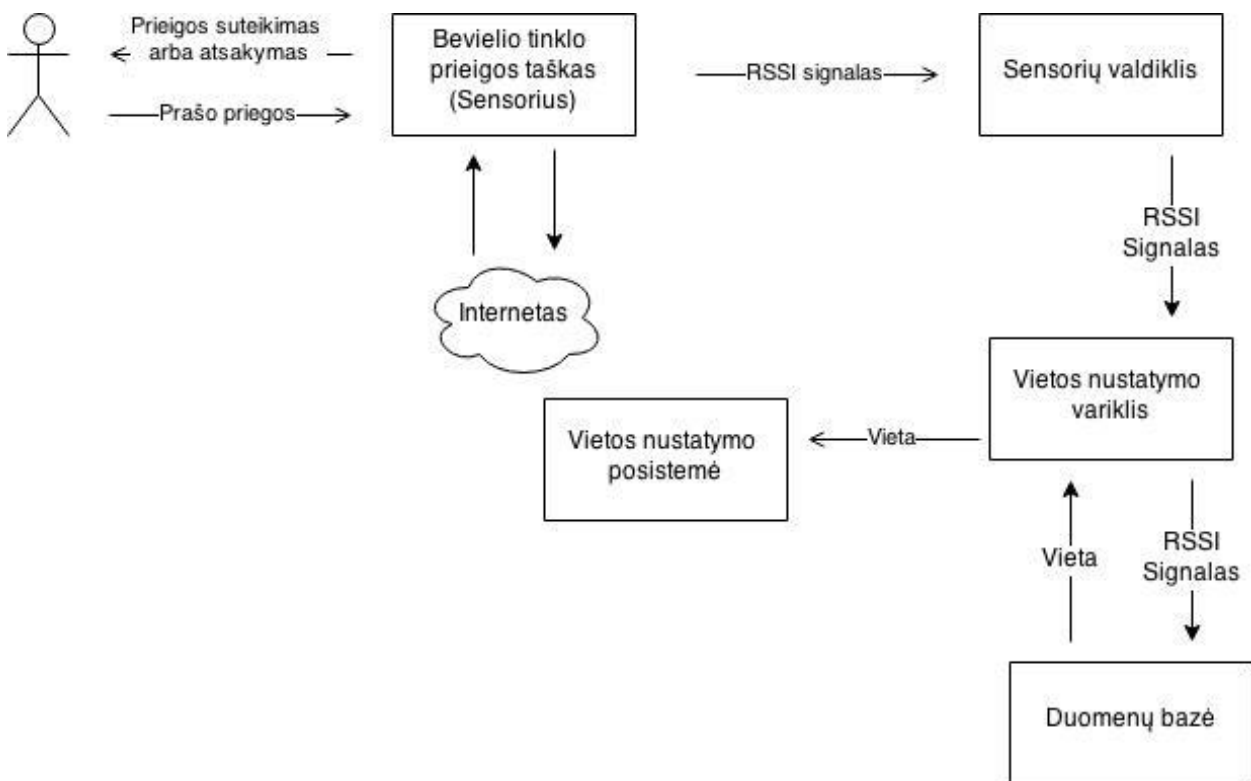
Analizės metu buvo išsiaiškinta kokios technologijos ir algoritmai yra naudojami vietos informacijos radimui. Išsiaiškinta kokius parametrus naudoja vietos nustatymo algoritams. Taip pat rastos kitų autorių rastos problemos, bei bandymai jas išspręsti. Toliau, šių pasaulyje autorių gauti tyrimų rezultatai bus analizuojami su kurtos PĮ tyrimo rezultatais.

Analizės metu buvo iškelta PĮ kūrimo nauda ir iškelti uždaviniai PĮ kūrimui, kuriuos yra privaloma atlikti. Tai yra turėti bevielų tinklų infrastruktūra ir sukurti šios infrastruktūros RSS žemėlapi.

3. PROJEKGINĖ DALIS

3.1. Sistemos kontekstas

Projekte bus naudojama imituojama trijų sensorių infrastruktūra bevieliame tinkle. Sukurta ši infrastruktūra gaus RSSI signalą iš mobiliojo įrenginio, kuris yra prisijungęs prie šios sistemos bevielio tinklo. Duomenų srautai pavaizduoti paveikslėlyje (Pav. 14).



Pav 14. Sistemos infrastruktūra

Sensorių valdiklis gaus imituojamus visų sensorių siunčiamus signalus ir siųs visų RSSI signalo stiprumą į vietos nustatymo variklį. Vietos nustatymo variklis pritaikys vietos nustatymo algoritmą vartotojui rasti. Rezultatai kaupiami duomenų bazėje.

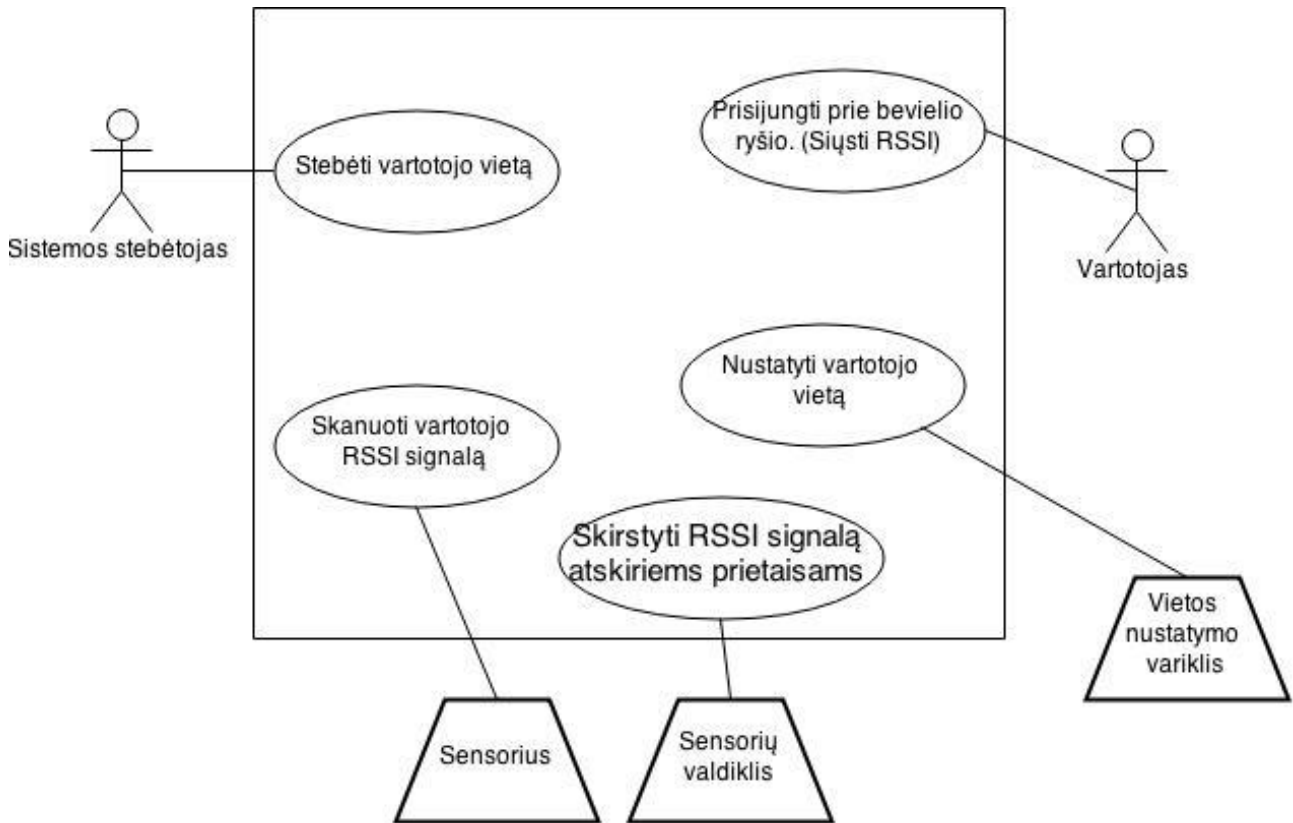
3.2. Sistemos funkcijos

Bevielio tinklo vartotojo vietos nustatymo programinė įranga veikia nuolatinio režimu. Gaudama informaciją iš bevielio tinklo priegos taškų, atlieka vietos nustatymo algoritmus ir saugo duomenis ir rezultatus duomenų bazėje. Šiuo metu bevielio tinklo priegos taškų teikiama informacija yra imituojama. Šios sistemos vartotojas gali matyti rezultatus konsolėje ar iškviestoje grafinėje sąsajoje. Taip pat sistema suteikia galimybę matyti bevielio tinklo vartotojo buvimo vieta praityje. Visos sistemos funkcijos yra detalizuojamos šio skyriaus poskyriuose.

3.3. Reikalavimų specifikacija

3.3.1. Panaudojimo atvejis

Sistemos funkcijos pateikiamos paveikslėlyje (Pav. 15):



Pav 15. Panaudos atvejų diagrama

Sensorius, kitaip prieigos taškas (angl. Access point), yra PĮ kūrimo metu yra imituojamas, dėl resursų trūkumo. Sensorių valdiklis, yra sukurtas paketas-servisas, kuris priima sensorių siųstą informaciją. Vietos nustatymo variklis pritaiko vieną iš sukurtų vietos nustatymo algoritmų gautiems duomenimis ir saugo rezultatus duomenų bazėje. Sistemos vartojai: sistemos stebėtojas – mato vartotojų vietos informaciją; vartotojas – gauna teisę naudotis bevielio tinklo resursais. Detalesnis panaudos atvejų (toliau - PA) aprašymas aprašytas sekančiame skyriuje.

3.4. Panaudos atvejų sąrašas

Panaudos atvejai atvaizduoti lentelėse (Lentelė 6-10):

Lentelė 6. PA 1: Stebėti vartotojo vietą

1. Panaudojimo atvejis: Stebėti vartotojo vietą	
Vartotojas/Aktorius	Sistemos stebėtojas
Aprašas	Apima procesą, kai sistemos stebėtojas stebi vartotojo buvimo vietą
Ryšys su kitais PA	Nėra
Scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vartotojas prisijungia prie bevielio tinklo 2. Sensoriai nuskaityti vartotojo elektroninio prietaiso siunčiamą RSSI signalą 3. Sensoriai siunčiamą RSSI signalą į sensorių valdiklį 4. Sensorių valdiklis RSSI signalus siunčia į vietos nustatymo variklį 5. Vietos nustatymo variklis pagal RSSI signalo stiprumą nustato vartotojo vietos koordinatas. 6. Vietos nustatymo variklis parodo vartotojo laktacijos vietą ekrane. 7. Sistemos stebėtojas stebi vartotojo vietą.
Alternatyvinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stebėtojas suveda datos pagal kurias buvo rastos vartotojo vietos informacija 2. Duomenų bazė filtro pagalba suteikia stebėtojui galimas vartotojo vietas 3. Stebėtojas mato kur gali būti bevielio tinklo vartotojo vieta
Prieš sąlygą	Asmuo nėra prisijungęs prie bevielio ryšio
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas prisijungia prie bevielio ryšio
Po sąlygos	Nustatoma vartotojo buvimo vietą.

Lentelė 7. PA 2: Prisijungti prie bevielio ryšio

2. Panaudojimo atvejis: Prisijungti prie bevielio ryšio	
Vartotojas/Aktorius	Vartotojas
Aprašas	Vartotojas norėdamas naudoti Wifi bevielį ryšį turi prisijungti prie šio ryšio
Ryšys su kitais PA	Nėra
Scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vartotojas prisijungia prie bevielio tinklo naudodamasis elektroniniu įtaisu, kuris gali prisijungti prie bevielio tinklo
Alternatyvinis scenarijus	Nėra
Prieš sąlygą	Asmuo nėra prisijungęs prie bevielio ryšio
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas jungiasi prie bevielio ryšio
Po sąlygos	Vartotojas prisijungia prie bevielio ryšio

Lentelė 8. PA 3: Skirstyti RSSI signalą atskiriems prietaisams

3. Panaudojimo atvejis: Skirstyti RSSI signalą atskiriems prietaisams	
Vartotojas/Aktorius	Sensorių valdiklis
Aprašas	Sensorių valdiklis gaudamas RSSI signalo stiprumą skirsto signalus pagal vartotojus, taip sukurdamas vartotojo RSSI signalo vektorius.
Ryšys su kitais PA	Nėra

Scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vartotojas prisijungia prie bevielio tinklo 2. Sensoriai nuskaityti vartotojų elektroninio prietaiso siunčiamą RSSI signalą 3. Sensorių valdiklis sukuria vartotojų RSSI signalo vektorius 4. Sensoriai siunčiamą RSSI signalų vektorius į vietos nustatymo valdiklį
Prieš sąlygą	Sensoriai negauna RSSI signalo duomenų
Sužadinimo sąlyga	Sensorius išsiunčia RSSI signalo duomenis
Po sąlygos	Duomenys siunčiami į vietos nustatymo variklį

Lentelė 9. PA 4: Nustatyti vartotojo vietą

4. Panaudojimo atvejis: Nustatyti vartotojo vietą	
Vartotojas/Aktorius	Vietos nustatymo variklis
Aprašas	Gaunant RSSI signalo stiprumo vektorius, vietos nustatymo variklis algoritmų pagalba nustato vartotojo esamą vietą.
Ryšys su kitais PA	Nėra
Scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vartotojas prisijungia prie bevielio tinklo. 2. Sensoriai nuskaityti vartotojo elektroninio prietaiso siunčiamą RSSI signalą. 3. Sensorių valdiklis sukuria vartotojų RSSI signalo vektorius 4. Sensoriai siunčiamą RSSI signalų vektorius į vietos nustatymo valdiklį 5. Vietos nustatymo variklis pagal RSSI signalo stiprumą nustato vartotojo vietos koordinatas. 6. Vietos nustatymo variklis parodo vartotojo laktacijos vietą ekrane. 7. Sistemos stebėtojas mato vartotojo vietą.
Alternatyvinis scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stebėtojas suveda duomenis pagal kurias buvo rastos vartotojo vietos informacija. 2. Duomenų bazė filtro pagalba suteikia stebėtojui galimas vartotojo vietas. 3. Stebėtojas mato, kur buvo bevielio tinklo vartotojo vieta.
Prieš sąlygą	RSSI signalo nebuvimas
Sužadinimo sąlyga	Gautas RSSI signalas
Po sąlygos	Nustatoma vartotojo vieta

Lentelė 10. PA 5: Skanuoti vartotojo RSSI signalą

5. Panaudojimo atvejis: Skanuoti vartotojo RSSI signalą	
Vartotojas/Aktorius	Sensorius
Aprašas	Skenuoja vartotojo signalą
Ryšys su kitais PA	Nėra
Scenarijus	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vartotojas prisijungia prie bevielio tinklo. 2. Sensoriai nuskaityti vartotojo elektroninio prietaiso siunčiamą RSSI signalą.
Prieš sąlygą	Vartotojas nėra prisijungęs prie bevielio ryšio
Sužadinimo sąlyga	Vartotojas prisijungia prie bevielio ryšio
Po sąlygos	Skenuojami RSSI signalo stiprumas

3.5. Funkciniai reikalavimai

PĮ funkciniai reikalavimai atvaizduojami lentelėse Lentelė 11-8:

Lentelė 11. Reikalavimas 1: Sistema turi vietos informaciją vaizduoti ekrane

Reikalavimas 1:	Panaudojimo atvejis: 1
Aprašymas:	Sistema turi vietos informaciją vaizduoti ekrane
Pagrindimas:	Vietos informacijos vaizdavimas ekrane yra privalomas, jeigu norime matyti vartotojo vietos informaciją
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	Vietos informacija atvaizduojami ekrane grafiškai bei terminalo eilutėje
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 12. Reikalavimas 2 Sensorių siunčiami duomenys turi būti saugomi duomenų faile

Reikalavimas 2:	Panaudojimo atvejis: 1
Aprašymas:	Sensorių siunčiami duomenys turi būti saugomi duomenų faile
Pagrindimas:	Duomenų failą yra paprasčiausias būdas transportuoti renkamus duomenis į kitą įrenginį
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	Duomenys yra išsaugomi tekstiniame faile
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 13. Reikalavimas 3: Sensorių siunčiami duomenys turi būti saugomi duomenų faile

Reikalavimas 3:	Panaudojimo atvejis: 1
Aprašymas:	Sensorių siunčiami duomenys turi būti saugomi duomenų bazėje
Pagrindimas:	Saugomi duomenys duomenų bazėje suteikia galimybę pasiekti juos tinklu
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	Duomenys yra saugomi duomenų bazėje, bei šiuos duomenis gali pasiekti kiekvienas, prieigą turintys, asmuo tinkle
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 14. Reikalavimas 4: Vartotojas turi turėti prieigą prie bevielio tinklo

Reikalavimas 4:	Panaudojimo atvejis: 2
Aprašymas:	Vartotojas turi turėti prieigą prie bevielio tinklo
Pagrindimas:	Prieigos prie bevielio tinklo nebuvimas, garantuoja nesėkmę vartotojo vietos nustatyme
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	Vartotojas naudojasi bevielio tinklo privalomais
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 15. Reikalavimas 5: Sistema privalo kurti vartotojų signalo stiprumo vektorius einamuoju laiku

Reikalavimas 5:	Panaudojimo atvejis: 5
Aprašymas:	Sistema privalo kurti vartotojų signalo stiprumo vektorius einamuoju laiku
Pagrindimas:	Jeigu sistema negali sukurti signalo stiprumo vektorių, vietos nustatymas su keliais įrenginiais taps neįmanomas
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	Yra galimybė nustatyti kelių mobiliųjų įrenginių vietas
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 16. Reikalavimas 6: Realizuojamas vietos nustatymo algoritmas: artimiausias kaimynas

Reikalavimas 6:	Panaudojimo atvejis: 4
Aprašymas:	Realizuojamas vietos nustatymo algoritmas: artimiausias kaimynas
Pagrindimas:	Vietos nustatymo algoritmas yra privalomas norint nustatyti vartotojo vietą
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	Mobiliųjų įrenginių vieta yra nustatyta, kuo tiksliau
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 17. Reikalavimas 7: Realizuojamas vietos nustatymo algoritmas: Bajeso teorema ir „masės centro technika“

Reikalavimas 7:	Panaudojimo atvejais: 4
Aprašymas:	Realizuojamas vietos nustatymo algoritmas: Bajeso teorema ir „masės centro technika“
Pagrindimas:	Vietos nustatymo algoritmas yra privalomas norint nustatyti vartotojo vietą
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	Mobiliųjų įrenginių vieta yra nustatyta, kuo tiksliau
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 18. Reikalavimas 8: Infrastruktūroje sensoriai turi turėti galimybę gauti RSSI signalą

Reikalavimas 8:	Panaudojimo atvejais: 5
Aprašymas:	Infrastruktūroje sensoriai turi turėti galimybę gauti RSSI signalą
Pagrindimas:	Neįmanoma nustatyti vartotojo vietos, jeigu sensoriai negauna RSSI signalų
Šaltinis:	Projekto kūrėjas
Tikimo kriterijus:	RSSI signalo stiprumas yra gautas
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

Lentelė 19. Reikalavimas 9: Galimybė apskaičiuoti kelių įrenginių buvimo vietas.

Reikalavimas 9:	Panaudojimo atvejis: 3
Aprašymas:	Galimybė apskaičiuoti kelių įrenginių buvimo vietas.
Pagrindimas:	Sistemos funkcionalumas privalo veikti su daugeliu įrenginių.
Šaltinis:	Projekto užsakovas
Tikimo kriterijus:	Vietos nustatymas keliems mobiliems įrenginiams atitinka realybę
Užsakovo tenkinimas:	-
Užsakovo netenkinimas:	-
Konfliktas:	Nėra
Priklausomybė:	Nėra
Istorija:	Užregistruota 2014 12 13

3.6. Nefunkciniai reikalavimai

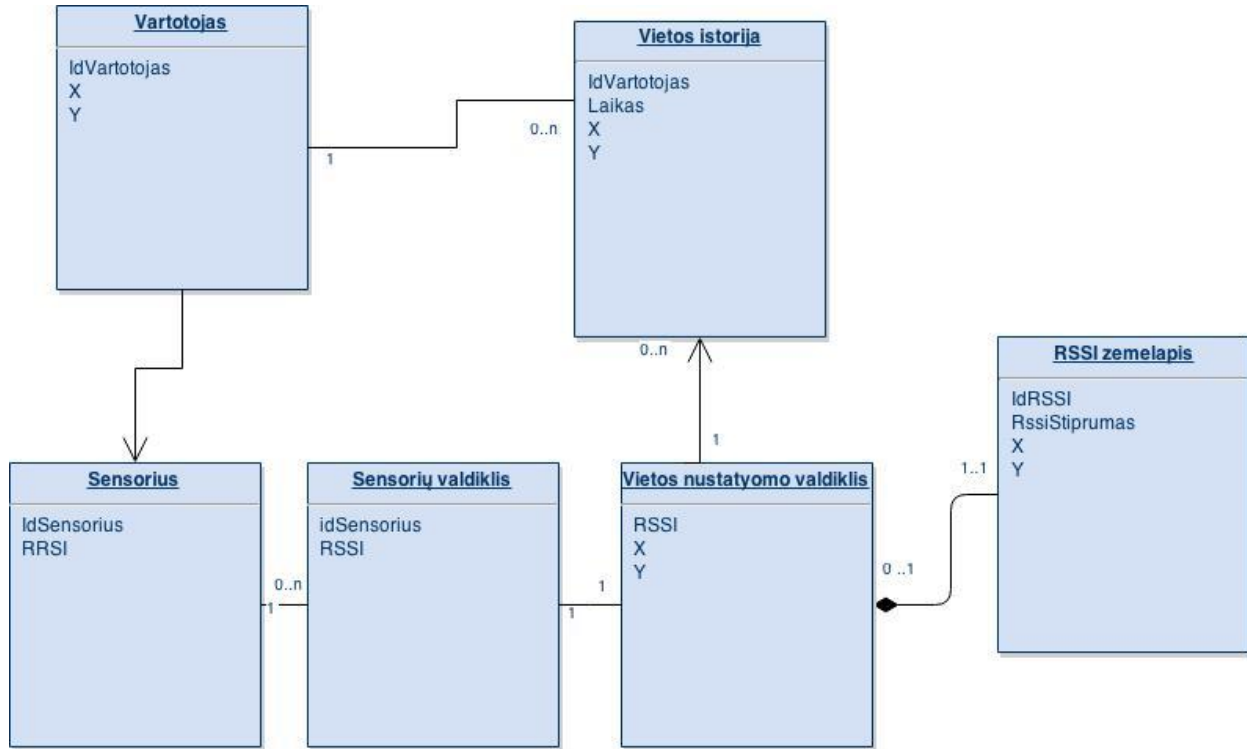
PĮ nefunkciniai reikalavimai:

- Programa turi veikti Intel i386 architektūros kompiuteryje su 800MHz procesoriumi, 128MB atminties ir sugebėti per sekundę atlikti 50 vietos nustatymo operacijų (dirbant be grafinės sąsajos).
- Turi būti galimybė programą paleisti be grafinės sąsajos.
- Turi būti galimybė visus parametrus programai perduoti paleidimo metu iš komandinės eilutės ir/arba tekstinio konfigūracinio failo.
- Programą paleidus su „HELP“ ir „GUI “ raktais, ji turi parodyti visas galimas konfigūravimo raktų kombinacijas ir reikšmes.
- PĮ turi veikti stabiliai ir netrikdyti trečiųjų šalių PĮ ir operacinės sistemos darbo.
- Struktūrizuotas ir dokumentuotas (su komentarais) programos kodas.

3.7. Duomenų modelis ir jo elementų žodynas

3.7.1. duomenų modelis

Vietos nustatymo duomenų ryšiai atvaizduojamas naudojant UML diagramą (Pav. 16):



Pav 16. Duomenų modelis

3.7.2. Duomenų žodynas

Žemiau pateiktas duomenis-žodynas naudojamas duomenų modelyje (Lentelė):

Lentelė 20. Duomenų žodynas

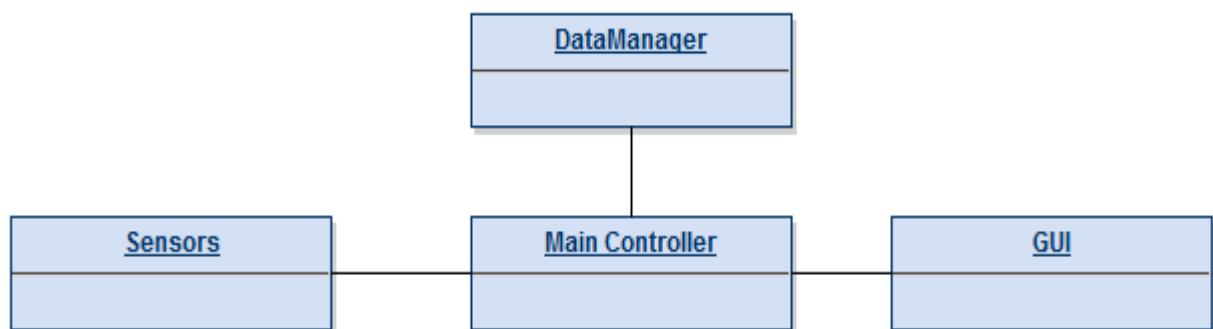
Pavadinimas	Turinys	Tipas
Vartotojas	Vartotojo indentifikavimas, vartotojo vieta	Klasė
Sensorius	Sensoriaus indentifikavimas, RSSI signalo stiprumas	Klase
Sensorių valdiklis	Sensoriaus indentifikavimas, šio sensorių RSSI signalo stiprumas	Klasė
Vietos nustatymo valdiklis	RSSI sensoriaus signalas, vietos informacija pagal RSSI signalą	Klasė

RSSI žemėlapis	RSSI signalo stiprumas, vietos informacija, RSSI žemėlapiu indentifikavimas	Klasė
Vietos istorija	Vartotojų, vartotojo vietos buvimo laikas	Klasė
idSensorius	* sensoriaus numeris*	Atributas /Elementas
RSSI	* RSSI signalo stiprumas *	Atributas /Elementas
idRSSI	* RSSI signalo numeris*	Atributas /Elementas
RssiStiprumas	* RSSI signalo stiprumas *	Atributas /Elementas
X	* Vietos koordinatė horizontalioje padėtyje (žemėlapyje) *	Atributas /Elementas
Y	* Vietos koordinatė vertikalioje padėtyje (žemėlapyje) *	Atributas /Elementas
Laikas	*YY/MM/DD*	Atributas /Elementas

3.8. Sistemos statinis vaizdas

3.8.1. Apžvalga

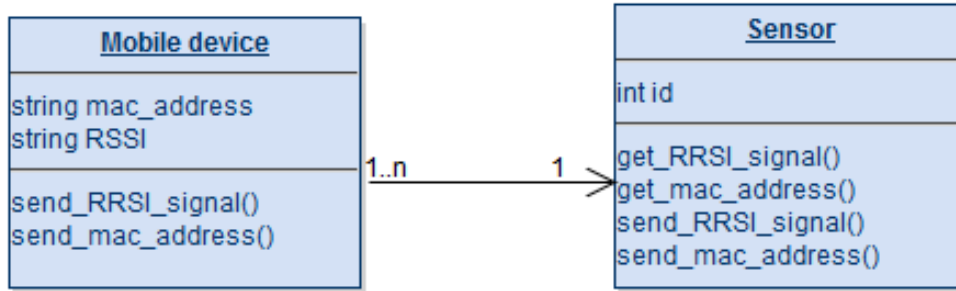
Sistemą sudarys „Sensor“, „MainController“, „DataManager“, „GUI“ paketai pateikti paveikslėlyje (Pav 17). Šių paketų informacija pateikti sekančiame skyriuje.



Pav 17. Sistema suskirstytą į paketus

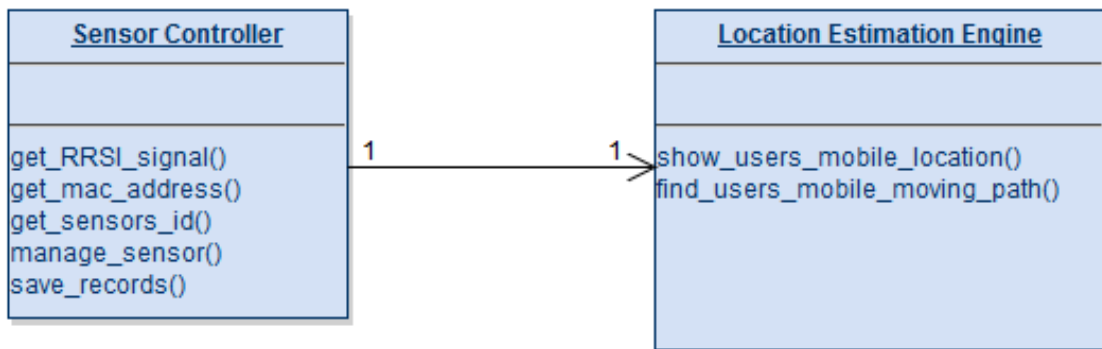
3.8.2. Paketų detalizavimas

Paketas „Sensors“ skirtas gauti duomenis, kaip imituojamą RSSI signalo stiprumą ir kita reikiamą informaciją. Paketai, paketo metodai pavaizduoti ir saugomi duomenys atvaizduoti paveikslėlyje (Pav. 18).



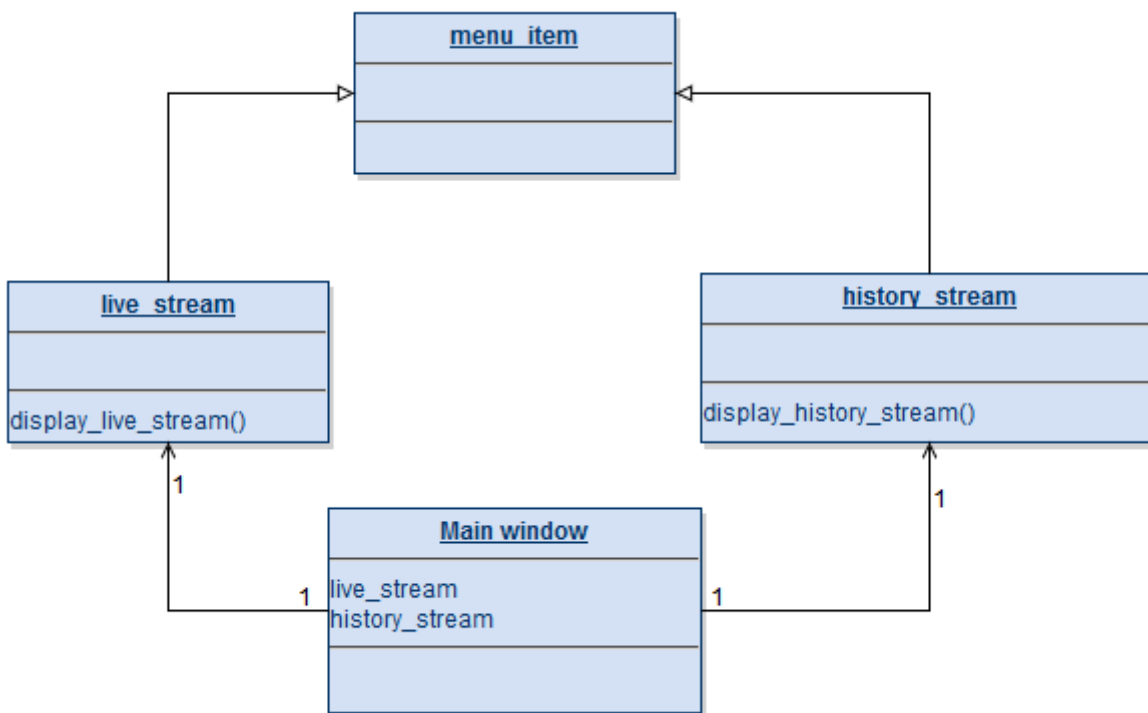
Pav 18. Paketas „Sensors“

Paketas „Main Controller“ yra tarpinis paketas tarp visų modulių ir yra skitas valdyti pagrindinius sistemos veiksmus. Tai yra gauti RSSI signalus, pritaikyti vietos informacijos nustatymo algoritmą, rasti vietą. Paketai, paketo metodai pavaizduoti ir saugomi duomenys atvaizduoti paveikslėlyje (Pav. 19).



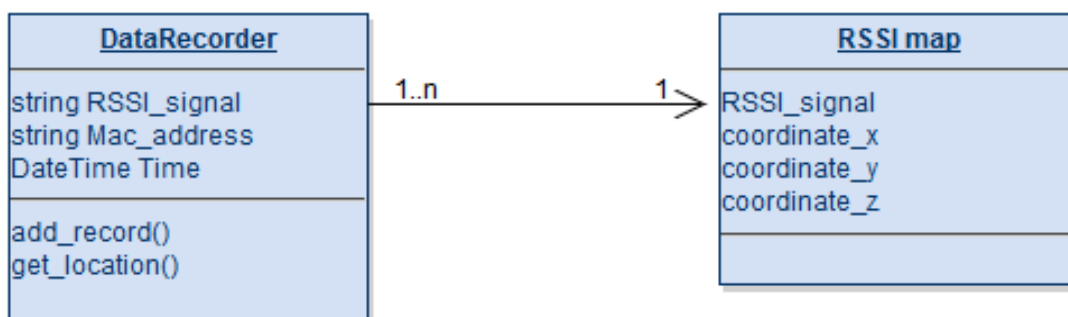
Pav 19. Paketas „Main Controller“

Paketas „GUI“ yra skirtas valdyti grafinę vartotojo sąsąją, bei duomenų atvaizdavimui ekrane. „GUI“ paketas gavęs vietos informaciją iš „Main Controller“ paketo, atvaizduoja ją ekrane grafiškai ekrane. Paketai, paketo metodai pavaizduoti ir saugomi duomenys atvaizduoti paveikslėlyje (Pav. 20).



Pav 20. Paketas „GUI“

Paketas „DataManager“ skirtas saugoti vartotojo duomenims bei nustatyta vartotojo vietą. Taip pat šie duomenys bus toliau naudojami magistrinio darbo tyrimui. Paketai, paketo metodai pavaizduoti ir saugomi duomenys atvaizduoti paveikslėlyje (Pav. 21).



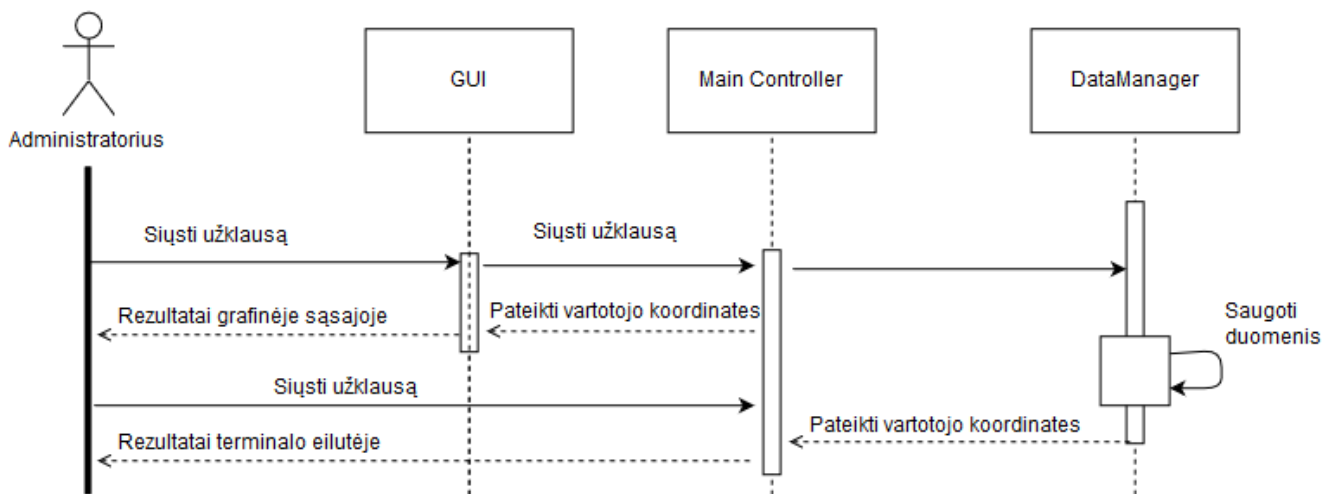
Pav 21. Paketas „DataManager“

3.9. Sistemos dinaminis vaizdas

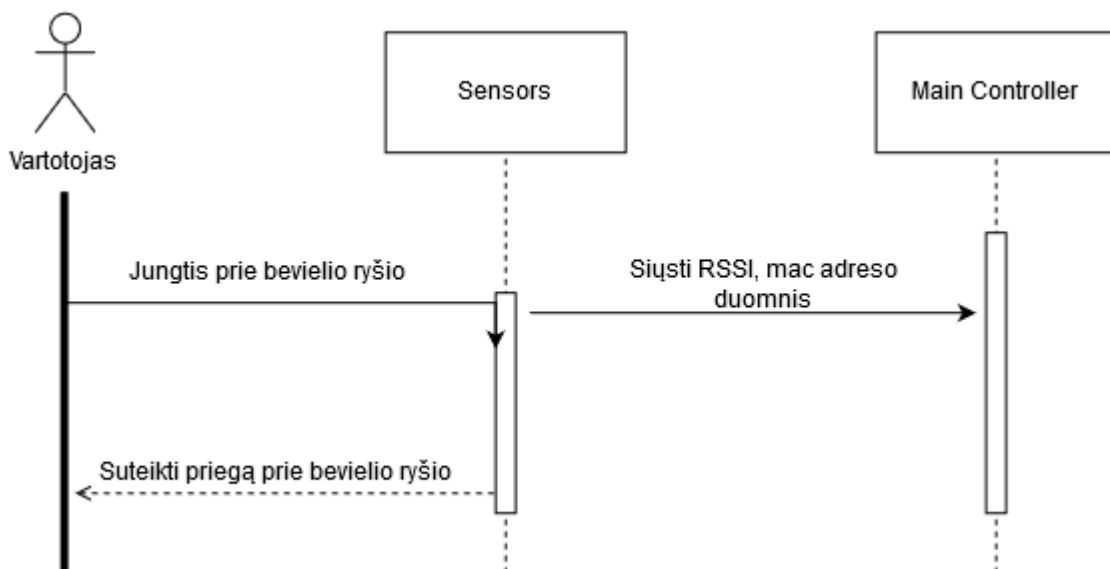
Sistemos dinaminį vaizdą galima atvaizduoti pateikus sekų diagramas, Bendradarbiavimo diagramas, veiklos diagramą. Tai atvaizduota šio skyriaus poskyriuose.

3.9.1. Sekų diagrama

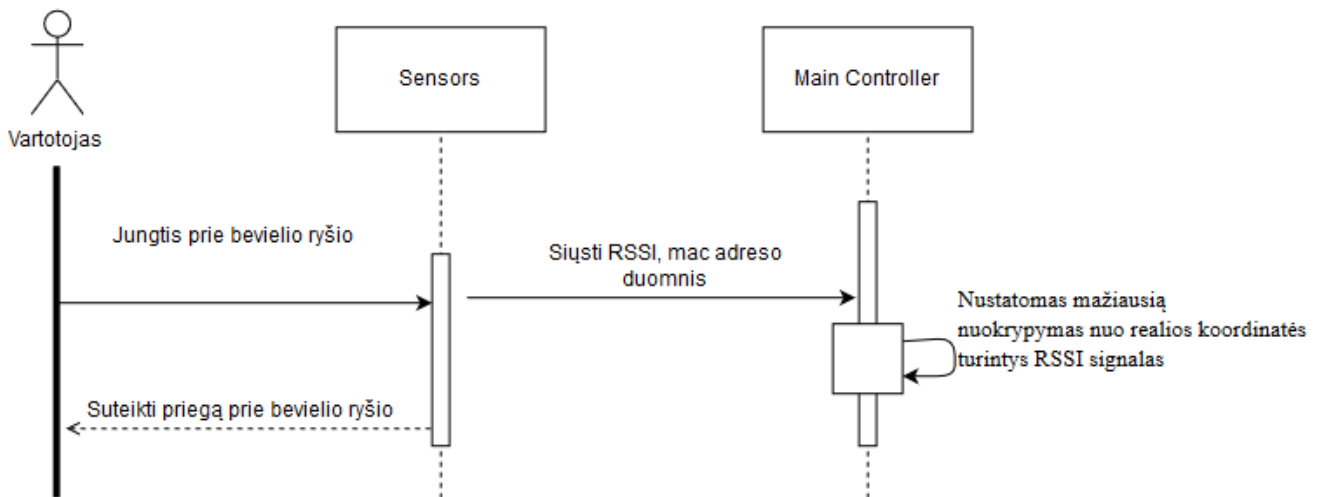
Panaudos atvejų sąveikos diagramos pavaizduotos paveikslėliuose (Pav.22- 26).



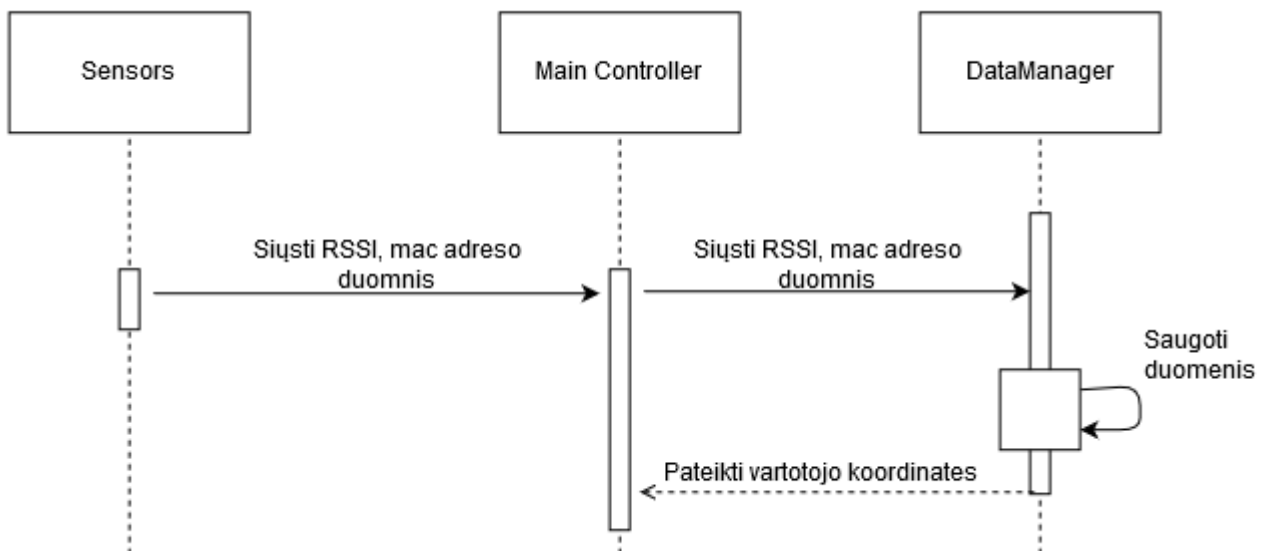
Pav 22.Panaudojimo atvijo „Stebėti vartotojo vietą“ sąveikos diagrama



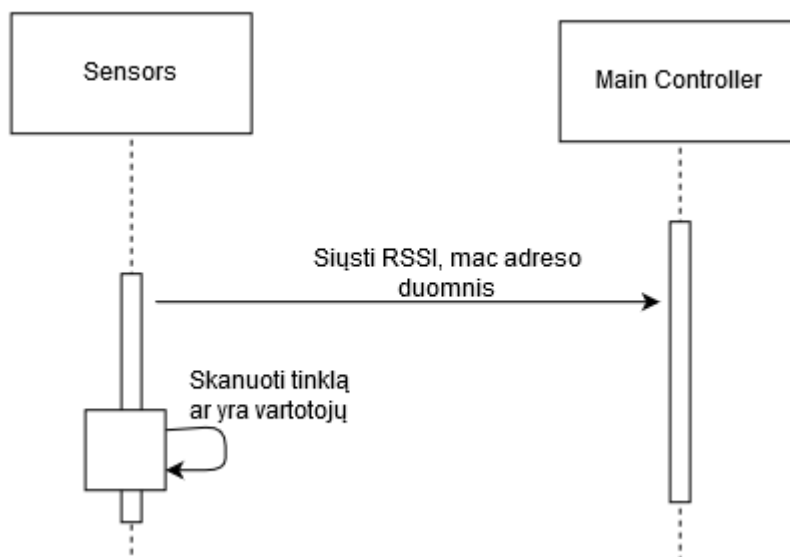
Pav 23.Panaudojimo atvijo „Prisijungti prie bevielio ryšio“ sąveikos diagrama



Pav 24. Panaudojimo atvijo „Skirstyti RSSI signalą atskiriems prietaisams“ sąveikos diagrama



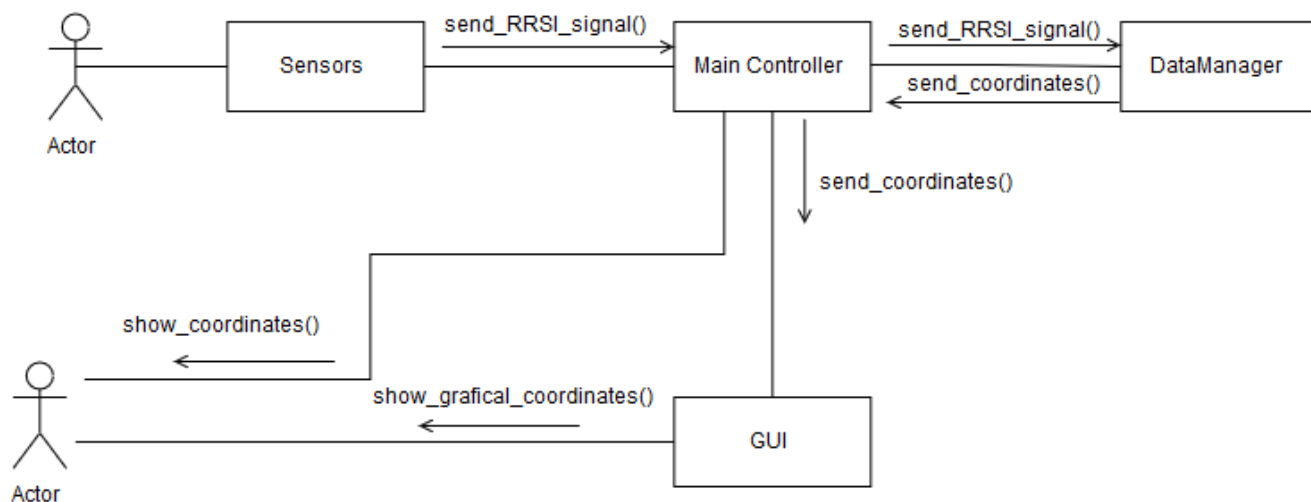
Pav 25. Panaudojimo atvijo „Nustatyti vartotojo vietą“ sąveikos diagrama



Pav 26. Panaudojimo atvijo „Skanuoti vartotojo RSSI signalą“ sąveikos diagrama

3.9.2. Bendradarbiavimo diagrama

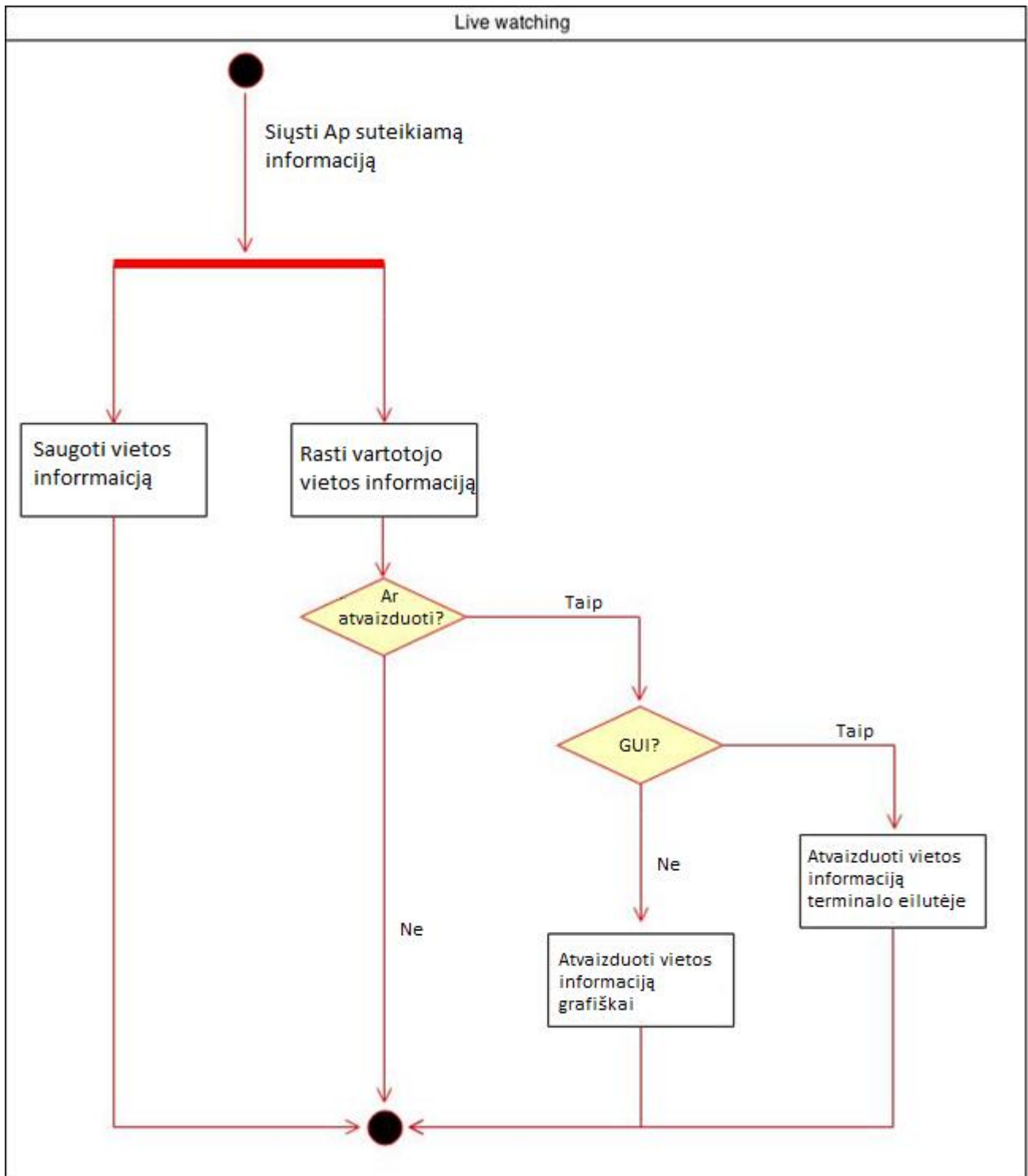
PĮ paketų bendravimo diagrama pavaizduota paveikslėlyje (Pav. 27). Čia metodu „send_RRSI_signal()“ siunčiamas imituojamas signalų stiprumas ir kita AP suteikiama informacija, metodu „send_coordinates“ yra siunčiamos vartotojo vietos informacija praeityje, metodu „show_coordiantes()“ atvaizduojama vietos informacija terminalo eilutėje ir metodu „show_grafical_coordinates()“ atvaizduoja vartotojo vietą žemėlapyje. Paveikslėlyje objektas „Actor“ atvaizduoja sistemos vartotojus. Tai administratorius, kuris mato bevielio tinklo vartotojo vietą, ir bevielio tinklo vartotojas.



Pav 27. Sistemos bendradarbiavimo diagrama

3.9.3. Veiklos diagrama

Kuriamai sistemai yra galimos dvi veiklos diagramos. Viena iš jų „live watching“ – kai administratorius gali realiu laiku stebėti vartotojus, prisijungusius į bevielį tinklą (Pav. 28). Kitas „History watching“ – kai administratorius gali stebėti vartotojų, prisijungusių į bevielį tinklą, buvimo vietą praeitį.



Pav 28. Realio laiku vartotojo vietos nustatymas

3.10. Išvados

Po analitinės dalies buvo pasirinkti algoritmai vietos informacijos nustatyme ir iškelti uždaviniai. Šioje dalyje buvo surenkami reikalavimai ir sukurta reikalavimų specifikacija. Reikalavimų specifikacija ir analitinės dalies informacija suteikė žinių PĮ realizacijai. Taip pat buvo projektuota ir realizuota PĮ architektūra ir funkcionalumas. Šią PĮ toliau bus naudojama tyrimui ir eksperimentiniam tyrimui našumui ir efektyvumui pagerinti. Taip pat bus nustatoma algoritmų efektyvumas bei taisyklės ir metodai kaip PĮ turėtų veikti.

4. TIRIAMOJI DALIS

4.1. Tyrimo tikslas

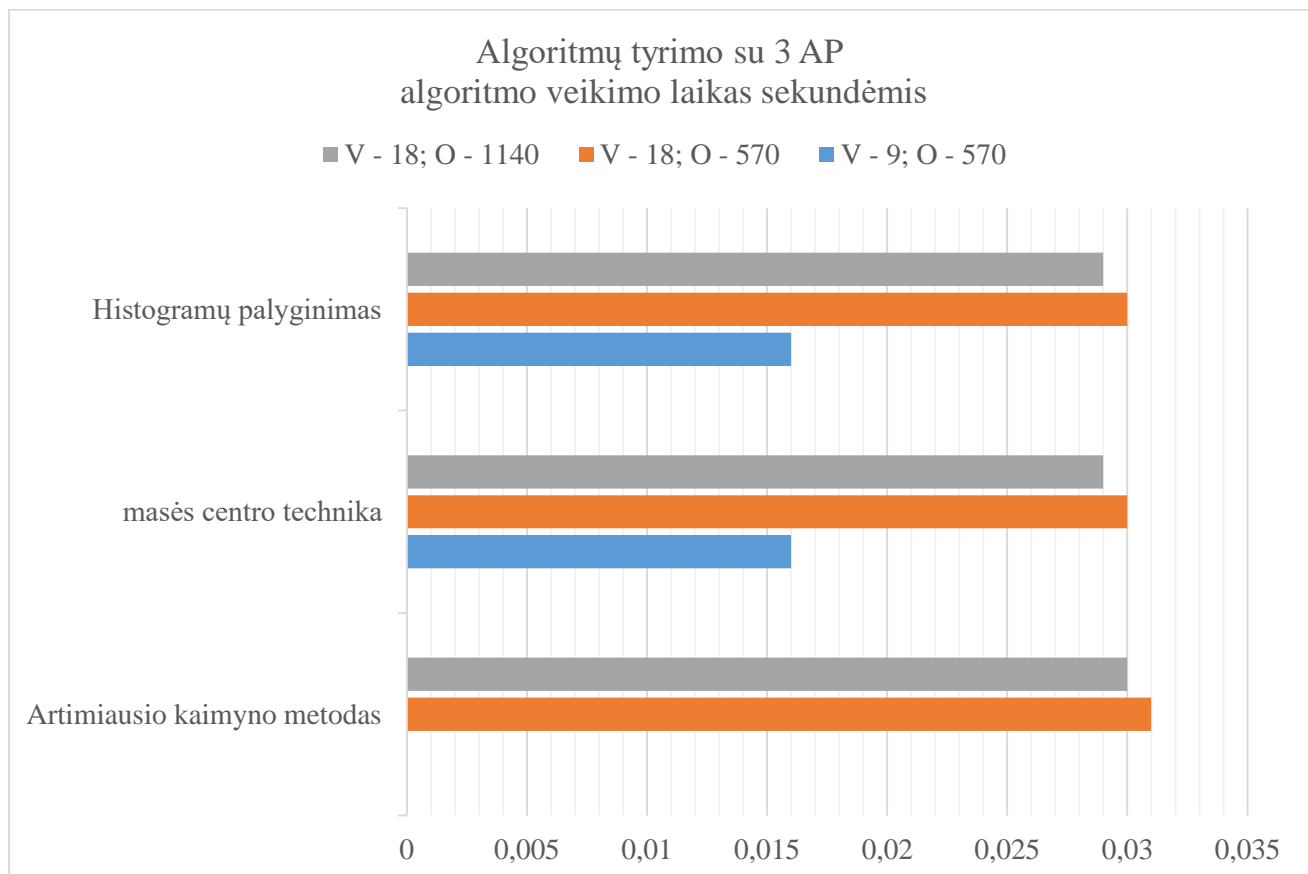
Tyrimo tikslas yra išanalizuoti vietos informacijos nustatymo algoritmus sukurtai infrastruktūrai. Taip pat įvertinti vietos nustatymo algoritmų tikslumą esant signalų trukdžiams (angl. noise). Tyrimo rezultatus panaudoti PĮ tobulinimui bei kokybės įvertinimui. Gautus rezultatus panaudoti eksponentiniame tyrime, kaip rodiklį rezultatams pagerinti.

4.2. Tyrimo eiga

Pirmas etapas PĮ tyrime yra nustatyti per kiek laiko ir kiek reikia atlikti operacijų, kad būtų nustatoma vartotojo vietos informacija, bei išsiaiškinti ar PĮ veikia pagal reikalavimų specifikacija ir sugeba išvengti sistemos lūžimo klaidų. Taip pat išsiaiškinti ar priimti techniniai sprendimai yra optimalūs. Toliau yra nustatyti kokia vietos informacijos paklaida esant signalų trukdžiams. Galiausiai gautus rezultatus panaudoti kokybės įvertinimui ir rasti galimas PĮ tobulinimui realizacijas.

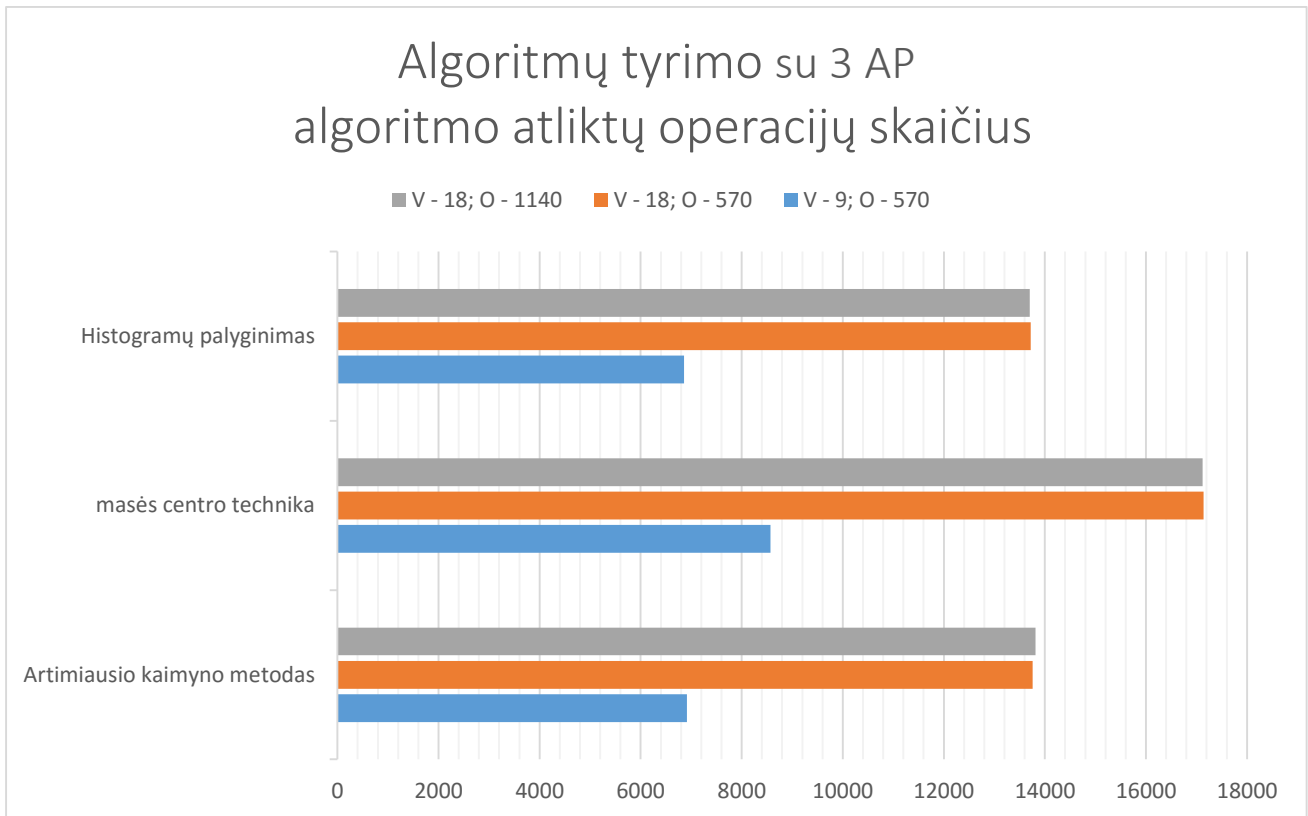
Tyrimui yra naudojamas pastatas, kurio planas yra išdalintas į 0,5 metro pločio ir 0,5 metro ilgio signalo žemėlapiu objektus.

Algoritmų tyrimo su 3 imituojami AP algoritmo veikimo laikas sekundėmis atvaizduotas paveikslėlyje (Pav. 29). Tyrimo rezultatų duomenys išvesti skyriuje „Priedai“ Lentelėje (Lentelė. 21).



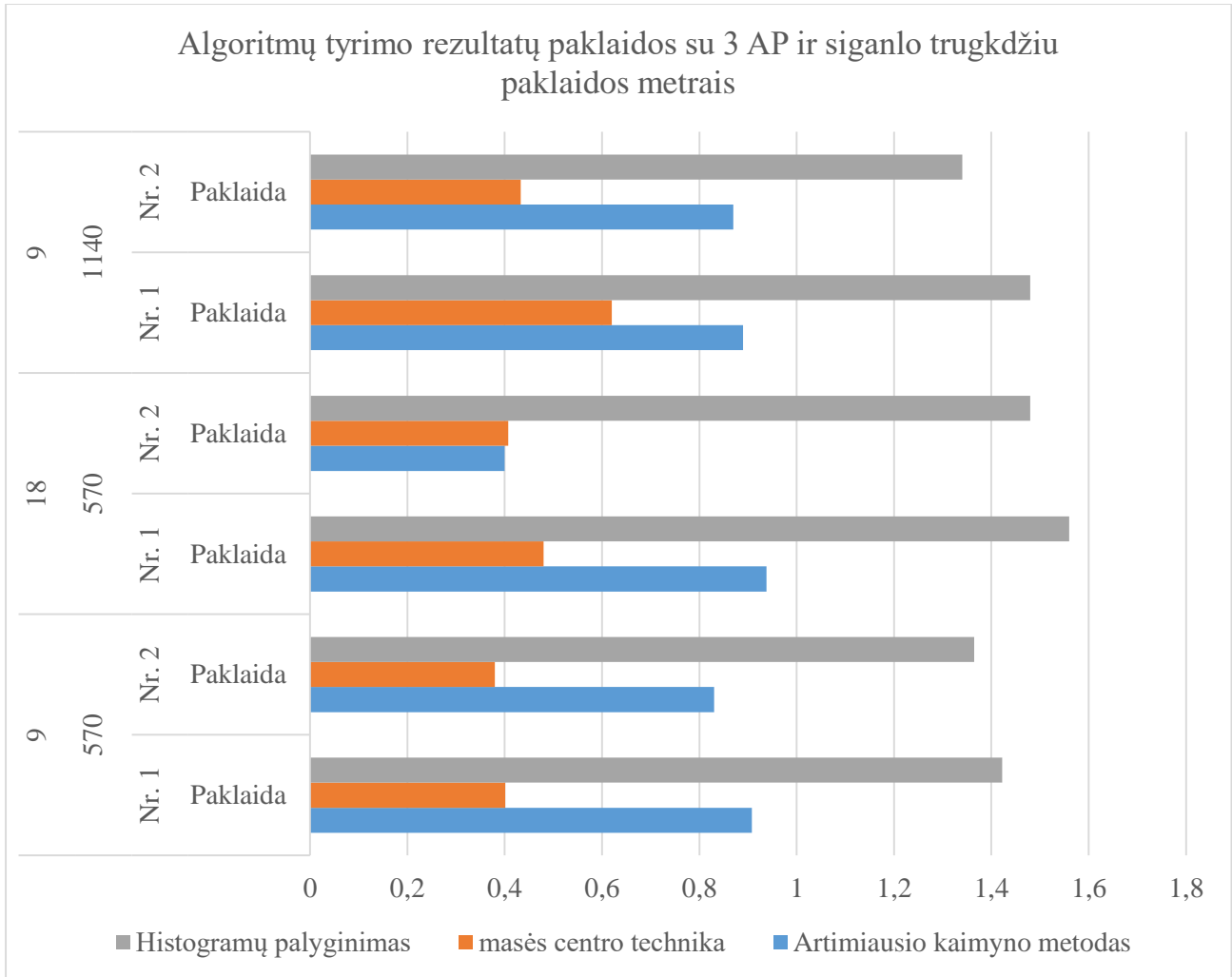
Pav 29. Algoritmų tyrimo su 3 AP algoritmo veikimo laikas sekundėmis

Algoritmų tyrimo su trejais imituojamais AP algoritmo atliktų operacijų skaičius atvaizduotas paveikslėlyje (Pav. 30). Tyrimo rezultatų duomenys išvesti skyriuje „Priedai“ Lentelėje (Lentelė. 21).



Pav 30. Algoritmų tyrimo su 3 AP

Algoritmų tyrimo su trejais imituojamais AP ir signalo trukdžiais paklaidos atvaizduotas paveikslėlyje (Pav. 31). Šiame paveiksle Nr. 1 tyrimas pavaizduota algoritmo paklaida, o Nr. 2 algoritmo paklaida pritaikius laiko vidurkio technika. Tyrimo rezultatų duomenys išvesti skyriuje „Priedai“ Lentelėje (Lentelė. 22).



Pav 31. Algoritmų tyrimo rezultatų paklaidos su 3 AP ir signalo trukdžiu paklaidos metrais

4.3. Tyrimo išvados

Išanalizavus tyrimo paaiškėjo jog algoritmų greitimeika yra tiesiogiai proporcinga duomenų kiekiui. Todėl PĮ dirbant su dideliais kiekiais yra reikalingas algoritmų optimizavimas. Taip pat, matant rezultatus, paaiškėjo, jog nesant trukdžiams, PĮ randa tikslią vartotojo vietos informaciją. Tačiau ši informacija yra teorinė. RSSI signalo gavimas, WIFI bevieliam tinkle, be trukdžių šiuo metu yra neįmanomas. Tyrimas parodė, jog suskirsčius RSS žemėlapiu objektus į 0,5m ilgio ir 0,5m pločio kvadratus ir esant trikdžiams PĮ randa vartotojo vietos informaciją su 0,4 ~ 1,38 metrų paklaidą. Galima daryti prielaidą, jog šis rezultatas gali tenkinti vartotojo lūkesčius ir PĮ kokybiškai nustato vartotojo vietą.

Nors ir vietos informacija randama su palyginus nedidelę paklaidą, tyrimo metu buvo nuspręsta atlikti eksperimentinį tyrimą su mažesniais koeficientais algoritmams. Išaukštinus algoritmų efektyvumą, PĮ galės apdoroti daugiau duomenų, taip nustatyti didesnę kiekį vietos informacijos. Taip pat bus vykdomas eksperimentinis tyrimas paklaidai sumažinti.

5. EKSPERIMENTINĖ DALIS

5.1. Eksperimentinio tyrimo tikslas

Eksperimentinio tyrimo tikslas yra iširti ar įmanoma nustatyti vietos informacijos su mažesne paklaidą ir ar įmanoma pagreitinti PĮ darbą, algoritmų veikimą, atlikus tam tikrus metodus. Taip pat įvertinti PĮ patobulinimą po tyrimo dalies ir atrasti PĮ problemas, įvardinti galimus pakeitimus, kurie pagerintų PĮ darbą.

5.2. Eksperimentinio tyrimo aprašymas

Eksperimentiniame tyrime bus analizuojami vietos nustatymo algoritmai su skirtingais algoritmų koeficientais, bei tenkinančiais kriterijais.

Koeficientai ir kriterijai turi tenkinti šias sąlygas:

- Vietos informacijos algoritmų nustatyti koeficientai ir algoritmų kriterijai turi pagreitinti PĮ veikimą.
- Vietos informacijos algoritmų nustatyti koeficientai ir algoritmų kriterijai turi nustatyti vietos informacija su mažesne arba nedaug pakitusią paklaidą, nei tyrimo dalyje nustatyta vietos informacijos paklaidą.
- Vietos informacijos algoritmų nustatyti koeficientai ir algoritmų kriterijai turi sumažinti signalų trikdžių įtaką vietos nustatyme.
- Eksperimentinio tyrimo rezultatai turi būti panašūs arba geresni už analizės dalyje aprašytais pasaulyje atliktais tyrimais.
- Pritaikius mažesnius algoritmų koeficientus, vietos informacijos paklaida arba atstumas sekančiame vartotojo buvimo RSS žemėlapiu objekte turi nežymiai skirtis nuo esamame objekte.

5.3. Eksperimentinio tyrimo eiga

Eksperimentinio tyrimo metu bus analizuojami algoritmai su tokiais pačiais duomenimis, kaip buvo tiriama algoritmų kokybė tyrimo dalyje. Šiuo atveju bus analizuojama greitaveika ir vietos tikslumas be trikdžių, pritaikius tam tikras kriterijus ir taisykles, vietos informacijos radime. Eksperimentinio tyrimo koeficientai algoritmams bus naudojamas pritaikant mažiausią rėžį. Neigiamų rezultatų metu šis koeficientas bus didinamas. Šie koeficientai vis mažiau apribos RSS žemėlapi po pirmos vietos nustatymo. Tai yra, algoritmai skaičiuos ne viso RSS žemėlapiu tikimybes ar trumpiausią kelią, o tik aplink vartotojo vietą esančių RSS žemėlapiu objektus.

Taip pat šioje dalyje bus analizuojama vietos informacijos paklaidos kitimas pritaikius tam tikras taisykles ar koeficientus algoritams. Šioje analizėje bus tiriamas vienas vartotojas, kuris praeina per tris RSS žemėlapiu objektus.

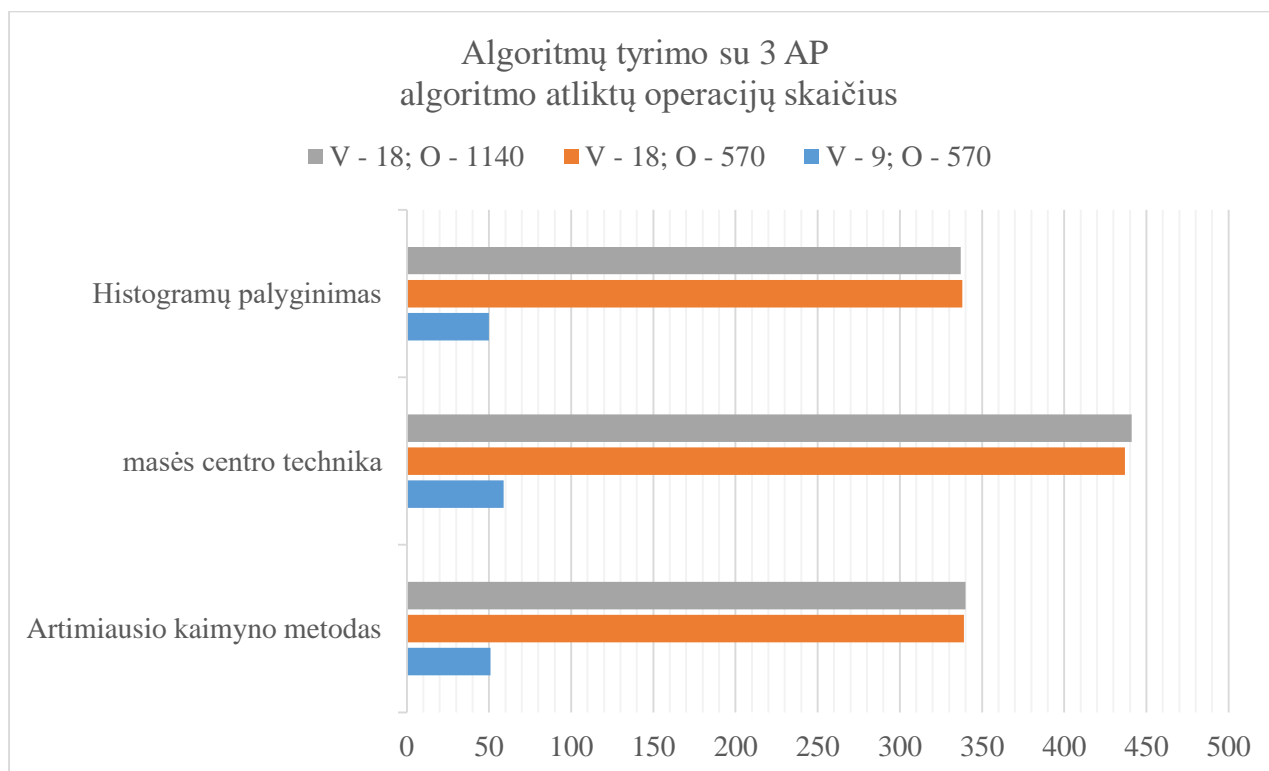
Jeigu vartotojo sekančioje vietos buvimo tikimybė bus mažesnė nei 0.1, negu dabartiniame, ši sąlyga bus traktuojama kaip neigiamas rezultatas.

Jeigu vartotojo sekančioje vietos buvimo trumpiausias kelias bus mažesnė nei 0,5, negu dabartinėje vietovėje, ši sąlyga bus traktuojama kaip neigiamas rezultatas.

Vėliau išvadose eksperimentinio tyrimo rezultatai bus lyginami su atliktais pasauliniais tyrimais aprašytais analitinėje dalyje.

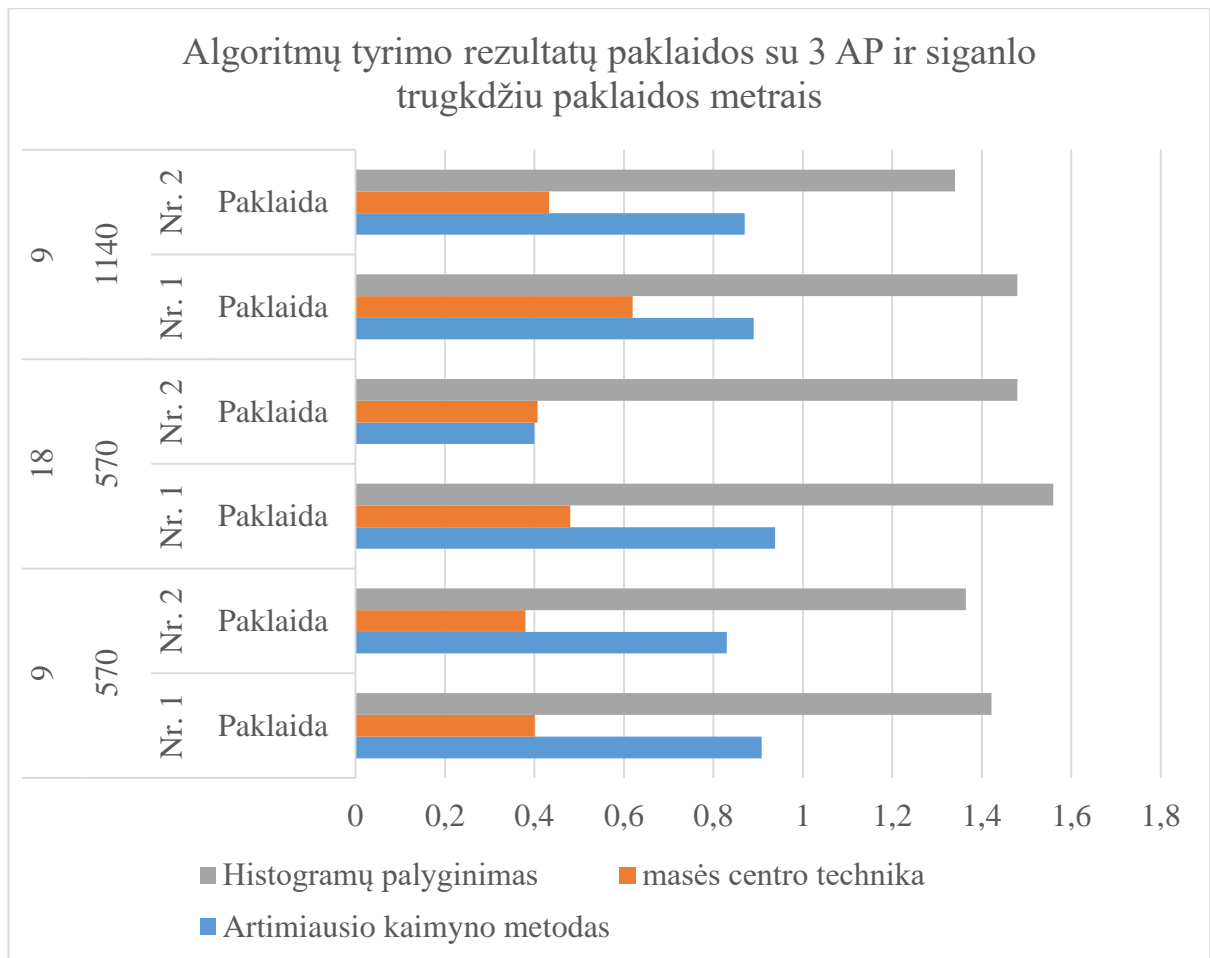
5.4. Eksperimentinio tyrimo rezultatai

Algoritmų tyrimo su 3 imituojmais AP algoritmo veikimo laikas sekundėmis atvaizduotas paveikslėlyje (Pav. 31). Tyrimo rezultatų duomenys išvesti skyriuje „Priedai“ Lentelėje (Lentelė. 23).



Pav 32. Algoritmų tyrimo su 3 AP

Algoritmų tyrimo su 3 AP ir signalo trukdžiais paklaidos atvaizduotas paveikslėlyje (Pav. 32). Šiame paveiksle Nr. 1 tyrimas pavaizduota algoritmo paklaida, o Nr. 2 algoritmo paklaida pritaikius laiko vidurkio technika. Tyrimo rezultatų duomenys išvesti skyriuje „Priedai“ Lentelėje (Lentelė. 24).



Pav 33. Algoritmų tyrimo rezultatų paklaidos su 3 AP ir signalo trukdžių paklaidos metrais

5.5. Eksperimentinio tyrimo išvados

Eksperimentinio tyrimo metu buvo atrastas metodas, kaip naudoti vietos informacijos algoritmus, kad šie galėtų atlikti kuo daugiau vietos informacijos nustatymo operacijų per kuo mažesnę laiką. Šiuo metodu naudojantis, vietos informacijai rasti žinant pradinį tašką yra naudojamas ne visas žemėlapis, o dalis žemėlapio aplink vartotoją. Šiame tyrime duomenų kiekis buvo dvigubinamas. Rezultatas buvo stulbinantis. Operacijų skaičius, naudojant mažesnius koeficientus algoritmams, sumažėjo vidutiniškai nuo 40 kartų naudojant vieną algoritmą iki 140 kartų naudojant kitą algoritmą priklausomai nuo duomenų kiekio. Vietos informacijos paklaida žymiai nepadidėjo.

Taip pat buvo išsiaiškinta, jog trukdžiai labai įtakoja vietos informacijos tikslumą, sukurtoje infrastruktūroje. Atrastas metodas ne tik padidino algoritmų panaudojimo efektyvumą, bet ir

išskirtiniais atvejais randa vartotojo vietą su mažesnę paklaidą. Deja šie rezultatai prieš ir po patobulinimą turi nežymų skirtumą, todėl paklaidos korektiškumo klausimas turėtų būti sprendžiamais ieškant kitų sprendimų.

Lyginant pasaulinio masto tyrimus ir šiame darbe vykdomo tyrimo rezultatais galima priimti išvadą. PĮ sukurtas „Masės centro algoritmas“ algoritmas ir pasaulinio tyrimo rezultatais remiantis buvo tiksliausias. „Artimiausio kaimyno algoritmas“ ir „Histogramų palyginimo“ technikos tyrimo rezultatai išreiškus procentais yra panaši. Greitaveikos rezultatai taip pat nedaug skiriasi gaunant santykį duomenų kiekis ir duomenų apdorojimo laikas. Po eksperimentinės dalies yra įrodyta jog po PĮ patobulinimų, vietos informacijos nustatymo algoritmų veikimo efektyvumas išaugo.

Eksperimentinio tyrimo metu iškeltos prielaidos problemų sprendimui ir tolimesni PĮ tobulinimo galimybės. Sistemos tyrimas, turimai infrastruktūrai, atnešė naudą, tačiau šis tyrimas užtruko daug laiko. Kiekvienos kuriamos infrastruktūros tyrimas užtruko daug laiko ir tai stabdytų PĮ plėtrą. Todėl turimi tyrimo rezultatai suteikė informacijos, kaip galima PĮ patobulinti. Sukūrus PĮ modulį-valdiklį, kuris veiktų, kaip AI, ir dinamiškai kurtu, redaguotų, taisykles, kurios nustatytų PĮ veiklą.

6. IŠVADOS

Programinės įrangos kūrimo procese, buvo atsižvelgiama į analitinę dalį, reikalavimų specifikaciją ir funkcinis, nefunkcinis reikalavimus. Pagal tai buvo kuriama PĮ. Sukūrus produktą vienas iš programinės įrangos savybių buvo panaikinta. Tai yra realių duomenų sensorių signalų siuntimą į vietos nustatymo variklį. Ši savybė buvo pakeista į klasę, kuri imituoja sensorių duomenis taip kaip ir siūstų realūs sensoriai. Ši klasė papildė sistemos trūkumą ir garantavo visą reikalavimo specifikacijos funkcionalumo išpildymą. Taip pat suteikė galimybę eksperimentuoti ir tirti vietos informacijos nustatymo algoritmus.

Analizės metu, buvo išsiaiškintos esamos technologijos bevieliose tinkluose. Nustatyta kokią technologiją ir kokius algoritmus PĮ gali naudoti vietos informacijai nustatyti. Taip pat nuspręsta kaip bus kuriama PĮ, iškelti PĮ uždaviniai.

PĮ projektavimo metu, buvo atsižvelgta į panaudos atvejus ir reikalavimus bei sukurti funkciniai, nefunkciniai reikalavimai. Nurodytas naudojamas duomenų modelis bei pavaizduotas sistemos statinis bei dinaminis vaizdas.

PĮ tyrimo metu buvo atsižvelgta į vietos informacijos nustatymo algoritmų kokybiškumą bei efektyvumą, esamai infrastruktūrai. Taip pat iškelti uždaviniai PĮ tobulinimui ir kokybei gerinti.

Vykdamas Eksperimentinį tyrimą, buvo sukurtas metodas, kuris optimizavo vietos informacijos nustatymo algoritmų panaudojimą. Šis metodas pagreitino PĮ darbą.

Eksperimentinio tyrimo metu buvo bandoma panaikinti paklaidos dydis. Tačiau šie tyrimai nuvylė, nes tyrimo metu paklaidos dydis neženkliai keisdavosi. Todėl bandymas sumažinti vietos nustatymo informacijos paklaidą buvo nesėkmingas.

Taip pat visame pasaulyje gauti tyrimų rezultatai ir tyrimo rezultatai iki patobulinimų buvo palyginti eksperimentinėje dalyje ir gauta išvada. PĮ sukurti algoritmų vietos nustatymo informacijos našumas ir paklaidos neženkliai skiriasi tarp dviejų tyrimų ir yra pagerinti po PĮ patobulinimo. Tai įrodo, jog algoritmai realizuoti teisingai.

Galiausiai yra iškeltas uždavinys tolimesniam PĮ tobulinimui. Tai yra pritaikyti dirbtinį intelektą PĮ valdymui, kuris kurtu, modifikuotu ir trintu taisykles. Pagal šias taisykles PĮ vykdytų vietos nustatymo operacijas.

7. LITERATŪRA

1. Timea Bagosi, Zoltan Baruch „Indoor Localization by WiFi“ , Prieiga internetu: [<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6047914>] [žiūrėta 2014 11 14]
2. M Cypriani, F. Lassabe, P. Canalda, F. Spies, “Open Wireless Positioning System: a WiFi Based Indoor Positioning System”, 2009 [žiūrėta 2014 11 16]
3. Teddy Mantoro, Media A. Ayu, Asma Nuraini, Sulafa Mohd, „ Self-Organizing Map Approach for Determining Mobile User Location Using IEEE 802.11 Signals: Prijeiga internete: [<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5561480>] [žiūrėta 2014 11 17]
4. Lietuvos statistikos departamentas, Prieiga internetu: [www.stat.gov.lt/] [žiūrėta 2014 11 18]
5. Dr. Ling Tech Chaw, „Location determination using IEEE802.11 network radio signals and deterministic algorithm“ 2007. [žiūrėta 2014 11 18]
6. Apie Kauno technologijos universitetą. Prieiga internetu: [<http://ktu.edu/lt/informatikos-fakultetas/fakultetas>] [žiūrėta 2014 12 18]
7. Timea Bagosi, Zoltan Baruch „Indoor Localization by WiFi“ , Prieiga internetu: [<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6047914>] [žiūrėta 2014 11 14]
8. M Cypriani, F. Lassabe, P. Canalda, F. Spies, “Open Wireless Positioning System: a WiFi Based Indoor Positioning System”, 2009 [žiūrėta 2014 11 14]
9. Konrad Górski, Mateusz Groth, Łukasz Kulas A Multi-Building WiFi-Based Indoor Positioning System, Prieiga internetu: [<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6899970>] [žiūrėta 2014 11 16]
10. Kenzi Watanabe, Hisaharu Tanaka, Makoto Otani, Development of Geographical Location Estimation System for WiFi Users in Campus, Prieiga internetu: [<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6245688&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fstamp%2Fstamp.jsp%3Ftp%3D%26arnumber%3D6245688>] [žiūrėta 2014 11 16]
11. Jun Wang, Paulo Urriza, Yuxing Han, and Danijela Cabrić, Weighted Centroid Localization Algorithm:Theoretical Analysis and Distributed Implementation, , Prieiga internetu: [<http://arxiv.org/pdf/1011.2313.pdf>] [žiūrėta 2014 11 17]
12. The U.S. government, Official U.S. Government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics. Prieiga internetu: [<http://www.gps.gov/>] , 2012
13. Teddy Mantoro, Media A. Ayu, Asma Nuraini, Sulafa Mohd, „ Self-Organizing Map Approach for Determining Mobile User Location Using IEEE 802.11 Signals: Prijeiga internete: [<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5561480>] [žiūrėta 2014 11 17]
14. Huan-qing CUI, Ying-long WANG, Jia-liang LV, Yu-ming MAO, Three-Mobile-Beacon Assisted Weighted Centroid Localization Method in Wireless Sensor Networks internetinė prieiga: [<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5982315>] [žiūrėta 2014 11 17]

15. Yanjun Chen, Quan Pan, Yan Liang and Zhentao Hu, AWCL: Adaptive Weighted Centroid Target Localization Algorithm Based on RSSI in WSN. Internetinė prieiga: [http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5565022] [žiūrėta 2014 11 18]
16. GNU licencija [http://www.gnu.org/licenses_] [žiūrėta 2016 01 18]
17. Continuous Space Estimation for WLAN Location Determination Systems [http://www.cs.umd.edu/~moustafa/papers/ic3n04.pdf] [žiūrėta 2016 05 14]
18. Artimiasio kaimyno paieškos metodo aprašymas [http://www.ila.lt/moduliai/T120B156/NNSS_lietuviskai.pdf] [žiūrėta 2016 05 14]
19. Baeso teoremos aprašymas. [https://en.wikipedia.org/wiki/Bayes%27_theorem] [žiūrėta 2016 05 14]

8. TERNINŲ IR SANTRAUPŲ ŽODYNAS

WLAN - Belaidžio vietinis tinklas.

GPS - Globali padėties nustatymo sistema.

WiFi - yra vietinio belaidžio ryšio technologija.

IEEE 802.11b - duomenų prieigos valdymo (MAC) ir fizinio sluoksnio (PHY) specifikacijų, skirtų įgyvendinti belaidžio vietinio tinklo (WLAN) kompiuterių bendravimas 2.4, 3.6, 5 ir 60 GHz dažnių juostose, rinkinys.

KNN – besvoris artimiausio kaimyno algoritmas.

WKNN - svorinis artimiausio kaimyno algoritmas.

Gaus kernel algoritmas – Guaso branduolio algoritmas

AP (access point) - prieigos taškas

P2P (Peer-to-peer) - reiškiantis arba susiję su kompiuterių tinklais, kurioje kiekvienas kompiuteris gali veikti kaip kitas serveris, leidžianti iš dalies gauti prieigą prie failų ir periferinę įrangą be centrinio serverio poreikio.

HTTP (The Hypertext Transfer Protocol) - Hiperteksto perdavimo protokolas

SNMP (Simple Network Management Protocol) - Paprastasis tinklo valdymo protokolas

PHP - yra serverio pusės kodavimo kalba, skirtas interneto svetainių kūrimas

RSSI (*received signal strength indicator*) gauto signalo stiprumo indikatorius

MAC address (A media access control address) – duomenų prieigos kontrolės adresas

DCF - platinimo koordinavimo funkciją

ML - didžiausia tikimybės

LSE - mažiausio kvarato klaida

wireless ad hoc network (WANET) - yra decentralizuoto tipo bevielis tinklas

wireless ad hoc network (WANET) - yra decentralizuoto tipo bevielis tinklas

WiFi - vietinio belaidžio ryšio technologija.

RSSI (*received signal strength indicator*) gauto signalo stiprumo indikatorius

IEEE 802.11b - duomenų prieigos valdymo (MAC) ir fizinio sluoksnio (PHY) specifikacijų, skirtų įgyvendinti belaidžio vietinio tinklo (WLAN) kompiuterių bendravimas 2.4, 3.6, 5 ir 60 GHz dažnių juostose, rinkinys.

RSS žemėlapis – signalų stiprumo žemėlapis

WLAN - Belaidžio vietinis tinklas.

MAC address (A media access control address) – duomenų prieigos kontrolės adresas

GPS - Globali padėties nustatymo sistema

PĮ – sutrumpintai programinė įranga.

9. PRIEDAI

9.1. Tyrimo rezultatai

Lentelė 21. Greitaveikos tyrimas

Algoritmų tyrimo rezultatai su 3 AP						
Vartotojų skaičius	9		18		9	
RSS žemėlapių objektai	570		570		1140	
Algoritmas	laikas, s	operacijų sk.	laikas, s	operacijų sk.	laikas, s	operacijų sk.
Artimiausio kaimyno metodas	0.017	6918	0.031	13758	0.031	13817
masės centro technika	0.016	8569	0.030	17137	0.030	17119
Histogramų palyginimas	0.016	6859	0.030	13717	0.030	13699

Lentelė 22. Paklaidos tyrimas

Algoritmų tyrimo rezultatai su 3 AP ir signalo trukdžiu						
Vartotojų skaičius	9		18		9	
RSS žemėlapių objektai	570		570		1140	
Bandymas	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2
Algoritmas	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida
Artimiausio kaimyno metodas	0,972	0,81	0,922	0,4	0,91	0,6
masės centro technika	0,4803	0,44	0,53	0,6	0,53	0,433
Histogramų palyginimas	1,38	1,3645	1,56	1,2	1,48	1,426

9.2. Eksperimentinio tyrimo rezultatai

Lentelė 23. Greitaveikos tyrimas

Algoritmų tyrimo rezultatai su 3 AP						
Vartotojų skaičius	9		18		9	
RSS žemėlapių objektai	570		570		1140	
Algoritmas	laikas, s	operacijų sk.	laikas, s	operacijų sk.	laikas, s	operacijų sk.
Artimiausio kaimyno metodas	<0.01	51	<0.01	339	<0.01	340
masės centro technika	<0.01	59	<0.01	437	<0.01	461
Histogramų palyginimas	<0.01	50	<0.01	338	<0.01	337

Lentelė 24. Paklaidos tyrimas

Algoritmų tyrimo rezultatai su 3 AP ir siganlo trugdžiu						
Vartotojų skaičius	9		18		9	
RSS žemėlapių objektai	570		570		1140	
Bandymas	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 1	Nr. 2
Algoritmas	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida, m	Paklaida
Artimiausio kaimyno metodas	0,908	0,83	0,938	0,4	0,89	0,87
masės centro technika	0,401	0,38	0,48	0,407	0,62	0,433
Histogramų palyginimas	1,422	1,3645	1,56	1,48	1,48	1,34