



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**Osvaldas Adamonis**

**Inspekcinio mobilaus roboto valdymo galimybių tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**  
Prof. dr. Vytenis Sinkevičius

**PANEVĖŽYS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**Inspekcinio mobilaus roboto valdymo galimybių tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas  
Valdymo technologijos (621H66001)

**Vadovas**

Prof. dr. Vytenis Sinkevičius

**Recenzentas**

**Projektą atliko**

Osvaldas Adamonis

**PANEVĖŽYS, 2016**



## KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

---

Osvaldas Adamonis

---

Valdymo technologijos, 621H66001

---

„Inspekcinio mobilaus roboto valdymo galimybių tyrimas“

### AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. Gegužės 31 d.

Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Osvaldo Adamonio**, baigiamasis projektas tema „Inspekcinio mobilaus roboto valdymo galimybių 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)*



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETO  
TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

**BAIGIAMOJO PROJEKTO PARAIŠKA**

Studentas Osvaldas Adamonis grupė PME-4  
(vardas, pavardė)

Baigiamojo projekto tema: Inspekcinio mobilaus roboto valdymo galimybių tyrimas

---

Vadovas Prof. Dr. Vytenis Sinkevičius  
(mokslinis laipsnis, vardas, pavardė) (vadovo parašas)

Data 2016-05-31

Studentas \_\_\_\_\_  
(parašas)

### BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

**Išduota studentui:** Osvaldui Adamoniui Grupė PME-4

**1. Darbo tema:**

Lietuvių kalba: Inspekcinio mobilaus roboto valdymo galimybių tyrimas

Anglų kalba: Research of inspecting Mobile Robot Control Facilities

Patvirtinta 2016 m. \_\_\_\_\_ mėn. \_\_\_\_\_ d. dekanas potvarkiu Nr. \_\_\_\_\_

**2. Darbo tikslas:**

*Ištirti mobilaus roboto nuotolinio valdymo galimybes. Ištirti vaizdo perdavimo galimybes tarp mobilaus roboto ir valdymo pulto.*

**3. Reikalavimai ir sąlygos:**

*Ištirti vaizdo perdavimo galimybes naudojant Wi – Fi Direct bevielio ryšio standartą, lauko ir vidaus (patalpose) sąlygomis. Ištirti Bluetooth valdymo komandų ir jutiklių informacijos perdavimo galimybes lauko ir vidaus sąlygomis.*

**4. Projekto struktūra.** Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.

*4.1 Analitinė dalis*

*Apžvelgti egzistuojančius mobilius robotus, jų valdymo būdus. Išanalizuoti vaizdo perdavimo galimybes tarp mobilių įrenginių. Išanalizuoti naudojamus vaizdo perdavimo protokolus realiu laiku perduoti vaizdą.*

*4.2 Tiriamoji dalis*

*Sukurti mobilios roboto platformos valdymo programas. Atlikti eksperimentinius tyrimus vaizdo perdavimui tarp išmaniųjų įrenginių, naudojantis įrenginys – įrenginys tinklo topologija. Atlikti mobilaus roboto valdymo ir informacijos perdavimo eksperimentą naudojantis Bluetooth standartu. Ištirti išmaniųjų įrenginių pozicijos įtaką vaizdo transliavimo atstumui, kai naudojamas WiFi ryšio kanalu. Ištirti išmaniųjų įrenginių pozicijos įtaką komandų ir informacijos perdavimo atstumui, kai naudojamas Bluetooth bevielio ryšio standartas.*

*4.3 Atlikti išvadas*

**5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.**

**6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas**

Užduotį gavau: Osvaldas Adamonis

*(studento vardas, pavardė, parašas)*

\_\_\_\_\_ (data)

Vadovas:

Prof. Vytenis Sinkevičius

*(pareigos, vardas, pavardė, parašas)*

\_\_\_\_\_ (data)

\_\_\_\_\_ (data)

Osvaldas Adamonis. *Inspekcinio mobilaus roboto valdymo galimybių tyrimas*: Magistro baigiamasis projektas/ vadovas Prof. Dr. Vytenis Sinkevičius; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: elektronikos ir elektros inžinerija, Technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: mobilus robotas, akcelerometras, giroskopas, vaizdo glaudinimas, Android studio

Panevėžys, 2016. 43 p.

## SANTRAUKA

Mobilūs robotai yra įrenginiai, kurie gali laisvai judėti erdvėje. Jie yra sparčiai populiarėjantys įvairiose srityse: pramonėje, moksliniuose tyrinėjimuose, gelbėjimo operacijose ir kt. Viena iš šių robotų savybių yra galimybė valdyti nuotoliniu būdu. Taip galima saugiai apžiūrėti norimus objektus sunkiai prieinamose ar pavojingose vietose. Taip pat galima išmatuoti tų objektų parametrus: dydį, temperatūrą, skleidžiamas dujas, elektromagnetinius signalus ir kt.

Moksliniuose straipsniuose aptarinėjami mobilūs robotai, kurie yra valdomi bevielėmis technologijomis. Bet tam yra naudojama papildoma įranga, kuri apsunkina konstrukcijas, ir padidina energijos suvartojimą iš mobilių robotų akumuliatorių. Taip pat naudojama papildoma įranga vaizdo transliavimui. Atliktame tyrime išanalizuoti vaizdo tiesioginio perdavimo būdai tarp dviejų išmaniųjų įrenginių. Ištirtos vaizdo stabilaus perdavimo galimybės pastatuose ir atviroje vietovėje. Išanalizuoti komandų perdavimo būdai iš išmanaus įrenginio į roboto borto kompiuterį. Ištirtos komandų ir informacijos stabilaus perdavimo galimybės. Eksperimentams atlikti surinkta mobili roboto platforma, valdoma per Arduino mikrokompiuterį.

Osvaldas Adamonis. *Research of inspecting Mobile Robot Control Facilities*: Master's thesis/ supervisor assoc. Prof. Dr. Vytenis Sinkevičius; The Faculty of Panevėžys, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Electronics and Electrical Engineering, Technological Sciences

Key words: mobile robot, accelerometer, gyroscope, Android studio, video compressing

Panevėžys, 2016. 43 p.

## SUMMARY

Mobile robots are devices that can move freely in space. They are rapidly gaining popularity in various fields: industry, scientific explorations, rescue operations and so on. The most important for mobile robots is the ability to control them remotely. Then we have possibility to safely inspect the desired objects are difficult to access or hazardous locations. It is also possible to measure the object parameters: size, temperature, emitted gas, electromagnetic signals, etc.

Scientific article discussed about mobile robots, which are controlled by wireless technologies. To get this possibility additional equipment is needed, which complicates the construction and increases the power consumption of the mobile robot battery. The master thesis describes real time video transfer techniques using only smart devices. Investigated stable video transfer options in buildings and open areas. Analyzed command transfer methods from smart devices to mobile robot onboard computer. Investigated stable commands and sensors data transmission. Experiments was made with mobile robot platform controlled by Arduino.

# TURINYS

1.	Apžvalginė dalis.....	13
1.1	Mobilūs robotai, valdomi išmaniais įrenginiais.....	13
2.	Galimos valdymo konfigūracijos .....	16
3.	Mobilaus roboto judėjimo krypties ir greičio nustatymas.....	20
3.1.1	Akselerometro giroskopo panaudojimas .....	21
3.1.2	Mobilios platformos valdymas .....	21
3.2	Skaitmeninio vaizdo glaudinimas .....	23
3.2.1	Vaizdo transliavimas mobiliesiems įrenginiams .....	25
3.2.2	Vaizdo kokybės įtaka, energijos suvartojimui.....	25
3.3	Vaizdo perdavimui naudojami protokolai .....	26
3.4	Išvados .....	28
4.	Tyrimų dalis .....	29
4.1	Eksperimento programinės aplinkos.....	29
4.2	Eksperimento aparatūrinės priemonės .....	29
4.3	Eksperimento programinė įranga.....	30
4.4	Vaizdo transliavimo patalpose naudojantis Wi-Fi Direct standartą galimybių tyrimas .....	35
4.5	Išvados .....	39
4.6	Vaizdo transliavimas tarp išmaniųjų telefonų naudojantis Wi-Fi Direct lauko sąlygomis.....	39
4.7	Telefono orientacijos įtaka ryšio kokybei.....	40
4.8	Išvados .....	42
4.9	Aparatūrinė įranga mobilaus roboto prototipo kūrimui.....	43
4.9.1	Bluetooth adapterio valdymas Android išmaniajame telefone.....	44
4.10	Eksperimento programinė įranga išmaniajame telefone.....	45
4.10.1	Eksperimento programinė įranga Arduino Uno mikrokompiuteryje .....	47
4.10.2	Mobilios platformos valdymas .....	47
4.11	Tyrimo išvados .....	49
5.	Išvados.....	50
6.	Literatūros sąrašas .....	51
6.1	Paveikslėlių sąrašas.....	52



## **Paveikslų sąrašas**

- 1 pav. Mobilus robotas, valdomas iPhly.
- 2 pav. Rovio robotas.
- 3 pav. Mobilus robotas gelbėjimo operacijose.
- 4 pav. Komunikacijos tarp įrenginių, kai naudojamas Wi-Fi Direct, struktūra.
- 5 pav. Laidinė komunikacija tarp išmanaus telefono ir Arduino.
- 6 pav. Bevielė komunikacija tarp išmanaus telefono ir Arduino.
- 7 pav. Komunikacija tarp įrenginių, kai naudojamas tarpinis prieigos taškas.
- 8 pav. Enkoderio sudėtinės dalys.
- 9 pav. Vidutinės įtampos priklausomybė nuo impulso pločio.
- 10 pav. Principinė H - tilto schema.
- 11 pav. H – tilto funkcinė schema: a – sukasi pagal laikrodžio rodyklę; b – sukasi prieš laikrodžio rodyklę.
- 12 pav. H.264 glaudinimo standarto palyginimas.
- 13 pav. Pasikeitusių pikselių perdavimas.
- 14 pav. MJPEG kadrų seka.
- 15 pav. Samsung Galaxy S3 procesoriaus ir akumuliatoriaus resursų naudojimas: a – procesoriaus resursų naudojimas; b – srovės suvartojimas naudojant skirtingus vaizdo grotuvus.
- 16 pav. Vaizdo transliavimas grupiniu adresu
- 17 pav. Vaizdo transliavimas individualiam gavėjui
- 18 pav. Grupės savininko ekranas
- 19 pav. Kliento ekranas
- 20 pav. Vaizdo raiškos ir perdavimo greičio pasirinkimas
- 21 pav. RobAkis serverio programos algoritmas
- 22 pav. RobAkis kliento programos algoritmas
- 23 pav. Visas įveiktas atstumas
- 24 pav. Patalpų brėžinys
- 25 pav. Eksperimento vieta
- 26 pav. Eksperimento vieta

27 pav. Išmanaus telefono koordinacijų sistema

28 pav. Arduino mikrovaldiklis

29 pav. HC – 06 Bluetooth modulis

30 pav. Mobilus robotas I aplikacijos algoritmas

31 pav. Eksperimento atlikimo vieta

### **Lentelių sąrašas**

1 lentelė. Bluetooth standartai ir jų sparta.

2 lentelė. Wi-Fi belaidžio ryšio standartai.

3 lentelė. Vaizdo transliavimo tiekėjai ir jų naudojami vaizdo glaudinimo formatai

4 – 11 lentelės. Eksperimento rezultatai

12 lentelė. HC – 06 modulio palaikomi greičiai

13 lentelė. Tyrimo rezultatai lauke

14 lentelė. Tyrimo rezultatai lauke

## IVADAS

Mobilūs robotai yra įrenginiai, kurie gali laisvai judėti erdvėje. Jie yra sparčiai populiarėjantys įvairiose srityse: pramonėje, moksliniuose tyrinėjimuose, gelbėjimo operacijose ir kt. Viena iš šių robotų savybių yra galimybė valdyti nuotoliniu būdu. Taip galima saugiai apžiūrėti norimus objektus sunkiai prieinamose ar pavojingose vietose. Taip pat galima išmatuoti tų objektų parametrus: dydį, temperatūrą, skleidžiamas dujas, elektromagnetinius signalus ir kt.

Mobiliems robotams valdyti ir reikiamai informacijai perduoti tarp valdymo pulto ir roboto reikalingos bevielės ryšio priemonės. Tai gali būti Wi-Fi, Bluetooth tipo radijo bangų siųstuvai-imtuvai. Taip pat mobiliam robotui būtina turėti jutiklius, kurie padėtų nustatyti roboto orientaciją ir padėti, judėjimo kryptį ir greitį. Roboto kameros priimto vaizdo perdavimo galimybė ženkliai palengvina operatoriaus darbą, robotas tampa daug efektyvesnis, nes atsiranda galimybė matyti roboto aplinkoje esančius objektus. Mobilūs robotai, dirbantys uždaroje patalpose, naktį ar griuvėsiuose, visuomet turi šviesos šaltinius. Taigi, mobilus robotas yra sudėtinga įvairių jutiklių, vaizdo sistemų, bevielio ryšio ir kitokios įrangos sistema.

Šiuolaikiniai išmanieji telefonai turi integruotus akcelerometrų, giroskopų, GPS, video kameras, LED blykstes, mikrofoną, garsiakalbius, LCD spalvotą ekraną ir pakankamai galingą kompiuterį. Panaudojus išmanaus telefono integruotą kamerą galima perduoti vaizdą, o su LED blykste apšviesti norimą objektą. Naudojant akcelerometrą ir giroskopą galima išmatuoti judesio pagreitį, greitį ir kryptį [1]. Sparčiai vystantis išmaniesiems telefonams ir krentant jų kainoms telefonai tampa vis patrauklesni sprendžiant mobiliųjų robotų valdymo problemas. Išmanieji telefonai turi ne tik reikiamus jutiklius, bet ir didelį asortimentą integruotų ryšio priemonių: Bluetooth, Wi-Fi, GSM modulius. Panaudojant išmaniajame telefone esančius modulius galima perduoti vaizdą, garsą, valdymo komandas ir visą kitą reikiamą informaciją. Wi-Fi ir GSM moduliai taip pat suteikia galimybę mobilius robotus valdyti esant nutolus dideliems atstumams nuo roboto buvimo vietos. Išmaniesiems telefonams kuriami priedai dar labiau išplečia panaudojimo galimybes. Vienas iš šių priedų *SEEK THERMAL COMPACT* telefoną paverčia termovizoriumi.

Taigi, yra galimybė atskirus roboto jutiklius, vaizdo sistemas, bevielio ryšio modulius pakeisti vienu išmaniuoju telefonu, kuriame visa ši įranga jau yra integruota ir suderinta. Mobilaus roboto platformoje liktų tik tie jutikliai, kurių neturi išmanusis telefonas, ir važiuoklės pavarų valdymas bei važiuoklės jutikliai (dažniausiai tai enkoderiai) odometriniam valdymui. Platformos įranga su išmaniuoju telefonu galėtų bendrauti panaudojant USB sąsają arba kurią nors belaidžio ryšio sąsają.

**Darbo tikslas** – ištirti mobilaus roboto nuotolinio valdymo galimybes.

**Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti mobilaus roboto paskirtį ir konstrukciją.
2. Išanalizuoti mobilaus roboto valdymo būdus.
3. Ištirti vaizdo perdavimo galimybes.

# 1. APŽVALGINĖ DALIS

## 1.1 Mobilūs robotai, valdomi išmaniais įrenginiais

Yra daugybė mobilių robotų, valdomų bevielėmis technologijomis. Visi jie turi plusų ir minusų. Dažnai kombinuojamos kelios skirtingos bevielės technologijos tam, kad būtų galima siųsti roboto judesio valdymo komandas ir gauti vaizdą iš ant roboto sumontuotos kameros. Vienas iš pavyzdžių – robotas, valdomas iPhly (1 pav.). Šis robotas valdomas išmaniuoju įrenginiu Ipod Touch su prie jo prijungtu specializuotu iPhly radijo bangų siųstuvu. Valdymui naudojamas išmaniajame telefone integruotas akselerometras, iPhly aplikacija nuskaityto akselerometro reikšmes ir jas per ausinių išvestį perduoda iPhly radijo bangų siųstuvui. Akselerometras naudojamas roboto judesio kryptiai nustatyti. Judėjimo kryptis pakeičiama paspaudžiant atitinkamus mygtukus iPhly aplikacijoje [2].



1 pav. Mobilus robotas, valdomas iPhly [1]

Rovio robotas (2 pav.) valdomas panaudojant HTTP protokolą. Komandos siunčiamos WEB serveriui, kuris yra roboto kompiuteryje. Tai suteikia galimybę įrenginiams, turintiems naršyklę ir prieigą prie interneto, valdyti robotą ir keistis su juo informacija per nuotolį. Robotas gali būti valdomas dviem būdais: 1 – prijungiant jį prie vietinio bevielio tinklo, 2 – prijungiant – tiesiai prie kompiuterio. Rovio mobilus robotas turi integruotus infraraudonųjų spindulių jutiklius, kurie randa akumuliatorių įkrovimo salą ir judant padeda išvengti kliūčių. Robotas turi

mikrofoną ir garsiakalbius, kurie įgalina komunikacijas tarp operatoriaus ir objekto, prie kurio yra robotas. Kameros vaizdas ir garsas perduodamas MPEG-4 formatu, kameros aukštį galima keisti. Kamera gali būti padarytos nuotraukos ir nusiųstos į elektroninį pašta.

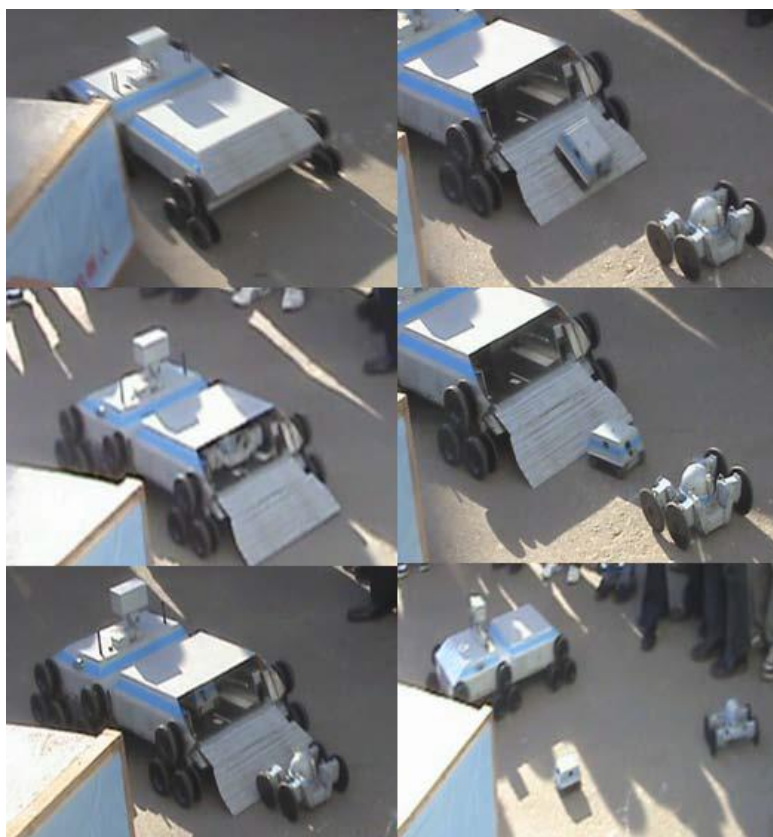
Esant blogam matomumui naudojamas papildomas LED apšvietimas. Rovio važiuoklė sudaryta iš trijų įvairiakrypčių ratų, o kiekvienas ratas sudarytas dar iš dešimties mažesnių ratukų. Tokia ratų konstrukcija leidžia robotui laisvai judėti visomis kryptimis ar sukstis aplink savo ašį [3].



2 pav. Rovio robotas [2]

Dar vienas mobilus robotas valdomas dviejų išmaniųjų telefonų Iphone. Šio roboto „smegenų“ vaidmenį atlieka vienas iš Iphone telefonų, pritvirtintas ant roboto platformos. Išmanieji telefonai Iphone tarpusavyje sujungiami per bevielį vietinį tinklą (WLAN). Valdymo komandos ir duomenų perdavimas atliekamas specialiai sukurta aplikacija, kuri palaiko duomenų mainus tarp Iphone1 ir Iphone2. Robotas gali būti valdomas dviem būdais: 1 – mygtukų, kurie rodomi Iphone1 ekrane, paspaudimais valdoma roboto judėjimo kryptis ir kameros pozicija; 2 – kraipant ar judinant telefono korpusą erdvėje keičiama roboto platformos judėjimo kryptis ir greitis (šis valdymo metodas reikalauja tam tikrų įgūdžių). Informacija iš išmaniojo telefono į mikrokompiuterį perduodama nuosekliąja sąsaja. Kameros vaizdas iš Iphone2 transliuojamas į Iphone1, jo ekrane matomas transliuojamas vaizdas iš kameros ir valdymo mygtukai. Aplikacijoje numatyta galimybė keisti vaizdo kokybę nuo  $640 \times 480$  iki  $160 \times 120$  [4].

Mobilių robotų tinklas, kurį sudaro trys skirtingų tipų robotai naudojami gelbėjimo operacijose (3 pav.). Robotai skiriasi savo konstrukcija ir paskirtimi. Vedantis robotas gali perlipti nedideles kliūtis. Sekantysis robotas yra mažesnių gabaritų žvalgybinio tipo robotas. Trečias mobilus robotas taip pat sekantysis robotas, turi specialią važiuoklę, kuri pritaikyta judėjimui siaurose erdvėse. Vedantis robotas gali gabenti abu sekančius jį robotus ant savęs iki tol kol privažiuojama erdvė, kurioje vedantysis robotas neturi galimybės judėti. Robotams atliekant žvalgybą vedantysis robotas gali tyrinėti kitas nelaimės vietas, kuriose yra galimybė judėti. Vedantysis robotas turi žemo Wi – Fi signalo atpažinimo sistemą. Esant žemam signalo lygiui vienas iš robotų seklių gali būti panaudotas kaip Wi – Fi ryšio kartotuvas taip padidindamas atstumą, kurį gali nuvažiuoti vedantysis robotas nuo operatoriaus.



3 pav. Mobilus robotas gelbėjimo operacijose[3]

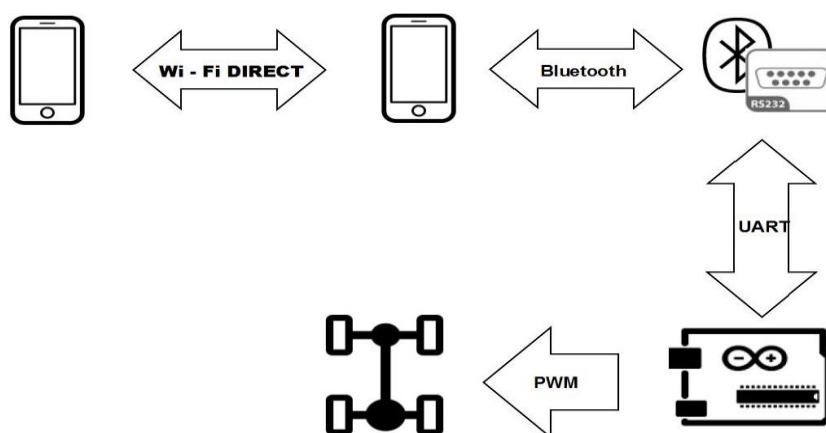
Visi trys robotai aprūpinti Wi – Fi bevielio ryšio moduliais ir gali būti valdomi individualiai. Robotai aprūpinti gelbėjimo operacijose svarbiais jutikliais, kameromis, elektroniniais kompasais, temperatūros, drėgmės, lazeriniais atstumo jutikliais. Informacija su jutiklių parodymais pateikiama į operatoriaus kompiuterį naudojantis UDP protokolu. Operatorius valdymo komandas mobiliems robotams perduoda naudodamas vairalazdę prijungtą prie operatoriaus kompiuterio[5].

## 2. GALIMOS VALDYMO KONFIGŪRACIJOS

Mobilaus roboto struktūra gali būti sudaryta iš įvairių skirtingų įrenginių kombinacijų. Pageidautina naudoti įrenginius, kurie gali būti lengvai pakeičiami kitais, neatliekant daug konfigūracinių nustatymų. Taip pat ir naujų įrenginių įtraukimas į roboto valdymo sistemą turėtų būti paprastas ir lengvai konfigūruojamas. Daugiausia įtakos turi operacinės sistemos ir įrenginių duomenų mainų aparatūrinis aprūpinimas, kur gali būti panaudoti įvairūs moduliai (Wi-Fi, Bluetooth, USB ir kt.) Atsižvelgiant į parinktą įrangą gali būti keičiama komunikacijos architektūra. Todėl labai svarbu išanalizuoti visas galimas valdymo konfigūracijas ir pasirinkti tinkamą pagal numatytus kriterijus konkrečiam robotui.

Dažniausiai mobilaus roboto valdymo komandos ir informacija iš jutiklių perduodama tarp trijų arba keturių atskirų įrenginių, kurie gali keistis informacija. Mobilaus roboto privalumas yra galimybė judėti erdvėje, todėl robotas neturėtų būti ribojamas laidinių komunikacinių priemonių. Atsižvelgiant į šį kriterijų naudojamos bevielės komunikacijos tarp valdymo pulto ir ant roboto platformos esančių valdymo įrenginių. Tuo tarpu įrenginiai, esantys ant roboto platformos, tarpusavio komunikacijai gali naudoti laidines komunikacines priemones, tokias kaip USB, RS232 ir kt.

Kai informacija perduodama tarp dviejų išmaniųjų telefonų panaudojant Wi-Fi Direct, sukuriamas vidinis bevielės tinklas. Šiuo atveju įrenginiai sujungiami tiesiogiai, prieigos taškas (maršrutizatorius) tampa nereikalingas, taip pat nėra reikalingas interneto ryšys (4 pav.). Įrenginiai, kurie palaiko Wi-Fi Direct standartą, pasirinktinai gali atlikti grupės savininko (serverio) ir kliento funkcijas [6].

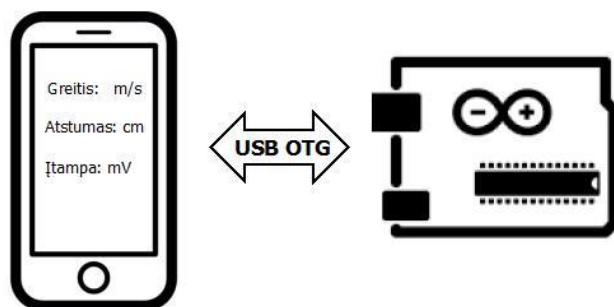


4 pav. Komunikacijos tarp įrenginių, kai naudojamas Wi-Fi Direct, struktūra



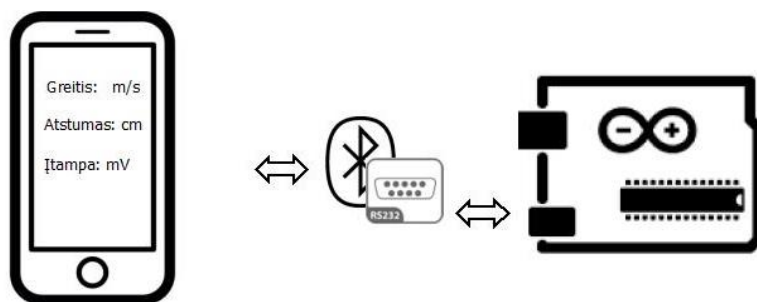
Didžioji dalis išmaniųjų įrenginių su Android operacine sistema palaiko USB OTG funkciją, kuri leidžia išmaniajam telefonui per USB sąsają keistis duomenimis su prie jo prijungtu įrenginiu [7]. Šiuo atveju galima keistis valdymo komandomis, kurias grupės savininkas per Wi-Fi Direct perduoda klientui, o klientas toliau perduoda komandas mikrokompiuteriui, panaudojant USB OTG sąsają. USB 2.0 sąsajos sparta yra daug didesnė negu Bluetooth, iki 480 Mbit/s, kai tuo tarpu Bluetooth 2.0 ÷ 3 Mbit/s. Šiuo metu naujausios versijos Bluetooth 4.0 sparta yra iki 24 Mbit/s.

Išmanusis telefonas, naudojantis USB OTG, yra valdantysis įrenginys (Host), ir jis siunčia judėjimo greičio ir krypties komandas mobilaus roboto borto mikrokompiuteriui (pvz., Arduino), o jis atsako atsiųsdamas jutiklių išmatuotų reikšmių informaciją, akumulatoriaus įtampą, atstumus iki kliūčių ir kt. (5 pav.). Siekiant mobilumo, kurio nevaržytų laidai, USB sąsaja naudojama tik lokaliai valdymui, kai duomenys perduodami tik tarp įrenginių, kurie yra netoli vienas kito.



5 pav. Laidinė komunikacija tarp išmanaus telefono ir Arduino

Komunikacijai tarp išmanaus telefono ir mikrokompiuterio taip pat gali būti naudojamas Bluetooth (BT) protokolas (6 pav.). Atsižvelgiant į Bluetooth siųstuvo klasę, atstumas tarp telefono ir mikrokompiuterio gali siekti iki 100 metrų. Greitis priklauso nuo pasirinkto Bluetooth standarto ir yra nuo 1 Mbit/s iki 24 Mbit/s (1 lent.) [8]. Taigi, BT tinkamas ir lokaliai valdymui, kai įrenginiai yra netoli vienas kito, bet gali būti naudojamas, kai atstumai yra didesni. Veikimo atstumas priklauso nuo įrenginyje esančio siųstuvo klasės ir išorinių trikdžių, kurie lemia signalo stiprį arba atspindi signalą. Tai gali būti metalinės dalys, izoliacinės folijos medžiagos – tokios dalys atspindi Bluetooth įrenginio radijo bangas. Trikdžiais taip pat gali tapti įrenginiai, kurie dirba tuo pačiu 2,4 GHz dažniu. Arduino genties kompiuteriai gali naudoti įvairių charakteristikų ir kainų Bluetooth sąsajos modulių.



6 pav. Bevielė komunikacija tarp išmanaus telefono ir Arduino

1 lentelė

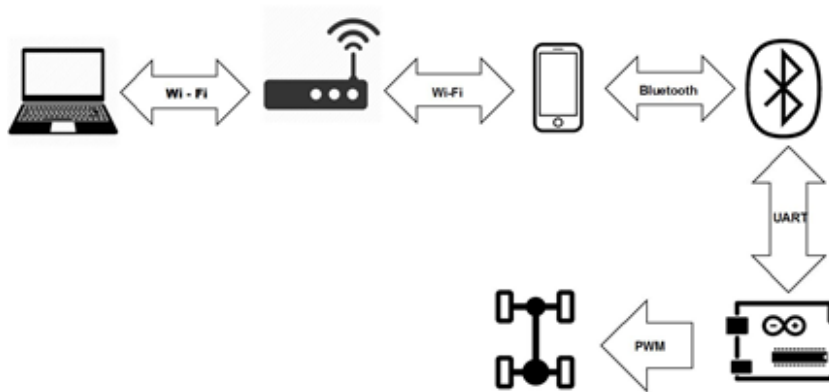
Bluetooth standartai ir jų sparta[8]

Bluetooth standartas	Duomenų perdavimo sparta
1.2	1 Mbit/s
2.0 + EDR	3Mbit/s
3.0+HS	24 Mbit/s
4.0	24 Mbit/s

Komandoms perduoti tarp nešiojamo kompiuterio ir išmanaus telefono naudojamas tarpinis prieigos taškas – maršrutizatorius, tokiu būdu sudaromas vidinis bevielis tinklas (7 pav.). Vienas iš įrenginių atlieka serverio funkciją, o kitas kliento. Klientas pateikia užklausas serveriui, o serveris atsako ir pateikia duomenis klientui. Naudojantis Wi-Fi belaidžiu ryšiu, maksimali perdavimo sparta priklauso nuo naudojamo kompiuterio ir telefone esančių Wi-Fi modulių.

Šiuo metu sparčiausias Wi-Fi standartas, 802.11ac. Šį standartą palaikantys moduliai jau yra integruojami į nešiojamus kompiuterius ir išmaniuosius telefonus. 802.11ac standarto sparta puikiai tinka, valdymo komandoms ir vaizdo perdavimui tarp kliento ir serverio (2 lent.).

Wi-Fi belaidžio ryšio kokybė priklauso nuo objektų, esančių tarp serverio ir kliento, kiekio ir jų savybių. Maksimalus patikimo ryšio atstumas, veikiant robotui uždaroje patalpose, labai priklauso nuo sienų, grindų storių, panaudotų medžiagų. Todėl visi tokios klasės robotai turi gebėti atpažinti ryšio išnykimą ir tai traktuoti kaip komandą autonomiškai grįžti į patikimo ryšio zoną. Tai galima atlikti važiuojant atgal ta pačia trajektorija arba vykdyti paiešką autonomiškai orientuojantis aplinkoje.



7 pav. Komunikacija tarp įrenginių, kai naudojamas tarpinis prieigos taškas

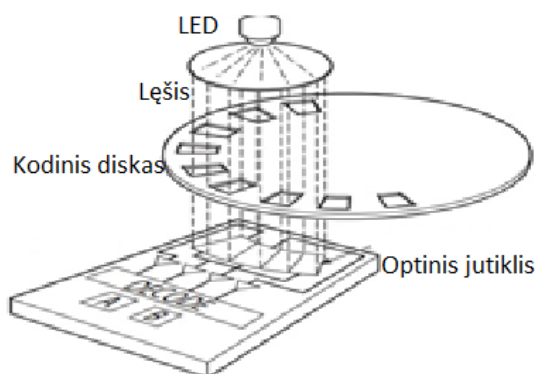
2 lentelė

Wi-Fi belaidžio ryšio standartai [9]

Standartai	802.11b	802.11g	802.11a	802.11n	802.11ac
Teorinė sparta	11Mb/s	54 Mb/s	54 Mb/s	300 Mb/s	867Mb/s
Reali sparta	5,9Mb/s	24,4Mb/s	24,4Mb/s	120,8Mb/s	433Mb/s

### 3. MOBILAUS ROBOTO JUDĖJIMO KRYPTIES IR GREIČIO NUSTATYMAS

Odometrija yra viena dažniausiai naudojamų metodų mobilaus roboto pozicijos nustatymui, kuri gali suteikti tikslią informaciją apie roboto padėtį ir yra nebrangiai įgyvendinamos. Enkoderiai naudojami mobilaus roboto judėjimo greičiui, kryptiai ir nuvažiuotam atstumui nustatyti [10]. Tokiam tikslui naudojami sukieji prieauginiai arba absoliutiniai enkoderiai. Prieauginiame enkoderyje greitis ir kampinė padėtis skaičiuojama sumuojant prieaugius atžvilgiu, pradinio padėties taško. Kuo didesnė matavimų skiriamoji geba yra reikalinga tuo didesnis skaičius skaidrių ir neskaidrių disko segmentų naudojamas. Enkoderyje yra naudojami optiniai padėties nustatymo jutikliai A ir B jie yra įrengiami taip, kad jų išėjimų signalų fazės skirtųsi 90 laipsnių kampu.



8 pav. Enkoderio sudėtinės dalys[4]

Toks jutiklių išdėstymas leidžia nustatyti kodinio disko sukimosi kryptį (8 pav). Tačiau dingus prieauginio enkoderio maitinimui informacija apie padėtį prarandama. Taip yra todėl, kad kodinio disko padėtis skaičiuojama nuo prieš tai buvusios pozicijos ir kaskart dingus maitinimui reikia, kad optiniai jutikliai kirstų atskaitos tašką ir skaičiavimas būtų pradėtas iš naujo [11].

Absoliutiniame enkoderyje greitis ir kampinė padėtis gaunama tiesiogiai nuskaitant kodinį diską, kiekviena padėtis turi savo unikalų kodą. Dėl šios priežasties absoliutieji enkoderiai gali suteikti informaciją apie rotoriaus padėtį iškart pajungus maitinimą enkoderiui. Absoliutiniame enkoderyje dažniausiai naudojami padėties nuskaitymo metodai, „V“ kaukės nuskaitymo metodas ir Grėjaus kodo nuskaitymas. „V“ kaukės nuskaitymo metodui naudojama V formos kaukė. Nuskaitymos kiekvieno bito reikšmės perstumtos tam tikru žingsniu po du

kartus, išskyrus žemiausią bitą. Naudojant šį metodą siekiama sumažinti galimų klaidų skaičių. Nuskaitytą kodą panaudojant tam tikras logines funkcijas atstato į paprastą dvejetainį kodą. Grėjaus kodui nuskaityti naudojama įprasta nuskaitymo kaukė. Didėjant skaičiui Grėjaus kode, kinta simbolis tik vienoje iš šio kodo skilčių. Visuomet pakinta simbolis žemiausioje skiltyje, kurioje įvykęs pokytis sukuria naują iki tol nebuvusią kodinę kombinaciją[12].

Tačiau toks būdas matuojant mobilaus roboto važiavimo greitį ar nuvažiuotą atstumą turi ir trūkumų. Atsiranda matavimo klaidos prasisukus ratams ant slidaus paviršiaus ar įvažiavus į duobę. Prarandama tiksli ratų pozicija, atsiranda pastoviai augantis šoninis pozicijos nuokrypis. Kita situacija, kurioje svarbu tokias klaidas įvertinti. Robotui važiuojant autonominiu režimu robotas nukryptų nuo savo maršruto ir nesugebėtų rasti kelio „namo“.

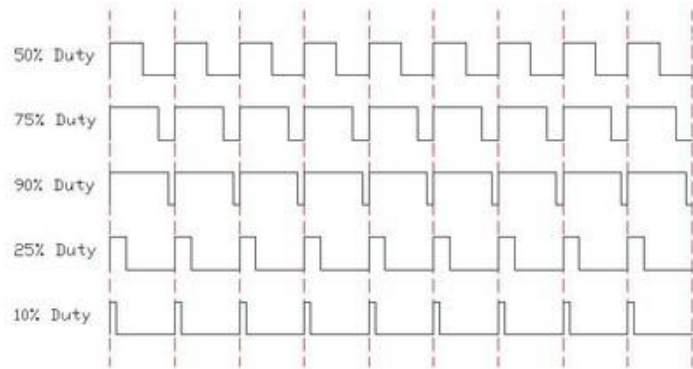
### 3.1.1 Akselerometro giroskopo panaudojimas

Giroskopai mobilaus roboto pozicijos nustatyme atlieka svarbų vaidmenį, jų pagalba galima kompensuoti silpnas vietas odometriniame pozicijos nustatyme. Odometriniame pozicijos nustatyme, bet kokia maža net ir trumpalaikė orientacijos klaida, įtakos pastoviai augančios šoninės pozicijos nukrypimo atsiradimą. Tokio pobūdžio klaidos turėtų būti pašalintos kuo greičiau. Inercinė navigacija naudoja giroskopus ir akselerometrus išmatuoti sukimosi greitį ir pagreitį. Nuskaityti rezultatai iš giroskopo yra integruojami vieną kartą, o iš akselerometro du kartus pozicijos nustatymui. Inercinė navigacinė sistema turi privalumą, ji yra „savarankiška“ jos darbui nereikia išorinių nuorodų. Tačiau inercinių jutiklių duomenis su laiku dreifuoja, nes gautus duomenis reikia integruoti norint nustatyti pozicija. Inerciniai jutikliai labiausiai netinkami tiksliam pozicijos nustatymui naudojant juos ilgesnį periodą[13].

### 3.1.2 Mobilios platformos valdymas

Mobilaus roboto judėjimui įgyvendinti naudojami nuolatinės srovės šepetėliniai varikliai. Variklių sukimosi greitis keičiamas keičiant įtampos vertę. Norint, kad variklis suktųsi greičiau yra nustatoma didesnė įtampos vertė, kai norima sulėtinti variklio sukimąsi įtampa yra sumažinama. Įtampos lygiui nustatyti yra naudojamas impulso pločio moduliacijos metodas.

Naudojant šį metodą gaunama analoginės įtampos reikšmės naudojantis skaitmeninėmis priemonėmis. Tai reiškia, kad impulsas gali būti dviejose stadijose: įjungtas arba išjungtas. Kai impulsas yra *Įjungtas* stadijoje, laikas kurį jis lieka įjungtas procentais yra tiesiogiai proporcingas vidutinei įtampos vertei. Naudojant šį metodą impulsų dažnis lieka pastovus, bet kiekviename periode impulso plotis gali būti keičiamas (9 pav.).



9 pav. Vidutinės įtampos priklausomybė nuo impulso pločio[5]

Impulso pločio įtampos vertė apskaičiuojama pagal formulę:

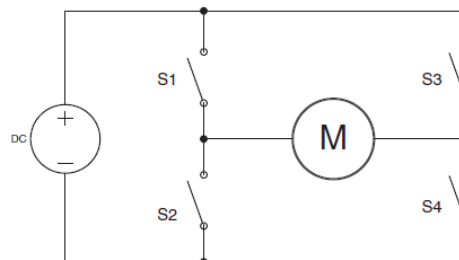
$$U_{vid} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{vid}(t) dt = \frac{1}{T} (D \cdot T \cdot U_m) = D \cdot U_m$$

čia:  $T$  – pilnas impulso periodas;

$D$  – Impulso periodo dalis, kai impulsas aukšto lygio,  $0 \leq D \leq 1$ ;

$U_m$  – impulso amplitudinė įtampa.

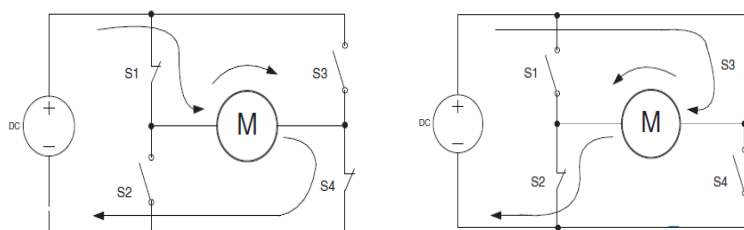
Roboto judėjimo kryptis valdoma keičiant šepetėlinio nuolatinio srovės variklio sukimosi kryptį. Norint valdyti DC variklio sukimosi kryptį reikia bent keturių įtampos komutavimo elementų (10 pav.). Tokiu principu veikianti schema vadinama H – tiltas, ji yra valdoma mikrokompiuterio.



10 pav. Principinė H - tilto schema[6]

Mikrokompiuteris vienu metu komutuoja du iš keturių raktų S1 ir S4 arba S3 ir S2.

Jeigu S1 ir S4 yra įjungti, o S2 ir S3 yra atjungti, DC variklis sukasi pagal laikrodžio rodyklę (11 pav., a). Mikrokompiuteriui atjungus S1 ir S4 raktus ir pajungus S2 ir S3 įtampos poliarškumas pakeičiamas ir DC variklis sukasi prieš laikrodžio rodyklę (11 pav., b) [14].

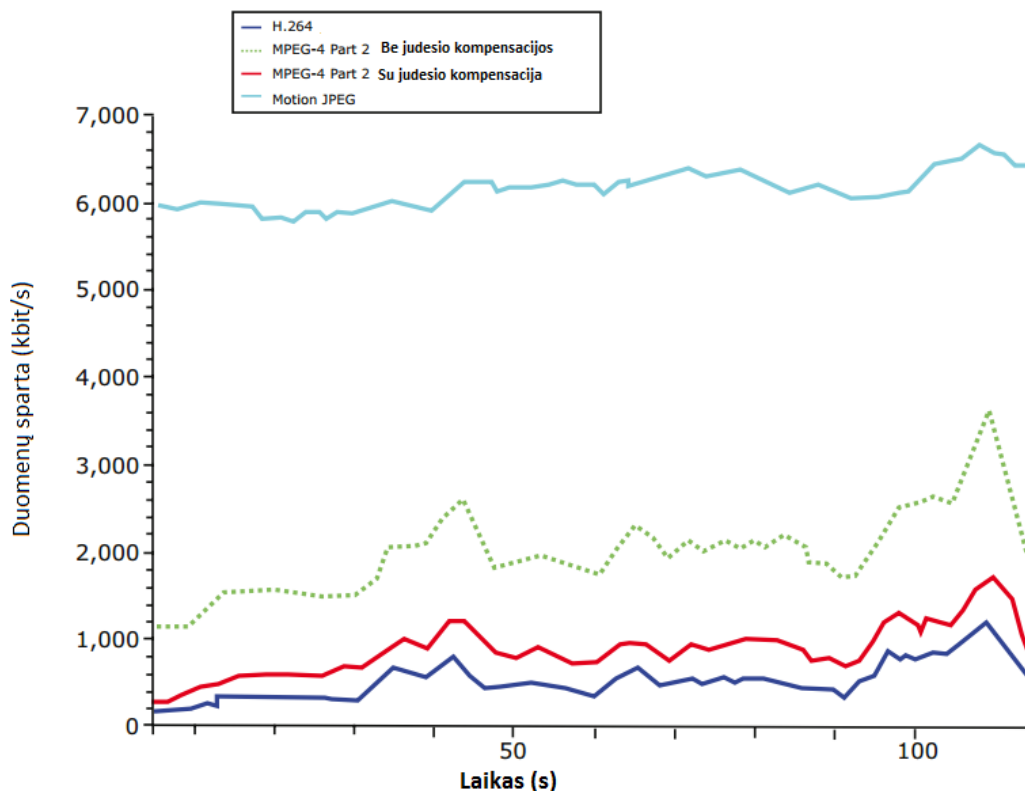


11 pav.H – tilto funkcinė schema: a – sukasi pagal laikrodžio rodyklę; b – sukasi prieš laikrodžio rodyklę[6]

### 3.2 Skaitmeninio vaizdo glaudinimas

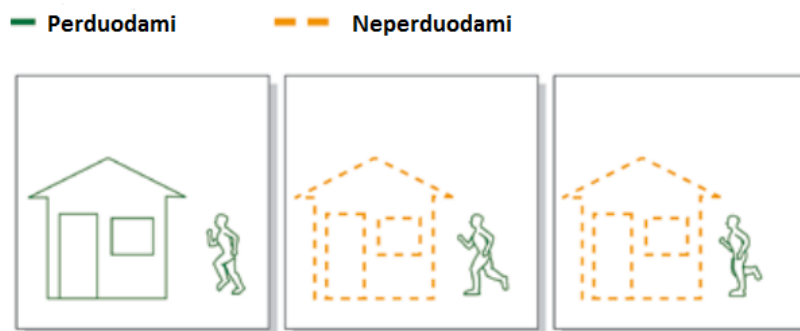
Vaizdo perdavimo galimybės atsiradimas mobilių robotų valdyme yra svarbus veiksnys. Naudojant vaizdo transliavimą operatorius valdantis robotą turi galimybę apžiūrėti robotą supančią aplinką iš arti. Kombinacija įvairių jutiklių ir vaizdas perduodamas į operatoriaus ekraną pagerina tarnybų darbo efektyvumą, kurios naudoja mobilius robotus. Tačiau vaizdo transliavimas reikalauja didesnių ryšio linijos pralaidumų, priklausomai nuo transliuojamo vaizdo kokybės. Situacijose, kai ryšio linijos pralaidumas yra nedidelis, galima transliuoti mažesnės vaizdo raiškos vaizdą, taip sumažinant vaizdo failo dydį. Bet net ir po vaizdo raiškos pakeitimo vaizdo failas yra didelis ir stipriai apkrauna ryšio liniją. Todėl yra naudojami vaizdo glaudinimo standartai. Vaizdo glaudinimas naudojamas norint sumažinti ir pašalinti nereikalingus vaizdo duomenis tam, kad skaitmeniniai vaizdo failai būtų efektyviai persiunčiami ir išsaugomi. Proceso metu taikomi algoritmai, kurie vaizdo failą gautą iš vaizdo šaltinio suglaudina ir paruošia failą persiuntimui ar įrašymui į atmintį. Suglaudinto vaizdo peržiūrėjimui naudojami atvirkštiniai algoritmai siekiant išgauti tokio paties turinio vaizdą kokį pateikė vaizdo šaltinis. Laiko tarpas, kurį užima suglaudinti, persiųsti, išskleisti ir atvaizduoti vartotojo ekrane vadinamas vėlinimu. Kuo pažangesnis glaudinimo algoritmas, tuo didesnis vėlinimas atsiranda naudojant tokią pačią apdorojimo įrangą. Skirtingi glaudinimo – išskleidimo standartai naudoja įvairius metodus sumažinti nevertingų duomenų kiekį. Taip gaunama skirtinga vaizdo kokybė, keičiasi duomenų perdavimo spartos poreikis bei vėlinimas tam pačiam vaizdo failui. Populiariausi šiuo metu vaizdo glaudinimo – išskleidimo standartai:

H.264 – video glaudinimo standartas, kuris šiuo metu yra dažniausia naudojamas vaizdo turinio, glaudinimui, įrašymui ir platinimui. Šio standarto sukūrimu išsprendžiama keletas senesnių standartų trūkumų. Lyginant su bet kuriuo kitu šiuo metu egzistuojančiu glaudinimo standartu naudojant H.264 pasiekiamas vidutinis reikiamos duomenų perdavimo spartos sumažėjimas yra 50 % tos pačios raiškos vaizdui (12 pav.)



12 pav.H.264 glaudinimo standarto palyginimas[7]

H.264 standartas naudoja raktinius kadrus pagal, kuriuos toliau yra fiksuojamas vaizdo pasikeitimas kadrų sekoje (13 pav.). Tam yra tikrinami pikselių blokai, o ne pavieniai pikseliai. Todėl didesni plotai palyginami ir tik blokai, kurie gerokai skiriasi yra koduojami[15].



13 pav.Pasikeitusių pikselių perdavimas[7]

MJPEG – vaizdo glaudinimo standartas dažnai sutinkamas IP kamerose, kurios naudojamos vaizdo transliavimui vietiniam tinkle arba per internetą. Šis standartas turi privalumų situacijose, kuriose reikia peržiūrėti vaizdo įrašus kadras po kadro. Glaudinant MJPEG formatu kiekvienas kadras yra išsaugomas individualiai JPEG formatu ir neturi priklausomybės nuo prieš tai ėjusių kadrų(14 pav.). Gauta vaizdo kokybė po sugludinimo nepriklauso nuo užfiksuoto judesio kiekio. Priešingai negu H.264 standarto, kurio vaizdo kokybė priklauso nuo to kaip greit vaizdas keičiasi[15].





14 pav. MJPEG kadru seka[7]

VP8 – yra video glaudinimo formatas, kuris šiuo metu priklauso Google kompanijai. VP8 formatas buvo sukurtas On2 Technologies kompanijos. VP8 yra atvirojo kodo video glaudinimo formatas, kurį kuriant nuo pat pradžių buvo orientuotasi taikyti WEB terpėje.

### 3.2.1 Vaizdo transliavimas mobiliems įrenginiams

Mobiliųjų įrenginių vartotojai gali pasiekti transliacijas naudodami specialias aplikacijas arba naršyklės. Naršyklė gali palaikyti vieną arba keletą grotuvų, HTML5, Flash arba Microsoft Silverlight. Vaizdo kokybei nusakyti naudojami sutartiniai žymėjimai, mažos raiškos vaizdas 240p žymimas LD (angl. Low-definition), vidutinės raiškos 270-480p vaizdas SD (angl. Standart-definition) ir 720 – 1080p HD (angl. High-definition). Paminėtų vaizdo grotuvų numatytieji vaizdo glaudinimo formatai yra MP4, WebM ir X-FLV. Lentelėje (3 lent.) pateikiami skirtingų vaizdo transliavimo tiekėjų, skirtingi vaizdo grotuvai, palaikomos vaizdo kokybės ir vaizdo glaudinimo formatai[16].

3 lentelė

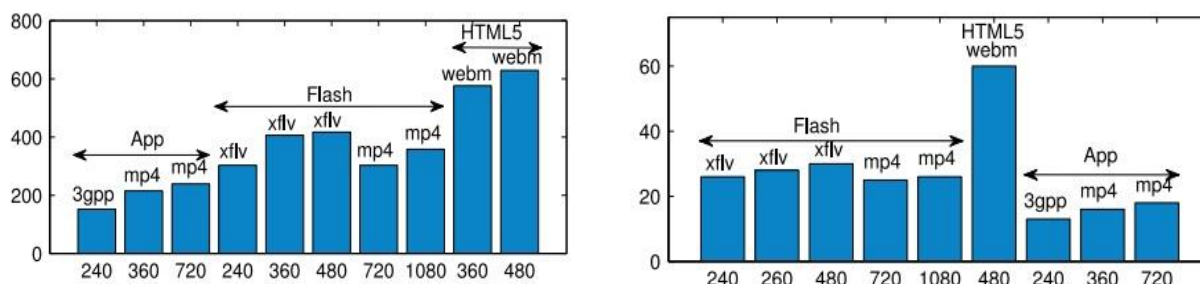
Vaizdo transliavimo tiekėjai ir jų naudojami vaizdo glaudinimo formatai

Vaizdo transliavimo tiekėjai	YouTube, Vimeo, Dailymotion, Netflix
Grotuvai	Aplikacijos, Flash, HTML5
Vaizdo kokybė	LD (240p), SD (270-480p), HD (720-1080p)
Vaizdo glaudinimo formatai	3GPP, MP4, WebM, X-FLV

### 3.2.2 Vaizdo kokybės įtaka, energijos suvartojimui

Priklausomai nuo atkuriamų vaizdo įrašų kokybės kinta energijos suvartojimas iš mobiliojo telefono akumulatoriaus. Taip pat srovės dydžiui įtakos turi, naudojamas grotuvas ir vaizdo glaudinimo formatas. Paveikslėlyje (15 pav., a) matoma kokio dydžio srovė yra

reikalinga atkuriant skirtingus vaizdo glaudinimo formatus. Aukštesnės kokybės vaizdo įrašai turi didesnius informacijos kiekius, negu žemesnės kokybės įrašai. Srovės suvartojimas yra



didėsnis rodant aukštos kokybės vaizdo įrašą [16].

a)

b)

15 pav. Samsung Galaxy S3 procesoriaus ir akumulatoriaus resursų naudojimas: a – procesoriaus resursų naudojimas; b – srovės suvartojimas naudojant skirtingus vaizdo grotuvas [8].

Iš (15 pav., b) pateiktos informacijos matome, kad atkurti vaizdo įrašus Flash grotuvu naudojama daugiau procesoriaus resursų negu naudojant aplikaciją. HTML5 vaizdo grotuvas sunaudoja 60% procesoriaus resursų atkurdamas 480p – vidutinės kokybės vaizdo įrašus. HTML5 grotuvas turi būti toliau tobulinamas, kad būtų galima jį naudoti mobiliuose įrenginiuose.

### 3.3 Vaizdo perdavimui naudojami protokolai

RTP (angl. Real-time Transport Protocol) – protokolas suteikia galimybę programoms ryšio kanalu, realiu laiku perduoti vaizdo ir garso turinį vienam ir daugiau gavėjų. Protokolas sukurtas perduoti duomenis, kai svarbus duomenų perdavimo laikas. RTP priklauso transporto lygmeniui, bet transportavimo funkcijos jis neatlieka. Transportavimui RTP naudoja UDP protokolą, jeigu nepalaikomas UDP naudojamas TCP (TCP naudojamas retais atvejais). RTP protokolas turi laiko štampos funkciją, kai kiekvienas perduodamas paketas pažymimas laiko žyme, kuri skirta paketams sinchronizuoti. Vaizdo turinio priėmimo pusėje pagal laiko žymes gali tinkamai atkurti perduotą turinį.

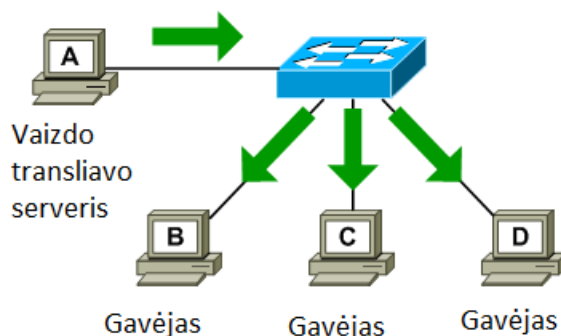
RTCP (angl. Real-Time Transport Control Protocol) – protokolas neperduoda vaizdo ir garso turinio. RTCP skirtas informacijos perduodamos realiu laiku ryšio kanalais kontrolei. RTCP palaiko mechanizmus per kuriuos tinklo vartotojai (programos) gali perduoti informaciją apie servisų kokybę (QoS). RTCP pagal gautą informaciją gali valdyti duomenų srautus ir minimaliai valdyti RTP sesiją.

TCP (Transmission control protocol) – Protokolas naudojamas programoms sukurti, jungtis vienai su kita ir dalintis informacija tarpusavyje. TCP protokolas yra didelio patikimumo

garantuojantis duomenų perdavimą tarp dviejų tinklo taškų. Siunčiami duomenys gaunami ta pačia tvarka, kuria buvo išsiųsti. Paketai turi sekos numerį pagal kurį yra rūšiuojami. Tuo tarpu gavėjas siunčia informacinius pranešimus apie gautus paketus, jeigu paketas gautas su klaida arba nepasiekia adresato paketas yra persiunčiamas dar kartą. TCP taip pat kontroliuoja gaunamų duomenų srautą, kurį gali laikinai sustabdyti ir vėl pratęsti. Jeigu iš gavėjo gaunamas pranešimas, kad atmintis skirta paketams užpildyta perdavimas yra stabdomas ir peržiūrimi atmintyje esantys paketai. Dėl TCP protokolo vykdomos kontrolės paketų perdavimui, išskyla sunkumai naudoti protokolą realiu laiku vykstančiai vaizdo transliacijai. Duomenų perdavimo, stabdymo atveju atsirastų vaizdo trikdžiai. Vaizdo transliavimui geriau ignoruoti dingusius paketus ir tęsti transliaciją kaip įmanoma greičiau. Dėl TCP protokolo vykdomos duomenų srauto perdavimo kontrolės, jis retai naudojamas vaizdo transliacijai.

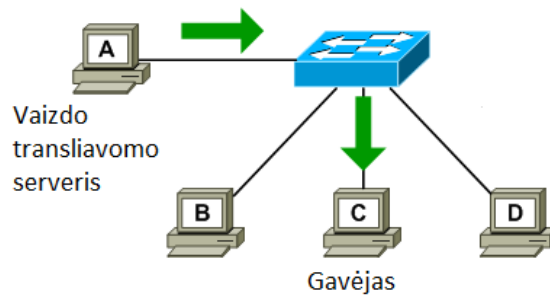
UDP (User Datagram Protocol) – tai transportavimo lygmens protokolas, kuris nereikalauja susijungimo patvirtinimo. UDP protokolas nepalaiko klaidų nustatymo mechanizmo, srauto kontrolės ar paketų pakartotino atsiuntimo. UDP siūsti paketai gali atvykti ne ta tvarka, kuria buvo išsiųsti. Kartais gali atvykti po du ar daugiau kartų arba iš viso neatvykti. Kitaip tariant yra sumažinamas reikiamas duomenų srautas tam pačiam duomenų kiekiui perduoti lyginant su TCP protokolu. Transliuojant vaizdą realiu laiku galimi du transliavimo būdai:

- Transliavimas grupiniu adresu ( angl. Multicast ) vadinamas, kai paketai perduodami iš vieno siuntėjo daugeliui gavėjų (16 pav.). Tie patys duomenys yra perduodami keletui gavėjų. Toks duomenų perdavimas galimas tik naudojant IP/UDP protokolus.



16 pav. Vaizdo transliavimas grupiniu adresu[10]

- Transliavimas individualiais adresais (angl. Unicast ) vadinamas, kai paketai perduodami iš vieno siuntėjo vienam gavėjui ( 17 pav.) [17].



17 pav. Vaizdo transliavimas individualiam gavėjui[10]

### 3.4 Išvados

1. Atlikus literatūros analizę, nutarta tolimesniems eksperimentams naudoti H.264 glaudinimo standartą. Panaudojus šio standarto glaudinimo metodus vaizdo transliacijai reiktų mažiausio duomenų srauto. Eksperimentinis tyrimas bus atliekamas naudojant Wi – Fi Direct bevielio ryšio standartą, kuris suteikia galimybę keistis duomenimis tarp dviejų įrenginių ir palaiko tokią pat duomenų perdavimo spartą, kaip ir standartiniai Wi – FI. Šis standartas yra palaikomas visų naujesnių Android įrenginių.
2. Mobilios platformos valdymui pasirinktas Arduino Uno mikrokompiuteris. Arduino turi platų pasirinkimą sukurtų priedų ir parašytų bibliotekų. Mikrokompiuterio skaitmeniniai išėjimai gali būti panaudoti variklio greičio ir sukimosi krypties valdymui.

## 4. TYRIMŲ DALIS

### 4.1 Eksperimento programinės aplinkos

Android Studio – integruota kūrimo aplinka (angl. Integrated Development Environment) skirta aplikacijų kūrimui įrenginiams, kurie naudoja Android platformas, tokioms kaip planšetiniai kompiuteriai, išmanieji telefonai, išmanieji televizoriai, laikrodžiai ir kiti. Android Studio yra oficialus Google korporacijos sukurtas IDE. Aplinkoje yra visi reikiami įrankiai aplikacijos kūrimui, kodų redaktorius, kodo analizavo įrankiai, kurie padeda aptikti klaidas ir jas ištaisyti. Taip pat labai svarbus įrankis emuliatorius, kurį patogiu naudoti aplikacijos kūrimo metu. Naudojantis šiuo įrankiu galima greitai ištestuoti aplikacijos veikimą neturint tikrojo įrenginio.

Kiekvienas Android Studio projektas susideda iš kelių pagrindinių failų – direktorių:

*AndroidManifest.xml* – tai yra vienas iš svarbiausių failų Android projektų struktūroje. Faile laikoma visa informacija apie projektą. *AndroidManifest* faile yra informacija apie aplikacijai reikiamų leidimų iš vartotojo sąrašas (angl. uses – permission). Dažniausiai, tai būna leidimai aplikacijai suteikti priėjimą prie telefono kameros, vidinės atminties, Bluetooth adapterio, Wi-Fi adapterio ir kt. Startavus aplikaciją telefone ar kitame išmaniame įrenginyje *AndroidManifest* yra failas, kurio operacinė sistema ieško pirmiausiai. Jis veikia kaip aplikacijos kelių žemėlapis operaciniai sistemai.

- *Java* direktorija – susideda iš Java išeities kodo failų. Direktorija gali būti suskaidyta į skirtingus paketus pagal paketo pagrindinę funkciją.
- *Res* direktorija – joje laikomi visi išoriniai ištekliai naudojami aplikacijos. Tai gali būti paveikslėliai, animacijos, garso failai, aplikacijos vaizdinis maketas skirtas vartotojo sąsajai ir kita.

Priklausomai nuo projekto apimties į projekto struktūrą įeinančių direktorių kiekis gali kisti. Nurodytos direktorijos visada įeina į projekto struktūrą ir yra sukuriamos vos tik sukuriamas naujas Android Studio projektas.

### 4.2 Eksperimento aparatūrinės priemonės

Eksperimentiniame tyrime naudojami du išmanieji telefonai su operacine sistema Android. Išmaniųjų telefonų parametrai :

Samsung Galaxy S6 920F su Android OS versija 6.0.1 Marshmallow.

- 16 MP galinė kamera, 5MP priekinė kamera.
- Integruotas Wi-Fi modulis palaiko 802.11 a/b/g/n/ac, Wi-Fi Direct standartus.

- Bluetooth versija 4.1.
- Jutikliai: akcelerometras, giroskopas, kompasas, barometras, GPS.

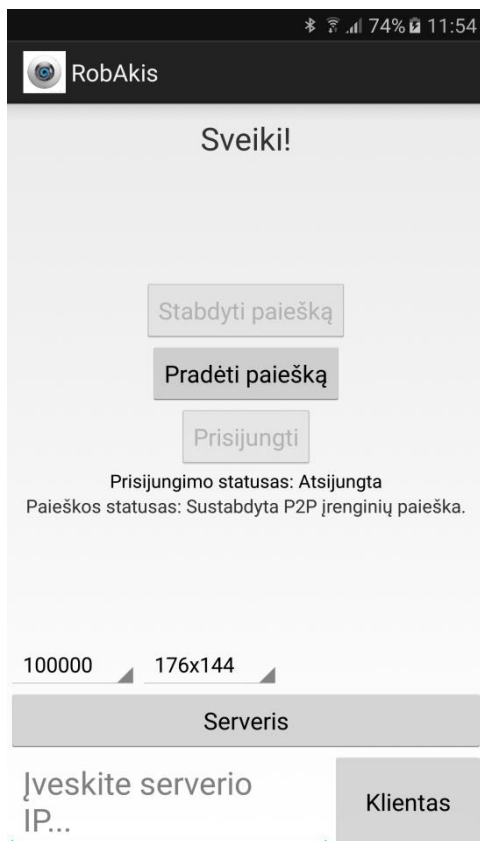
Sony Xperia Z1 D5503 su Android OS versija 5.1.1 Lollipop.

- 20.7 MP galinė kamera, 2MP priekinė kamera.
- Integruotas Wi-Fi modulis palaiko 802.11 a/b/g/n/ac, Wi-Fi Direct standartus.
- Bluetooth versija 4.0
- Jutikliai: akcelerometras, giroskopas, kompasas, GPS

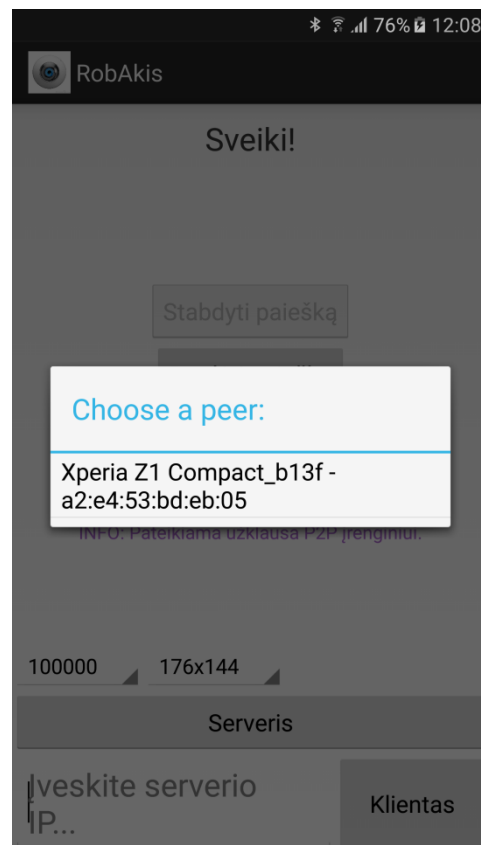
### 4.3 Eksperimento programinė įranga

Vaizdui transliuoti naudojami išmanieji telefonai Samsung Galaxy S6 920F ir Sony Xperia Z1 D5503. Vaizdas fiksuojamas vieno iš telefonų priekinės kameros ir transliuojamas į kito telefono ekraną naudojantis Wi-Fi Direct bevielio ryšio standartu. Wi-Fi Direct standartas įgalina dviejų ir daugiau įrenginių komunikacijas tarpusavyje nenaudojant papildomų prieigos taškų.

Vaizdo transliuotojas gali būti tiek vienas, tiek kitas telefonas. Pakeisti, kuris iš telefonų transliuoja vaizdą, o kuris priima galima tik užklauso siuntimo metu, kai apsprendžiama, kuris iš telefonų bus grupės savininkas ir galės transliuoti vaizdą. Paspaudus mygtuką *Pradėti paiešką* (18 pav., a) atliekama paieška, netoliese esančių įrenginių, kurie palaiko Wi-Fi Direct ir yra aktyvūs. Atlikus paiešką atnaujinamas aktyvių įrenginių sąrašas, tuomet galima vykdyti prisijungimo prie įrenginio operaciją, kurios metu nustatomas *Grupės savininkas* (angl. *group owner*) (18 pav., b). Šios operacijos metu siunčiama užklausa kitam telefonui, kuris buvo pasirinktas iš surastų P2P įrenginių sąrašo.



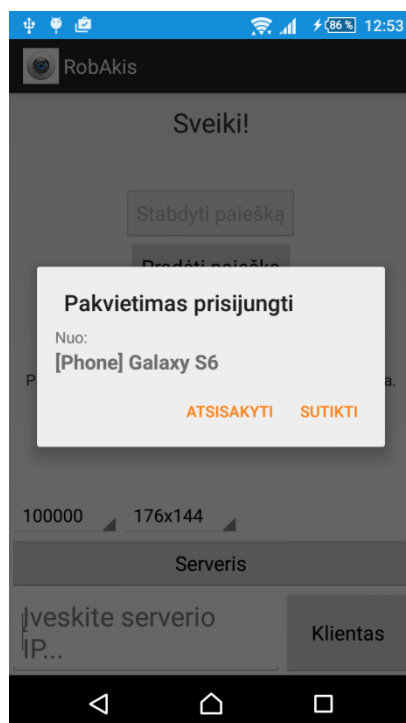
a)



b)

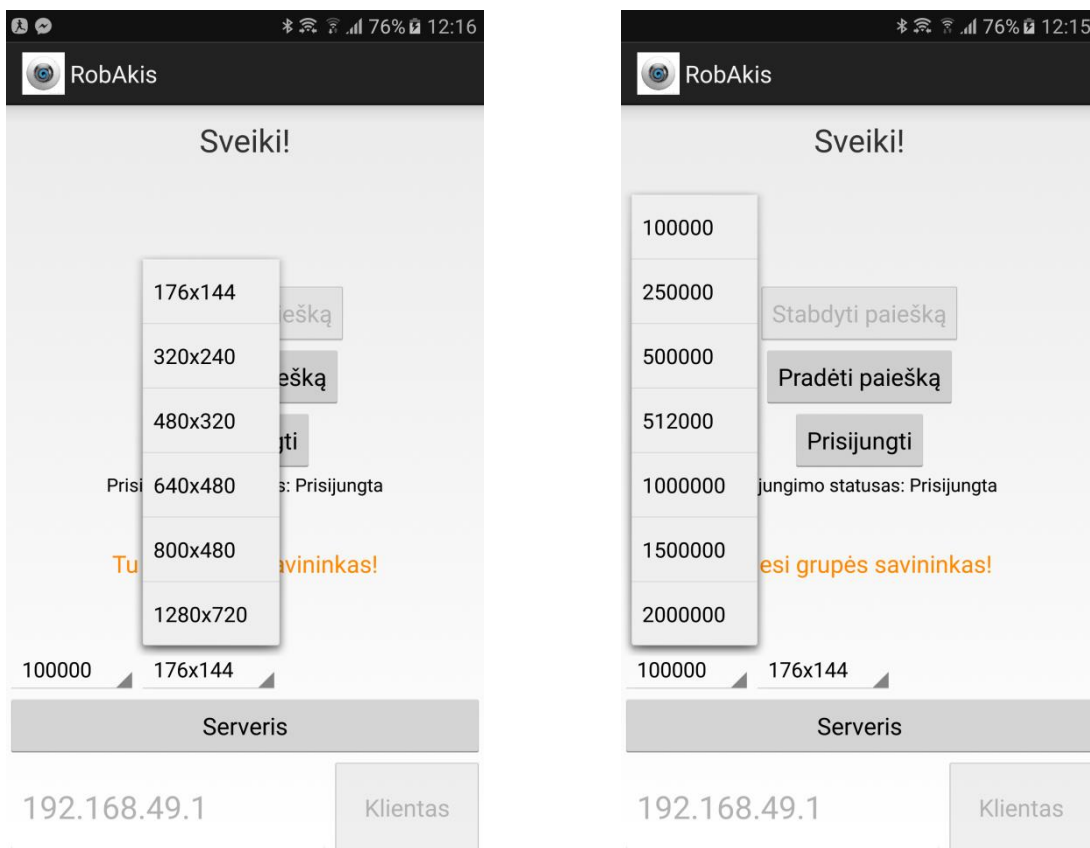
18 pav. Grupės savininko ekranas: a – atliekama paieška; b – surastų įrenginių sąrašas

Tuo tarpu kitame išmaniajame telefone parodomas pakvietimas, *Pakvietimas prisijungti*, kuriame reikia patvirtinti, kad norima susijungti su užklausa pateikusiu telefonu, šiuo atveju Galaxy S6, kuris ir atliks grupės savininko funkciją (19 pav.).



19 pav. Kliento ekranas

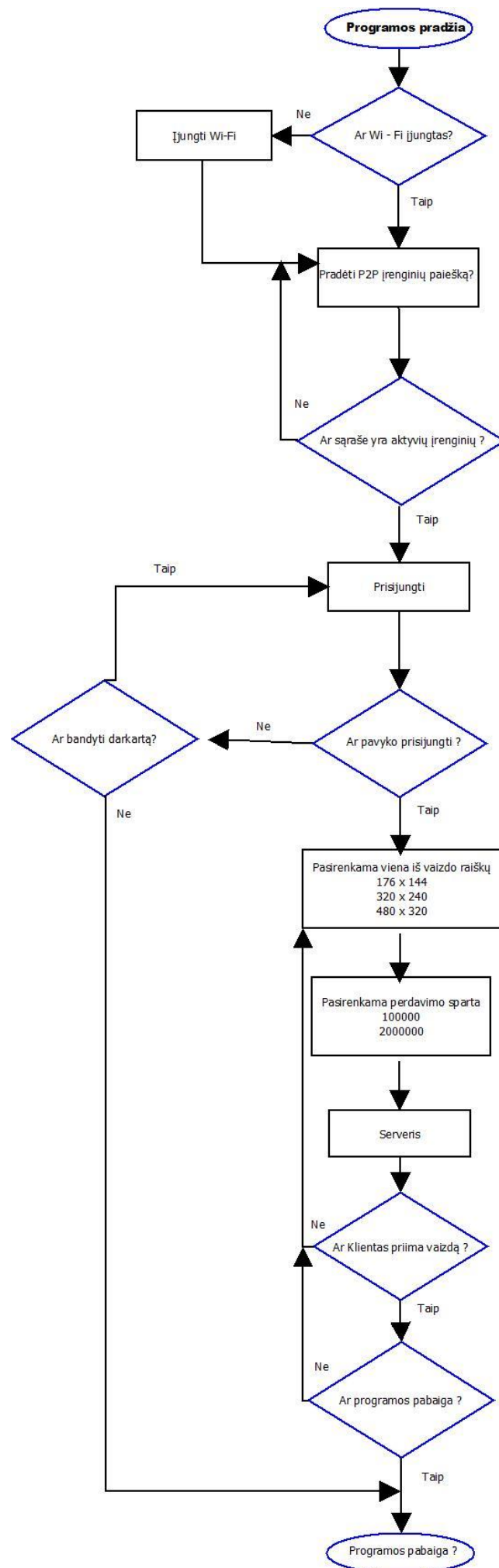
Grupės savininkas prieš pradėdamas transliuoti vaizdą turi galimybę nustatyti vaizdo raišką ir perdavimo greitį (bitrate) (20 pav.). Kai pasirenkama norima vaizdo raiška ir perdavimo greitis paspaudus mygtuką *Serveris* atveriamas, kitas aplikacijos langas *ServerActivity* jame rodomas telefono kameros fiksuojamas vaizdas. Kamera aktyvuojama tik klientui paspaudus mygtuką *Klientas*. Kliento aplikacijoje automatiškai užpildomas laukas, kuriame reikia įvesti grupės savininko IP. Aplikacijoje išskviečiamas langas *ClientActivity* ir vaizdas fiksuojamas.



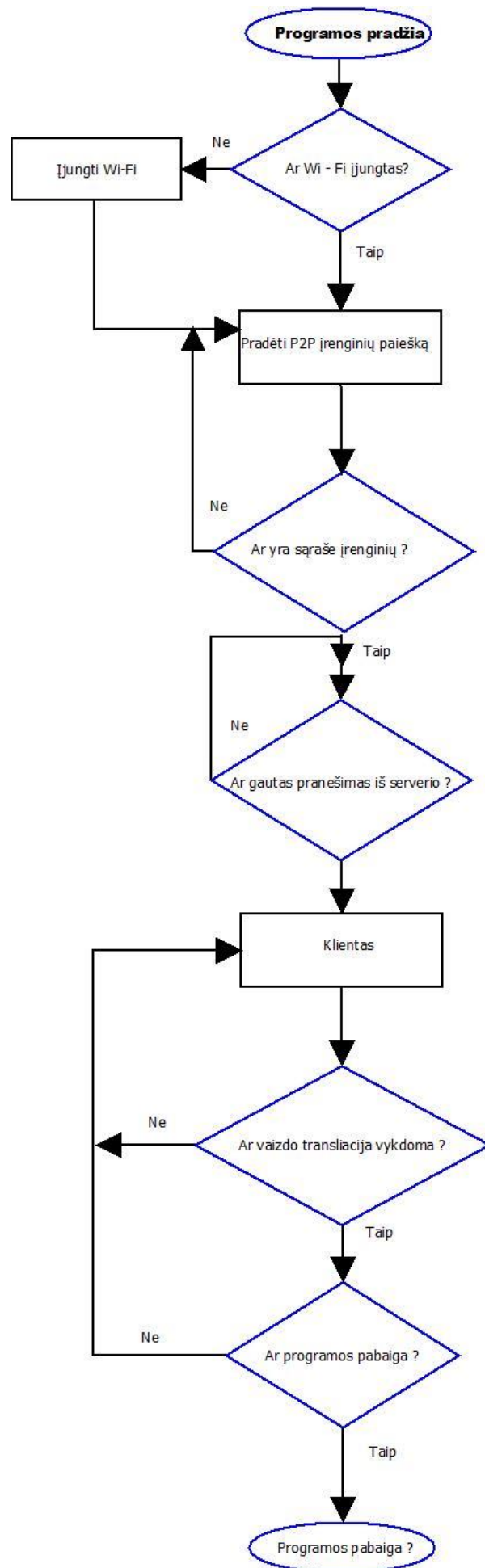
20 pav. Vaizdo raiškos ir perdavimo greičio pasirinkimas

Pradėjus vaizdo transliavimą, jokie parametrai negali būti keičiami. Norint sustabdyti vaizdo transliavimą ir grįžti į pagrindinį aplikacijos langą spaudžiamas *Back* mygtukas. Žemiau pateikiami serverio programos (21 pav.) ir kliento programos algoritmai (22 pav. ).





21 pav. RobAkiS serverio programos algoritmas



22 pav. RobAki kliento programos algoritmas

#### 4.4 Vaizdo transliavimo patalpose naudojantis Wi-Fi Direct standartą galimybių tyrimas

Eksperimentas buvo atliekamas norint iširti Wi-Fi Direct bevielio ryšio standarto vaizdo perdavimo galimybes tarp išmaniųjų telefonų patalpose, naudojant vieno iš telefonų integruotą kamerą. Tyrimo metu keičiama vaizdo raiška ir perdavimo sparta. Norint užtikrinti gautų rezultatų patikimumą su kiekviena vaizdo raiška ir perdavimo sparta buvo atliekama po tris pakartojimus. Tyrimo atlikimo metu siunčiamas vaizdas realiu laiku tarp dviejų išmaniųjų telefonų, kurie turi integruotus Wi-Fi modulius ir palaiko Wi-Fi Direct standartą.

Tyrimui naudojama Samsung Galaxy S6 priekinė kamera. Lentelėje (4 lent.) matome, kad siunčiant H.264formato suglaudintą 480x320 pikselių raiškos vaizdą ir pasirinkus 100000 bit/s perdavimo spartą, vaizdas yra perduodamas ir siekia tolimiausią patalpos tašką, kuris yra nutolęs nuo vaizdą priimančio išmanaus telefono 48 metrus. Įrenginys A nešantis išmanųjį telefoną – grupės savininką judėjo statmenai atžvilgiu išmanaus telefono – kliento ir judėjimo kryptį (į kairę arba į dešinę) keitė minimaliai. Judėjimo vieta ir atstumą žymi juoda linija pavaizduota brėžinyje (23 pav.)

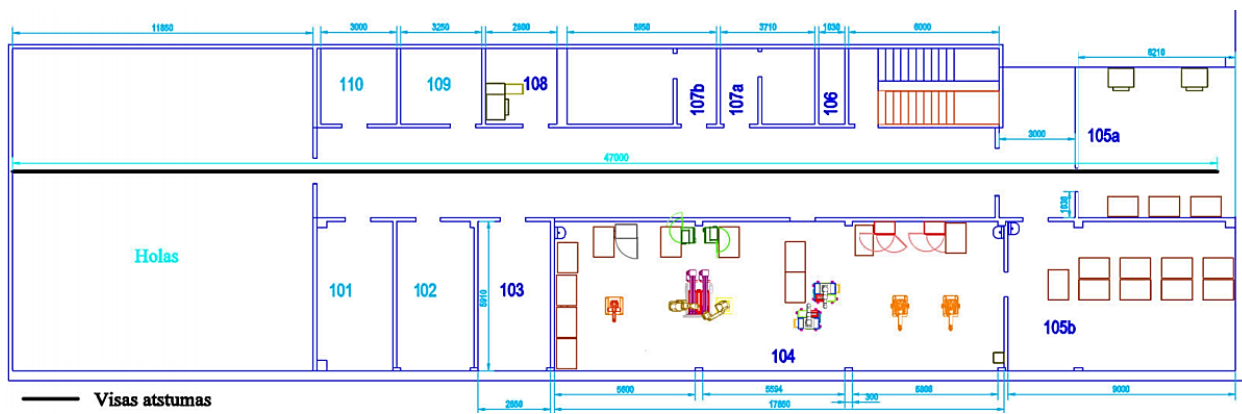
4 lentelė

Eksperimento rezultatai

		I bandymas	II bandymas	III bandymas
Vaizdo raiška pikseliais		480x320	480x320	480x320
Duomenų perdavimo sparta bit/s	100000	Iki sienos 48m. Į šonus po ~0.6m.	Iki sienos 48m. Į šonus po ~0.6m.	Iki sienos 48m. Į šonus po ~0.6m.
Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	Iki sienos 48m. Į šonus po ~0.6m.	Iki sienos 48m. Į šonus po ~0.6m.	Iki sienos 48m. Į šonus po ~0.6m.

Taip pat iš lentelėje pateiktų duomenų matome, kad pasiekus 48 metrų atstumą yra judama į kairę ir dešinę puses. Tačiau vaizdas pradeda strigti ir nutrūksta transliacija, kai atstumas nuo taško B tiek į vieną, tiek į kitą pusę yra 0,6 m.

Sekančioje lentelėje (5 lent.) pateikti duomenys, kai programoje buvo pasirinkta vaizdo raiška 320x240 pikselių ir duomenų perdavimo sparta 100000 bit/s. Perduodant tokios raiškos vaizdą taip pat buvo pasiektas 48metrų atstumas judant statmenai taškui A.



23 pav. Visas įveiktas atstumas

Bet padidėjo atstumas judant lygiagrečiai Holo sienai į kairę ir į dešinę puses. Esant 320x240 vaizdo raiškai į šonus buvo galima judėti iki 1,5 metrų toliau vaizdas užstrigdavo.

5 lentelė

Eksperimento rezultatai

		I bandymas	II bandymas	III bandymas
Vaizdo raiška pikseliais		320x240	320x240	320x240
Duomenų perdavimo sparta bit/s	100000	Iki sienos. Į šonus po ~1.5m.	Iki sienos. Į šonus po ~1.5m.	Iki sienos. Į šonus po ~1.5m.
Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	Iki sienos. Į šonus po ~1.5m.	Iki sienos. Į šonus po ~1.5m.	Iki sienos. Į šonus po ~1.5m.

Paskutinis eksperimentas atliktas siunčiant 176x144 pikselių raiškos vaizdą ir 100000 bit/s perdavimo sparta. Pagal lentelės (6 lent.) duomenis matome, kad yra pasiektas maksimalus galimas atstumas 48metrai. Toks pat kaip ir siunčiant 320x240 ir 480x320 pikselių raiškos vaizdą. Sumažinus vaizdo raišką iki 176x144 pikselių judėjimo į šonus nuo taško B lygiagrečiai sienai padidėjo iki 3metrų.

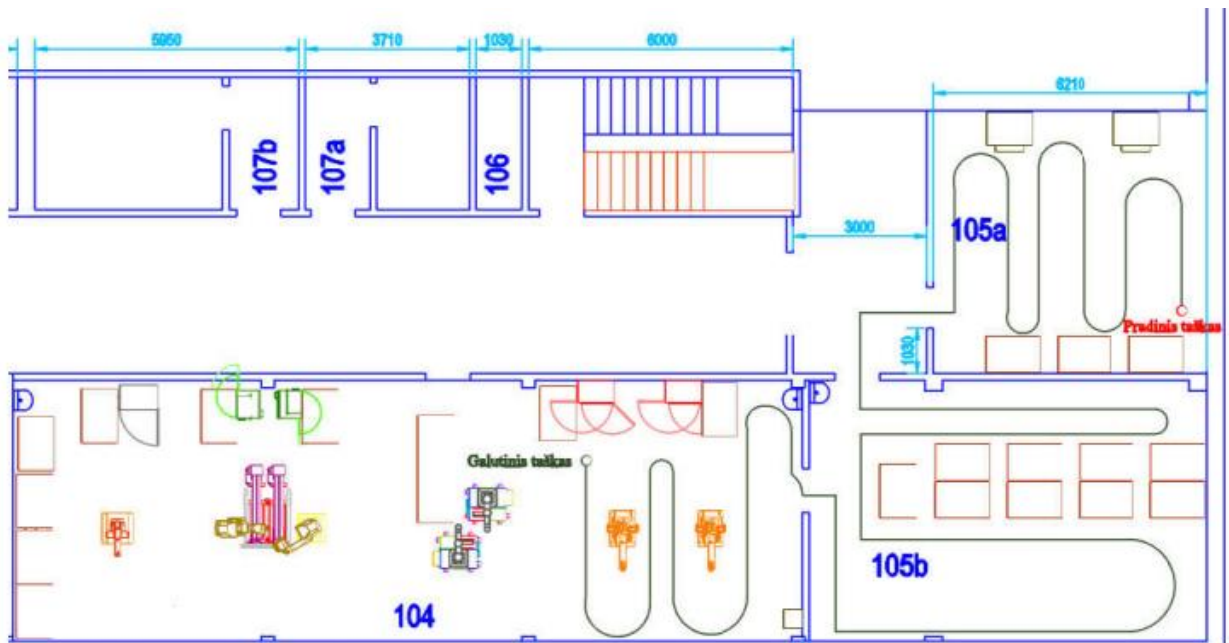
6 lentelė

Eksperimento rezultatai

		I bandymas	II bandymas	III bandymas
Vaizdo raiška pikseliais		176x144	176x144	176x144
Duomenų	100000	Iki sienos. Į	Iki sienos. Į	Iki sienos. Į

perdavimo sparta bit/s		šonus 3 – 4m.	šonus 3 – 4m.	šonus 3-4m.
Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	Iki sienos. Į šonus po ~3m.	Iki sienos. Į šonus po ~3m.	Iki sienos. Į šonus po ~3m.

Kitas eksperimentinis tyrimas buvo atliktas patalpose 105a, 105b ir 104 patalpų planas ir judėjimo trajektorija pateikiamas (24 pav.). Judėjimo trajektorija pažymėta juoda spalva, pradžios taškas – raudona spalva, galutinis taškas – juodai spalva. Pirmame eksperimente išmanus telefonas buvo vežiojamas po patalpas 105a, 105b ir 104 nustacių 480x320 pikselių vaizdo raišką. Iš lentelėje (7 lent.) pateiktų duomenų matome, kad patalpose 105a ir 105b vaizdas perduodamas visuose patalpų ribose nestrigo ir transliacija nenutrūko.



24 pav. Patalpų brėžinys

7 lentelė

Eksperimento rezultatai

		Patalpa A	Patalpa B	Patalpa C
Vaizdo raiška pikseliais		480x320	480x320	480x320
Duomenų perdavimo sparta bit/s	100000	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia 1 metro atstumu nuo sienos

Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia 1 metro atstumu nuo sienos
--------------------------------	---------	---	---	---

Patalpoje *104* vaizdo transliacija nutrūkdavo, kai atstumas nuo sienos kuri skiria patalpas *105b* ir *104* buvo 1 metras. Pasirinkus vaizdo raišką 320x240, išmanus telefonas buvo vežiojamas tokiu pačiu maršrutu, kaip ir nustačius 480x320 vaizdo raišką. *105a* ir *105b* patalpų ribose transliacija nenutrūko ir nestrigo. Patalpoje *104* vaizdo transliacija nutrūkdavo pasiekus atstumą nuo sienos 1,5 metro. Sumažinus vaizdo raišką padidėjo atstumas, kuriame vis dar transliuojamas nenutrūkstamas vaizdas.

8 lentelė

Eksperimento rezultatai

		Patalpa A	Patalpa B	Patalpa C
Vaizdo raiška pikseliais		320x240	320x240	320x240
Duomenų perdavimo sparta bit/s	100000	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia 1,5 metro atstumu nuo sienos
Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia 1,5 metro atstumu nuo sienos

Dar vienas eksperimentas buvo atliktas nustačius mobiliuoje aplikacijoje *RobAki*s vaizdo raišką 174x144 pikseliai (9 lent.). Kaip ir su prieš tai buvusiais vaizdo raiškų nustatymais patalpose *105a* ir *105b*, vaizdas transliuojamas judant visose patalpų ribose. Didžiausią įtaką vaizdo raiškos nustatymai turi *104* patalpoje. Vaizdas transliuojamas iki 4 metrų atstumu nuo sienos. Bet vaizdas transliuojamas tokiu atstumu tik, kai išmanus telefonas yra kairėje patalpos pusėje. Dešinėje patalpos pusėje vaizdas transliuojamas iki 1,5 metro atstumu nuo sienos. Taip yra todėl, kad dešinėje patalpos pusėje yra metalinės spintos kurios ekranuoja Wi-Fi signalą.

Eksperimento rezultatai

		Patalpa A	Patalpa B	Patalpa C
Vaizdo raiška pikseliais		176x144	176x144	176x144
Duomenų perdavimo sparta bit/s	100000	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia 4 metrų atstumu nuo sienos
Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia visoje patalpoje	Vaizdo perdavimas veikia 4 metrų atstumu nuo sienos

#### 4.5 Išvados

1. Vaizdo perdavimui tarp išmaniųjų įrenginių su pasirinktu Wi – Direct bevieliu ryšio standartu, transliuojant vaizdą tarp dviejų įrenginių pasiektas 48 metrų atstumas. Atstumas pasiektas, tarp telefonų esant tiesioginiam matomumui. Kelyje nebuvo kliūčių, kurios galėtų įtakoti Wi – Fi ryšio stiprumą.
2. Pagal patalpų brėžinius matome, kad eksperimentas atliktas patalpoje (koridoriuje), kuri pereina į Holą. Holas yra platesnis negu koridorius, todėl papildomai atliktas eksperimentas pasiekus maksimalų 48 metrų atstumą. Judant lygiagrečiai sienai nustačius 176 x 144 vaizdo raišką, pavyko transliuoti vaizdą po 3 metrus į kiekvieną šoną. Naudojant kitas vaizdo raiškas atstumas ženkliai mažesnis.

#### 4.6 Vaizdo transliavimas tarp išmaniųjų telefonų naudojantis Wi-Fi Direct lauko sąlygomis.

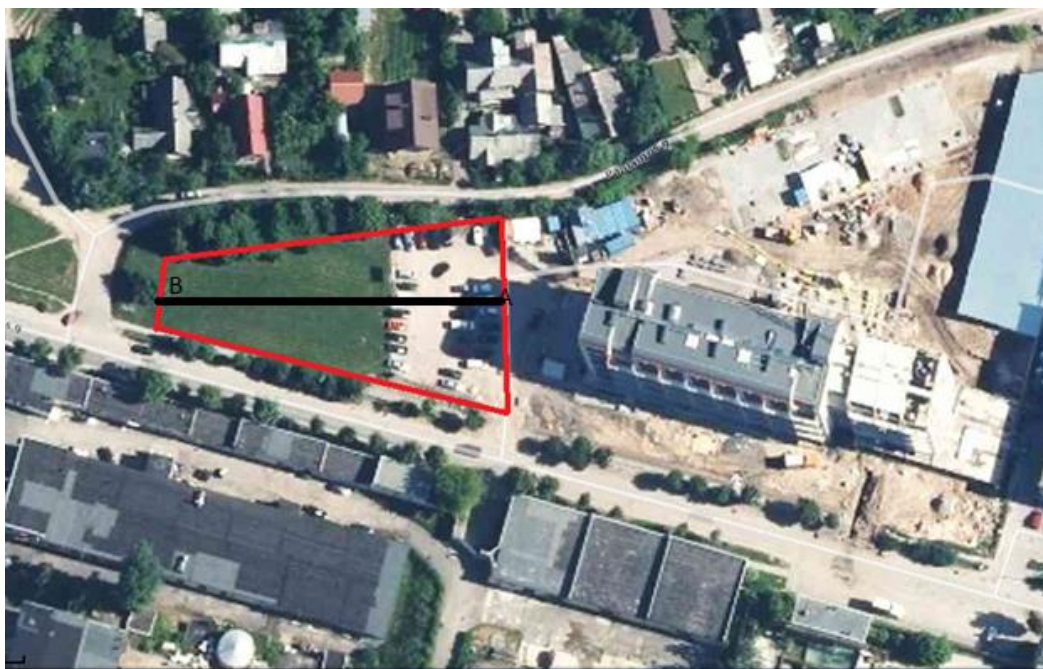
Eksperimentinis tyrimas atliktas lauke, netoliese buvo medžių ir pastatų. Dalis ploto, kuriame atliktas vaizdo perdavimas buvo asfaltuota aikštelė, kita ploto dalis veja, kurią iš abiejų pusių supo medžiai. Tyrimo metu telefonas transliuojantis vaizdą judėjo tiesiai nuo taško A į tašką B judėjimo metu nukrypimai į šonus buvo minimalūs (25 pav.). Juoda linija simbolizuoja judėjimo maršrutą. Abiejų išmaniųjų telefonų kryptis viso tyrimo metu buvo nekeičiama.

Lentelėje pateikiami rezultatai su naudotomis vaizdo raiškomis (10 lent.). Maksimalus 93m. atstumas tarp dviejų telefonų buvo pasiektas transliuojant 174x144 pikselių vaizdo raiška.

10 lentelė

Eksperimento rezultatai

Tyrimo atlikimo vieta	Laukas	Laukas	Laukas
Vaizdo raiška pikseliais	176x144	320x240	480x320
Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	2000000	2000000
Vaizdo transliavimo atstumas metrais	93m.	86m.	84m.



25 pav. Eksperimento vieta[11]

#### 4.7 Telefono orientacijos įtaka ryšio kokybei

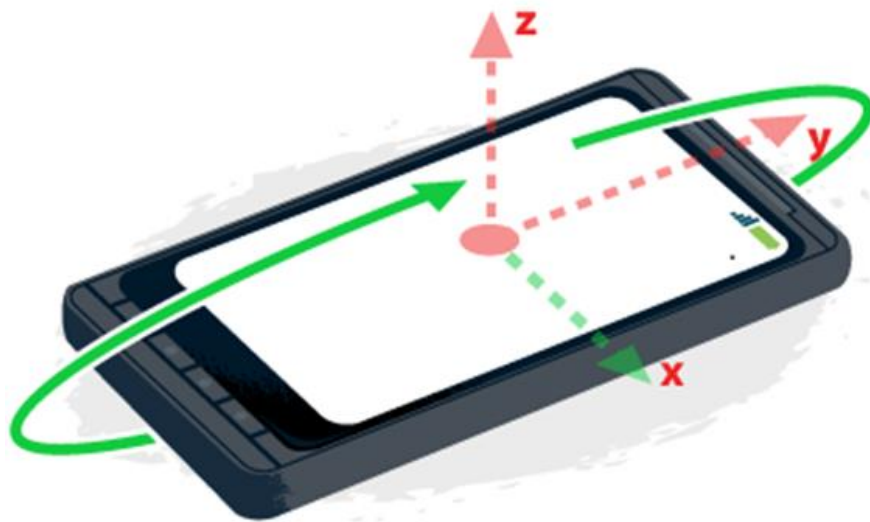
Tyrimas atliktas lauke, dalis ploto kuriame atliekamas eksperimentinis tyrimas asfaltuota aikštelė, kita ploto dalis veja, kuri kertasi su važiuojamąja kelio dalimi (26 pav.). Eksperimentas atliekamas pasukus abu išmanius telefonus 90 laipsnių kampu aplink X



koordinacių ašį (27 pav.). Abiejų telefonų kameros nukreiptos viena į kitą.



26 pav. Eksperimento vieta[11]



27 pav. Išmanaus telefono koordinacių sistema[12]

Eksperimento tikslas nustatyti ar daro įtaką telefono padėtis vaizdo transliavimo atstumui. Gautuose rezultatuose matosi, kad kai telefonų padėtis yra vertikali vaizdo transliavimo atstumas transliuojant 176x144 raiškos vaizdą padidėjo iki 135m (11 lent.). Laikant telefoną 135m. atstumu nuo vaizdą priimančio telefono, pakeitus telefono poziciją į horizontalią vaizdo transliavimas nutrūksta. Pratęsti transliavimą pavyksta atstačius telefono padėtį į vertikalią.

Eksperimento rezultatai

Tyrimo atlikimo vieta	Laukas	Laukas	Laukas
Vaizdo raiška pikseliais	176x144	320x240	480x320
Duomenų perdavimo sparta bit/s	2000000	2000000	2000000
Vaizdo transliavimo atstumas metrais	135m.	120m.	118m.

#### 4.8 Išvados

1. Atlikus eksperimentinį tyrimą transliuojant vaizdą tarp dviejų išmaniųjų telefonų lauko sąlygomis, pasiektas 135 metrų atstumas tarp įrenginių.
2. Atlikus eksperimentą, išmanaus telefono pozicijos įtaką vaizdo transliavimo atstumui, paaiškėjo, kad keičiant poziciją aplink telefono Z ašį įtakos atstumui nėra. Didžiausia įtaka transliuojamo vaizdo atstumui daroma keičiant padėti aplink išmanaus telefono X ašį. abiejų telefonų kameros nukreiptos į žemę, didžiausias atstumas, kuriame transliacija veikia 93 metrai.

#### 4.9 Aparatūrinė įranga mobilaus roboto prototipo kūrimui

Roboto judėjimo kryptį valdyti yra naudojami du nuolatinės srovės kolektoriniai varikliai. Roboto mobilią platformą sudaro keturi varantys ratai. Kiekvienas variklis suka po du skirtingų pusių ratus. Variklių sukimosi greičiui ir kryptį valdyti naudojama specializuota L298 H – tilto mikroschema. Vienu metu L298 mikroschema gali valdyti du nuolatinės srovės variklius. Variklių sukimosi greitis valdomas naudojant impulso pločio moduliacijos metodą. Valdymo signalai generuojami Arduino Uno mikrokompiuterio, kuris gavęs atitinkamas valdymo komandas keičia mobilios platformos judėjimo kryptį.

*Arduino Uno R3* (28 pav.) – programuojamas mikrokompiuteris turintis 14 skaitmeninių įėjimų/išėjimų (6 iš jų gali būti naudojami kaip impulso pločio moduliacijos išėjimai), 6 analoginiai įėjimai, USB sąsaja kuri gali būti naudojama ne tik kaip mikrokompiuterio programavimo sąsaja, bet ir būti naudojama kaip komunikacinė sąsaja su Android įrenginiu, kuris palaiko USB OTG funkcija.

*Arduino Uno R3* plokštėje yra integruotas 7CE50Z linijinis įtampos reguliatorius, kuris palaiko iki 20V įėjimo įtampą išėjime palaikydamas pastovią 5V įtampą, kurios reikia ATMEL 328P maitinimui. Dėl integruoto įtampos reguliatoriaus galima užmaitinti mikrokompiuterį, tiesiogiai nuo ličio polimerių akumuliatoriaus, kurio nominali įtampa 11.1V.



28 pav. Arduino mikrovaldiklis[13]

HC – 06 – Bluetooth naudojamas informacijai perduoti tarp dviejų įrenginių esant nedideliems atstumams (29 pav.). Skirstant pagal galią, HC-06 modulio maksimali leistina galia yra 4dBm, tai reiškia, kad maksimalus atstumas, kurį padengia šis modulis yra iki 10 metrų. Bluetooth technologija sukurta kaip laidinių komunikacijų pakaitalas. HC-06 Bluetooth modulis iš gamyklos atvyksta su numatytais nustatymais. Modulis yra nustatytas į SLAVE būseną, duomenų perdavimo sparta – 9600bit/s, nustatytasis žodžio ilgis 8bitai, klaidų tikrinimas perdavimo metu išjungtas (N – none), yra siunčiamas vienas STOP bitas. Visi išvardinti parametrai gali būti pakeisti naudojant specialias komandas. Greičiui pakeisti, AT + BAUD1,

nuo skaičiaus arba raidės po žodžio BAUD priklauso, kuris greitis bus nustatytas pasirinktinai iš lentelės (12 lent.)



29 pav. HC – 06 Bluetooth modulis[14]

12 lentelė

HC – 06 modulio palaikomi greičiai

Nr.	Sparta Baud rate
1	1200
2	2400
3	4800
4	9600
5	19200
6	38400
7	57600
8	115200
9	230400
A	460800
B	921600
C	1382400

#### 4.9.1 Bluetooth adapterio valdymas Android išmaniajame telefone

Telefonai su Android operacine sistema komunikacija tarp telefono ir HC-06 Bluetooth modulio naudojamas RFCOMM protokolas. Šis protokolas yra duomenų perdavimo lygmens protokolas emuliuojantis nuoseklųjį priedą (RS232) per L2CAP protokolą.

Yra keturi etapai, kuriuos reikia atlikti norint naudoti bluetooth išmaniajame telefone:

- Aktyvuoti bluetooth adapterį.
- Surandami įrenginiai, kurie jau yra suporuoti arba naujai pasiekiami.
- Prisijungti prie įrenginio.
- Perduoti duomenis tarp įrenginių.

Android Bluetooth API palaiko „Classic Bluetooth“ ir Bluetooth „Low Energy“, tiriamajam projektui naudojamas „Classic Bluetooth“. Bluetooth API leidžia aplikacijoms:

- Ieškoti netoliese esančių Bluetooth įrenginių.
- Siųsti užklausa vietiniam Bluetooth adapteriui apie suporuotus Bluetooth įrenginius.
- Sukurti RFCOMM kanalus.
- Siųsti ir priimti duomenis.
- Valdyti prisijungimus.

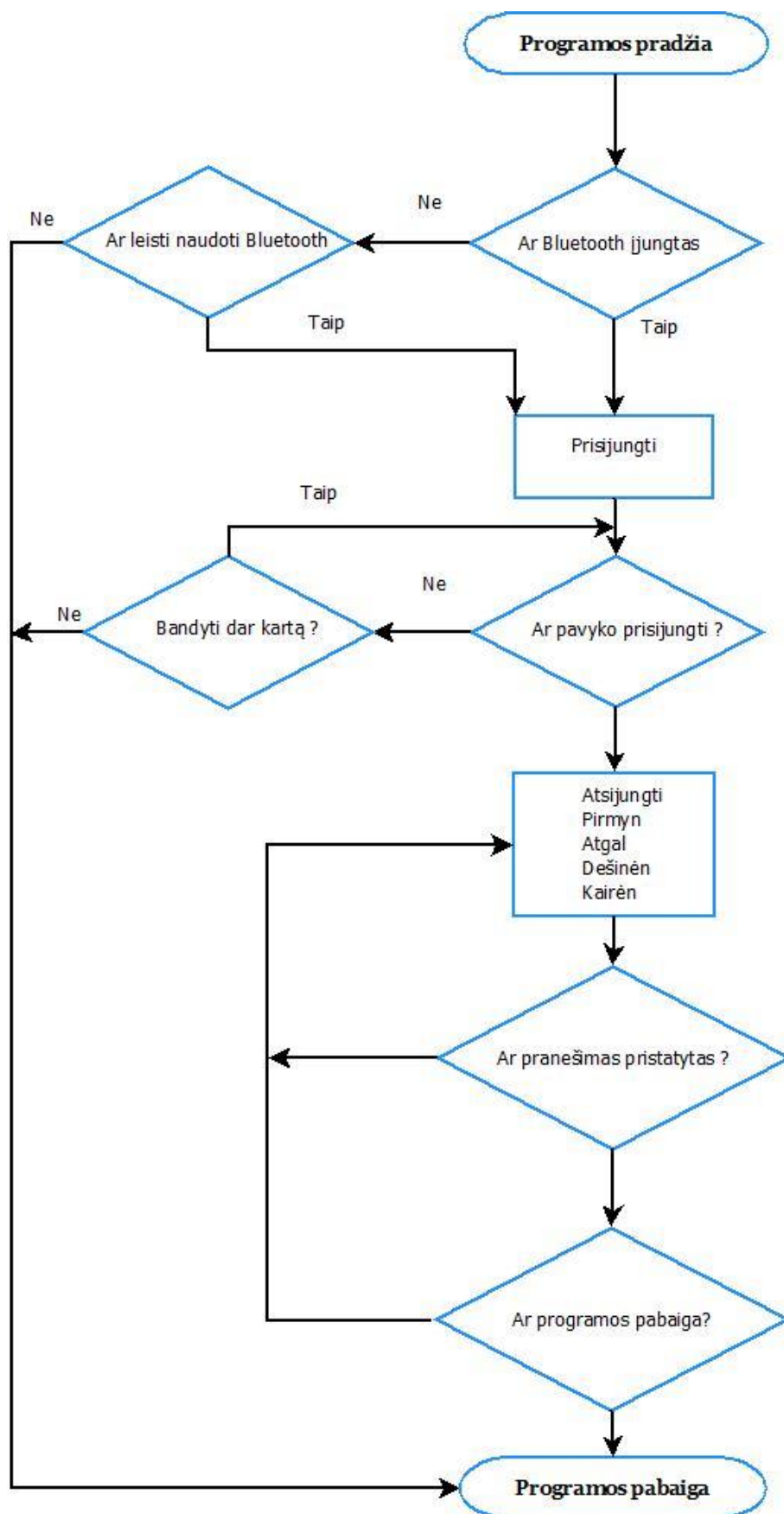
Visi šie veiksmai atliekami „MobilusRobotas I“ aplikacijoje. Startavus aplikaciją „Mobilus robotas“, patikrinama Bluetooth adapterio būseną, jeigu adapteris išjungtas atsiranda prašymas leisti įjungti Bluetooth. Pasirinkus įrenginį iš identifikuotų įrenginių sąrašo, siunčiama užklausa konkrečiam įrenginiui, kuris atgal siunčia UUID su palaikomais servisais (angl. Service) aplikacija gali toliau tęsti darbą tik gaudama atsakymą, kad įrenginys palaiko servigus skirtus šiam UUID 00001101-0000-1000-8000-00805F9B34FB. Iš esmės pagal šį kodą nusprendžiama kaip nustatyti virtualius nuoseklosios sąsajos kanalus ir sujungti Bluetooth įrenginius.

#### **4.10 Eksperimento programinė įranga išmaniajame telefone**

Mobilus Robotas I aplikacija skirta išmaniam telefonui su Android operacine sistema. Aplikacija gali būti įdiegta į išmaniuosius telefonus, kurių operacinės sistemos Android versija nuo 16 iki 23. Startavus aplikaciją pateikiama užklausa, kurioje prašoma leidimo aktyvuoti Bluetooth adapterį. Leidus aktyvuoti adapterį atveriamas pagrindinis aplikacijos langas. Šiame lange atliekamos visos valdymo funkcijos, taip pat priimama ir atvaizduojama informacija iš Arduino. Prieš startuojant aplikaciją Bluetooth modulis HC-06, turi būti suporuotas su išmaniuoju telefonu. Aplikacija naudoja tik įrenginius iš išmanaus telefono suporuotų įrenginių sąrašo. Jeigu suporuotų įrenginių sąrašė nebus įrenginio su vardu HC-06 aplikacija taip pat neveiks. Sėkmingai įvykdžius įrenginių suporavimą startuojama aplikacija, kurioje paspaudus *Prisijungti* mygtuką įgalinama komunikacija tarp telefono ir Arduino. Mobilus Robotas I aplikacijoje yra penki roboto valdymo mygtukai, *Pirmyn*, *Atgal*, *Kairėn*, *Dešinėn*, *Stop*. *TextView* langas, kuriame rodomi pranešimai: *Prisijungta*, *Atsijungta*, *Bandoma prisijungti* ir informacija gauta iš Arduino. Aplikacijos algoritmas pateikiamas (30 pav.)

Eksperimentiniam tyrimui įgyvendinti sukurtos dvi aplikacijos „Mobilus Robotas I“ ir „Mobilus Robotas II“. „Mobilus robotas I“ aplikacija skirta Arduino Uno mikrokompiuteriui, kuris atlieka mobilios platformos valdymo funkciją ir perduoda jutiklių informaciją į išmanų telefoną. Komunikacijai tarp išmanaus telefono ir Arduino įgyvendinti buvo pasirinktas Bluetooth bevielis standartas. Arduino Uno R3 mikrokompiuteryje nėra integruoto Bluetooth modulio, todėl naudojamas išorinis modulis HC-06 Bluetooth versija 2.0 + EDR. Bluetooth

modulis priima komandas iš išmaniojo telefono ir per nuoseklųjį prievadą perduoda komandas Arduino mikrokompiuteriui.



30 pav. Mobilus robotas I aplikacijos algoritmas

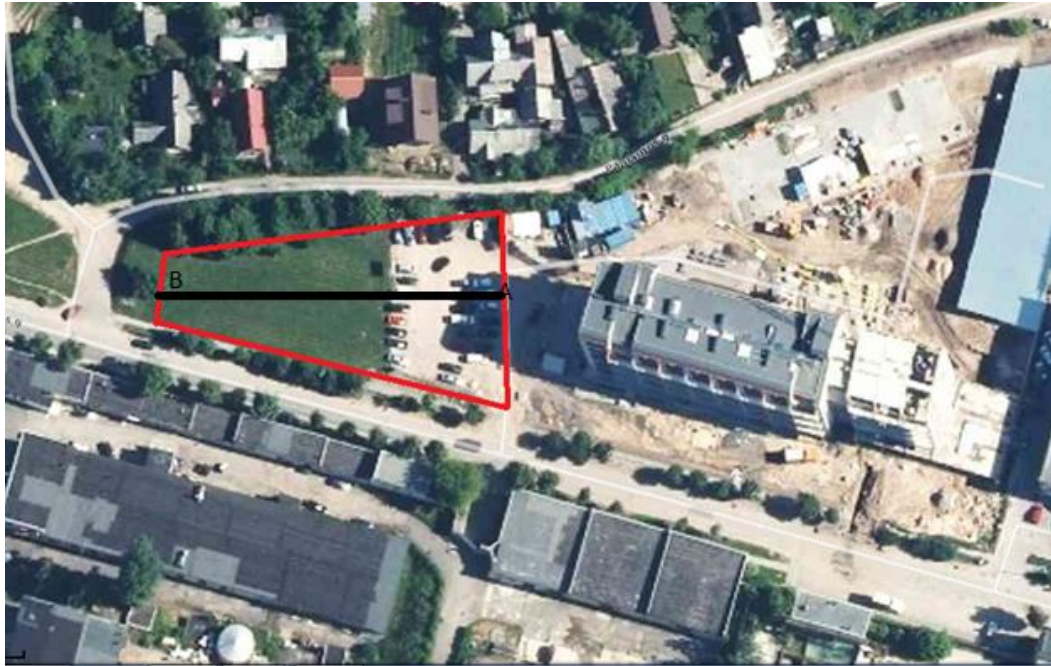
#### 4.10.1 Eksperimento programinė įranga Arduino Uno mikrokompiuteryje

Mobilus robotas II programa skirta Arduino Uno R3 mikrokompiuteriui, kuris valdo mobilią roboto platformą. Arduino gauna komandas iš išmaniaus telefono per HC-06 Bluetooth - Serial modulį. Programa gauna komandas iš telefono raidžių pavidale: *P – pirmyn, A – Atgal, K – Į kairę, D – Į dešinę, S – Stop*. Greitis nustatomas siunčiant skaitines reikšmes nuo 0 iki 4. Skaičiai turi priskirtas reikšmes : 0 – 0%, 1 – 40%, 2 – 70%, 3 – 78%, 4 – 100%, pasirinkus vieną iš reikšmių nustatomas greitis, maksimalaus greičio atžvilgiu.

#### 4.10.2 Mobilios platformos valdymas

Eksperimentinis tyrimas atliekamas lauke (31 pav.). Tyrimo aplinka tokia pat kaip ir atliekant vaizdo transliavimą tarp dviejų išmaniųjų telefonų naudojant Wi-Fi Direct standartą. Tyrimas atliekamas naudojant išmanųjį telefoną Sony Xperia Z1 D5503 su įdiegta Mobilus Robotas I aplikacija, telefonas atlieka *valdymo pulto* funkciją. Taip pat naudojama mobili platforma su Arduino Uno R3, kurioje įrašyta Mobilus Robotas II programa.

Atliktas maksimalaus atstumo duomenų apsikeitimui tyrimas naudojantis Bluetooth bevieliu ryšiu. Tyrimo metu siunčiamos valdymo komandos tarp mobilios platformos ir išmaniaus telefono. Išmanus telefonas ir HC – 06 Bluetooth modulis laikomi vienodame 120 centimetrų aukštyje. Didžiausias atstumas tarp įrenginių, kurių pavyko nutolti yra 75 metrai, didinant atstumą tapdavo neįmanoma siųsti komandas. Mobilus Robotas I aplikacijoje roboto



31 pav. Eksperimento atlikimo vieta[15]

valdymo mygtukai tapdavo neaktyvūs, bet įrenginiai likdavo tarpusavyje susijungę. Valdymo mygtukai tapdavo aktyvūs priartėjus prie mobilios platformos maždaug 1 – 2 metrus nuo prieš tai buvusios valdymo pozicijos. Taip pat atliktas eksperimentas keičiant valdymo pulto padėtį iš horizontalios į vertikalią ir atvirkščiai. Atliekant valdymo pulto padėties eksperimentą nepastebėta įtaka veikimo atstumui, atstumas išliko tas pats 75 metrai (13 lent.).

13 lentelė

Tyrimo rezultatai lauke

Tyrimo atlikimo vieta	Laukas	Laukas	Laukas
Telefono padėtis horizontali	75m.	74m.	75m.
Telefono padėtis vertikali	75m.	75m.	75m.

Antra eksperimento dalis atlikta valdymo pultą laikant 120 centimetrų aukštyje nuo pagrindo. HC – 06 Bluetooth modulis pritvirtintas ant mobilios platformos 12 centimetrų aukštyje nuo pagrindo. Atstumas kuriame vis dar buvo gaunamos komandos sumažėjo iki 42 metrų (14 lent.).



Tyrimo rezultatai lauke

Tyrimo atlikimo vieta	Laukas	Laukas	Laukas
Telefono padėtis horizontali	42m.	42m.	42m.
Telefono padėtis vertikali	42m.	42m.	42m.

#### 4.11 Tyrimo išvados

Atlikus eksperimentinį tyrimą panaudojant mobilaus roboto prototipą ištirtas Bluetooth bevielio standarto panaudojimo galimybės mobilių robotų valdymui. Bluetooth nebūtina naudoti tiesioginiai komunikacijai su valdymo pultu, nes atstumas naudojant Wi-Fi Direct duomenų perdavimui pasiektas didesnis taip pat naudojant Bluetooth standartą prarandama vaizdo perdavimo galimybė dėl palaikomos duomenų perdavimo spartos. Du ar daugiau mobilių robotų gali sekti vienas kitą keičiantis jutiklių informacija, taip pat perduodant roboto padėties informaciją naudojantis Bluetooth bevieliu standartu. Tyrimo metu paaiškėjo, kad robotai gali laikytis iki 42 metrų distancijos vienas nuo kito. Atstumas gali būti pasiektas didesnis iškeliant Bluetooth modulį į didesnę aukštį.

## 5. IŠVADOS

1. Išanalizuoti būdai grafinės informacijos perdavimo tarp dviejų išmaniųjų įrenginių ir pasirinkta WiFi Direct platforma.
2. Ištirta, kad uždaroje patalpose patikimas WiFi ryšys priklauso nuo perduodamo vaizdo raškos ir maksimalus atstumas siekia 48 metrų. Tai taip pat gali įtakoti vaizdo glaudinimo standartas ir programos netobulumas.
3. Nustatyta, kad maksimalus perdavimo atstumas priklauso nuo mobiliųjų įrenginių tarpusavio orientacijos.
4. Išanalizuoti būdai komandų ir jutiklių informacijos perdavimo tarp išmanaus įrenginio ir roboto borto kompiuterio. Pasirinkta Bluetooth technologija.
5. Ištirta, kad Bluetooth technologija užtikrina patikimą ryšį iki 75 metrų, valdymo pultui ir Bluetooth moduliui esant vienodame 120cm. aukštyje. Bluetooth moduliui esant 15 cm aukštyje atstumas sumažėjo iki 42 metrų.

## 6. LITERATŪROS ŠARAŠAS

1. Android mobile phone controlled Wi-Fi robot. Prieiga per internetą:  
<http://ijarece.org/wp-content/uploads/2015/06/IJARECE-VOL-4-ISSUE-6-1697-1701.pdf> [žiūrėta 2016-03-09].
2. WALKER, A.M. and MILLER, D.P. *Tele-Operated Robot Control using Attitude Aware Smartphones*. IEEE, 2012. ORTIZ, J.E.C., 2012. *Visual Servoing for an Omnidirectional Mobile Robot using the Neural Network-Multilayer Perceptron*. IEEE.
3. ORTIZ, J.E.C. *Visual Servoing for an Omnidirectional Mobile Robot using the Neural Network-Multilayer Perceptron*. IEEE, 2012.
4. ZAFAR, T., KHAN, M.U., NAWAZ, A. and AHMAD, K.F. *Smart Phone Interface for Robust Control of Mobile Robots*. IEEE, 2014.
5. YANG, Y., et al. *Parent-Child Robot System for Rescue Missions*. IEEE, 2009.
6. AndroidSpybot. Prieiga per internetą:  
[http://www.ece.rutgers.edu/files/capstone/capstone2014/Jason\\_Kelch\\_Spybot/Spybot\\_FinalReport.pdf](http://www.ece.rutgers.edu/files/capstone/capstone2014/Jason_Kelch_Spybot/Spybot_FinalReport.pdf) [žiūrėta 2016-01-18].
7. USB OTG sąsaja. Prieiga per internetą: <http://www.usb.org/developers/onthego/> [žiūrėta 2016-02-10].
8. Bluetooth standartas. Prieiga per internetą:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Wiki/Bluetooth> [žiūrėtas 2016-02-10].
9. Rutkauskas R. *Valdymo sistemų komunikacijos*. Kaunas: TEV 2012. ISBN 978-609-433-114-5. 71p.
10. BORENSTEIN, J., EVERETT, H.R., FENG, L. and WEHE, D. *Mobile Robot Positioning-Sensors and Techniques*, 1997.
11. Enkoderių projektavimo gidas. Prieiga per internetą:  
<http://www.avagotech.com/docs/AV00-0128EN> [žiūrėta 2016-02-10].
12. Atstumo greičio matavimai. Prieiga per internetą:  
[http://techno.su.lt/~valiulis/dokai/Elmat8\\_atstumo\\_geicio\\_mat\\_2007.pdf](http://techno.su.lt/~valiulis/dokai/Elmat8_atstumo_geicio_mat_2007.pdf) [žiūrėta 2016-02-10]
13. BORENSTEIN, J., EVERETT, H.R., FENG, L. and WEHE, D. *Mobile Robot Positioning-Sensors and Techniques*, 1997.
14. PETRU, L. and MAZEN, G. PWM Control of a DC Motor used to Drive a Conveyor Belt. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 100. pp. 299-304.

15. H.264 Vaizdo glaudinimo standartas. Prieiga per internetą:  
[http://www.axis.com/files/whitepaper/wp\\_h264\\_31669\\_en\\_0803\\_lo.pdf](http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_h264_31669_en_0803_lo.pdf) [žiūrėta 2016-05-15]
16. HOQUE, M.A., et al. Mobile Multimedia Streaming Techniques: QoE and Energy Saving Perspective. *Pervasive and Mobile Computing*, 2015, vol. 16. pp. 96-114.
17. Šiurkus M., Kaklauskas L., Daugiataškės centralizuotos reklamos sistemos technologinių sprendimų tyrimas, 2015. 181-187 p.

## 6.1 Paveikslėlių sąrašas

1. WALKER, A.M. and MILLER, D.P. Tele-Operated Robot Control using Attitude Aware Smartphones. IEEE, 2012. ORTIZ, J.E.C., 2012. Visual Servoing for an Omnidirectional Mobile Robot using the Neural Network-Multilayer Perceptron. IEEE.
2. ORTIZ, J.E.C. *Visual Servoing for an Omnidirectional Mobile Robot using the Neural Network-Multilayer Perceptron*. IEEE, 2012.
3. YANG, Y., et al. *Parent-Child Robot System for Rescue Missions*. IEEE, 2009.
4. Enkoderių projektavimo gidas. Prieiga per internetą:  
<http://www.avagotech.com/docs/AV00-0128EN> [žiūrėta 2016-02-10].
5. Arduino Wiki. Prieiga per internetą: <https://arduino-info.wikispaces.com/Analog-Output> [žiūrėta 2016-04-25]
6. PETRU, L. and MAZEN, G. PWM Control of a DC Motor used to Drive a Conveyor Belt. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 100. pp. 299-304.
7. H.264 Vaizdo glaudinimo standartas. Prieiga per internetą:  
[http://www.axis.com/files/whitepaper/wp\\_h264\\_31669\\_en\\_0803\\_lo.pdf](http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_h264_31669_en_0803_lo.pdf) [žiūrėta 2016-05-15]
8. HOQUE, M.A., et al. Mobile Multimedia Streaming Techniques: QoE and Energy Saving Perspective. *Pervasive and Mobile Computing*, 2015, vol. 16. pp.
9. H.264 Vaizdo glaudinimo standartas. Prieiga per internetą:  
[http://www.axis.com/files/whitepaper/wp\\_h264\\_31669\\_en\\_0803\\_lo.pdf](http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_h264_31669_en_0803_lo.pdf) [žiūrėta 2016-05-15]
10. Viešasis tinklaraštis. Prieiga per internetą:  
<http://packetlife.net/blog/2010/jun/4/blocking-unknown-unicast-flooding/>  
[žiūrėta 2016-05-16]

11. Maps.lt ortofoto nuotrauka. Prieiga per internetą:  
<http://www.maps.lt/map/default.aspx?lang=lt#q=paplaujos> [žiūrėta 2016-05-20]
12. Viešasis tinklaraštis. Prieiga per internetą:  
<http://loopinfinito.com.br/2012/10/10/accelerometro-do-mallandro-glu-glu-ie-ie/>  
[žiūrėta 2016-04-16]
13. Arduino Uno. Prieiga per internetą:  
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> [žiūrėta 2016-01-16]
14. HC-06 Bluetooth modulis. Prieiga per internetą:  
[http://www.nisangrobotics.com/index.php?route=product/product&product\\_id=99](http://www.nisangrobotics.com/index.php?route=product/product&product_id=99)  
[žiūrėta 2016-05-10]
15. Maps.lt ortofoto nuotrauka. Prieiga per internetą:  
<http://www.maps.lt/map/default.aspx?lang=lt#q=paplaujos> [žiūrėta 2016-05-20]