

# ROBOTIZUOTOS SISTEMOS VALDYMO IR MONITORINGO PROCESŲ INFORMACINĖS SISTEMOS MODELIS

Remigijus Pečiulis, Danielius Adomaitis, Igor Šajev, Mindaugas Aikas

*Kauno kolegija*

**Anotacija.** Sparčiai plečiantis robotizuotų sistemų taikymo sričių spektrui, jų atliekamų funkcijų valdymui vis labiau pasitelkiamos bevielės technologijos, kurių dėka išvystomas didesnis tokių sistemų mobilumas. Nežiūrint šių technologijų teikiamų privalumų, efektyvesniam sistemų valdymui bevieliu ryšiu būtina atlikti eilę eksperimentinių tyrimų, leidžiančių nustatyti nuotolinio valdymo galimybes ir tuo pačiu optimizuoti sistemų atskirų funkcijų vykdymo tikslumą. Straipsnyje apžvelgiama kuriamos informacinės roboto valdymo ir monitoringo sistemos struktūra, jos atliekamos funkcijos ir veikimo principai, bevielio ryšio technologijų taikymas sukurto realaus sistemos modelio valdymui ir jo specialių funkcijų vykdymo kontrolei.

**Raktiniai žodžiai:** Informacinė sistema, bevielis ryšys, veikimo ribos, valdymo sistemos funkcionalumas, neigiamų faktorių įtaka.

## Įvadas

Šiuolaikinės informacinės sistemos leidžia valdyti bei stebėti net ir labai sudėtingus pramoninius procesus realiu laiku. Daugeliu atveju atskirų sistemos objektų valdymui pasitelkiamas bevielis ryšys, kurio veikimo ribas sąlyginai įtakoja tokie faktoriai kaip pvz., nepakankama ryšio kokybė dėl pastatų konstrukcinių ypatumų, bevielio ryšio stotelių išdėstymo, pačio tinklo struktūroje naudojamos techninės ir programinės įrangos.

Siekiant aukštesnio tokio tipo sistemų efektyvumo lygio yra taikomi sudėtingas ryšio funkcijas apjungiantys algoritmai ir jų pagrindų sudaryti programiniai kodai, kuriuose akcentuojamos tik pačios svarbiausios sistemos atliekamos operacijos. Tokiu būdu suderinami sistemos valdymui taikomi techniniai ir programiniai sprendimai (Faudzi, Kuzman, Azman, Ismail, 2012), leidžiantys pasiekti pakankamą atliekamų veiksmų spartą ir tikslumą.

Straipsnyje nagrinėjama robotizuotų sistemų valdymo bevieliu ryšiu **problematika**, kurios pagrindą sudaro nepakankama duomenų perdavimo sparta, įtakojama bevielio tinklo taikomos struktūros ir atitinkamai būtinos tokių sistemų funkcijų valdymui ryšio kokybės. Patikimam ir saugiam robotizuotos sistemos valdymui (Han J., Chang R., 2011; Mehdi H., Boubaker O., 2012) bevieliu ryšiu būtina parengti informacines sistemas, leisiančias įvertinti valdomos sistemos įrenginių būseną realiu laiku, modelį. Taip pat, atlikti bevielio tinklo ryšio tyrimus eksperimentinėje patalpoje valdymo galimybių nustatymui.

**Tyrimo objektas** – robotizuotos sistemos valdymo ir monitoringo procesų informacinė sistema.

**Tyrimo tikslas** – sukurti informacinės sistemos modelį ir pirminį valdymo programos algoritmą, leisiantį įvertinti valdomos sistemos įrenginių būseną realiu laiku.

### Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti srities mokslinių-praktinių tyrimų nagrinėjama tematika, analizę.

2. Sudaryti nagrinėjamos informacinės (techninė ir programinė įranga) sistemos koncepcinį modelį, išskiriant esamą bevieliu būdu valdomų sistemų trūkumus.

3. Atlikti bevielio ryšio tinklo eksperimentinį tyrimą ir įvertinti nuotolinio robotizuotos sistemos valdymo galimybes eksperimentinėse patalpose.

4. Įvertinti kuriamos informacinės sistemos, leisiančios pasiekti robotizuotos sistemos valdymo aukštesnę efektyvumą, modelio privalumus ir trūkumus.

**Tyrimo metodai** – srities mokslininkų naujausių tyrimų apžvalga; parametrų palyginimo, eksperimento, rezultatų apibendrinimo bei grafinio modeliavimo metodai.

## Bevielės technologijos ir įtolinto valdymo principai

Kuriant informacines sistemas ir jų pagrindų diegiant įtolintą autonominių sistemų valdymą, dar bevielio tinklo projektavimo metu būtina iš anksto numatyti alternatyvaus ryšio galimybes. Šiam tikslui gali būti pasitelkiama techninė įranga, palaikanti

bei užtikrinti patikimą ir saugų ryšį su atskirais valdomos sistemos moduliais (Yusoff, Ibrahim, Hamzah, Kadir, 2012; Yusoffa, Samin, Ibrahimc, 2012).

Bevielio ryšio tinklais valdant specialios paskirties autonomines sistemas ar objektus yra naudojama signalų stiprinimo aparatūra, taip išlaikant pakankama vykdomiems duomenų mainams reikalingą ryšio kokybę. Papildomai nepriekaištingam sistemų valdymui kuriami algoritmai, leidžiantys išgauti aukštesnį valdymo sistemų veikimo efektyvumą ir funkcionalumą.

Bevielio ryšio (angl. Wi-Fi) technologija leidžia realizuoti duomenų perdavimą kompiuteriniais tinklais naudojantis plačiajuosčiu radijo ryšiu. Ji paremta DSSS (angl. Direct Sequence Spread Spectrum) ir OFDM (angl. Orthogonal Frequency Division Multiplexing) signalų moduliacijų technologijomis. Taip valdomi įrenginiai gali būti apjungiami į vietinį tinklą, o per prieigos taškus siųsti/gauti konkrečiai sistemai ar jos moduliui reikalingus duomenis.

Nežiūrint to, aprėpiama patikimo bevielio ryšio zona tarp atskirų tinklo įrenginių labai priklauso nuo naudojamos įrangos techninių parametrų ir aplinkos sąlygų. Šiuo metu plačiai naudojami 802.11 bevielio ryšio standartai, kurių kiekvienas apibrėžia veikimo nuotolį ir perduodamų duomenų spartą.

Tarkime, 802.11b standartu apibrėžtas įrenginys teoriškai gali palaikyti iki 11 Mbps, o 802.11n standartu suderinamas įrenginys net iki 300 Mbps duomenų srautus. Tačiau, maksimali vartotojo duomenų perdavimo sparta praktikoje paprastai neviršija 50% teorinės spartos vertės, dėl perteklinės ryšio ir duomenų perdavimo protokolų informacijos bei bevielį ryšį slopinančios išorinės aplinkos poveikio.

### Sukurto bevielio tinklo struktūra

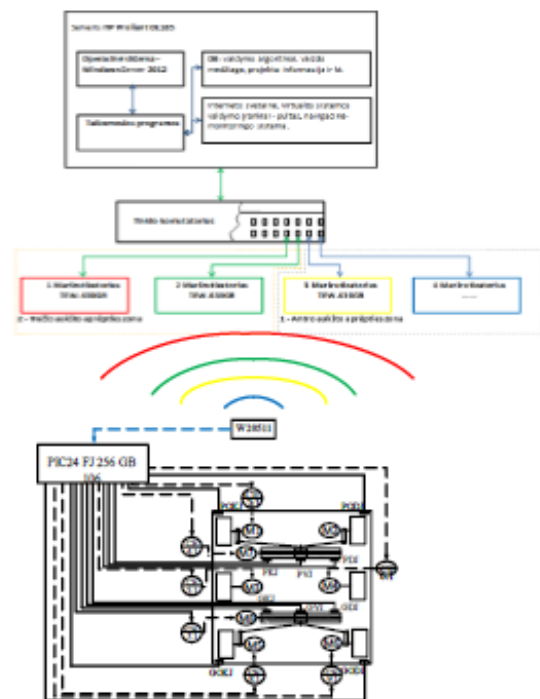
Projekto vykdymo metu buvo įrengtas specialiai sukurtos roboto sistemos įtolintam valdymui skirtas bevielis kompiuterinis tinklas (1 pav.), išsidėstęs Kauno kolegijos Technologijų ir kraštovarkos fakulteto antrame ir trečiame aukštuose. Šiam tikslui panaudoti 3 maršrutizatoriai TEW-639GR, kuriais valdomas robotas per jame integruotą W20511 WI-FI modulį.

Bevielio ryšio sistema nustatyta taip, kad susilpnėjus ryšio signalui nuo naudojamo maršrutizatoriaus iki roboto, valdymas būtų automatiškai perjungiamas per kitą maršrutizatorių, tokiu bū-

du užtikrinant nepertraukiamą valdymą realiu laiku. Siekiant visiškai užtikrinti sukurto roboto judėjimo saugumą, priimamos informacijos talpinimui bei šios sistemos valdymui priskirtas atskiras serveris. Jame sukurtoje duomenų bazėje patalpinti roboto sistemos valdymo algoritmai, instrukcijos, taisyklės, ant roboto įrengtos bevielės vaizdo kameros filmuota medžiaga ir interneto svetainė su integruotu virtualiu valdymo pultu, kurio pagalba galima valdyti šią sistemą realiu laiku (Nudurupati D. P., Singh R. K., 2013; Miklušis R., Rupeika D., Aikas M., Ribakovas V., Šliaužys E., 2013).

Nežiūrint teikiamų bevielio ryšio tinklo privalumų, susidurta su ryšio problemomis, kurios iš dalies arba visiškai įtakojo sistemos valdymo galimybes.

Atlikus matavimus, susijusius su valdymo signalų perdavimu, dalies operacijų vykdymui pasitelktos alternatyvios komunikacijos. Ppavyzdžiui, valdomo roboto avarinės situacijos arba smūginio poveikio signalizavimo techninė sistema, veikianti GSM ryšiu ir informuojanti apie įvykį roboto sistemos operatorių trumpuoju pranešimu.



1 pav. Bevielio tinklo struktūra su valdoma robotizuota sistema.

Tokiu būdu atskiras bevielis tinklas šio roboto valdymui leidžia užtikrinti sistemos valdymo patikimumą ir perduodamos valdymo informacijos saugumą. Taip pat atsižvelgta į vieną svarbiausių faktorių, lemiančių tinklo spartą, t.y., perduodant didesnius duomenų kiekius galimos įvairios informacijos perdavimo kolizijos. Jų skaičiaus sumaži-

nimui būtina tiksliai įvertinti ryšio stiprumą (Rashid M. M., Zain N. S. M., Zain F. M., 2012; Rupeika D., Ribakovas V., Šliaužys E., Miklušis R., Aikas M., 2013) atskirose paslaugų teikimo zonose, bei padidinti pakankamam bevielio ryšio stiprumo užtikrinimui reikalingą ryšio linijų ir galinių įrenginių skaičių.

### Roboto įtolinto valdymo įrangos parinkimas

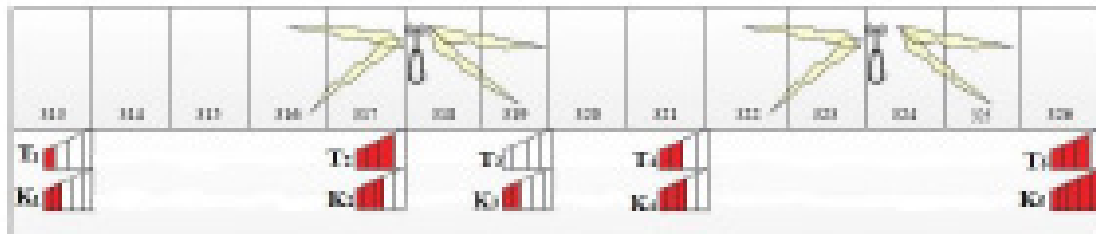
Informacinės sistemos kūrimo metu pagrindinis prioritetas buvo teikiamas sistemos valdymo tikslumui ir jos atliekamų operacijų savalaikiam įvykdymui. Tuo tikslu atlikti eksperimentiniai matavimai, leidę nustatyti valdymo galimybes bevieliu ryšiu skirtingais nešiojamaisiais įtaisais.

Pirmuoju atveju, matavimams pasitelktas firmos Samsung mobilusis telefonas „Galaxy - S7562“ (1

pav. pažymėtas – T), antruoju – kompiuteris Asus „X54C“ (1 pav. pažymėtas - K), turintis vidinį bevielio ryšio adapterį „Ralink RT5390 802.11 b/g/n“.

Eksperimento metu pastebėta, kad matavimų rezultatus iš dalies įtakojo kiekvieno iš šių įrenginių turimi energijos resursai (1 lentelė), reikalingi ryšio modulių maitinimui ir tuo pačiu perdavimo signalo stiprumui palaikyti.

Pagrindinis eksperimentinių matavimo metu pastebėtas tiriamo bevielio tinklo trūkumas tas, kad ryšiui naudojama radijo bangų spektro juosta gali būti užgožta pašalinių radijo triukšmų, kas stipriai įtakoja ryšio kokybę ir nuo jos proporcingai priklausančių duomenų perdavimo greitį. Taip pat, reikia įvertinti tai, kad ryšio kokybė ypatingai žema pastatuose su storomis gelžbetoninėmis sienomis bei priklauso nuo prisijungusių vartotojų kiekio ir naudojamo duomenų srauto



2 pav. Bevielio ryšio stiprumo vertinimas vykdomo eksperimento patalpose.

1 lentelė. Eksperimentui atlikti naudotų nešiojamų įrenginių akumuliatorių charakteristikos.

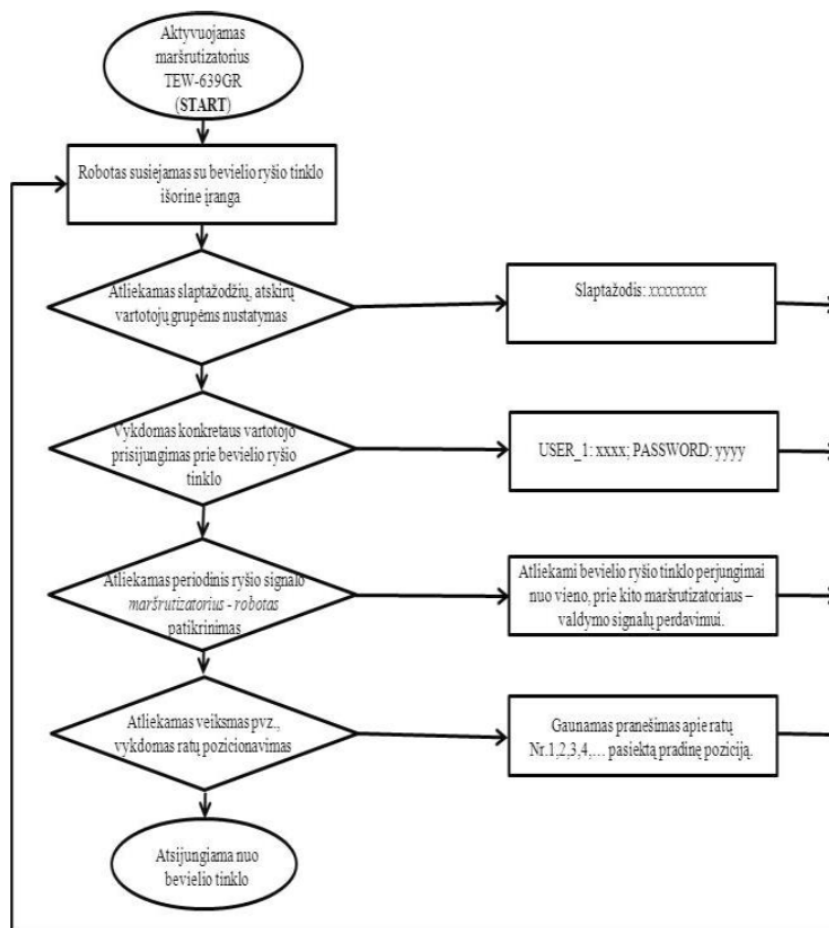
Kompiuteris – „Asus X54C“	Telefonas – „Samsung Galaxy S7652“
Li-ion akumuliatorių blokas A41-K53	Li-ion akumuliatorius GB/T18287-2000
+14,4 V	+3,8 V
2600 mAh, 37 Wh	1500 mAh, 5,70 Wh
Min talpa 14,4 V 2,5 Ah	Min talpa 4,35 V

### Roboto valdymo bevieliu ryšiu algoritmas

Šiame skyriuje pateikiamas roboto valdymo bevieliu ryšiu algoritmas. Kadangi sistemos valdymo metu didelis dėmesys kreipiamas į bevielio ryšio tinklo saugumą, prisijungimas prie sistemos valdymo buvo vykdomas keliais etapais: pirma - nustatomi slaptažodžiai atskiroms vartotojų grupėms, antra - prisijungiant prie sistemos valdymo pulto, identifikuojamas konkretus vartotojas, ir trečia – identifikavus vartotoją, leidžiamos atitinkamos vykdyti roboto valdymo operacijos.

Paties roboto valdymo metu pradžioje aktyvuojami visi trys tinklo maršrutizatoriai TEW-639GR. Arčiausiai esančio maršrutizatoriaus pagalba roboto sistema per tinklo serverį surišama su virtualiu operatoriaus pultu, kurio pagalba robotas prisijungia prie bevielio ryšio stotelės. Tokiu būdu valdoma sistema yra susiejama su bevielio ryšio išorine įranga, ir yra atliekamas atskirų vartotojų grupių slaptažodžių nustatymas. Vėliau pradedamas vykdyti konkretaus vartotojo prisijungimas prie bevielio ryšio tinklo, bei atliekamas periodinis ryšio signalo robotas-maršrutizatorius patikrinimas. Įjungus sistemą, pirmiausiai atliekamas roboto sistemos ratų pozicionavimas, o į kompiuterį gaunamas pranešimas apie ratų pradinę poziciją.

Kai atitinkamai patikrinama ir kitų sistemos modulių pradinė būseną, išbandoma, kaip robotas gali judėti įvairiomis kryptimis, o baigus galimų atlikti judesių manevrus, yra atsijungiama nuo bevielio ryšio tinklo. Bendru atveju, robotui judant patalpoje, yra atliekami bevielio ryšio tinklo perjungimai valdymo signalų perdavimui nuo vieno maršrutizatoriaus prie kito.



3 pav. Roboto pagrindinių funkcijų valdymo bevieliu ryšiu algoritmas

### Roboto monitoringo sistemos funkcijos ir jų valdymas

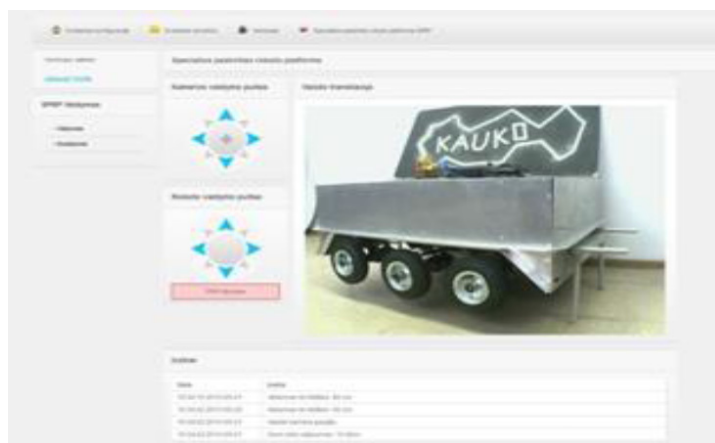
Valdymo tikslumui aplinkoje (Serrão M., Rodrigues J.M.F, du Bufa J.M.H., 2013) nustatyti naudojama vaizdo kamera, bevieliu ryšiu transliuojanti informaciją apie esamą roboto vietą.

Nepaisant roboto korpuse integruotų atstumo ir smūgio jutiklių, roboto vieta valdymo operatoriui patikslinama vaizdo kamera CAMIP5N. Jos pagalba vaizdas gali būti pasiekiamas iš bet kurios pasaulio vietos, interneto naršyklės ir specializuotos programinės įrangos pagalba (Chandavarkar R., Ram Mohan Reddy G., 2011). Vaizdo kameros valdymui (3 pav.) galima sukurti iki 9 vartotojų, turinčių skirtingas 3 lygių teises: administratoriaus – pilnai galinčio keisti vaizdo stebėjimo parametrus, registruoto vartotojo – galinčio atlikti dalinius keitimus, svečio – tik transliuojamo vaizdo stebėjimui. Viena metu prie šio įrenginio gali jungtis keli vartotojai, o vaizdo transliavimui pakanka 128 kbps tinklo pralaidumo spartos (Johansson K., 2007; Belghith A., Aissa M., Mnaouer A. B., 2012; Wang J., Fu

X., 2012). Joje taip pat įdiegtos tokios funkcijos, kaip nuotolinis pakreipimo valdymas vertikalia ir horizontalia ašimi, infraraudonųjų spindulių apšvietimas, judesio aptikimo perspėjimas elektroniniu paštu arba įkeliant nuotrauką į FTP serverį ir kt.

Interneto puslapyje taip pat integruotas virtualus monitoringo sistemos pultas (5 pav.), leidžiantis stebėti esamą atskirų modulių būseną pvz., kai konkretus įrenginys „įjungtas/ išjungtas“, eigos/po-sūkio variklių ašis sukama „pirmyn/ atgal“, vaizdo kameros modulis „aktyvus/neaktyvus“ ir pan. Ši virtualaus pulto dalis parodo realiu laiku veikiančių arba neveikiančių įrenginių indikaciją, tačiau nesuteikia galimybės atitinkamam vartotojui valdyti priskirtų įrenginių.

Papildantis indikacijos pultą, virtualus sistemos įrenginių valdymo pultas, integruotų mygtukų pagalba leidžia įjungti arba išjungti sistemoje esančios techninės įrangos modulius, o vaizdo apdorojimo ir jo įrašymo į serverį funkcijoms apjungti, sukurtas interneto tinklapis su integruotu virtualiu roboto platformos valdymo ir vietos nustatymo pultu.



4 pav. Roboto valdymo vaizdo transliacija internete.

Monitoringo sistemos funkcijos (valdomų įrenginių kontrolė)												
	1 variklis		2 variklis		3 variklis		4 variklis		5 variklis		6 variklis	
<b>Eigos varikliai</b>	Į priekį	Atgal	Į priekį	Atgal	Į priekį	Atgal	Į priekį	Atgal	Į priekį	Atgal	Į priekį	Atgal
<b>Posūkio varikliai ir jų valdomų pavarų galinės padėties</b>	1 priekinės ašies pavaros variklis				2 nereguliuojama ašis				3 galinės ašies pavaros variklis			
	KGI indikat.		DGI indikat.						KGI indikat.		DGI indikat.	
<b>Roboto platformos ryšio moduliai</b>	Bevielio (WiFi) ryšio modulis				Trumpųjų radijo bangų (Bluetooth) ryšio modulis				Mobiliojo (GSM) ryšio modulis			
	Įjungtas		Išjungtas		Įjungtas		Išjungtas		Įjungtas		Išjungtas	
<b>Vaizdo kameros modulis</b>	Aktyvuotas						Neaktyvuotas					

5 pav. Virtualus monitoringo sistemos indikacijos pultas.

## Išvados

1. Atlikus srities mokslinių-praktinių tyrimų analizę, paaiškėjo, kad dauguma nuotolinių valdymo sistemų saugumo uždavinių paremti bevielio ryšio patikimumu.
2. Sudarytas informacinės sistemos koncepcinis modelis, apibrėžiantis svarbiausias sukurtos robotizuotos sistemos valdymo funkcijas ir atskirų jos modulių būsenas realiu laiku.
3. Atliktas bevielio ryšio tinklo eksperimentinis tyrimas leido nustatyti patalpų zonas, kuriose robotizuotos sistemos valdymas gali būti vyk-

domas nepertraukiamai, ir kitas vietas, kuriose būtina įrengti papildomą įrangą, užtikrinančią pakankamą valdymo operacijų vykdymui bevielio ryšio stiprumą.

4. vertinus sukurtą informacinės sistemos modelį, galima teigti, kad numatytos įdiegti svarbiausios, didesniai valdymo efektyvumui užtikrinti reikalingos funkcijos. Jos padės optimaliai valdyti turimus energijos resursus, suderinti eigos ir posūkio variklių veikimo tikslumą bei realiu laiku stebėti svarbiausius sistemos veikimą įtakojančius parametrus.



Tačiau, siekiant didesnio sistemos valdymo mobilumo, būtina atlikti išsamesnius eksperimentinius tyrimus, leidžiančius įvertinti valdymo tikslumą bevieliu ryšiu, kuris šiuo metu dar nėra pakankamas dėl ryšio kokybę įtakančių faktorių.

## Literatūra

1. Belghith A., Aissa M., Mnaouer A. B. (2012). A novel multicast algorithm for collaborative Multimedia applications in heterogeneous networks, Riyadh, Saudi Arabia, *Procedia Computer Science*, Volume 10, Pages 144–152.
2. Chandavarkar R., Ram Mohan Reddy G. (2011). Survey Paper: Mobility Management in Heterogeneous Wireless Networks, Mangalore, India, *Procedia Engineering*, Volume 30, Pages 113–123.
3. Faudzi M., Kuzman Ali M. H., Azman M. A., Ismail Z. H. (2012). Real-time Hand Gestures System for Mobile Robots Control. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors - IRIS 2012, *Procedia Engineering*, Volume 41, Pages 798-804.
4. Han J., Chang R. (2011). Research and Developing on Intelligent Mobile Robot Remote Monitoring and Control System. International Workshop on Automobile, Power and Energy Engineering, *Procedia Engineering*, Volume 16, Pages 840-45.
5. Yusoff M.F., Ibrahim B.S.K.K., Hamzah H., Kadir H.A. (2012). Development of Air Conditional Route Wireless Inspection Robot. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors - IRIS 2012, *Procedia Engineering*, Volume 41, 2012, Pages 874-880.
6. Yusoff M. A. K., Samin R. E., Ibrahim B. S. K. (2012). Wireless Mobile Robotic Arm. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors - IRIS 2012, *Procedia Engineering*, Volume 41, 2012, Pages 1072-1078.
7. Johansson K.. (2007). Cost Effective Deployment Strategies for Heterogeneous Wireless Networks. Stockholm, Sweden.
8. Mehdi H., Boubaker O. (2012). Robust Tracking Control for Constrained Robots. International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors - IRIS 2012, *Procedia Engineering*, Volume 41, 2012, Pages 1292-1297.
9. Miklušis R., Rupeika D., Aikas M., Ribakovas V., Šliaužys E. (2013). Specialios paskirties robotizuotos sistemos važiuoklės valdymas. Kauno technologijos universitetas, Studentų konferencijos „TELEKOMUNIKACIJOS IR ELEKTRONIKA – 2013“ medžiaga, KTU „Technologija“, 31-34 psl.
10. Nudurupati D. P., Singh R. K. (2013). Enhancing Coverage Ratio using Mobility in Heterogeneous Wireless Sensor Network, Allahabad, India, *Procedia Technology*, Volume 10, 2013, Pages 538-545.
11. Rashid M. M., Zain N. S. M., Zain F. M. (2012). Development of OMNI directional mobile robot navigation system using RFID for multiple object. AASRIC conference on modeling, identification and control – 2012, AASRI *Procedia*, Volume 3, 2012, Pages 474-480.
12. Rupeika D., Ribakovas V., Šliaužys E., Miklušis R., Aikas M. (2013). Specialios paskirties roboto valdymui skirtos GSM ryšio techninės įrangos tyrimas, Kauno kolegija, „INOVACIJŲ TAIKYMAS TECHNOLOGIJOSE - 2013“ konferencijos medžiaga.
13. Serrão M., Rodrigues J.M.F, du Bufa J.M.H. (2013). Navigation framework using visual landmarks and a GIS. Proceedings of the 5th International Conference on Software Development and technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2013), *Procedia Computer Science*, Volume 27, 2014, Pages 28-37.
14. Wang J., Fu X. (2012). Challenges of CAC in Heterogeneous Wireless Cognitive Networks. Zibo, China, *Physics Procedia*, Volume 25, 2012, Pages 2218-2224.

## Summary

With the rapid expansion of areas usage of robotic systems, their performed function control is more increasingly using wireless technology. The development of such systems evolved greater mobility. Despite the benefits of these technologies, more efficient management of wireless systems needs to perform a series of experimental tests for a set of remote control capabilities, and at the same time to optimize the system performance of the functions of the individual accuracy. This article provides a special-purpose system control consisting of wireless network structure, overview of applied technology, description of the experiment on the quality of communication and the results obtained during the experiment.