



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS

Robertas Sturonas

LEAP MOTION GESTŲ VALDYMO SĄSAJOS
PANAUDOJAMUMO TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. Dr. T. Blažauskas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

INFORMATIKOS FAKULTETAS

PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Tomas Blažauskas

2015-05-25

**LEAP MOTION GESTŲ VALDYMO SĄSAJOS
PANAUDOJAMUMO TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Programų sistemų inžinerija (kodas 621E16001)

Vadovas

Doc. Dr. Tomas Blažauskas

2015-05-25

Recenzentas

Doc. Vytenis Punys

2015-05-25

Projektą atliko

Robertas Sturonas

2015-05-25

KAUNAS, 2015

TURINYS

1. ĮŽANGA	10
1.1. Temos tikslingumas ir aktualumas	11
2. ANALITINĖ DALIS	12
2.1. Gestais valdomos vartotojų sąsajos	12
2.2. Technologijų analizė	12
2.2.1. Leap Motion	13
2.2.1.1. Leap Motion pritaikymas sistemų kūrimui	15
2.2.2. Kinect	17
2.2.2.1. Kinect įrenginio panaudojimas sistemų kūrimui.	19
2.2.3. Samsung SmartTV Interaction panaudojamumas	20
2.2.3.1. SmartTV Interaction sąsajos panaudojimas sistemų kūrimui	23
2.3. Gestų atpažinimo įrenginių analizė	24
2.4. Analizės dalies rezultatai	24
2.4.1. Sistemos pasirinkimas	24
3. PROJEKTINĖ DALIS	25
3.1. Projekto kūrimo pagrindas	25
3.2. Projektavimo metodika	26
3.3. Sistemų realizacijos priemonės.	26
3.4. Projekto metu realizuotos sistemos.	27
3.4.1. Gestais valdoma SmartTV teksto įvesties sąsaja.	27
3.4.1.1. Taikymo sritis.	27
3.4.2. Patobulintos <i>Smart TV</i> aplikacijos projektavimas	28
3.4.2.1. Gestų atpažinimo sistemos aplinka.	28
3.4.2.2. Projektuojamos sistemos duomenų srautas	29
3.4.2.3. Architektūros specifikacija	31

3.4.2.4.	Architektūros tikslai ir apribojimai	31
3.4.2.5.	Sistemos statinis vaizdas	31
3.4.2.6.	Išdėstymo vaizdas	32
3.4.2.7.	Sistemos elementų aprašas	32
3.4.2.8.	Klasių deratizacija	33
3.4.2.9.	Sistemos dinaminis vaizdas	33
3.4.2.10.	Veiklos diagrama	36
3.4.3.	Internetinio puslapio vartotojų sąsajos realizacija.....	37
3.4.4.	Žaidimo sąsajos realizacija.....	41
3.4.4.1.	Sistemos diegimo instrukcijos	42
3.4.4.2.	Naudojami specializuoti sistemų paketai:.....	42
3.5.	Galimos problemos ir jų sprendimai	43
3.6.	Kokybės analizė	44
3.7.	Sukurtų sistemų išplečiamumas	45
3.7.1.	Perspektyviniai reikalavimai	45
4.	TYRIMO IR EKSPERIMENTINĖ DALIS	46
4.1.	Tyrimų aprašas.	46
4.1.1.	Pasirinktų tyrimų paskirtis.....	46
4.1.2.	Tyrimui naudojamos įrangos bei parametrų aprašas	47
4.1.3.	Tyrimų rezultatų priklausomybė	47
4.2.	Ekspertas Nr. 1	47
4.2.1.	Sąsajų palyginimo tyrimo rezultatai.....	48
4.2.2.	Ekspertinis sistemos vertinimas.	49
4.3.	Ekspertas Nr. 2	51
4.3.1.	Ekspertas Nr. 2.1	52
4.3.2.	Ekspertas Nr. 2.2	53
4.3.3.	Ekspertas Nr. 2.3	53

4.3.4. Eksperimentas Nr. 2.4	54
4.3.5. Gauti eksperimento rezultatai:.....	55
4.4. Eksperimentas Nr. 3	56
4.4.1. Apklausos rezultatai	56
4.5. Eksperimentų apibendrinimas	56
5. IŠVADOS.....	57
6. LITERATŪRA	58
7. TERMINAI IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS	59
8. PRIEDAI.....	60
8.1. Publikuotas straipsnis	60
8.1.1. ĮŽANGA.....	60
8.1.2. TURINIO ĮVESTIES REIŠMĖ NAUDOTOJO SĄSAJOS GREIČIUI.....	60
8.1.3. GESTŲ ATPAŽINIMAS	62
8.1.4. LEAP MOTION PRITAIKYMAS SĄSAJŲ GERINIMUI.....	63
8.1.5. TAIKYMO PROBLEMATIKA	65
8.1.6. DUOMENŲ ANALIZĖ	65
8.1.7. IŠVADOS.....	67
8.1.8. LITERATŪRA	67
8.3. Vartotojų sąsajos vertinimas	68

LENTELIŲ TURINYS

1. Lentelė. Apdorojami gestų duomenys.....	16
2. Lentelė. Analizuotų gestų atpažinimo įrenginių sąsajų palyginimas.....	24
3. Lentelė. Veiklos įvykių sąrašas	30
4. Lentelė. Pasirinktų tyrimų aprašas ir paskirtis.....	46
5. Lentelė. Prietaisų stiprybių ir silpnybių lentelė.....	48
6. Lentelė. Ekspertų kokybės vertinimo rezultatai.....	50
7. Lentelė. Atliktų užduočių trukmė.....	55

8. Lentelė. Leap Motio sąsajos kokybės vertinimo apklausos rezultatai.....	56
9. Lentelė. Leap Motio sąsajos kokybės vertinimo apklausos detalizuoti rezultatai.....	68

PAVEIKSLĖLIŲ TURINYS

1. Pav. Leap Motion sensoriaus veikimo zona.....	13
2. Pav. Leap Motion sensoriaus koordinačių sistema.....	15
3. Pav. Leap Motion sensoriaus fiksuojamos plaštakos dalių pozicijos.....	16
4. Pav. Kinect sensorių atpažinimo nuotoliai.....	17
5. Pav. Kinect sensorių objektų atpažinimo kampai.....	18
6. Pav. Kinect padėties pozicijos.....	18
7. Pav. Kinect sensorių aptinkamos žmogaus dalių vaizdas.....	19
8. Pav. Kinect sensorių aptinkamos žmogaus dalių vaizdas.....	20
9. Pav. Samsung SmartTV Interaction funkcijų atvaizdavimas.....	21
10. Pav. Samsung SmartTV Interaction aplikacijos testavimo langas.....	21
11. Pav. Samsung SmartTV Interaction gestų aktyvavimas.....	22
12. Pav. Samsung SmartTV Interaction vienos rankos gestų šablonai.....	22
13. Pav. Samsung SmartTV Interaction dviejų rankų gestų šablonai.....	23
14. Pav. Samsung SmartTV Interaction funkcijų atvaizdavimas.....	23
15. Pav. Funkcinės dekompozicijos projektavimo schema.....	26
16. Pav. Teksto įvedimo sąsajos modelis.....	27
17. Pav. Aktyvi sensoriaus lietimui zona. (FOV).....	29
18. Pav. Duomenų srautų diagrama.....	29
19. Pav. Programinės įrangos panaudojimo atvejai.....	30
20. Pav. Išdėstymo modelis.....	32
21. Pav. Klasių diagrama.....	33
22. Pav. Sąsajos nustatymai.....	34
23. Pav. Gestų atpažinimas:.....	34
24. Pav. Duomenų apdorojimas.....	35
25. Pav. Funkcijų vykdymas.....	35
26. Pav. Rezultatų atvaizdavimas.....	36
27. Pav. Vartotojo veiklos procesas.....	36
28. Pav. Leap Motion gestų atpažinimo įrankiu valdoma svetainė	37

29. Pav. Pradinė meniu būseną įjungus programą:.....	38
30. Pav. Atliekamas piršto sukimo gestas:.....	38
31. Pav. Meniu aktyvacija.....	38
32. Pav. Atliekamas rankos mosto gestas.....	39
33. Pav. Aktyvios meniu pasirinkties pasikeitimas.....	39
34. Pav. Virtuali gestais valdoma klaviatūra.....	40
35. Pav. Kontrolės realizavimo būdas:.....	41
36. Pav. Sistemos diegimo etapai.....	42
37. Pav. Eksperimento rezultatų lentelė.....	49
38. Pav. Virtuali skaičiavimo mašinėle.....	52
39. Pav. Virtuali klaviatūra.....	53
40. Pav. Spalvinamas objektas.....	54
41. Pav. Memory žaidimo vartotojo sąsaja.....	55

Sturonas R. Leap Motion gestų valdymo sąsajos panaudojamumo tyrimas: informacinių sistemų inžinerijos magistro darbas / vadovas doc. dr. T. Blažauskas; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas, Programų inžinerijos katedra. – Kaunas, 2015. – 67 p.

LEAP MOTION GESTŲ VALDYMO SĄSAJOS PANAUDOJAMUMO TYRIMAS

Santrauka

Kompiuterio sąsajos valdymas tampa kompleksinis įvairių įrenginių bei programų derinys. Kompiuterio valdymas tradiciniais įrenginiais, klaviatūra ar pelyte, nėra natūralus žmogaus veiksmas ir varžo judesių laisvę. Šie įrenginiai turi apribotą funkcionalumą, todėl šiuo metu yra tobulinama judesiais paremta valdymo sąsaja. Visiškas tradicinių sąsajų pakeitimas judesių sąsaja galimas tik išstobulinus valdymo judesių atpažinimą.

Atliktame darbe aiškinamasi kokios sensoriais valdomų įrenginių galimybės gali būti panaudotos inovatyvių valdymo sąsajų kūrimui ir kaip turētu būti optimizuotos tokios sistemos. Norint įgyvendinti užsibrėžtus tikslus, buvo realizuota programinė įranga leidžianti apdoroti ir panaudoti gaunamus aptinkamų objektų sensorių duomenis. Aprašomi gauti bandymų rezultatai, atkreipiama dėmesys į tokios programinės įrangos panaudojimą ir jos tobulinimą.

Raktiniai žodžiai

Leap Motion sensorius, gestų atpažinimas, inovatyvios valdymo sąsajos, natūralių valdymo sąsajų panaudojimas, įrenginių nuotolinis valdymas, valdymas judesiais.

Sturonas R. Usability study of Leap Motion gesture control interfaces : Master's Work in Information Systems Engineering / supervisor doc. dr. T. Blažauskas; Department of Software Engineering, Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology. – Kaunas, 2015. – 67 p.

USABILITY STUDY OF LEAP MOTION GESTURES CONTROL INTERFACES

Summary

Computer interface management nowadays is becoming a complex variety of devices and combination of applications. Computer management by everyday usual devices: keyboard or mouse, is not a natural human action and restricts freedom of movement. These devices have limited functionality and currently the motion control interface is improving. Complete replacement of traditional links of motion interface could only be made by improving control movements recognition.

The work examines abilities of sensors controlled devices used to access the management interface innovative design and the future optimization of such systems. To implement the aims of the work there was actualized software allowing to process and utilize data of the detectable object sensors. The results of the investigation are described in the work focusing on the usage and development of such software.

Keywords

Leap Motion, gesture recognition, innovative management interface, natural control interface, remote control devices, motion control.

1. IŽANGA

Greita technologinė plėtra ne visada užtikrina inovatyvių įrenginių priimtinumą. Tai lemia ne tik aukštos įrenginių kainos ar trumpas laiko periodas nuo jų atsiradimo, bet ir šių įrenginių sąsajų sudėtingumas vartotojui. Todėl aktualu ieškoti būdų tų sąsajų naudojimo palengvinimui.

Sudėtingėjant technologijoms nebepakanka esamų valdymo sąsajų. Kaip technologijos, taip ir vartotojų sąsaja su jomis evoliucionuoja. Kuriami inovatyvūs valdymo sąsajų sprendimai, kuriais būtų pasirūpintas tinkamos vartotojo sąsajos parinkimas, jos optimizavimas ir nuolatinis tobulinimas.

Vis daugiau atkreipiama dėmesį į valdymo sąsajas, naudojančias žmogaus judesius. Pagrindinis kūrėjų tikslas yra išskirti ir pritaikyti geriausias skirtingų sąsajų savybes. Siekiant išnagrinėti skirtingų sąsajų parametrus susiduriama su kliūtimi – sunku rasti duomenų, leidžiančių tiksliai palyginti šių įrenginių sąsajas.

Darbo tikslas ištirti programinės įrangos valdymą judesiais, jos specifiką bei išskylančias problemas. Atlikto projekto metu bus realizuojama judesių atpažinimo programinė įranga, išryškinamos judesiais valdomos sąsajos galimybės bei sąsajos trūkumai. Vėlesniuose etapuose analizuojama tyrimų rezultatai bei ieškoma būdų kaip šias sąsajas tobulinti.

Pateikto darbo pagrindiniai tikslai:

- Ištirti esamas judesių atpažinimo sistemas, išskirti pasirinktos gestų atpažinimo įrangos privalumus ir trūkumus.
- Suprojektuoti ir realizuoti gestais valdomas vartotojų sąsajas bei ištirti šių sistemų panaudojamumą.
- Atlikti eksperimentus leidžiančius palyginti skirtingų tipų vartotojų sąsajas.

Šiems tikslams įgyvendinti buvo sukurta ir išbandyta keletas skirtingų gestų atpažinimo ir valdymo sąsajų. Projekto metu buvo pateikta trys sistemų architektūros leidžiančios realizuoti gestų atpažinimą teksto įvedimui išmaniajame televizoriuje, objektų valdymą kompiuteriniame žaidime, bei internetinės svetainės valdymą naudojant gestų atpažinimą.

Leap Motion gestų valdymo sąsajos panaudojamumo tyrimas buvo atliktas pasinaudojant projekto metu realizuotomis sistemomis.

- Norint atlikti eksperimentinį teksto įvesties tyrimą naudojant skirtingus įvesties įrenginius buvo realizuota virtuali gestais valdoma sąsaja išmaniajame televizoriuje.
- Norint įvertinti gestais valdomų sąsajų panaudojamumą internetinėse svetainėse, buvo realizuota gestais valdoma internetinė svetainė.
- Norint įvertinti gestų panaudojamumą kompiuteriniuose žaidimuose, buvo realizuotas kompiuterinis žaidimas ir sukurta specialiai jam pritaikytas gestais paremtas žaidimo valdymas.

1.1. Temos tikslingumas ir aktualumas

Pastaruoju metu atsiranda įvairios valdymo sąsajos leidžiančios valdyti įrenginius netradiciniais būdais, pavyzdžiui: *Leap Motion*, *Kinect*, *Samsung Smart Interaction* technologijos. Dalis įrenginių dar nėra plačiai naudojami. Tai lemia ne tik aukštos įrenginių kainos ar trumpas laiko periodas nuo jų atsiradimo, bet ir šių įrenginių sąsajų sudėtingumas vartotojui. Todėl aktualu ieškoti būdų šių sąsajų naudojimo palengvinimui. Didelio dėmesio susilaukia ir sąsajų pritaikymas fizinę negalę turintiems žmonėms.

Kol kas nėra vienos universalios valdymo sąsajos kuri paveldėtų visas geriausias kitų sąsajų savybes. Sudėtingėjant technologijoms nebepakanka esamų valdymo sąsajų. Kaip technologijos taip ir vartotojų sąsaja su jomis evoliucionuoja. Kuriami inovatyvūs valdymo sąsajų techniniai sprendimai turi pasirūpinti tinkamos vartotojo sąsajos parinkimu, jos optimizavimu ir nuolatiniu tobulinimu. Klaviatūros, pelytės bei pultelio valdymas nėra natūralus žmogaus elgesys, todėl vis daugiau mokslininkų skiria daug dėmesio valdymo sąsajoms naudojant žmogaus judesius. Ieškoma įvairesnių gestų atpažinimo technologijų. Gestais paremta vartotojų sąsaja (GUI) vis dažniau naudojama ir kasdienybėje[1].

2. ANALITINĖ DALIS

2.1. Gestais valdomos vartotojų sąsajos

Šiame skyriuje yra aptariami egzistuojantys būdai bei metodai skirti gestų atpažinimo pritaikymui vartotojų sąsajoje. Atliekama sistemų analizė leidžia įvertinti kiekvienos pasirinktos architektūros skirtumus, jų privalumus ir trūkumus.

2.2. Technologijų analizė

Analizės metu išskiriami sprendimų skirtumai, jų panaudojimo galimybės ir taikymo sritys. Kadangi darbe nagrinėjama gestais paremta vartotojų sąsaja (GUI), nebus nagrinėjama standartinės kompiuterio valdymo sąsajos (pelė, klaviatūra, valdymo pultelis).

Gestų atpažinimas, tai kompleksinis uždavinys į kurį įeina:

- judesių modeliavimas,
- duomenų analizavimas,
- šablonų susiejimas,
- gestų atpažinimas,
- mašininis mokymasis [1].

Gestais paremta vartotojų sąsaja

Gestais paremtos sąsajos naudoja:

- Objektų aptikimą.
- Spalvos atpažinimą ir išskyrimą.
- Formų atpažinimą.
- Atpažinimą iš pikselių reikšmių.
- 3D modeliais-grįstą atpažinimą.
- Judesių sekimą [2].

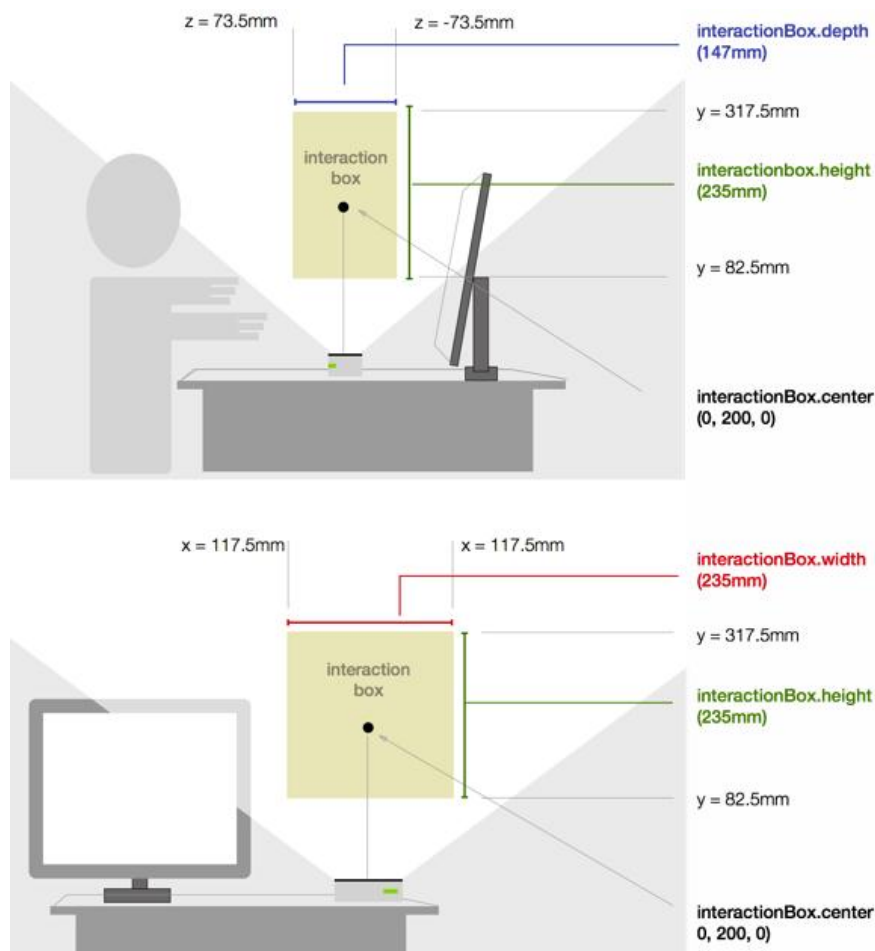
Analizės metu buvo aiškinamasi įrenginių veikimo, charakteristikų bei panaudojimo skirtumai, ieškoma tiksliausio gestų atpažinimo įrankio.

Darbo metu buvo nagrinėjami trys skirtingi įrankiai:

- *Leap Motion*.
- *Kinect*.
- *Samsung SmartTV Interaction*.

2.2.1. Leap Motion

Leap Motion- šiuo metu rinkoje esantis tiksliausias (0.01mm tikslumo) rankos plaštakos judesių atpažinimo sensorius. Pasinaudojus *LEAP Motion* sensoriumi, apdorojami žmogaus judesiai. Kompiuteryje atliekamas duomenų apdorojimas bei funkcijų vykdymas. Gauti rezultatai bei funkcijų vykdymas atvaizduojamas ekrane. Judesių atpažinimas veikia tik sensorinių įrenginių specifikacijose apibrėžtuose veikimo ploto režimuose [3].



1 pav. Leap Motion sensoriaus veikimo zona

(Šaltinis paimtas iš: https://developer.leapmotion.com/documentation/images/IBox_Diagram.png)

Sensoriaus veikimo zoną sudaro stačiakampis (žiūrėti 1 pav.). Judesių aptikimo zona ribojama dėl sistemos charakteristikų. Aptikimo zona gali dalinai kisti (mažėti) pakeitus sistemos parametrus.

Įrenginio privalumai:

- Abiejų rankų palaikymas (kairė, dešinė, bei abi rankos vienu metu).
- Ypač tikslus judesių atkartojimas.
- Kompaktiškas įrenginys.
- Kelių veiksmų atlikimas vienu momentu.
- Naujų funkcijų atsiradimas („swipe“, „circle“ ar kita) – nereikia papildomu mygtuku.
- Programos vartotojų sąsajos pokyčiai, nereikia tiek mygtukų, gali būti didesnis peržiūros informacijos plotas.
- Vartotojo sąsaja skatina judėjimą, todėl neleidžia sustingti rankai, gerina fizinę būklę.
- Įvesties įrenginys gali būti kaip priedas prie kitų įvesties įrenginių, nes jo diegimas ir naudojimas nedaro didelės įtakos esamai programiniai ir techniniai įrangai.

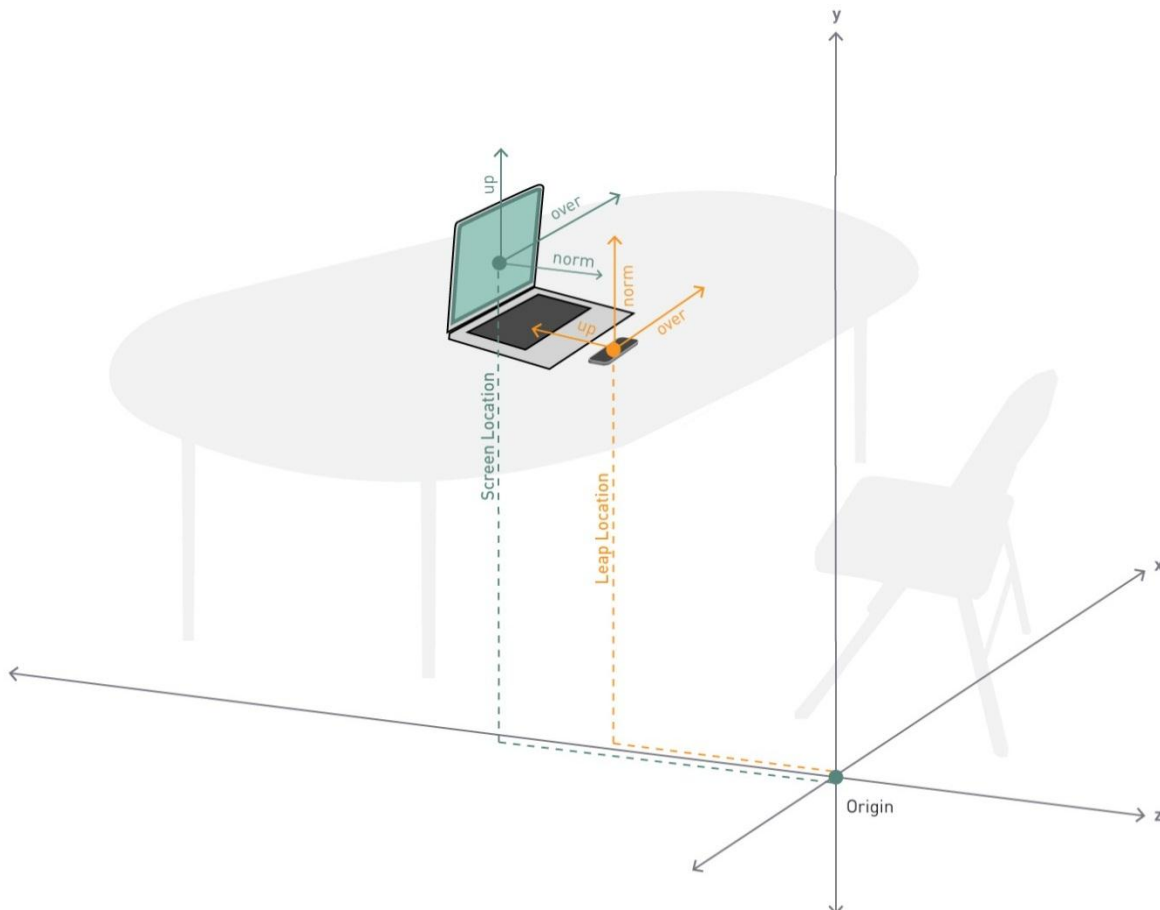
Trūkumai:

- Dėl netikslių žmogaus judesių sunku pataikyti į mažą objektą ir išlaikyti ranką vienoje pozicijoje.
- Dažnas klaidų skaičius.
- Reikalinga papildoma techninė ir programinė įranga.
- Reikia išmokti šablonus.
- Varginanti vartotojo sąsaja.
- Ranka fiksuojama tik laikant delnu į apačią.
- Ribotas veikimo laukas.

Nors šių įrenginio tikslumas labai aukštas, šis valdymo būdas dar nėra tobulas. Didelę paklaidą ir klaidų skaičių lemia neįgudę vartotojo judesiai bei nepritaikyta programų bei operacinių sistemų aplinka. Dėl dažnų šablonų atpažinimo klaidų, reikia programiškai apriboti galimų atvejų seką ir perduodamų duomenų kiekius.

2.2.1.1. Leap Motion pritaikymas sistemų kūrimui

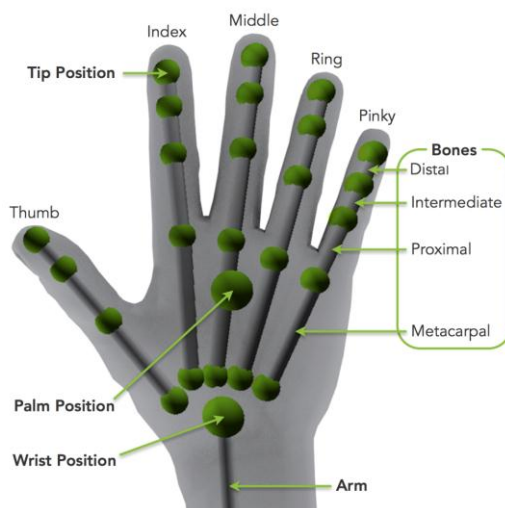
Leap Motion pateikia nemokamą gestų apdorojimo programinio kodo karkasą ir skatina naujų programų kūrėjus pasinaudoti jau sukurtu programiniu kodu. Pasinaudojus juo, galima apskaičiuoti skirtingas objektų koordinačių reikšmes.



2 pav. Leap Motion sensoriaus koordinačių sistema

(Šaltinis paimtas iš: https://developer.leapmotion.com/documentation/images/IBox_Diagram.png)

JSON perduodamuose duomenyse galima pasirinkti skirtingas (realias arba normalines) objektų koordinates. Pasinaudojus pateiktu *Leap Motion SDK* karkasu, galima apskaičiuoti skirtingas objektų koordinačių reikšmes. Rankos dalių koordinačių duomenys sudaryti taip, kad pagal juos būtų galima kuo realiau atvaizduoti jos judesius.



3 pav. Leap Motion sensoriaus fiksuojamos plaštakos dalių pozicijos

(Šaltinis paimtas iš: <https://blog.leapmotion.com/wp-content/uploads/2014/08/hand-hierarchy-1024x1024.png>)

Maži objektai priskiriami didesniems objektams, šie dar didesniems, taip sudaromas JSON duomenų hierarchijos medis. Programinės įrangos pagalba apdorojami gauti sensorių duomenys:

1 lentelė Apdorojami gestų duomenys

Objektas	Apdorojami duomenys
Rankos	
	Pozicija
	Charakteristikos
	Judesiai
Pirštai ir įrankiai	
	Pirštų pozicija (galiukų)
	Kryptis
Gestai	
	Circle (piršto sukimas ratu)
	Swipe (mostas į šoną)
	Key Tap (spustelėjimas pirštu ore)
	Screen Tap (lietimo zonos perėjimas)
Papildomos veikimo charakteristikos	
	Veikimo zona
	Pasukimas
	Perėjimas
	Kadras
	Ranka
Koordinačių sistema	
	x- koordinatė
	y- koordinatė
	z- koordinatė

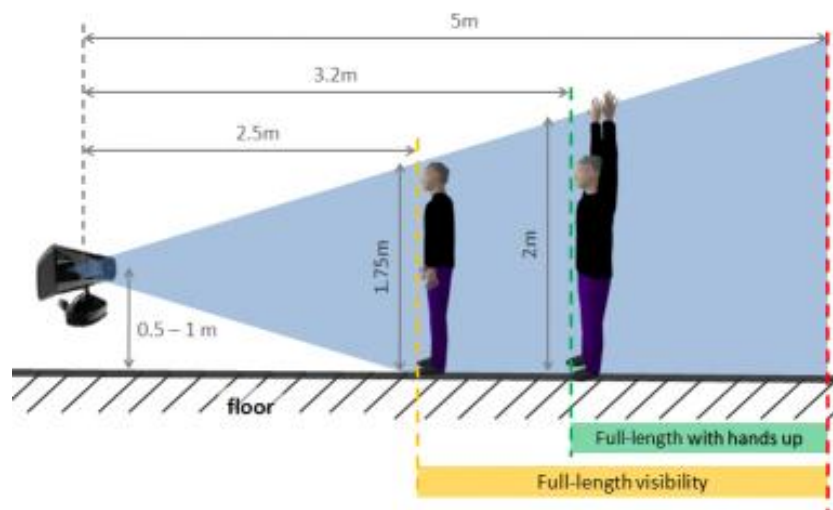
Mato vienetai:

- Atstumas: milimetrai
- Laikas: mikrosekundės
- Greitis: milimetrai/s
- Kampas: radianai

2.2.2. Kinect

Kinect - tai žaidimų konsolėi *Xbox 360* bei *Xbox One (Durango)* skirtas įrenginys. *Kinect* pirmiausia buvo skirtas įprastinei sąveikai kompiuterinių žaidimų aplinkoje, tačiau įvertinus *Kinect* galimybes, jis buvo pradėtas naudoti ir 3D modeliavime [4].

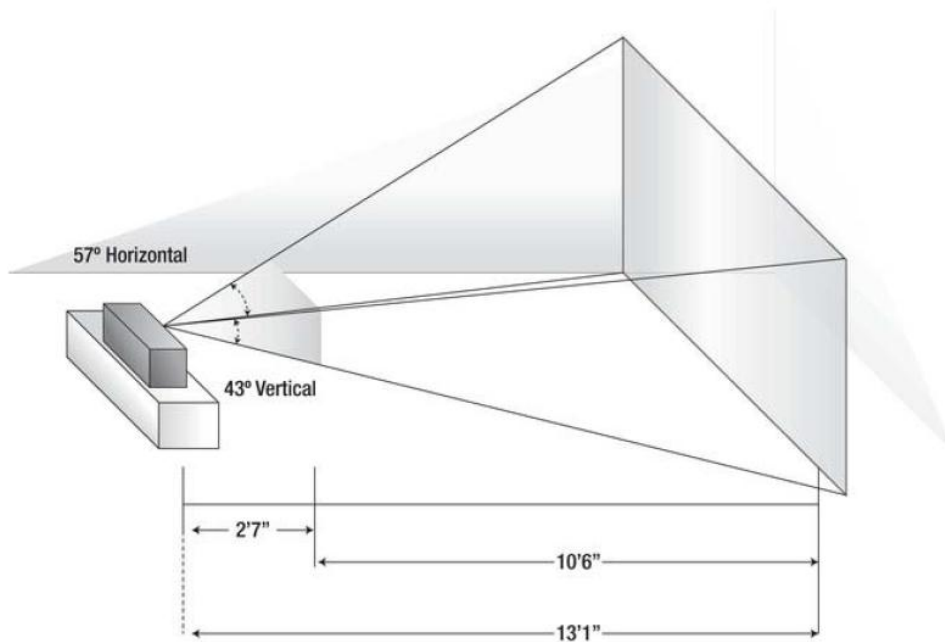
Įrenginys pasižymi dideliu nuskaitymo nuotoliu- nuo 0.8m iki 3.2m (iškėlus rankas).



4 pav. *Kinect* sensorių atpažinimo nuotoliai

(Šaltinis paimtas iš: <http://wiki.ipisoft.com/images/thumb/2/2b/KSensor-scene-side-view.png/385px-KSensor-scene-side-view.png>)

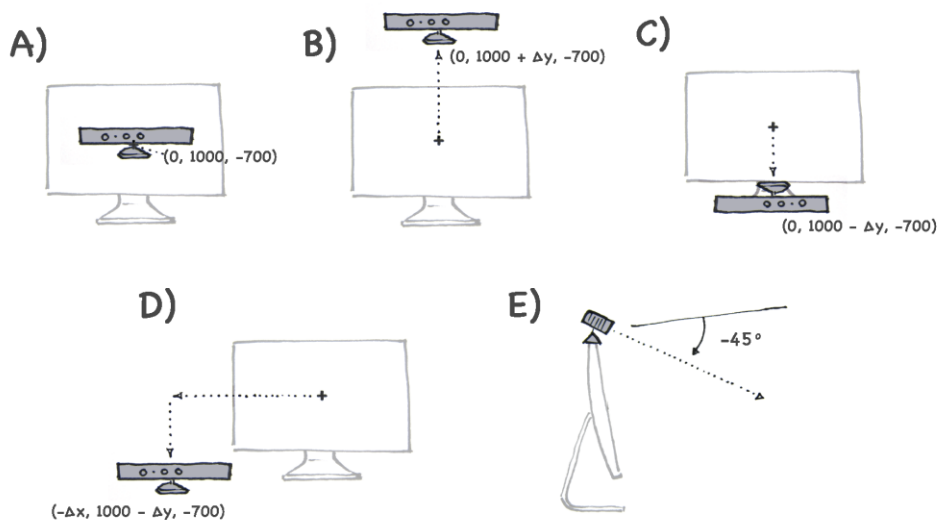
Atstumą iš dalies apriboja sensorių nuskaitymo kampas.



5 pav. Kinect sensorių objektų atpažinimo kampai

(Šaltinis paimtas iš: <http://cfile7.uf.tistory.com/image/24364D3752ADD98D0F7F5C>)

Prieš naudojant sensorių, būtinas sensoriaus konfigūravimas. Reikia nustatyti reikiamą kampą, bei padėtį.



6 pav. Kinect padėties pozicijos

(Šaltinis paimtas iš: http://greenhouse.oblong.com/learning/images/sensor_conf_diagrams.png)

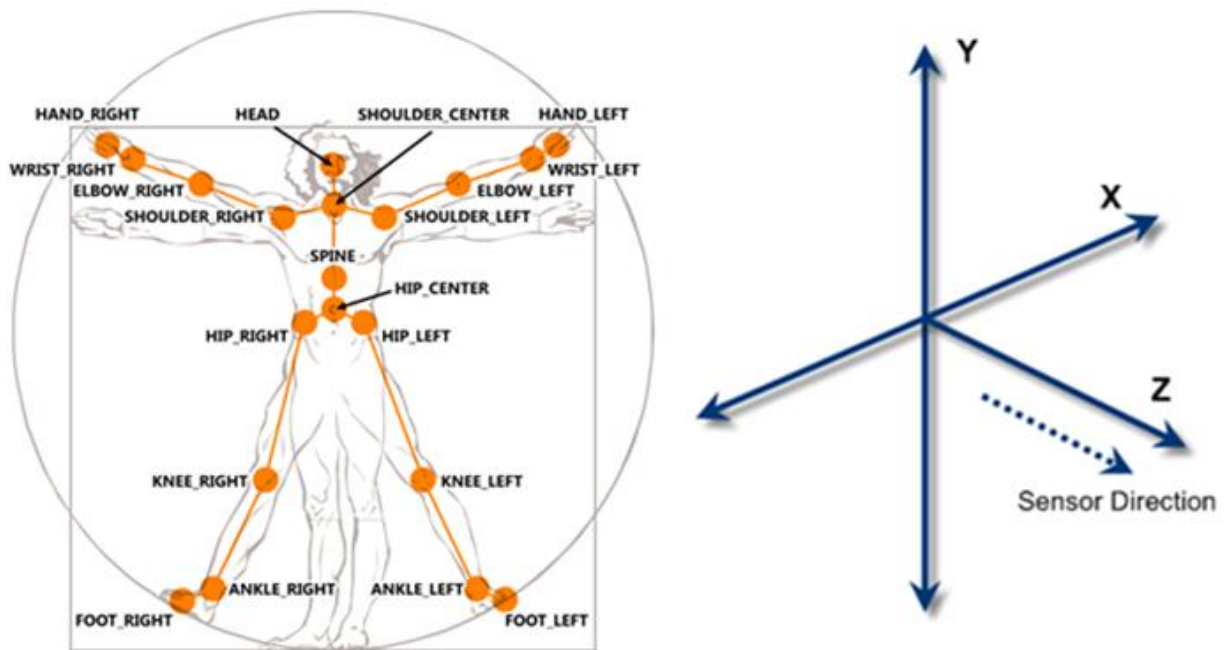
Paveikslėlyje pateiktos galimos Kinect sensoriaus padėties vietos ir fiksuojamos koordinatės. Valdymo sąsaja, taip pat, turi galimybę valdyti įrenginį balsu. Sąsajos privalumai:

- Iki 6 asmenų palaikymas vienu metu.
- Rankų kojų (bei jų dalių), galvos judesių atpažinimas.
- Minimalūs apmokymai.
- Minimaliai apribotas judėjimo plotas [5].

Kinect turi trūkumų. Įrenginys nėra tikslus - užfiksuojama iki 5 cm paklaida. Taip pat ilgas (60 ms) reakcijos laikas varžo naudotojų judesius, neleidžia naudotojui greitai judėti [4]. Nors Kinect įrenginio sąsaja pasižymi dideliu gestų ir judesių atpažinimo lauku, tačiau atpažinimas, lyginant su *Leap Motion* įrenginiu, nėra greitas ir tikslus.

2.2.2.1. Kinect įrenginio panaudojimas sistemų kūrimui.

2011 metais Microsoft kompanija išleido nekomercinę *Kinect SDK* Windows operacinei sistemai.



7 pav. Kinect sensorių aptinkamos žmogaus dalių vaizdas

(Šaltinis paimtas iš: <https://i-msdn.sec.s-msft.com/dynimg/IC584844.png>)

Paveikslėlyje pateikiami *Kinect SDK* pagalba programos kūrėjui gražinami sensorių duomenys. Duomenys gali būti naudojami sąsajų valdymui ar žmogaus judesių fiksavimui.

Kinect nedideliu atstumu gali atpažinti rankos plaštakos judesius.



8 pav. Kinect sensorių aptinkamos žmogaus dalių vaizdas

(Šaltinis paimtas iš: https://ics.forth.gr/_publications/2011_09_bmvc_kinect_hand_tracking.pdf)

Geriausiai plaštakos judesiai atpažįstami, kai rankos pozicija yra nuleista arba aukštai pakelta, o delnai atsukti statmenai į *Kinect* sensorių.

2.2.3. Samsung SmartTV Interaction panaudojamumas

Samsung Smart Interaction sąsaja leidžia vartotojams interaktyviai nenaudojant papildomų įrenginių valdyti išmanųjį televizorių. Esamų aplikacijų pagalba išmaniuosius televizorius galima valdyti ne tik pulteliu ar balsu, bet ir rankų judesiais ore. Išmanieji televizoriai atpažįsta rankos judesius ir leidžia jo naudotojui per atstumą valdyti išmanųjį televizorių [6].

Realizuotos funkcijos:

- Valdymas balsu (*angl. voice control*).
- Valdymas judesiais (*angl. motion control*).
- Veido atpažinimas (*angl. face recognition*).



9 pav. Samsung SmartTV Interaction funkcijų atvaizdavimas

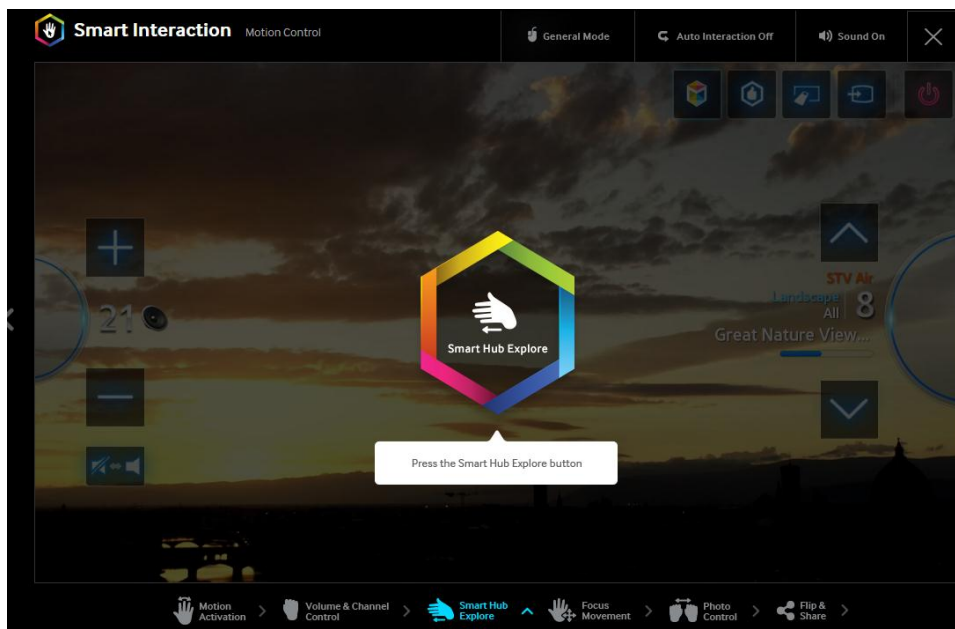
(Šaltinis paimtas iš: <http://napidroid.hu/wp-content/uploads/samsung-smart-tv-interaction.jpg>)

Sąsajos valdymas judesiais realizuotas atpažįstant naudotojo gestus. Papildomai derinama funkcijų aktyvavimas balsu. Sąsajos funkcijų derinys, taip pat, leidžia apsaugoti televizorių nuo nepageidaujamų naudotojų.

Sąsajos funkcionalumo tikslumui įtaką gali daryti:

- Triukšmas
- Per didelis arba per mažas atstumas iki kameros
- Aplinkos objektai

Samsung SmartTV Interaction pateikia simuliacinę televizorius aplinką, kurią galima išbandyti kompiuteryje.



10 pav. Samsung SmartTV Interaction aplikacijos testavimo langas






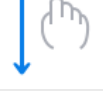
(Šaltinis paimtas iš: http://www.samsung.com/ph/smarttv/motion_control_ex_general.html)

Simuliacinėje *SmartTV* aplinkoje galima išbandyti keletą gestų šablonų. Visas gestų šablonų sąrašas pateikiamas kūrėjų bendruomenės svetainėje:

(http://www.samsung.com/ph/smarttv/motion_control_ex_general.html).

Gesture		TV Controls
	Raising one hand	Turn on Motion Control using one hand
	Raising two hand	Turn on Motion Control using two hand

11 pav. Samsung SmartTV Interaction gestų aktyvavimas

Gesture		Basic TV Controls
	Pointing	Move the pointer
	Pinch	Run
	Pinch & Hold	Continuous Execution / Option mode
	Slap	Move to the next page
	CCW Rotation	[Live TV View Status] Go to previous channel [All Other Statuses] Return to the previous stage
	Pinch & Move	Scroll

12 pav. Samsung SmartTV Interaction vienos rankos gestų šablonai

Gesture		Basic TV Controls
	Pinch & Widening/Narrowing with two hands	Zoom In/Out
	Pinch & Rotating with two hands	Rotate

13 pav. Samsung SmartTV Interaction dviejų rankų gestų šablonai

Paveikslėliuose (11 - 13) esantys gestai gali būti panaudoti naujų sistemų sąsajų kūrimui.

2.2.3.1. SmartTV Interaction sąsajos panaudojimas sistemų kūrimui

Paruoši išankstiniai gestų atpažinimo šablonai prieinami kiekvienam programų kūrėjui. Yra galimybė programų kūrimui naudoti *Smart TV SDK* bei televizoriaus emuliatorių, kuris leidžia aplikacijos veikimą išbandyti kompiuteryje.



14 pav. Samsung SmartTV Interaction funkcijų atvaizdavimas

(Šaltinis paimtas iš: <http://www.tizenexperts.com/wp-content/uploads/2015/01/Samsung-Tizen-SDK-Smart-TV-SDK-1.2.png>)

Tizen yra atvira ir lanksti operacinė sistema skirta visų mobiliojo ir tinklo prietaisų sistemos šalimis, įskaitant:

- prietaisų gamintojų,
- mobiliojo ryšio operatorių,
- programų kūrėją,
- programinės įrangos pardavėją,
- programinės įrangos naudotoją.

Tizen operacinę sistemą sukūrė programuotojų bendruomenė, kurioje programos kodas yra atviras visiems jos nariams. Programų kūrimui pateikiamas *Tizen SDK* įrankių rinkinys.

2.3. Gestų atpažinimo įrenginių analizė

Gestų atpažinimo įrenginiai dažnai skiriasi dėl savo veikimo charakteristikų ir architektūros todėl juos lyginti sunku arba visai negalima. Tai lemia ir skirtingų komponentų ir techninės įrangos panaudojimas, skirtingas įrenginių kokybės ir kiekybės vertinimas.

Pasinaudojus internete publikuojamų testų rezultatais [7],[8] ir surinkta medžiaga buvo sudaryta nagrinėjamų inovatyvių valdymo technologijų charakteristikų palyginimų lentelė.

2 lentelė Analizuotų gestų atpažinimo įrenginių sąsajų palyginimas

Parametras	Įrenginys		
	Leap Motion	Kinect	SmartTV Interaction
Matymo laukas (laipsniai)	330° vertikaliai	horizontaliai ~70°, vertikaliai ~60°	nepateikiamas
Užfiksavimo atstumas	0.08 m- 0.3 m	0.8 m-4 m	nepateikiamas
Tikslumas	~0.01 mm	~5.6mm	nepateikiamas
Vėlavimas	16ms - 30ms	60ms	nepateikiamas

2.4. Analizės dalies rezultatai

Aptarti pagrindiniai sistemų parametrai. Išskirtos netradicinės valdymo sąsajos ir atrinkti šias sąsajas revizavę įrenginiai. Išnagrinėtas šių įrenginių valdymo sąsajų veikimas:

- *Leap Motion*
- *Kinect*
- *Samsung SmartTV Interaction*

Leap Motion- greičiausiai apdoroja užklausas, matomas mažiausias judesių uždelsimas.

Kinect įrenginio sąsaja pasižymi dideliu gestų ir judesių atpažinimo lauku, tačiau atpažinimas nėra greitas bei tikslus.

Samsung SmartTV Interaction pasižymi dideliu pritaikomumu, tačiau kaip ir *Kinect*, judėjų atpažinimas yra ne toks tikslus kaip *Leap Motion*.

2.4.1. Sistemos pasirinkimas

Toliau darbe dėl sąsajos tikslumo nuspręsta nagrinėti tik *Leap Motion* įrenginio valdymo sąsajas. Pagrindinė to priežastis - sensoriaus tikslumas bei galimybė panaudoti darbui su kompiuteriu (artimo nuotolio veikimo zona).

3. PROJEK TINĖ DALIS

3.1. Projekto kūrimo pagrindas

Atsirado galimybė gestų atpažinimą pritaikyti kasdienybėje. Tai gali pakeisti esamus vartotojų sąsajų sprendimus. Kuriant vis tikslesnius gestų atpažinimo įrankius yra galimybė tobulinti gestais paremtas vartotojų sąsajas. Tobulinimo metu būtų didinamas sąsajų efektyvumas (mažinama įvesčių trukmė, klaidų skaičius bei didinamas vartotojų pasitenkinimas). Yra galimybė *Leap Motion* įrenginį pritaikyti išmaniųjų televizorių valdymui.

Tikslesnio įvesties įrenginio panaudojimas galėtų išspęsti dabartines gestų atpažinimo televizoriuose problemas. *Leap Motion* įrenginio panaudojimas pakeičiant televizoriaus pultelį gali pagreitinti naudotojo įvesties greiti du ir daugiau kartų. Pultelio ir *Leap Motion* teksto įvesties greičių palyginimas pateiktas pirmo eksperimento dalyje.

Projekto tikslas- naudojant *Leap Motion* judesių atpažinimo kontrolierį sukurti patogią, gestais valdomą vartotojo sąsają.

- Televizorių (žr. skr 3.4.2).
- Internetinę svetainę (žr. skr 3.4.3).
- Kompiuterinį žaidimą. (žr. skr 3.4.4).

Projekto realizacijos metu atlikta:

- Realizuojamų projekto metodų pasirinkimas.
- Realizuojamo projekto funkcijų apibrėžimas.
- Resursų paskirstymas ir realizacijos plano sudarymas.
- Duomenų nuskaitymo ir apdorojimo algoritmo kūrimas, integracija į *SmartTV*.
- Projekto testavimas ir tobulinimas.
- Projekto įgyvendinimas.
- Sprendimo vertinimas.

Realizuotų sąsajų bandymai leis analizuoti ir įvertinti gestų atpažinimo sistemų greitį ir kitus parametrus.

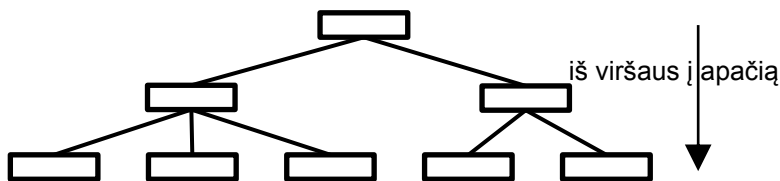
3.2. Projektavimo metodika.

Šiuo metu UML (*angl. Unified Modeling Language*) modeliavimo kalba yra standartinė projektavimo priemonė, kuri dažniausiai taikoma neformaliai pagrindinių verslo ar kompiuterinės sistemos aspektų vaizdavimui. Šis pasirinkimas padės standartizuoti modeliavimo notaciją.

Architektūros pateikimui naudojami:

- Panaudojimo atvejų vaizdas (panaudojimo atvejų diagrama).
- Sistemos statinis vaizdas (paketų ir klasių diagrama).
- Sistemos dinaminis vaizdas (būsenų, veiklos, sekų).
- Išdėstymo vaizdas (išdėstymo diagrama).
- Duomenų vaizdas (Klasių diagrama).

Projektuojant pasirinktas funkcinės dekompozicijos projektavimo metodas, kai žinomos tik pagrindinės funkcijos, tačiau dar nežinome, kokias smulkesnes funkcijas teks atlikti norint įgyvendinti sistemą. Realizuojamoje sistemoje kiekviena smulkesnė funkcija sprendžia vieną bendros problemos dalį.



15 pav. Funkcinės dekompozicijos projektavimo schema

Kaip parodyta paveiksle aukščiau, pasirinktas *Top-down* metodo tipas [9].

3.3. Sistemų realizacijos priemonės.

- Sistema realizuojama panaudojus *Leap Motion* įrenginį ir pateikiamą atvirąjį kodą bei jo dokumentaciją.
- Sistemos projektavimui naudojami *MagicDraw 17.02*, *Enterprise Architecture* bei *MS Visio* paketai
- Sistemų kūrimui naudojami *Notepad++*, *GameMaker* programiniai paketai.
- Naudojamos programavimo kalbos: *Javascript*, *C++*.
- Sistemos palaikomos *Windows Vista*, *Windows 7*, *Windows 8* aplinkose.

3.4. Projekto metu realizuotos sistemos.

3.4.1. Gestais valdoma SmartTV teksto įvesties sąsaja.

Sukurtas *Leap Motion* gestų atpažinimo įrenginiu valdomas teksto įvesties architektūros projektas. Projektas realizuotas ir išbandytas pasinaudojus simuliacine *SmartTV* aplinka.

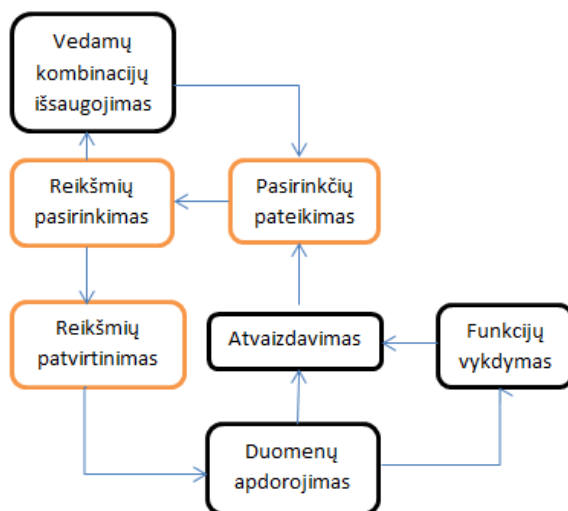
Programinės įrangos teikiamos funkcijos:

- Gestų atpažinimas
- Sąsajos nustatymai
- Duomenų apdorojimas
- Funkcijų vykdymas
- Rezultatų atvaizdavimas

Projektuojamos naujos sistemos naudojimo aplinka bus televizorius ir kompiuteris. Televizoriuje esančios aplikacijos leis gestų pagalba valdyti išmanųjį televizorių.

3.4.1.1. Taikymo sritis.

Analizuojant standartinius teksto įvesties sistemos etapus išmaniuosiuose televizoriuose galima optimizuoti sistemos veikimą bei komunikaciją su sistemos naudotoju.



16 pav. Teksto įvedimo sąsajos modelis

Modelyje pavaizduota standartinė teksto įvedimo schema naudojant televizoriaus pultelį. Rodyklės atvaizduoja duomenų perdavimo kryptis. Oranžine spalva išskirti sąsajos elementai kurie daro didžiausią įtaką vartotojo įvesties greičiui. Netinkamai juos realizavus vartotojas jau diskomfortą, įvestis bus sudėtinga ir užtruks daug laiko. Norint optimizuoti vartotojo teksto įvestį galima atlikti:

- Patogiai išdėstyti sistemos pasirinktis ir užtikrinti trumpiausią laiką simbolių kombinacijos pasirinkimui.,
- Realizuoti efektyvų ir greitą pasirinkto simbolio ar jų kombinacijos įvestį,
- užtikrinti patogų pasirinktų reikšmių patvirtinimą, ar jų korekciją.

3.4.2. Patobulintos *Smart TV* aplikacijos projektavimas

Sistema leis vartotojui greičiau valdyti išmaniojo televizoriaus teksto įvesties aplikaciją. Standartinė teksto įvestis televizoriaus pulteliu projekte keičiama į artimo nuotolio *Leap Motion* gestų atpažinimo sistemą bei jai pritaikytą virtualią klaviatūrą. Patogi vartotojo sąsaja leis fiksuoti apibrėžtose koordinatėse pateiktų simbolių įvestį.

Simbolių pasirinkimo realizacijos.

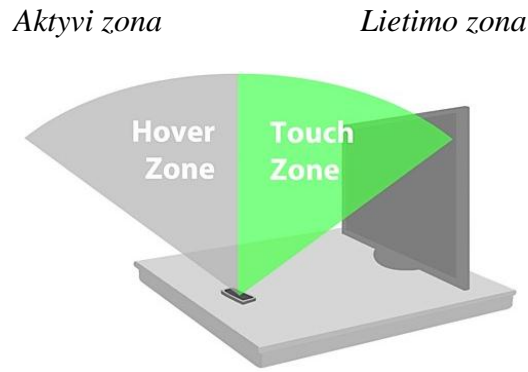
- Pasinaudojus “Screen tap” gestų įvesties šablonu.
- Fiksuojant aktyvaus simbolio laiką.
- Pasinaudojus antros rankos aptikimu.

Sukurta sistema prisidės prie gestų atpažinimo įrenginių galimybių praplėtimo.

Sistemos naudojimo aplinkos reikalavimai: uždara patalpa. Visi įrenginiai (televizorius, kompiuteris, *Leap Motion* kontroleris) turi būti apsaugoti nuo greitų temperatūros pokyčių, kritulių ar purvo. Taip pat negali būti jaučiami stiprūs virpesiai. Sistema veiks netinkamai arba visai neveiks neapsaugojus patalpą nuo paminėtų išorinių veiksnių.

3.4.2.1. Gestų atpažinimo sistemos aplinka.

Objektų aptikimo zonos padalinimas į vykdymo ir lietimo zoną leidžia praplėsti standartinės gestų įvesties televizoriuje sistemos galimybes, padidinant aptinkamų gestų jautrumą.

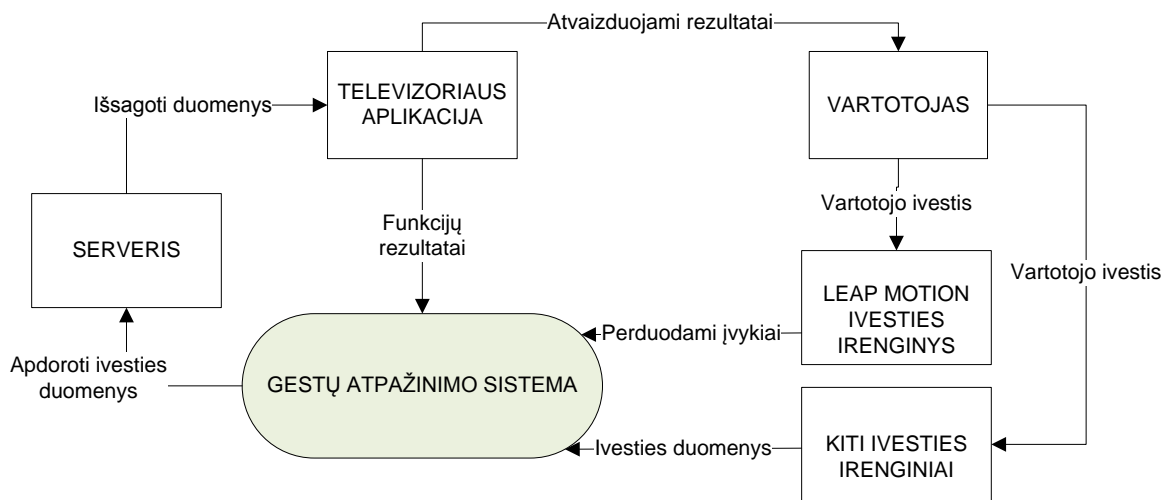


17 pav. Aktyvi sensoriaus lietimo zona. (FOV)

Sistemos veikimo aplinka kintanti. Fiksuojamos judančių objektų koordinatės ir galimi įvykiai. Vartotojo sąsajai įtaką gali daryti ir aplikacijos aplinkos pasikeitimai, įvesties ir atvaizdavimo įrenginių techniniai ir duomenų apdorojimo parametrai.

Projektuojama vartotojui patogi sistema, leidžianti vartotojui valdyti televizorių naudojantis *Leap Motion* gestų atpažinimo kontrolerį. Suprojektuota sistema turėtų leisti vartotojui greičiau ir patogiau valdyti išmaniojo televizoriaus teksto įvesties aplikaciją.

3.4.2.2. Projektuojamos sistemos duomenų srautas

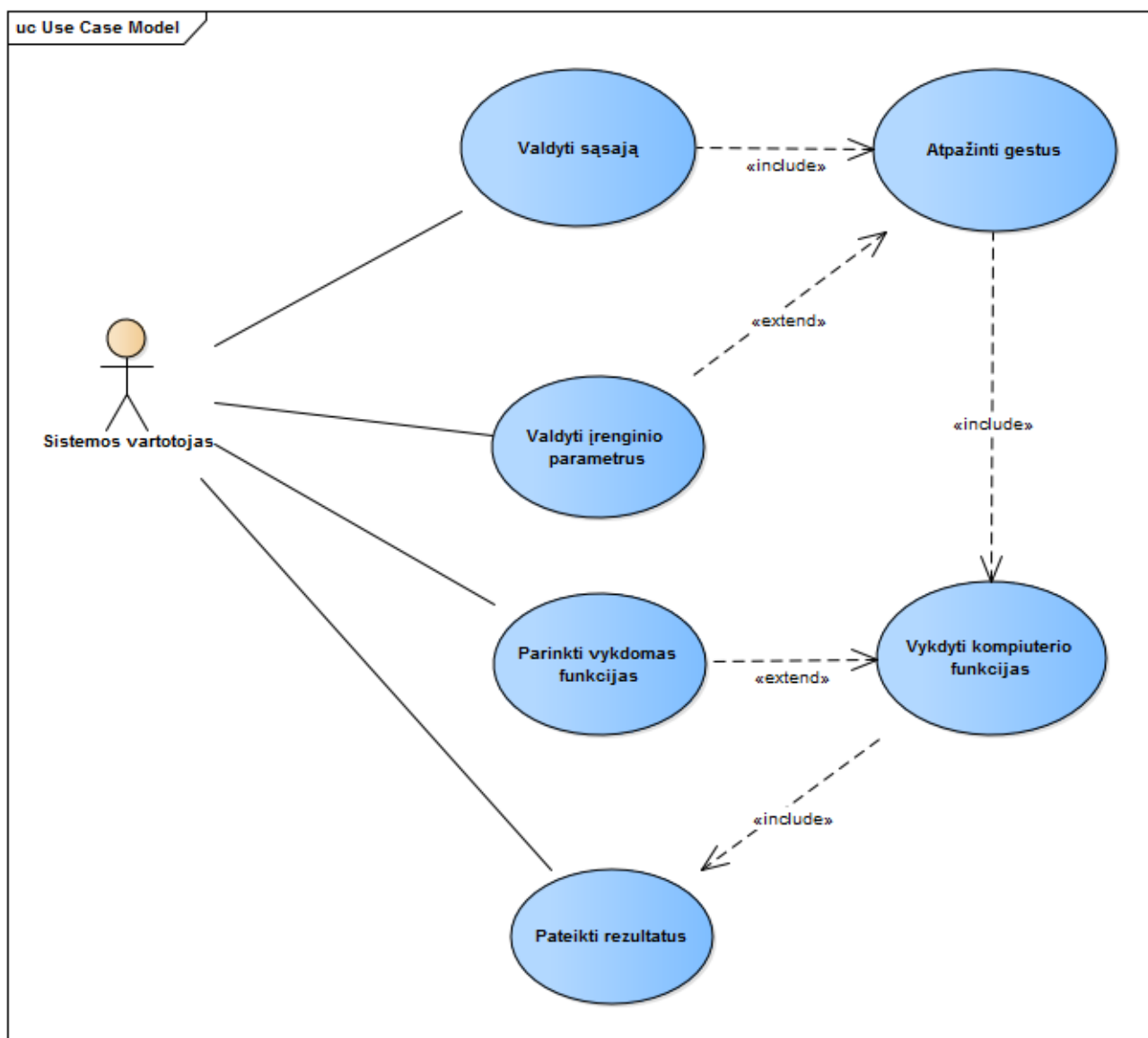


18 pav. Duomenų srautų diagrama

3 lentelė Veiklos įvykių sąrašas

Eil. nr.	Įvykio pavadinimas	Įeinantys/išeinantys informacijos srautai
1	Objektų koordinatčių fiksavimas	Perduodamos koordinatės
2	Tekstas, koordinatės, įrenginio duomenys, nustatymai.	Įvesties duomenys
3	Apdoroti įvesties duomenys	Įrenginio tipas, jo fiksuojami duomenys, paspaudimai ir pasirinktys
4	Aplikacijos aplinkos pasikeitimas	Funkcijų rezultatai

Duomenys pateikiami iš *Leap Motion* įrenginio. Atlikus optimizacijos algoritmus, duomenys struktūrizuojami ir verčiami įvykiais. Gestų atpažinimo sistema dalinasi duomenimis su serveriu ir televizoriaus aplikacija.



19 pav. Programinės įrangos panaudojimo atvejai

Panaudojimo atvejų diagramoje matomas aktorius (sistemos vartotojas) bei sistemos panaudojimo atvejai. Matomos aktoriaus sąsajos valdymo galimybės bei sistemos panaudojimo atvejų ryšiai. Atvaizduojamas sistemos veikimo etapų eiliškumas.

3.4.2.3. Architektūros specifikacija

Skyriuje pateikiamas išsamus architektūrinis, sukurtos sistemos, vaizdas. Į architektūros specifikaciją įeina keletas skirtingų architektūrinių vaizdų, kurie detalizuoja svarbiausius projektuojamos sistemos elementus, jų būsenas bei sąryšį tarp jų ir sistemos naudotojų.

3.4.2.4. Architektūros tikslai ir apribojimai

Architektūrinius sprendimus įtakojantys reikalavimai:

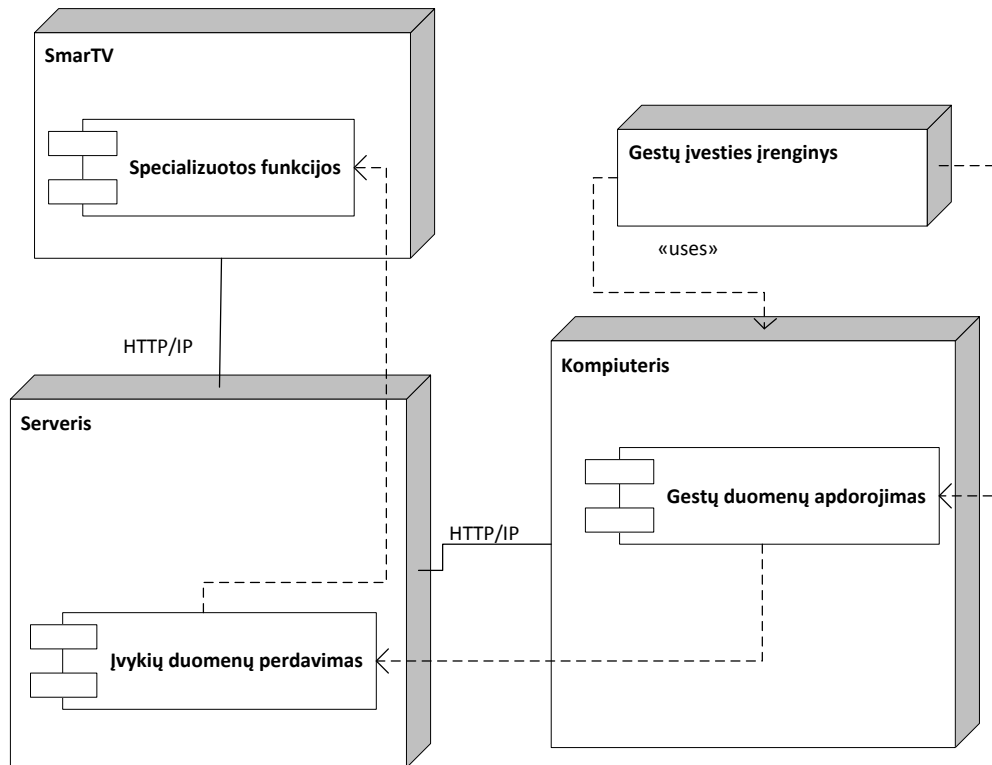
- Sistemos turi būti suprojektuota taip, kad ją galima būtų lengva išplėsti ar prijungi naujus modulius.
- Kuriama sistema pateikiama kaip atviro kodo, nekomercinė programinė įranga.
- Sistema turi leisti ją naudotis visiems vartotojams (jei kompiuteris atitinka minimalius parametrus).
- Sudarant sistemos architektūra, turi būti atsižvelgta į būtinas programos vykdymo charakteristikas, apibrėžtas reikalavimų specifikacijoje
- Sistemos realizacijai turi būti naudojamos iš anksto apibrėžtos technologijos (HTML/js, php).

3.4.2.5. Sistemos statinis vaizdas

Sistema skaidoma į tris pagrindinius paketus:

- Kompiuterio programinė įranga, kuri nuskaito sensoriaus parodomus ir pateikia juos serveriui.
- Saityno serveris, kuris atlieka tarpininko vaidmenį tarp TV ir prie kompiuterio prijungtos sąsajos.
- Samsung SmartTV operacinė sistema, kuriame saugomi html/leap.js komponentai. Jie bendrauja su serveriu sensoriaus būsenos išgavimui.

3.4.2.6. Išdėstymo vaizdas



20 pav. Išdėstymo modelis

Išskirti 3 pagrindiniai sistemos mazgai:

- *Smart tv* (html/js).
- Saityno serveris (php).
- Kompiuteris (js).
- Įvesties įrenginys

3.4.2.7. Sistemos elementų aprašas

Vartotojo kompiuterio minimalūs reikalavimai: nurodyti vartotojo dokumentacijoje. *Smart TV* reikalavimai:

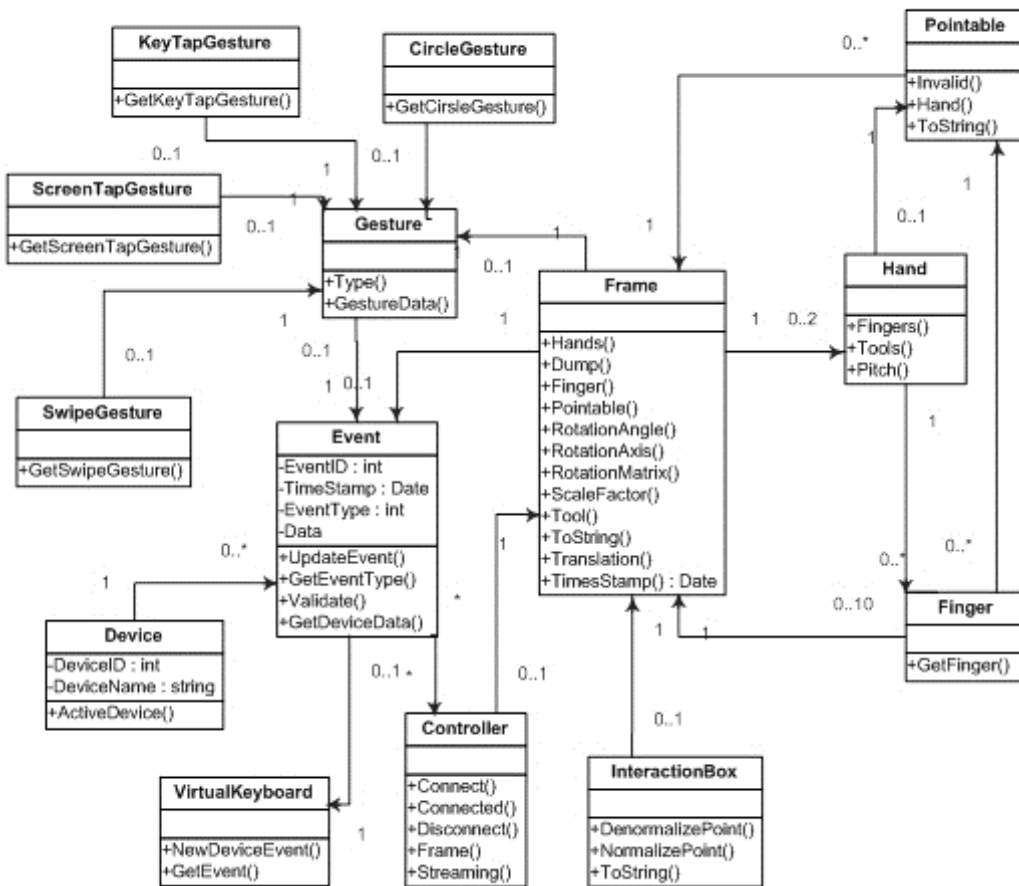
- Prijungtas interneto tinklas.

Saityno serverio minimalūs reikalavimai:

- Procesorius 2 x 2.4 GHz.
- Atmintis 1024 MB.
- Disko vieta 10 GB.
- Pralaidumas 100 Mbps.

3.4.2.8. Klasių deratizacija

Visa sistema suskaidyta į pateiktas klases.



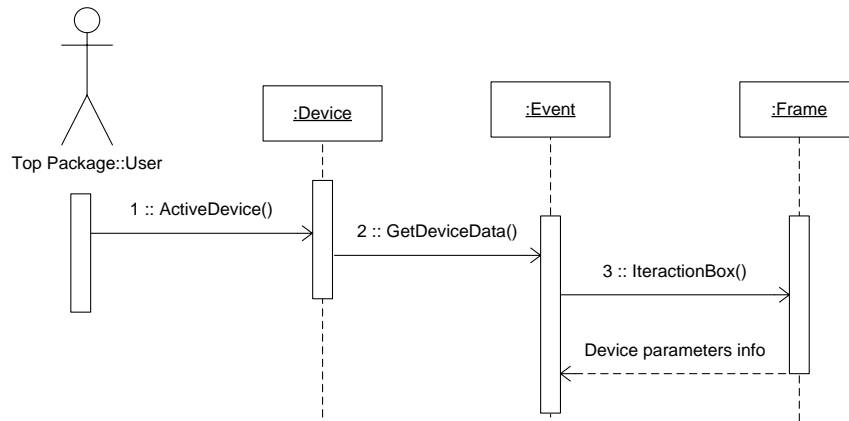
21 pav. Klasių diagrama

Klasių diagrama atvaizduoja pagrindinius ryšius tarp apdorojamų objektų. Pagrindinės „Frame“ ir „Event“ klasės atsakingos už įvykių registravimą fiksuojamo kadro momento metu. Egzistuoja „Leap“ klasė, tačiau ji nevaizduojama, nes ji komunikuoja ne tiesiogiai su atpažinimo sistema. Klasė būtų vaizduojama, jei visi prisijungimai ir aptinkami gestai būtų saugomi duomenų bazėje.

Naudojant realaus laiko JSON duomenų perdavimą duomenys gali būti saugomi duomenų bazėje. Ateityje kuriant identifikuojamus sistemos vartotojus, reikėtų registruoti kiekvieno vartotojo prisijungimus, atskirti kiekvieno vartotojo judesius.

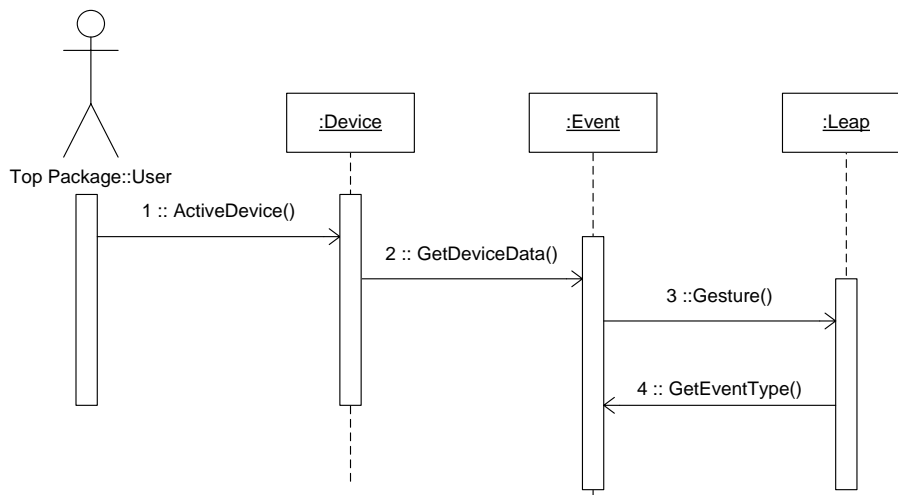
3.4.2.9. Sistemos dinaminis vaizdas

Sistemos dinaminis vaizdas atvaizduojamas Sekų diagramose:



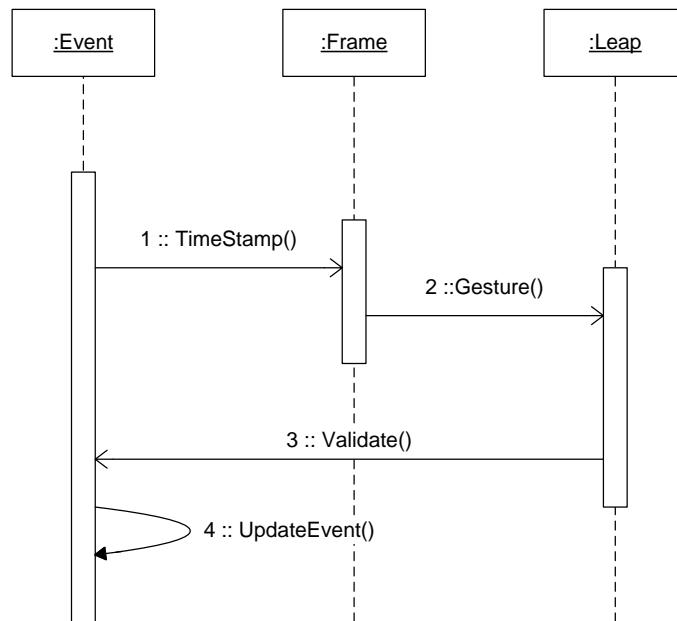
22 pav. Sąsajos nustatymai

Modelyje atvaizduojama kaip „Device“ klasės metodas perduoda „Event“ klasei aktyvaus įrenginio duomenis. Vėliau „Frame“ klasėje atliekami sąsajos nustatymai. Gražinamas pranešimas apie pakeitimus.



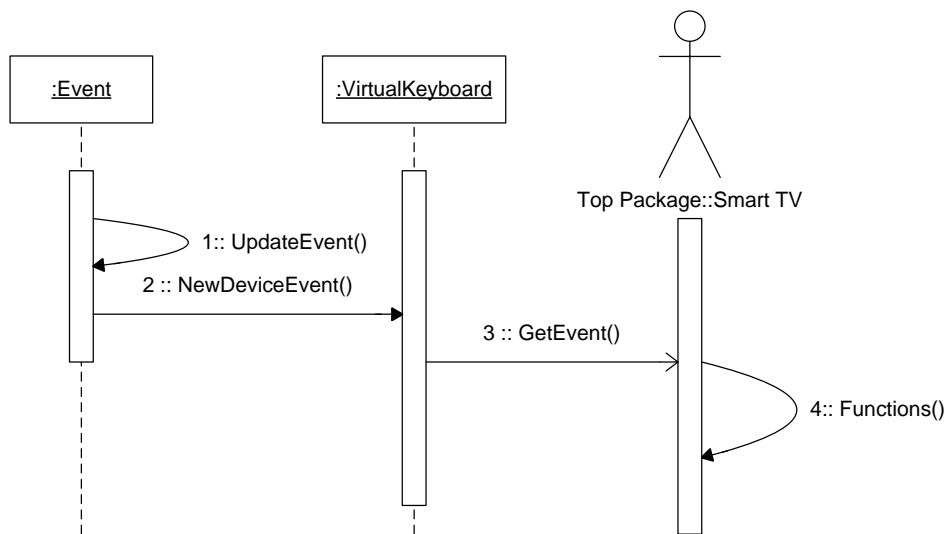
23 pav. Gestų atpažinimas

Modelyje atvaizduojama kaip „Device“ klasės metodas perduoda „Event“ klasei aktyvaus įrenginio duomenis, o „Leap“ klasė atlieka duomenų apdorojimą. Nustatomi aptikti įvykiai.



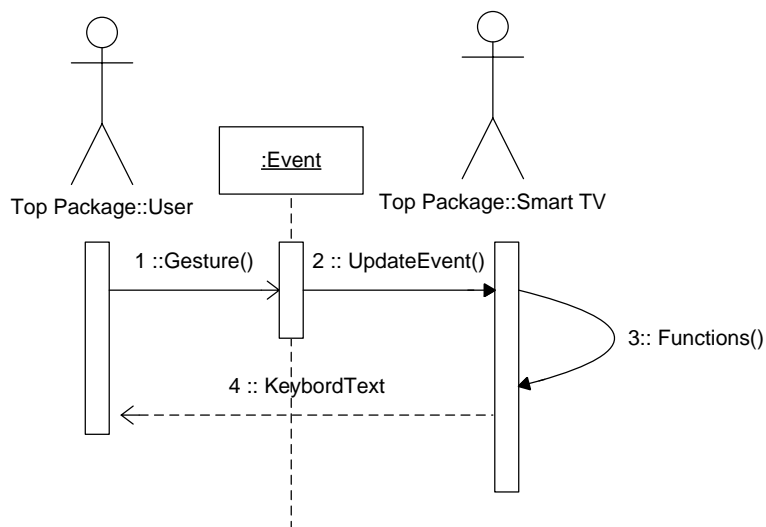
24 pav. Duomenų apdorojimas

Modelyje atvaizduojama kaip „Frame“ klasės metodas perduoda „Leap“ klasei laiko momentą kuriuo aptinkamas gestas. Šiame modelyje „Event“ klasė atsakinga už aptiktų gestų atnaujinimą.



25 pav. Funkcijų vykdymas

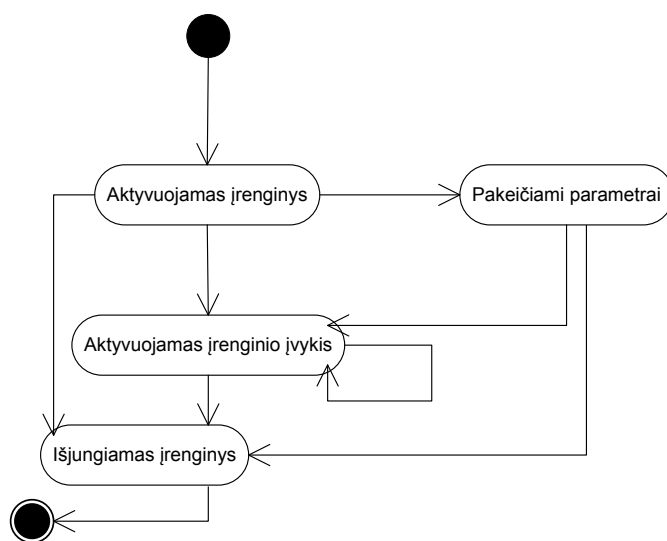
Modelyje atvaizduojama kaip „Event“ klasė nuolat atnaušina duomenis. Naujausi duomenys perduodami „VirtualKeyboard „ klasei, kurios pagalba duomenys patenka į *Smart TV* programėlę ir joje atlieka atitinkamas funkcijas .



26 pav. Rezultatų atvaizdavimas

Rezultatų atvaizdavimui pasitelkiama „Event“ klasės perduodami duomenys bei *Smart TV* aplikacijoje atliekamų funkcijų rezultatų grąžinimas vartotojui .

3.4.2.10. Veiklos diagrama



27 pav. Vartotojo veiklos procesas

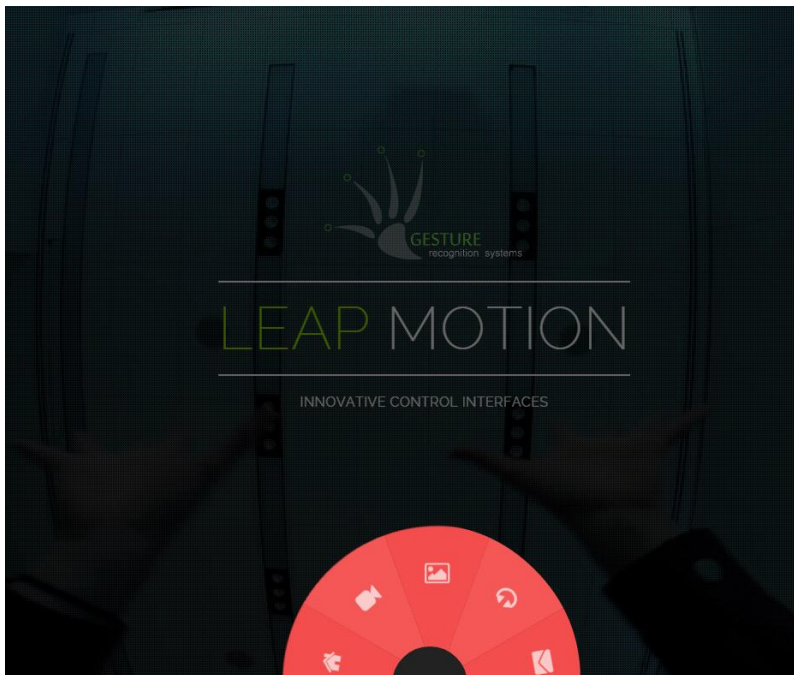
Jei įrenginys aktyvuotas, įrenginio įvykiai atnaujinami be pertraukos, pagal parametruose nustatytą laiką.

3.4.3. Internetinio puslapio vartotojų sąsajos realizacija

Norint išbandyti gestais valdomų sąsajų pritaikymą internetinėms svetainėms buvo nuspręsta realizuoti apsibrėžtais gestais valdomą svetainę. Sukurta internetinė svetainė ir jos valdymo sąsaja. Realizuotos funkcijos (išsiskleidžiantis meniu, puslapių perėjimas ir turinio peržiūros pozicijos keitimas) leido įvertinti tokios sąsajos panaudojamumą

Kūrimo metu buvo atlikta:

- Realizuotas objektų ir judesių aptikimas gestų atpažinimo zonoje.
- Pritaikytas šablonais pagrįstas sekimas.
- Realizuotas duomenų apdorojimas ir perdavimas.
- Atribotas hierarchinis galimų šablonų panaudojimas.
- Realizuotas vartotojų sąsajos valdymas naudojant gestų atpažinimą.



28 pav. Leap Motion gestų atpažinimo įrankiu valdoma svetainė

Svetainė pasiekama www.leapmotion.lt adresu.

Analizės metu pastebėta kad gestais valdomų sąsajų panaudojimas internetinių projektų plėtroje atveria naujas funkcijas galimybes. Tinkamai pritaikius gestais valdomą sąsają galima:

- Sutaupyti vietos esminių duomenų atvaizdavimui (paslėpti meniu).
- Leisti vartotojui patogiau dirbti darbo vietoje.
- Padaryti darbą kompiuteriu fiziškai aktyvesnį.

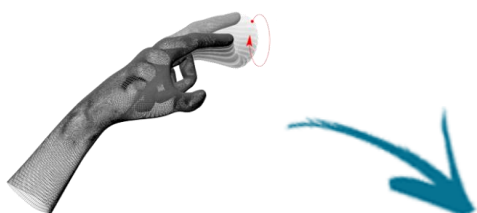
R.Sturonas

Projekto realizacijos metu realizuotos sąsajų funkcijos:

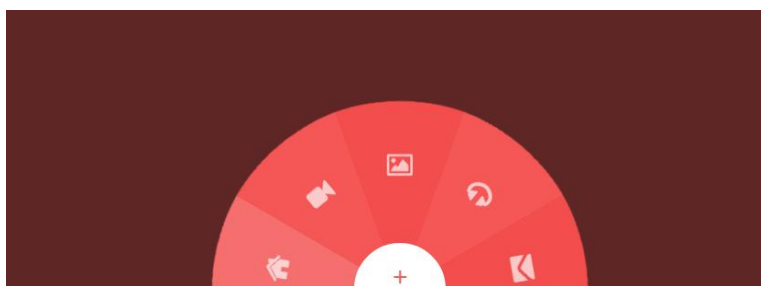
1) Funkcija: Meniu aktyvavimas



29 Pav. Pradinė meniu būseną įjungus programą



30 pav. Atliekamas piršto sukimo gestas:

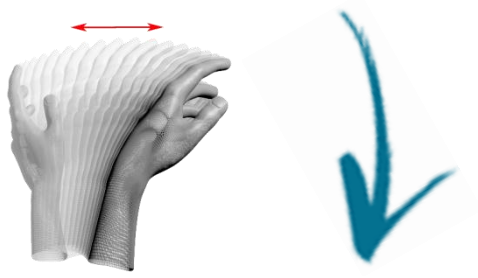


31 pav. Meniu aktyvacija (išsiskleidimas, fono patamsėjimas)

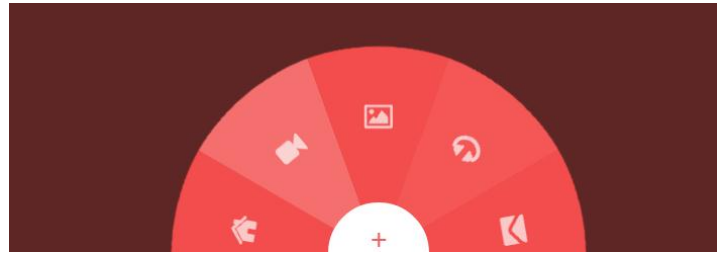
Atlikus pakartotinį piršto sukimo gestą meniu vėl susikleisų, pasidarytų neaktyvus

2) Funkcija: Meniu elementų pasirinktis

Aktyvavus sistemos meniu, išsiskleidžia pasirinktys. Jas valdyti galima rankos mosto pagalba. Pradinis aktyvus pasirinkčių elementas- „Home“.



32 pav. Atliekamas rankos mosto gestas



33 pav. Aktyvios meniu pasirinkties pasikeitimas

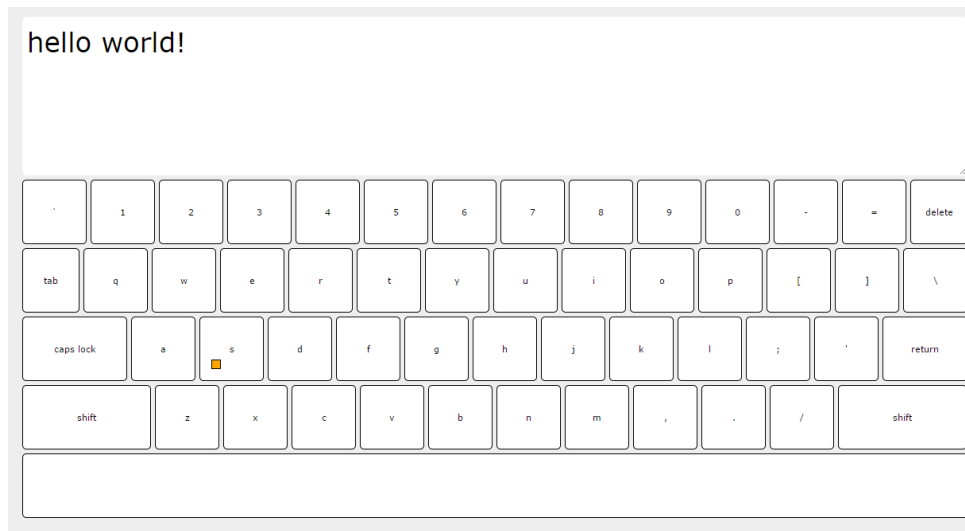
Aktyvus elementas pakeičiamas iš „Home“ į „Video“. Panaudojus „ScreenTap“ gestą, atidaroma pasirinkties nuoroda.

3) Funkcija: Svetainės turinio peržiūra

Svetainę galima kelti ir leisti naudojant delno poziciją. Tokiu būdu skaičiuojamas atstumas iki *Leap Motion* įrenginio

4) Funkcija: Teksto įvestis

Pasinaudojus virtualia klaviatūra įvedamas norimas tekstas. Dabartinis valdymas realizuotas piršto sekimo principu. Sistemoje skaičiuojamas aktyvaus mygtuko, ant kurio pirštu užvestas žymeklis, laikas. Praėjus nustatytam laikui nuo užvedimo, mygtukas aktyvuojamas, paspaudžiamas simbolis. (žiūrėti 34 pav.)



34 pav. Virtuali gestais valdoma klaviatūra

Galimi pasirinkto klaviatūros mygtuko pasirinkties fiksavimo būdai:

- Laikoma ant norimo elemento kol bus įvestas simbolis (galima vaizduoti krovimosi piktogramą)
- Naudojame *key-tap* gestų atpažinimo šabloną.
- Pirštu bakstelėjus ant pasirinkto simbolio. Atpažįstamas „ScreenTap“ gestų šablonas.

Optimizacijos galimybės

- Klaviatūros peržiūrai pasirinktu momentu naudoti virtualią lupą. Tai gali būti atliekama pasinaudojus kita ranka, arba kitu gestų atpažinimo šablonu.
- Žymeklio jautrumą reguliuoti pasinaudojus gylio koordinatėmis. Jautrumas gali būti valdomas keičiant rankos atstumą nuo menamos lietimio zonos.
- Simbolių fiksavimui panaudoti antrą ranką ar balso atpažinimą.

3.4.4. Žaidimo sąsajos realizacija

Tyrimo metu sukurtas žaidimas. Išbandytas objektų valdymas atliekant rankos judesių atpažinimą.

Realizuotos funkcijos:

- Objektų veikimo zonoje aptikimas.
- Judesių atpažinimas.
- Žaidimo sąsajos ir objektų valdymas.

Žaidimo ir judesių atpažinimo realizacija leido išskirti gestais valdomų sąsajų problemas. Pirmojoje žaidimo versijoje buvo naudojamos dvi rankos, vėliau valdymo sąsaja buvo pritaikyta vienai rankai.



35 pav. Kontrolės realizavimo būdas

Vaizduojamas žaidimo valdymo principas. Pirštu vedžiojamas taikiklis, kuris lemia erdvėlaivio judesius. Pasiekus taikiklį erdvėlaivis sustoja ir laukia kol vartotojas pakeis taikiklio vietą, vietai pasikeitus erdvėlaivis vėl pajuda.

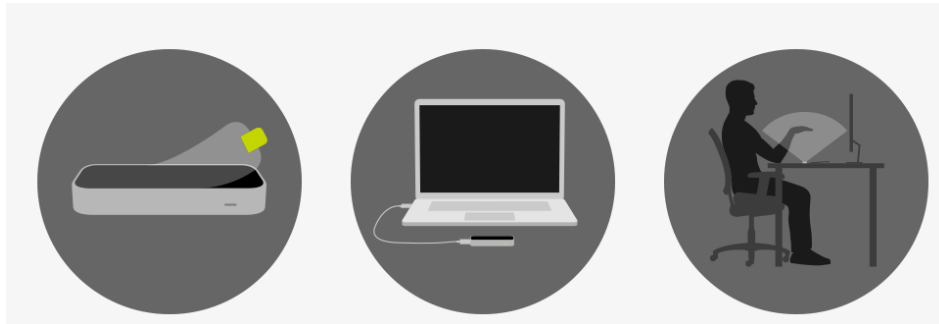
Išskirtos problemos kylančios realizuojant žaidimo valdymą rankos judesiais ore:

- Dėl galimų rankų persidengimo sensorius nesugeba atskirti kiekvienos rankas, todėl yra didelė tikimybė kad jų numeraciją ir atliekamas funkcijas sistema sumaišys.
- Nėra aiškiai matomų rankos judesių atpažinimo zonos ribų, todėl atsiranda galimybė nepataikyti į gestų atpažinimo įrenginio sensorių nuskaitymo zoną.

- Nėra galimybės visiškai nustoti judinti rankos plaštaką todėl sunku išlaikyti valdomą žaidimo objektą vienoje vietoje. Kad to išvengti turi būti toleruojama paklaida, tai lemia netikslumus valdyme.

3.4.4.1. Sistemos diegimo instrukcijos

Diegimo etapai:



36 pav. Sistemos diegimo etapai

- *Leap Motion* tvarkyklės diegimas.
- *Leap Motion* programinės įrangos diegimas.
- *Testavimas*

3.4.4.2. Naudojami specializuoti sistemų paketai:

LeapGM - tai *GameMaker* žaidimų kūrimo programos plėtinys leidžiantis žaidimų kūrėjams naudoti gestų atpažinimo funkcijas.

Gaunami duomenys:

- Visų pirštų pozicijos (x, y, z)
- Pirštų kaulų pasisukimo kampai, kryptis.
- „*Pitch*“, „*Grab*“ ir „*Roll*“ gestų atpažinimas
- Hierarchinis duomenų pateikimas

3.5. Galimos problemos ir jų sprendimai

Projektų kūrimo metu susidurta su keletu pagrindinių problemų:

- Nėra vieno bendro standarto leidžiančio visas kuriamas sistemas pritaikyti gestų atpažinimui naudojant vieną įrankį.
- Gestų atpažinimo metu paduodami didžiulei kiekiui duomenų, kuriuos būtina apriboti bei kontroliuoti.
- Gestų atpažinimo sistema naudojimo metu gali iškart atpažinti keletą gestų, todėl visos funkcijos turėjo būti kontroliuojamos, apribojami šablonų atpažinimai, pakartotiniai atpažinimai bei derinamas plaštakos koordinacių pasikeitimas ir gestų gestų atpažinimas.

Sistemų ir jų sąsajų kūrimo metu, be realizacijos sudėtingumo problemų buvo atpažintos ir išskirtos iš pačios gestų atpažinimo sistemos kylančios problemos.

Problema: sistema neaptinka naudotojo gestų.

Galimos priežastys:

- Neprijungtas *Leap Motion* įrenginys
- Neveikia kompiuterio USB įrenginys
- Neįrašyti gestų atpažinimo įrenginio valdikliai.
- Neįrašyta *Leap Motion* programinė įranga
- Kompiuteris turi dinaminį IP (pasinaudojus maršrutizatoriaus parametrais reiktų jį padaryti statiniu).
- Įrenginys padėtas netinkamoje vietoje, arba naudotojo rankos ir gestai yra neaktyvioje sensorių zonoje.
- Įrenginys apsuktas arba apverstas.
- Įrenginys arba duomenų perdavimo kabelis yra sugadinti.
- Faile esančiame: `C:\Users\mano\AppData\Roaming\Leap Motion\config.json` nėra aktyvuotas JSON duomenų perdavimas.

Failo struktūra turėtų atrodyti taip:

```
{
  "configuration": {
    "background_app_mode": 2,
    "low_resource_mode_enabled": true,
    "websockets_allow_remote": true,
    "websockets_enabled": true
  }
}
```

Problema: gestų atpažinimas stringa arba veikia lėtai.

Galimos priežastys:

- Blogas interneto ryšys,
- Įrenginio sensoriai išsteplioti (reikia nuvalyti)
- Daug programų naudoja interneto srautą, arba įjungtas informacijos persiuntimas stabdo įrenginį (reiktų suvaldyti kompiuterio ir interneto resursus)
- Kompiuteris neatitinka minimaliu programinės įrangos palaikymui reikalingų resursų reikalavimų.
- Įrenginys apsuktas į priešingą pusę.

3.6. Kokybės analizė

Šioje dalyje atliekama sukurtos programinės įrangos kokybės analizė. Joje tyrinėjama programų sistemos kokybės tobulinimo galimybes bei pagrindžiama siūlomi patobulinimai. Šiame darbe yra atliekamas siūlomos gestais valdomos vartotojo sąsajos architektūros realizacijos bei galimų įvesties būdų tyrimas.

Išskiriami pagrindiniai veiksniai darantys įtaką gestų atpažinimo kokybei nuskaitymo metu.

- Atstumas
- Vartotojo patirtis ir fizinis pajėgumas.
- Įrenginiai

Planuojami teksto įvesties optimizacijos darbai gali įtakoti sąsajos sudėtingumą, kas gali lemti neigiamą vartotojų reakciją:

- Nesupratimą
- Diskomfortą

Pasirinktos priemonės sumažinti neigiamą reakciją.

- Sąsajos tobulinimas.
- Programos naudojimo aprašo pateikimas ir praplėtimas.
- Nustatymų keitimų pasirinkimas.

3.7. Sukurtų sistemų išplečiamumas

Visos projekto metu kuriamos sistemos naudoja standartines *Leap Motion* aplikacijų realizavimo priemones (*LeapJS* – *Leap Motion* biblioteką), todėl ateityje nebus sunku praplėsti sistemą naujais moduliais ar atnaujinti esamą programinį kodą. Sistemas bus galima praplėsti ir integruoti į kitas sistemas.

3.7.1. Perspektyviniai reikalavimai

Sėkančios versijos gali turėti šias funkcijas:

- Kelių įrenginių valdymą vienu metu,
- Vartotojų ir jų įrenginių registravimo ir prisijungimo realizaciją.

4. TYRIMO IR EKSPERIMENTINĖ DALIS

4.1. Tyrimų aprašas.

Sąsajos kokybė yra nustatoma pagal bendrinius sąsajų požymius bei vartotojams pateiktų užduočių atlikimo greitį. Darbe yra analizuojama kas lemia teksto įvesties greitį. Atliekami tyrimai leidžiantys sukaupti pradinius duomenis skirtingų sąsajų funkcijų vertinimui. Sąsajų efektyvumas tyrimuose yra matuojamas nustatant jų vidutinę užduočių arba tik kai kurių žingsnių vykdymo laiką, bei funkcionalumą.

Atliekamo analizės darbo sunkumai.

- Sunku rasti vieningą valdymo sąsajų įrenginių palyginimą. Skirtingi šaltiniai pateikia skirtingus rezultatus. Pagrindinė to problema, skirtinga kompiuterinė technika ir skirtinga virtuali aplinka (VA), kurioje ši technologija naudojama.
- Naujos, mažai išanalizuotos technologijos, nes pateikiama tik keletas straipsnių, analizuojančių pasirinktas sistemas.
- Sunku išskirti objektyvius kriterijus palyginti skirtingas technologijas, nes visų sąsajų panaudojimas skiriasi.

Surinkti duomenys neleido palyginti įrenginių sąsajų, todėl nuspręsta atlikti eksperimentus.

4.1.1. Pasirinktų tyrimų paskirtis

4 lentelė Pasirinktų tyrimų aprašas ir paskirtis

Tyrimo numeris	Paskirtis
1	Nustatyti siūlomos architektūros teksto įvedimo laiką bei patogumą naudotojui. Išbandyti skirtingas teksto įvedimo sąsajas, palyginti jų greity bei kitas charakteristikas.
2	Nustatyti ir pateikti standartinių atliekamų užduočių kompiuteriu atlikimo laiką. Gauti duomenys ateityje leis įvertinti ir palyginti skirtingų įvesties įrenginių efektyvumą.
2.1	Nustatyti matematinių veiksmų atlikimo laiką naudojantis standartinę virtualią kompiuterio skaičiavimo mašinėlę ir <i>Leap Motion</i> įrenginį.
2.2	Nustatyti teksto įvedimo laiką naudojant standartinę virtualią kompiuterio klaviatūrą ir <i>Leap Motion</i> įrenginį.
2.3	Nustatyti spalvinimo užduoties atlikimo laiką naudojantis svetainėje: http://www.thecolor.com/Coloring/Kettle.aspx pateiktais įrankiais ir <i>LeapMotion</i> įrenginiu..
2.3	Nustatyti vidutinę „Memory“ žaidimo (http://mypuzzle.org/find-the-pair) atlikimo trukmę naudojant <i>Leap Motion</i> įrenginį.
3	Nustatyti vartotojų pasitenkinimą sąsajų valdymui naudojant gestų atpažinimo sistemas.

4.1.2. Tyrimui naudojamos įrangos bei parametrų aprašas

Tyrimui yra naudojama tokia aparatūrinė bei programinė įranga:

- Centrinis procesorius: *Intel Core i3 3.3 GHz*.
- Operatyvioji atmintis: *Kingston DDR3 6 GB 1333 MHz*.
- Grafinis procesorius: *Intrgruotas Intel® HD Graphics 2500*
- Operacinė sistema: Microsoft Windows 7 64 bitų.

Tyrimų rezultatai gali skirtis dėl netinkamos pasirinktos techninės įrangos, ar per mažų sistemos resursų.

4.1.3. Tyrimų rezultatų priklausomybė

Tyrimų rezultatus gali neigiamai lemti nepakankamai galinga techninė įranga, arba dėl kitų programų darbo padidėjusi kompiuterio apkrova. Dėl resursų trūkumo gali būti jaučiamas judesių vėlavimas ir strigimai. Tai reiškia, jog kitos konfigūracijos atveju gali būti gauti šiek tiek kitokie rezultatai. Rekomenduojama pakartotinius tyrimus atlikti naudojant minimalius *Leap Motion* įrenginiui rekomenduojamus kompiuterio techninius ir programinius parametrus.

4.2. Eksperimentas Nr. 1

Siekiant nustatyti skirtingų sąsajų (televizoriaus pultelio, klaviatūros, *Leap Motion* įrenginio bei liečiamo telefono) efektyvumą buvo atlikta eksperimentiniai tyrimai. Pagal surinktus duomenis bus siekiama įvertinti tekstų įvedimo greitį naudojant gestų atpažinimą ir praktinio panaudojimo galimybes išmaniuosiuose televizoriuose.

Bandymuose dalyvavo du 32 bei 24 metų dalyviai, vyrai, turintys gerą kompiuterinę patirtį. Abiejų dalyvių rezultatai buvo panašūs. Bandymų vedant tekstą *Leap Motion* įrenginiu metu abu dalyviai buvo nutolę nuo televizoriaus 2 metrus.

Tyrimo metu atliktame eksperimente buvo išbandytas Samsung televizorius, turintis virtualią klaviatūrą, *Leap Motion* sensorinis įrenginys, standartinė stacionaraus kompiuterio klaviatūra bei įvestis naudojant *Samsung TV Remote* aplikaciją įvedant virtualia liečiama *Galaxy SIII* telefono klaviatūra.

Pasirinktas Samsung išmanusis televizorius teksto įvedimui standartiškai naudoja pultelį, kuriuo pasirenkama ir užfiksuojama įvedama raidė. *Leap Motion* teksto įvedimui naudoja sensorių, skirtą atpažinti žmogaus judesius. Judesiai leidžia valdyti žymeklį bei paspausti virtualios klaviatūros mygtukus.

Atliktas tyrimas leido įvertinti:

- vidutinį vienos raidės įvedimo greitį naudojant skirtingus teksto įvedimo prietaisus.
- Įrenginių techninius bei programinius apribojimus teksto įvedimo greičiui.
- Naudotų įrenginių teksto įvedimo greičius bei kitus tyrimo metu išbandytus prietaisų parametrus.

4.2.1. Sąsajų palyginimo tyrimo rezultatai

Kadangi įvesties greitis nėra vienintelis parametras bandymų metu buvo išskirtos įvesties įrenginių stiprybės ir silpnybės.

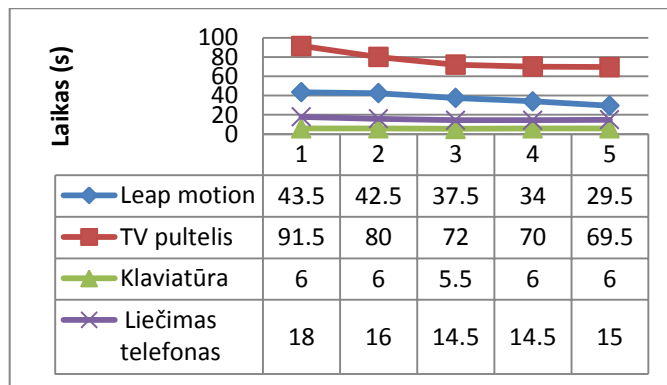
5 lentelė Prietaisų stiprybių ir silpnybių lentelė.

	Samsung TV pultelis	Leap Motion sensorius	Klaviatūra	Liečiamas telefonas
Stiprybės	1) Neužima daug vietos. 2) Jau paruoštos valdymo funkcijos.	1) Neapribotas atstumas. 2) Tikslumas. 3) Neužima daug vietos. 4) Gestai- natūralus žmogaus elgesys.	1)Labai greitas teksto įvedimas.	1) Greitas teksto įvedimas 2) Neužima daug vietos
Silpnybės	1) Ilga įvesties trukmė. 2) Didelis klaidų skaičius.	1) Varginanti įvestis. 2) Didelis klaidų skaičius. 3) Reikalingas serveris. 4) Reikalingas stabilus paviršius.	1)Apribotas atstumas. 2) Lyginant užima daugiausiai vietos.	1) Greitai išsikrauna. 2) Netinka visų rūšių telefonams.

Atlikus bandymus, naudojant prieš tai paminėtus įrenginius, buvo nustatyta, kad teksto įvedimas, naudojant *Leap Motion* įrenginį yra daugiau nei du kartus greitesnis nei naudojant Samsung televizoriaus pultelį tačiau lėtesnis už įvedimą kitais prietaisais.

Bandymui nebuvo naudojamas simbolių sufleris. Naudojant jį, priklausomai nuo įvesties įrankio, įvesties trukmė gali sumažėti iki 4 kartų. Visų bandymų metu vedamas identišką, 29 simbolių tekstas (svetainės adresas).

Sudaryta lyginamoji rezultatų lentelė. Lentelėje (žr. pav. 37) pateikta teksto įvedimo vidutiniai greičiai.



37 pav. Eksperimento rezultatų lentelė

- *Leap Motion* vidutinis simbolio įvedimo greitis – 1.02 s.
- Pultelio vidutinis simbolio įvedimo greitis – 2.4 s.
- Telefono vidutinis simbolio įvedimo greitis - 0.54 s.
- Įvedimo kompiuterio klaviatūra vidutinis simbolio įvedimo greitis 0.21 s.

Po penkių kiekvieno vartotojo bandymų pastebėta, kad žmogus įgauna patirtį įvesdamas tuos pačius žodžius, bet yra įrenginių technologinė riba. Šąsąja riboja įvedimo efektyvumą. Tolimesniais bandymais buvo patvirtinta, kad įrenginių vidutinis teksto įvedimo greitis, naudojant standartines virtualias klaviatūras, negali viršyti 0.7 s (*Leap Motion*) ir 2 s (Samsung TV) vienam simboliui. Įrenginių įvedimo greitį apriboja ir didėjantis klaidų skaičius. Rezultatai rodo, kad kompiuterio klaviatūra (lyginant greičius) – labai efektyvus teksto įvesties įrankis.

Atlikus bandymą, buvo pateikta keletas pasiūlymų, kaip *Leap Motion* galėtų pakeisti televizoriaus pultelį ir kaip programiškai būtų galima dar labiau pagreitinti teksto įvedimą naudojant *Leap Motion* įrenginį.

4.2.2. Ekspertinis sistemos vertinimas.

Laikantis egzistuojančių standartų buvo atliktas gestais valdomos teksto įvesties vertinimas, leidžiantis įvertinti tokios sąsajos panaudojamumą. Norint įvertinti gautas kuriamos sąsajos kokybės reikšmes buvo pasinaudota QUIM (*angl. Quality in Use Integrated Measurement*) hierarchiniu sąsajų standartų modeliu [10]. Atliekant teksto įvesties sistemos kokybės vertinimą buvo panaudota šimta balų vertinimo sistema. Daroma prielaida, kad kokybė patenkinama jei parametras vertinamas 70 ar aukštesniu balu. Įvertinimai parenkami, naudojantis ekspertų nuomone. Balas atspindi realizacijos metu gautų duomenų ir sistemos savybių visumą

6 lentelė Ekspertų kokybės vertinimo rezultatai.

Kriterijai	Vertinimo detalizavimas	Paiškinimas	Kaip to siekiama sistemoje	Vertinimas
Korektiškumas	Reikia įvertinti kiek sistema atitinka jos aprašymą specifikacijoje ir kaip ji pateisina vartotojų lūkesčius	Apima programinės įrangos atitikimą specifikacijai ir vartotojo lūkesčių išpildymą	Detali reikalavimų specifikacija ir vartotojų pageidaujamų funkcijų išskyrimas užtikrins aukštą sistemos korektiškumą	70
Patikimumas	Reikia įvertinti balu tikimybę, kad programinė įranga atliks jai priskirtas užduotis ar priešingai – neatliks jai nepriskirtų funkcijų	Kaip programinė įranga sugeba atlikti jai pavestas ir neatlikti nepavestų funkcijų.	<i>Leap Motion</i> įrenginio panaudojimas leis kuo tiksliau aptikti vartotojo judesius.	70
Efektyvumas	Vertinimo balas nustatomas pagal tai, kiek ir kokių kompiuterio resursų reikia programinei įrangai.	Minimalūs kompiuterio resursai programinei įrangai funkcionuoti ir kiek jie panaudojami	Minimalūs sistemos resursai nustatomi naudojant rekomendacijas ir tikslinami periodiškai.	70
Integralumas	Įvertinama balais duomenų ir programinės įrangos funkcionalumo dalis, kuria gali pakeisti ar sugadinti neautorizuoti vartotojai.	Apima neautorizuotų vartotojų prieigos kontrolę prie programinės įrangos ir duomenų	Sistema realizuota taip, kad reikšmės yra fiksuotos ir vartotojas neturi galimybių jų keisti (nustatytos ribos).	85
Panaudojamumas	Įvertinimo balas nustatomas pagal tai, kiek reikia vartotojui apsimokinti ir įdėti pastangų norint pilnai išnaudoti programinę įrangą	Pastangos reikalingos išmokti naudotis sistema	Sistema realizuojama taip, kad naujas vartotojas apsimoko per minimalų laiko tarpą.	80
Palaikomumas	Įvertinama balais kiek reikės pastangų ir laiko atlikti pataisymams veikiančioje sistemoje	Pastangos reikalingos nustatyti ir pataisyti klaidas funkcionuojančioje sistemoje	Detali dokumentacija ir <i>LeapJS</i> panaudojimas projekto realizacijoje užtikrina nesudėtingą palaikomumą	85
Testuojamumas	Reikia įvertinti reikalingas laiko sąnaudas pilnam programinės įrangos testavimui ir įrodymui, jog ji veikia taip, kaip yra tikimasi	Pastangos reikalingos ištestuoti programinę įrangą	Sistemos atliekamos funkcijos nesunkiai testuojamos ranka.	85
Lankstumas	Reikia nustatyti reikalingas pastangas ir laiko sąnaudas kurių reikėtų norint pakeisti ar papildyti programinės įrangos funkcionalumą	Funkcionuojančios sistemos funkcionalumui pakeisti reikalingos pastangos	html/js naudojimas užtikrins dideles išplečiamumo galimybes.	80
Pakartotinis panaudojamumas	Įvertinimo balas nustatomas pagal galimybę programinę įrangą ar jos dalį panaudoti kuriant ar modifikuojant kitas sistemas	Galimybė panaudoti programinę įrangą ar jos dalį kitose taikomosiose programose	Atskiri sistemos elementai sukurti taip, kad juos nebūtų sunku išskirti, atnaujinti, pakeisti.	90
Sąveikos galimybės	Reikia įvertinti balu pastangų ir laiko sąnaudas norint programinę įrangą apjungti su kita	Pastangų kiekis sistemą apjungti su kita sistema	Sistemoje realizuojama duomenų perdavimas per tinklą.	75

Išbandžius *Leap motion* įrenginį ekspertai pateikė keletą idėjų kaip būtų galima pagerinti šio įrenginio sąsają:

- apskaičiuojamas užvedimo atstumo (*angl. hover zone*) atpažinimas iki paspaudimo zonos (*angl. touch zone*). Kuo arčiau paspaudimo zonos, tuo mažesnis žymeklio judesių jautrumas. Tai leistų labai sumažinti klaidų skaičių bei pagreitinti įvedimą.
- Vaizdo priartinimas (*angl. zoom*). Leistų pagerinti judesių tikslumą teksto vedimo metu.
- Žodžių arba įvestų raidžių statistinis tikrinimas iš jau įvestų žodžių ar pateikto žodyno. Šis sprendimas leistų labai sumažinti dažnai vedamų žodžių įvedimo trukmę.
- SWIPE funkcija gali sumažinti laiką bei klaidų skaičių dėl nuokrypių paspaudimo metu.
- Trynimo funkcija, naudojant trintuką, leistų greitai ištaisyti įvedimo metu padarytas klaidas
- Kelių pirštų atpažinimas vienu metu leistų greičiau įvesti pasirinktą tekstą.

Tolesniuose eksperimentuose būtų galima išbandyti pasiūlytus teksto įvedimo gerinimo būdus bei įvertinti jų efektyvumą, išskirti rekomenduotinas realizacijos gaires *Leap motion* įrenginio sąsajos tobulinimui.

4.3. Eksperimentas Nr. 2

Siekiant surinkti tiriamuosius duomenis apie skirtingų užduočių atlikimo greičius, buvo atlikti keturi skirtingi eksperimentai. Buvo nuspręsta išmatuoti atliekamų užduočių trukmę naudojant gestais valdomą sąsają. Eksperimentų metu siekiama kuo tiksliau užfiksuoti laiką. Taip pat fiksuojama klaidos, bei apskaičiuojamas taiklumas.

Tikslumas skaičiuojamas:

$$\text{tikslumas} = (\text{teisingai atliktų paspaudimų skaičius}) / (\text{visų paspaudimų skaičius})$$

Apribojimai:

- Naudojamas *Leap Motion* judesių aptikimo įrenginys.
- Eksperimentai atliekami naudojant 22 colių įstrižainės ekraną bei 1920x1080 kompiuterio ekrano rezoliuciją.

Eksperimento metu atlikti darbai:

- Panaudojamumo metrikų pasirinkimas.
- Vertinimo metodo pasirinkimas.
- Užduočių pasirinkimas.
- Eksperimento eigos suprojektavimas.
- Gautų duomenų analizė ir interpretavimas [11].

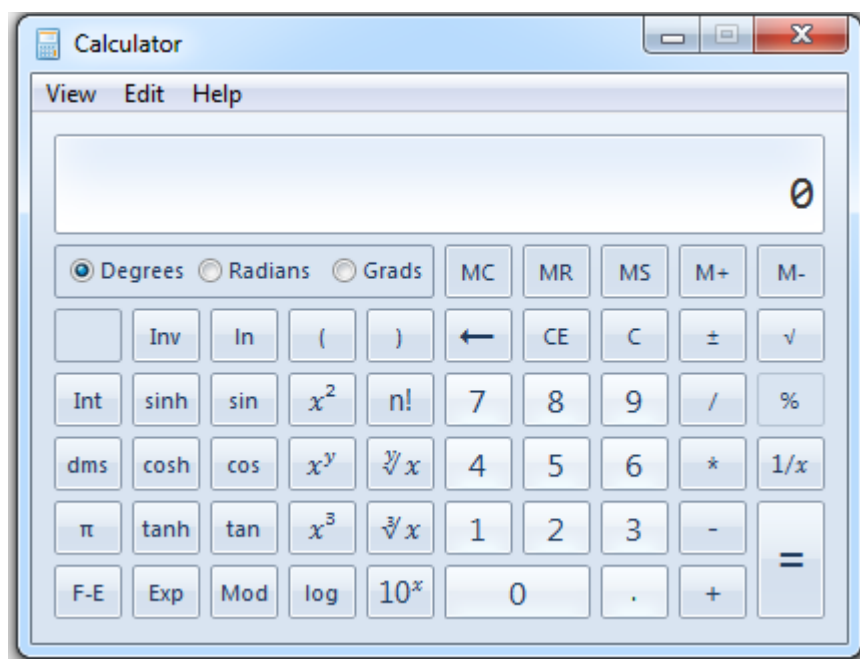
4.3.1. Eksperimentas Nr. 2.1

Apskaičiuojama matematinė išraiška “ $(19.27 \cdot 3762 / 3075 - 76) + 86 =$ ”. Naudojamasi standartiniu “MS Windows calculator” ir *Leap Motion* įrenginiu.

Eksperimento eiga:

- Fiksuojamas užduoties pradžios laikas.
- Atliekami nurodyti matematiniai veiksmai.
- Veiksmas atliekamas kol apskaičiuojamas rezultatas.
- Fiksuojamas užduoties atlikimo laikas.

Virtualios skaičiavimo mašinėlės sąsajos vaizdas:



38 pav. Virtuali skaičiavimo mašinėlė

Naudojama standartinė Windows 7 virtuali skaičiavimo mašinėlė.

4.3.2. Eksperimentas Nr. 2.2

Apskaičiuota teksto “Mūsų sukurtoje sistemoje naudojamas nesudėtingas ir patogus klasifikavimo būdas – komandų klasifikavimas pagal signalo lygį” įvesties trukmė naudojantis standartinė MS Windows virtualia klaviatūra bei *Leap Motion* įrenginiu.

Eksperimento eiga:

- Fiksuojamasis užduoties pradžios laikas.
- Renkamas nurodytas tekstas.
- Atverčiamasis sekantis paveikslėlis.
- Veiksmas atliekamas kol suvedamas visas nurodytas tekstas.
- Fiksuojamasis užduoties atlikimo laikas.

Virtualios klaviatūros sąsajos vaizdas:



39 pav. Virtuali klaviatūra

Naudojama standartinė Windows 7 Lietuviška klaviatūra.

4.3.3. Eksperimentas Nr. 2.3

Svetainėje <http://www.thecolor.com/Coloring/Kettle.aspx> pateiktos spalvinimo užduoties trukmė skaičiavimas naudojantis *Leap Motion* įrenginiu.

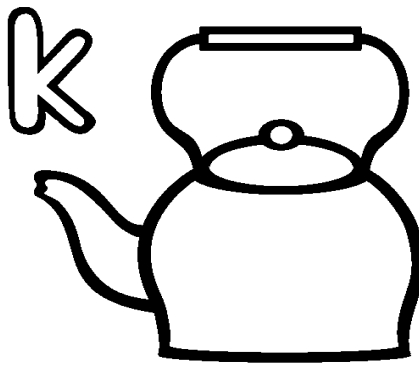
Papildomos sąlygos:

- negalima ta pačia spalva spalvinti gretimų plotų.
- Objektų išorinis fonas neturi būti spalvinamas.

Eksperimento eiga:

- Fiksuojaamas užduoties pradžios laikas.
- Pasirenkama spalva.
- Užpildoma pasirinkti galimi plotai.
- Veiksmai kartojami kol užpildomi visi galimi plotai
- Fiksuojaamas užduoties atlikimo laikas.

Užduoties metu spalvinamas atvaizduotas paveikslėlis.



40 pav. Spalvinamas objektas

Paveikslėlyje vaizduojami spalvinami objektai - virdulys bei „k“ raidė. Abu objektai turi būti užpildyti pagal apsibrėžtą sąlygą.

4.3.4. Eksperimentas Nr. 2.4

Šio eksperimento metu apskaičiuota kompiuterinio žaidimo “Memory” atlikimo trukmė naudojantis *Leap Motion* įrenginiu.

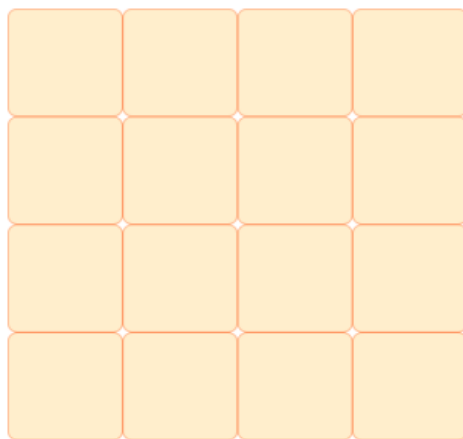
Žaidimo svetainės adresas: <http://mypuzzle.org/find-the-pair>

Eksperimento eiga:

- Fiksuojaamas užduoties pradžios laikas.
- Pasirenkamas ir atverčiamas pirmasis paveikslėlis.
- Atverčiamas sekantis paveikslėlis.
- Veiksmas kartojamas, kol randamos visos aštuonios paveikslėlių poros.
- Fiksuojaamas užduoties atlikimo laikas.

Žaidimo sąsajos vaizdas:

R.Sturonas



41 pav. Memory žaidimo vartotojo sąsaja

Nors užduoties atlikimui įtaką gali daryti asmeninės žmogaus savybės, nuokrypis nuo vidutinio fiksuojamo laiko yra minimalus.

4.3.5. Gauti eksperimento rezultatai:

Eksperimento Nr. 2 rezultatai matomi rezultatų lentelėje.

7 lentelė Atliktų užduočių trukmė

	Bandymas	Laikas	Klaidos	Tikslumas
<u>Skaičiuotuvai:</u>	1	1:08	0	1
	2	1:03	0	1
	3	1:20	1	0.96
	4	1:30	2	0.93
	5	0:57	0	1
<u>Klaviatūra:</u>	1	4:58	5	0.96
	2	3:50	1	0.99
	3	3:20	1	0.99
	4	3:15	1	0.99
	5	3:30	2	0.98
<u>Arbatinuko spalvinimas</u>	1	35	0	1
	2	19	1	0.89
	3	20	1	0.89
	4	32	2	0.8
	5	17	0	1
<u>Memory žaidimas:</u>	1	1:05	0	1
	2	0:50	0	1
	3	1:07	2	0.89
	4	0:54	1	0.95
	5	0:57	1	0.94

4.4. Eksperimentas Nr. 3

Eksperimento metu buvo atlikti bandymai ir vertinama vartotojų reakcija į *Leap Motion* gestų atpažinimo įrankiu valdomas sąsajas. Atlikta apklausa kurioje dalyvavo 18 atsitiktinių dalyvių. Vidutinis dalyvių amžius buvo 18 metų. Technologijų mugės „Technorama 2015“ metu buvo leista išbandyti gestais valdomą žemėlapių sąsają. Išbandžius sistemą vartotojai įvertino sąsajos savybes.

Sąsajos buvo vertinamos nuo 1 iki 100 balų (1- labai blogai, 100 labai gerai). Rezultatuose pateikiamas vidutinis apytikslis sąsajų vertinimas balais.

4.4.1. Apklausos rezultatai

8 lentelė. *Leap Motio* sąsajos kokybės vertinimo apklausos rezultatai.

Savybė	Paaiškinimas	Vertinimas balais
Patogumas	Ar patogų naudotis?	60
Tikslumas	Ar lengva pataikyti į norimus objektus?	62
Saugumas	Ar naudojimas saugus sveikatai?	94
Greitis	Ar judesiai greitai atvaizduojami sąsajoje?	81
Išmokstamumas	Ar nereikia daug pastangų pradedant naudotis įrenginiu?	73
Pernešamumas	Ar nesunku perkelti įrenginį į kitą vietą?	76
Inovatyvumas	Ar sąsaja yra inovatyvi?	86
Emocinis poveikis	Ar sąsaja sukelia teikiamas emocijas.?	85

Visi apklausos dalyvių vertinimai pateikti prieduose (žr. 2 priedą).

- Rezultatai rodo, kad kol kas tokių sąsajų naudojimas nėra pakankamai patogus, sąsajų patogumas vertinamas tik 60 balų iš 100. Patogumui įtaką daro ir pačios sąsajos pateikimas vartotojui.
- Nors sąsaja nėra labai patogi, ji leidžia vartotojui išbandyti inovatyvius valdymo sprendimus kurie lemia ir teigiamą emocinį poveikį vartotojams (vertinama 85 balais).

4.5. Eksperimentų apibendrinimas

Atlikti eksperimentai įrodė gestų atpažinimo sąsajos reikalingumą. Tačiau atkreipiamas dėmesys į tokių sąsajų naudojimo sudėtingumą. Kai kurioms sąsajoms gestų atpažinimas pritaikomas ypač sunkiai, todėl gestų atpažinimo sistemų naudojimas sąsajų valdymui gali lemti netikslų, sudėtingą ir varginantį procesą. Kad to išvengtų, būtinas sąsajų pritaikymo atskiroms funkcijoms vertinimas ir jų tobulinimas.

5. IŠVADOS

- Išanalizavus esamas judesių atpažinimo sistemas, įvertintos įrenginių charakteristikos, tokios kaip: aptikimo laukas, fiksavimo atstumas, tikslumas, vėlavimas. Dėl mažo vėlavimo ir galimybės judesius atpažinti nedideliu nuotoliu nuspręsta tyrinėti *Leap Motion* gestų atpažinimo sistemas.
- Siekiant iširti *Leap Motion* įrenginio tinkamumą darbui su kompiuteriu ir televizoriumi, buvo suprojektuotos ir realizuotos tokios valdymo sąsajos:
 - Teksto įvestis išmaniuosiuose televizoriuose
 - Internetinės svetainės valdymo sąsaja
 - Kompiuterinio žaidimo valdymo sąsaja
- Atlikus ekspertinį sąsajų realizacijos vertinimą buvo išskirtos kuriamų gestais valdomų sąsajų problemos ir galimi jų sprendimo būdai, bei sąsajų patobulinimai (žr. skr. 3.5 - 3.71, 4.22).
- Siekiant išsiaiškinti *Leap Motion* sąsajos tinkamumą buvo nuspręsta atlikti tokius tyrimus:
 - Skirtingų sąsajų teksto įvedimo greičių palyginimas.
 - Skirtingo tipo užduočių atlikimo greičių fiksavimas.
 - Sąsajų vartotojų pasitenkinimo vertinimas.
- Atlikus teksto įvesties tyrimą, naudojant skirtingus įvesties įrenginius, gauti eksperimento rezultatai, kurie parodė, kad *Leap Motion* įrenginys yra greitesnis teksto įvedimo prietaisas nei televizoriaus pultelis, tačiau lėtesnis nei klaviatūra ir liečiamas ekranas.
- Atlikus skirtingo tipo užduočių vykdymo eksperimentą, gauti eksperimentiniai duomenys, kurie vėliau gali būti naudojami kitiems tyrimams.
- Atlikus sąsajų vartotojų vertinimą, gauti apklausos rezultatai parodė, kad gestų atpažinimo naudojimo patogumas virtualiam žemėlapių valdymui vertinamas tik 60 iš 100 balų, tačiau tokios sąsajos naudojimas sukelia teigiamas emocijas sąsajos naudotojui (žr. skr. 4.4.1).

6. LITERATŪRA

1. YING WU, THOMAS S. HUANG. „*Vision-Based Gesture Recognition: A Review*“ [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. lapkričio 1 d.]. Prieiga per internetą: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-46616-9_10>
2. X. ZABULISY, H. BALTZAKISY, A. ARGYROSZY. “*Vision-based Hand Gesture Recognition for Human-Computer Interaction*”
3. Leap motion. [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. lapkričio 28 d.]. Prieiga per internetą: <<https://www.leapmotion.com>> [1]
4. Kinect. [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. lapkričio 29 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.microsoft.com/en-us/news/features/2010/jun10/06-13kinectintroduced.aspx>
5. MARK A. LIVINGSTON, JAY SEBASTIAN, ZHUMING AI JONATHAN W. DECKER „*Performance Measurements for the Microsoft Kinect Skeleton*“ Naval Research Laboratory. 2012.
6. Sony SmartTV. [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. lapkričio 30 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sony.co.uk/hub/lcd-television/range/smart-tv>> [5]
7. „*Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications*“ [žiūrėta 2013 m. lapkričio 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.vgleaks.com/durango-next-generation-kinect-sensor/>>
8. „*Understanding Latency*“ [žiūrėta 2013 m. lapkričio 7 d.]. Prieiga per internetą: <<http://labs.leapmotion.com/post/55354873140/understanding-latency-part-2>>
9. JAN DIETZ. *Enterprise Ontology - Theory and Methodology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. [10]
10. A.SEFFAH, M. DONYAEE, REX B. KLINE, HARKIRAT K, PADDA. „*Usability measurement and metrics: A consolidated model*“ (Software Qual J (2006) 14: 159–178 p.)
11. „*Usability Evaluation of User Interfaces*“ [žiūrėta 2014 m. vasario 6 d.]. Prieiga per internetą: <<http://webtango.berkeley.edu/papers/thesis/chap2.pdf>>

7. TERMINAI IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

- SDK- Programinės įrangos kūrimo rinkinys (*angl. Software Development Kit*).
- USE CASE- Panaudojimo atvejis.
- UML – programinės įrangos projektavimo metodika (*angl. Unified Modeling Language*)
- UI – vartotojo sąsaja (*angl. User Interface*).
- GUI – Gestais paremta vartotojo sąsaja (*angl. Gesture User Interfaces*).
- VE- Virtuali aplinka (*angl. Virtual Environment*).
- FOV- Matymo laukas (*angl. Field of View*).
- QUIM- Naudojimo kokybės kompleksiniai matavimai (*angl. Quality in Use Integrated Measurement*)
- Gestų atpažinimas- fiksuojamų objektų ar jų dalių koordinatinių pasikeitimai realiu laiko momentu.
- Įvesties duomenys- sensorių nuskaitymo metu gaunami duomenys (koordinatės, įrenginio atpažinimas, laikas, įvykio tipas).
- Įvesties įrenginys- Vartotojo naudojamas įrenginys skirtas perduoti kompiuteriui duomenis (*Leap Motion* kontroleris, pelytė, klaviatūra, pultelis, liečiamas ekranas ar kt.).
- Šabloniniai judesiai - Tai judesių kombinacija, kai visi judesiai užskaitomi kaip vienas įvykis.
- Slankiojimo zona (*angl. Hover zone*) - Gestų atpažinimo zona.
- Lietimo zona (*angl. Touch zone*) - Gestų atpažinimo zona, kai fiksuojamas ir paspaudimas. *Hover* ir *touch* zoną skiria statmuo (į sensorių nuskaitymo kryptį) nuo gestų atpažinimo įrenginio.

8. PRIEDAI

1 priedas

8.1. Publikuotas straipsnis

Leap Motion judesio sensorių panaudojimas naudotojo sąsajų kūrimui

Robertas Sturonas
KTU Programų inžinerijos katedra
Kauno technologijos universitetas
Kaunas, Lietuva
Robertas.sturonas@gmail.com

Šiame straipsnyje kalbama apie vartotojo sąsajų kūrimo problematiką, apžvelgiama esami įvesties būdai, jų savybių pritaikymas įrenginių sąsajų gerinimu, supažindinama su gestų atpažinimo technologija. Taip pat aprašoma skirtingų įvesties įrenginių teksto įvedimo tyrimas ir pristatomi sąsajų analizės rezultatai. Bandymai parodė, kad televizoriaus pultelis yra lėčiausias naudojamas teksto įvedimo įrenginys.

Reikšminiai žodžiai: vartotojo sąsaja, gestų atpažinimas, įvesties įrenginiai, Leap Motion sensorius, teksto įvedimas.

8.1.1. ĮŽANGA

Greita technologinė plėtra ne visada užtikrina inovatyvių įrenginių priimtinumą. Tai lemia ne tik aukštos įrenginių kainos ar trumpas laiko periodas nuo jų atsiradimo, bet ir šių įrenginių sąsajų sudėtingumas vartotojui. Todėl aktualu ieškoti būdų tų sąsajų naudojimo palengvinimui.

Sudėtingėjant technologijoms nebepakanka esamų valdymo sąsajų. Kaip technologijos, taip ir vartotojų sąsaja su jomis evoliucionuoja. Kuriami inovatyvūs valdymo sąsajų sprendimai, kuriais būtų pasirūpintas tinkamos vartotojo sąsajos parinkimas, jos optimizavimas ir nuolatinis tobulinimas.

Vis daugiau atkreipiama dėmesį į valdymo sąsajas, naudojančias žmogaus judesius. Pagrindinis kūrėjų tikslas yra išskirti ir pritaikyti geriausias skirtingų sąsajų savybes. Siekiant išnagrinėti skirtingų sąsajų parametrus susiduriama su kliūtimi – sunku rasti duomenų, leidžiančių tiksliai palyginti šių įrenginių sąsajas.

Išanalizavus esamus tyrimus buvo pastebėta, kad dažnai gestų atpažinimas būna realizuojamas video kameros bei skirtingų spalvų filtrų pagalba[1]. Tyrimuose taip pat analizuojama kitų tipų gestų atpažinimo technologijos. Dažniausiai minimos:

- PointGrab
- 3D Mouse
- Sixth-Sense

Ypač gestų atpažinimo srityje pasižymėjęs Komal Sheth. Įvairių tyrimų autorius analizuodamas objektų atpažinimą daug dėmesio skiria virtualios aplinkos (angl. Virtual Environments) panaudojimui 3d objektų modeliavime, robotų ir sąsajų valdyme[2].

Atliktame tyrime buvo nuspręsta išbandyti teksto įvedimą naudojant televizoriaus pultelį, *Leap motion* įrenginį ir klaviatūrą. Pabandyta išskirti svarbiausius įrenginių privalumus bei trūkumus, palyginti įrenginių teksto įvedimo greičius. Tyrimo rezultatai leis nustatyti šių įrenginių efektyvumą teksto įvedimo metu, nustatyti įrenginių pagrindinius parametrus ir įvertinti sąsajų pritaikomumą nuotoliniam išmaniojo televizoriaus valdymui.

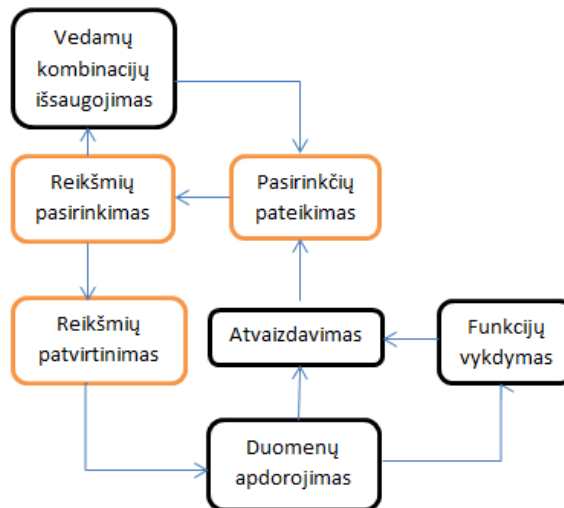
8.1.2. TURINIO ĮVESTIES REIŠMĖ NAUDOTOJO SĄSAJOS GREIČIUI

1 paveiksle pavaizduota standartinė teksto įvedimo schema naudojant televizoriaus pultelį. Rodyklės atvaizduoja duomenų perdavimo kryptis. Oranžine spalva išskirti sąsajos elementai kurie daro didžiausią įtaką vartotojo įvesties

R.Sturonas

greičiui. Netinkamai juos realizavus vartotojas jaus diskomfortą, įvestis bus sudėtinga ir užtruks daug laiko. Norint optimizuoti vartotojo teksto įvestį patartina:

- tinkamai išdėstyti sistemos pasirinktis,
- realizuoti efektyvų ir greitą įvestį,
- užtikrinti patogų pasirinktų reikšmių patvirtinimą, ar jų korekciją.



1 pav. Teksto įvedimo sąsajos struktūros modelis

Analizuojant sistemos etapus galima optimizuoti sistemos sąsajos veikimą bei komunikaciją su sistemos naudotoju.

Norint užtikrinti vartotojo sąsajos efektyvumą, būtina pasirinkti tinkamą įvesties įrenginį.

Dažniausiai naudojami teksto įvesties įrenginiai:

- Pelytė.
- Klaviatūra.
- Pultelis.
- Liečiamas ekranas.
- Mikrofonas.
- Kamera.
- Judesių atpažinimo sensorius.

Kiekvienu paminėtu įrenginiu (naudojant specialią programinę įrangą) galima atlikti panašias užduotis, tačiau kiekvienas įrenginys turi privalumų konkrečioje taikymo srityje.

Televizoriaus valdymui ilgą laiką pakako distancinio pultelio, tačiau atsiradus išmaniesiems televizoriams, komunikacijai su naudotoju, dažnai prireikia teksto įvedimo. Analizuojant rašytinio teksto įvedimą, greičiausi ir tiksliausi dabartiniai įvedimo įrenginiai yra klaviatūra ir liečiamas ekranas. Tačiau šie įrenginiai turi savų trūkumų. Klaviatūra nepasižymi kompaktiškumu, o įrenginiai liečiamu ekranu vienu metu gali vykdyti tik keletą funkcijų. Norint vykdyti kitas funkcijas, reikia papildomai pereiti į kitą meniu, tokie įrenginiai ne visada tinka televizoriaus valdymui. Dabartiniai išmanieji televizoriai jau turi gestų atpažinimo funkciją, tačiau atpažįstami judesiai netikslūs [3].

8.1.3. GESTŲ ATPAŽINIMAS

Gestų atpažinimas – tai kompleksinis uždavinys, į kurį įeina judesių modeliavimas, analizavimas, šablonų susiejimas ir atpažinimas bei mašininis mokymasis [2]. Gestų atpažinimas vykdomas paeiliui nuskaitant bei lyginant objektų X, Y, Z koordinates.

Galimi gestų atpažinimo etapai

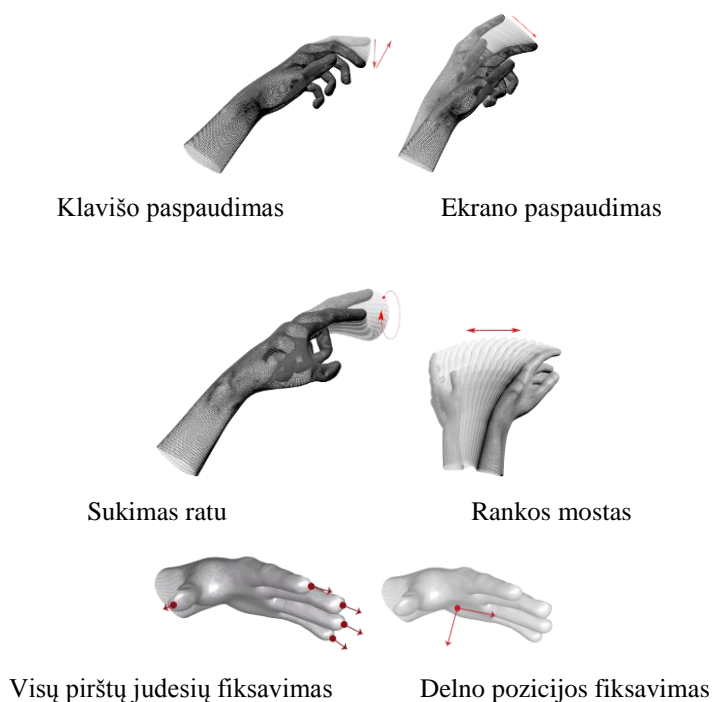
- Objektų aptikimas.
- Judesių atpažinimas.
- Judesių sekimas.
- Šablonais pagrįstas sekimas.
- Atpažinimas.

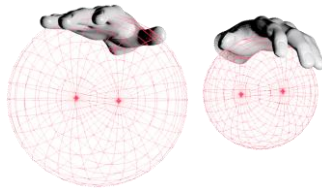
Pagrindinis žingsnis gestų atpažinimo sistemose yra rankų aptikimas ir atitinkamų vaizdų regionų segmentacija. Skirtingų sensorių judesio aptikimui yra naudojami skirtingi metodai, tačiau visi aptikimo metodai daro prielaidą, kad visi fiksuojami judesiai yra daromi tik rankos.

Objektų (rankos ir pirštų) sekimas yra antrasis žingsnis aptiktų objektų judesiams nustatyti. Stebėjimo svarba yra dvejopa. Pirma, ji suteikia fiksuojamų „frame-to-frame“ kadrų susiejimą, nulemiantį trajektorijos nustatymą laike. Šios trajektorijos perteikia svarbiausią informaciją gestų atpažinimui ir gali būti naudojama šablonais pagrįstam sekimui.

Šablonais pagrįstas sekimas yra atskira metodų klasė, pasižyminti aptiktų rankų gestų panašumu. Ši klasė remiasi rankų detektoriaus erdvėje užfiksuotais duomenimis. Duomenis lygina su prieš tai užfiksuotu sensoriaus kadrų vaizdu. Šis metodas sėkmingas tuomet, kai numanoma, kad vaizdai gaunami pakankamai dažnai. Atpažinimo tikslas – rankų gestų, vietos, laikysenos interpretavimas, skirtas vartotojo komunikavimui su kompiuteriu [4].

Galimi sąsajų gestų šablonų pavyzdžiai:





Visos rankos judesių fiksavimas [5].

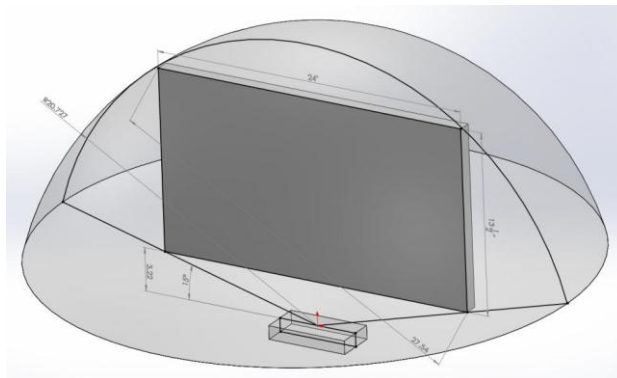
Sistemos realizuojamos laikantis vartotojų sąsajų standartais. Norint apjungti esamus sąsajų standartus, sukurtas vienas bendras hierarchinis modelis, tinkantis ir gestais paremtai vartotojo sąsajai. Šis bendras modelis buvo pavadintas „Quality in Use Integrated Measurement“ (QUIM) [6]. Pasinaudojus šiuo modeliu tyrimo metu, nustatyti pagrindiniai sistemos vartotojo reikalavimai, atlikta lyginamoji įrenginių panaudojamumo analizė.

8.1.4. LEAP MOTION PRITAIKYMAS SĄSAJŲ GERINIMUI

Leap motion valdiklis pasižymi ypač tikslia (0.2 mm) gestų ir padėties stebėjimo sistema. Skirtingai nuo standartinių Multi-Touch sprendimų, tai paviršiaus sensorius, turintis 3D sistemos sąveiką, pagrįstą stereoskopiniu objektų atpažinimu [7]. Įgyvendinant teksto įvedimą pasinaudojus *Leap motion* įrenginiu galima optimizuoti teksto įvedimo greitį.

Bendri sistemos, naudojančios *Leap motion* įrenginį sistemos apribojimai:

- Sistemos vartotojas neturi jausti judesių vėlavimo arba šis vėlavimas neturi trukdyti valdyti numatytų kompiuterio funkcijų.
- Atribotas vartotojų, naudojančių sistemą skaičius (ne daugiau du žmonės).
- Judesių atpažinimas veikia tik sensorinių įrenginių specifikacijose apibrėžtuose veikimo ploto režiuose, tačiau plotą dalinai galima keisti perkeltiant sensorinę įrangą ar pakeičiant įrenginio nustatymus.



2 pav. *Leap motion* įrenginio veikimo plotas. (Šaltinis paimtas iš:

<http://tutoprocessing.com/tutos/intermediaire/leap-motion-processing/>)

Objektų pozicijos skaičiavimui naudojama sukimosi ašies ir kampo atpažinimas. Turint kelias rotacijas, atliktas tuo pačiu metu, reikia konstruoti sukimosi matricą, gauti objektų rotacijos ašis ir jų kampus.

Sensorius numato tris rankos rotacijas: nuolydumas (aplink ašį X), kampinis nuokrypis (aplink ašį Y) ir šoninė (pagal ašį Z). Turint jas sudaroma judesių koordinacijų matricą:

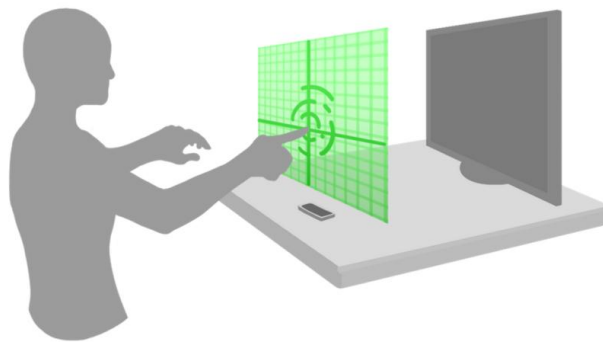
1)

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_3\mathbf{A}_2\mathbf{A}_1 = \mathbf{A}_Z\mathbf{A}_Y\mathbf{A}_X$$

2)

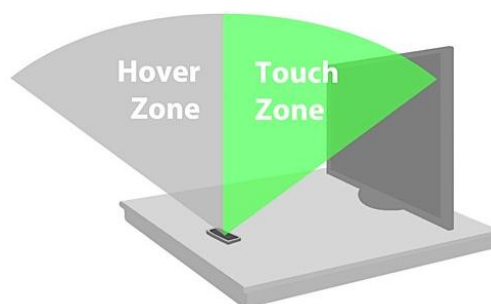
$$\mathbf{A}_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & \sin \phi \\ 0 & -\sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{A}_Y = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{A}_Z = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Tokiu būdu vienodiems komponentams gali būti apskaičiuojamas pasisukimo kampas ir sukimosi ašis. Naudotojo judesiai fiksuojami ribotame plote.



3 pav. Leap motion įrenginio naudojimas [8]

Objektų aptikimo atstumas yra 8.2-35cm (virš sensoriaus). Plotas suskaidytas į dvi dalis: objektų slankiojimo zona, ir lietimo zoną (pasirinkčių užfiksavimui)



4 pav. Leap motion įrenginio lietimo zona [8]

Be žmogaus ir kompiuterio sąveikos, gestų atpažinimas turi galimybę teikti natūralu bendravimo būdą tarp žmonių ir mašinų. Technologija tampa pakankamai brandi, kad būtų plačiai prieinama visuomenei [9].

8.1.5. TAIKYMO PROBLEMATIKA

Teoriniu požiūriu esamų sąsajų įvesties įrenginiai turėtų būti tinkamiausi pasirinktai vartotojų sąsajai, tačiau sąsajų pasikeitimai gali lemti ir įvesties įrenginių evoliuciją ar visišką pasikeitimą.

Analizuojant konkrečią situaciją – išmaniųjų televizorių atsiradimą, pastebima, kad esami įvesties įrenginiai nevisiškai atitinka atnaujintų sąsajų funkcijas. Būtina atlikti galimų įrenginių analizę ir ieškoti alternatyvos naudojamiems televizoriaus pulteliams.

Naujausi išmanieji televizoriai jau pasižymi gestų bei garsų atpažinimo funkcija. Gestų atpažinimas leidžia atpažinti nesudėtingus, tikslumo nereikalaujančius naudotojo judesius. Mažo tikslumo sistema ne visiškai išnaudoja judesių aptikimo galimybes. Netikslius judesių atpažinimas negali garantuoti efektyvaus gestų šablonų pritaikymo bei greito teksto įvedimo naudojant virtualią klaviatūrą.

Daugumai gestų atpažinimo sąsajų trūksta tikslumo. Tai sukelia nepatogumų jos naudotojui, apriboja įrenginio panaudojimo galimybes. Dažniausiai įrenginio gestų atpažinimo tikslumą lemia nuotolis tarp įrenginio ir įrenginio naudotojo. Akivaizdu, kad pasirenkant tinkamą įvesties įrenginį, būtina palyginti jų įvesties greičius bei kitus tų įrenginių bei aplinkos parametrus.

8.1.6. DUOMENŲ ANALIZĖ

Siekiant nustatyti skirtingų sąsajų (televizoriaus pultelio, klaviatūros, *Leap Motion* įrenginio) efektyvumą atlikti eksperimentiniai tyrimai. Pagal surinktus duomenis bus siekiama įvertinti tekstų įvedimo efektyvumą (greitį) naudojant gestų atpažinimą ir praktinio panaudojimo galimybes išmaniuosiuose televizoriuose.

Bandymuose dalyvavo du 32 bei 24 metų dalyviai, vyrai, turintys gerą kompiuterinę patirtį. Abiejų dalyvių rezultatai buvo panašūs. Bandymų metu abu dalyviai buvo nutolę nuo televizoriaus 2 metrus.

Nagrinėjant egzistuojančias valdymo sąsajas, buvo išskirti

pagrindiniai sistemų sąsajų vertinimo procesų etapai:

- Gavimas- įrenginių efektyvumo duomenų surinkimas
- Analizė- duomenų interpretavimas, problemų išskyrimas.
- Kritika- pasiūlymai kaip galima pagerinti esamus sprendimus [10].

Tyrimo metu atliktame eksperimente buvo išbandytas *Samsung* televizorius, turintis virtualią klaviatūrą, *Leap Motion* sensorinis įrenginys, standartinė stacionaraus kompiuterio klaviatūra bei įvestis naudojant *Samsung TV Remote* aplikaciją įvedant virtualia liečiama Galaxy SIII telefono klaviatūra.

Samsung išmanusis televizorius teksto įvedimui standartiškai naudoja pultelį, kuriuo pasirenkama ir užfiksuojama įvedama raidė. *Leap Motion* teksto įvedimui naudoja sensorių, skirtą atpažinti žmogaus judesius. Judesiai leidžia valdyti žymeklį bei spaudyti virtualios klaviatūros mygtukus.

Atliktas tyrimas leido įvertinti:

- vidutinį vienos raidės įvedimo greitį naudojant skirtingus teksto įvedimo prietaisus.
- Įrenginių techninius bei programinius apribojimus teksto įvedimo greičiui.
- Naudotų įrenginių teksto įvedimo greičius bei kitus tyrimo metu išbandytus prietaisų parametrus, sudaryta lyginamoji lentelė.

Kadangi įvesties greitis nėra vienintelis parametras bandymų metu buvo išskirtos įvesties įrenginių stiprybės ir silpnybės.

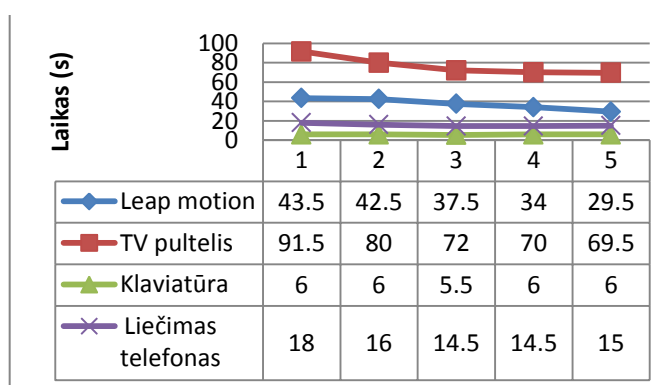
I LENTELE. Prietaisų stiprybių ir silpnybių lentelė

	Samsung TV pultelis	Leap Motion sensorius	Klaviatūra	Liečiamas telefonas
Stiprybės	1) Neužima daug vietos. 2) Turi daug televizoriaus valdymo funkcijų	1) Neapribotas atstumas. 2) Greitas teksto įvedimas. 3) Neužima daug vietos. 4) Gestai- natūralus žmogaus elgesys	1)Labai greitas teksto įvedimas	1) Greitas teksto įvedimas 2)Neužima daug vietos
Silpnybės	1) Ilga įvesties trukmė. 2) Didelis klaidų skaičius.	1) Varginanti įvestis. 2) Didelis klaidų skaičius. 3)Reikalingas serveris. 4)Stabilus nejudantis paviršius	1)Apribotas atstumas. 2) Užima daug vietos.	1) Greitai išsikrauna. 2) Netinka visų rūšių telefonams.

Atlikus bandymus, naudojant prieš tai paminėtus įrenginius, buvo nustatyta, kad teksto įvedimas, naudojant *Leap motion* įrenginį yra daugiau nei du kartus greitesnis nei naudojant *Samsung* televizoriaus pultelį tačiau lėtesnis už įvedimą kitais prietaisais.

Bandymui nebuvo naudojamas simbolių suflerius. Naudojant jį, priklausomai nuo įvesties įrankio, įvesties trukmė gali sumažėti iki 4 kartų. Visų bandymų metu vedamas identiškas, 29 simbolių tekstas (svetainės adresas).

Rezultatų lentelėje pateikta teksto įvedimo vidutiniai greičiai:



Leap Motion vidutinis paskutiniojo bandymo simbolio įvedimo greitis – 1.02 s. Pultelio vidutinis simbolio įvedimo greitis – 2.4 s. telefono- 0.54 s. Įvedimo kompiuterio klaviatūra vidutinis simbolio įvedimo greitis buvo 0.21 s. Tai įrodo, kad kompiuterio klaviatūra (lyginant tik greičius) – labai efektyvus įvesties įrankis.

Po 5 kiekvieno vartotojo bandymų pastebėta, kad žmogus įgauna patirtį įvesdamas tuos pačius žodžius, bet yra įrenginių technologinė riba. Šąsaja riboja įvedimo efektyvumą. Tolimesniais bandymais buvo patvirtinta, kad įrenginių vidutinis teksto įvedimo greitis, naudojant standartines virtualias klaviatūras, negali viršyti 0.7 s (*Leap motion*) ir 2 s (*Samsung TV*) vienam simboliui. Įrenginių įvedimo greitį apriboja ir didėjantis klaidų skaičius.

Atlikus bandymą, buvo pateikta keletas pasiūlymų, kaip *Leap motion* galėtų pakeisti televizoriaus pultelį ir kaip programiškai būtų galima dar labiau pagreitinti teksto įvedimą naudojant *Leap motion* įrenginį.

Išbandžius *Leap motion* įrenginį vartotojai pateikė keletą idėjų kaip būtų galima pagerinti šio įrenginio sąsają:

- apskaičiuojamas užvedimo atstumo (angl. hover zone) atpažinimas iki paspaudimo zonos (angl. touch zone). Kuo arčiau paspaudimo zonos, tuo mažesnis žymeklio judesių jautrumas. Tai leistų labai sumažinti klaidų skaičių bei pagreitinti įvedimą.
- Vaizdo priartinimas (angl. zoom). Leistų pagerinti judesių tikslumą teksto vedimo metu.

R.Sturonas

- Žodžių arba įvestų raidžių statistinis tikrinimas iš jau įvestų žodžių ar pateikto žodyno. Šis sprendimas leistų labai sumažinti dažnai vedamų žodžių įvedimo trukmę.
- SWIPE funkcija gali sumažinti laiką bei klaidų skaičių dėl nuokrypių paspaudimo metu.
- Trynimo funkcija, naudojant trintuką, leistų greitai ištaisyti įvedimo metu padarytas klaidas.
- Kelių pirštų atpažinimas vienu metu leistų greičiau įvesti pasirinktą tekstą.

Tolesniuose eksperimentuose numatoma išbandyti pasiūlytus teksto įvedimo gerinimo būdus bei įvertinti jų efektyvumą, išskirti rekomenduotinas realizacijos gaires *Leap motion* įrenginio sąsajos tobulinimui.

8.1.7. IŠVADOS

Išanalizavus televizoriaus teksto įvedimo sąsajos struktūrą, nustatyta turinio įvesties reikšmė naudotojo sąsajos greičiui. Išskirti kritiniai vartotojų sąsajos elementai lemiantys vartotojo įvesties patogumą ir teksto įvedimo greitį.

Analizuojant atskirus įrenginius, pastebėta, kad nėra sukaupta pakankamai duomenų, kad būtų galima palyginti kiekvieno įvesties įrenginio efektyvumą pasirinktai konkrečiai sąsajai. Nuspręsta atlikti eksperimentą, skirtą gauti įrenginių įvesties greičių rezultatus.

Buvo atliktas eksperimentas, kurio metu buvo skaičiuojama trukmė, per kurią *Samsung* išmaniajame televizoriuje įvesti fiksuotą simbolių kiekį. Tam buvo naudojami skirtingi įvesties įrenginiai. Tyrimo metu atlikto eksperimento rezultatai parodė, kad *Leap motion* įrenginys yra efektyvesnis (lyginant įvedimo trukmę) teksto įvedimo prietaisas nei televizoriaus pultelis.

Skirtingų įvesties įrenginių efektyvumo tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad ne visada sąsajai realizuoti pasirenkamas tinkamas įvesties įrenginys.

Didelę įtaką rezultatams daro patirtis dirbant kompiuteriu, todėl tyrimui buvo pasirinkti panašios patirties (dirbantys kompiuteriu) dalyviai. Bandomajam tyrimui atlikti buvo sulyginami 2 žmonių pakartotinių bandymų rezultatai naudojant skirtingus įvesties įrenginius. Rezultatai leidžia įvertinti teksto įvesties trukmės skirtumą.

Tyrimą ateityje galima praplėsti *Leap motion* įrenginio sąsajos optimizavimo analize. Programiškai patobulinus *Leap motion* sąsają, galima padidinti teksto įvedimo bei kitų tikslumo reikalaujančių funkcijų greičius, sumažinti klaidų skaičių, bei realizuoti patogesnę sąsajos valdymą.

8.1.8. LITERATŪRA

- [1] KOMAL SHETH, NITISH GADGIL, P. R. FUTANE. „A Survey of Gesture Recognition Systems for Indian Sign Language Recognition“ 2013.
- [2] KAMAL K VYAS, AMITA PAREEK, S TIWARI. „Gesture Recognition and Control“ 2006.
- [3] Sang-Heon Lee, „Smart TV interaction system using face and hand gesture recognition“, 2013.
- [4] X. ZABULISY, H. BALTZAKISY, A. ARGYROSZY. “Vision-based Hand Gesture Recognition for Human-Computer Interaction”, 2012.
- [5] Leap Motion API. Developer documentation.
- [6] A.SEFFAH, M. DONYAEE, REX B. KLINE, HARKIRAT K, PADDA. „Usability measurement and metrics: A consolidated model“ (SoftwareQual J (2006) 14: 159–178 p.)
- [7] Frank Weichert, Daniel Bachmann, Bartholomäus Rudak, Denis Fisseler „Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller.“ 2013
- [8] LeapMotion Touchless For Windows Application Documentation.
- [9] Paul Doliotis. „Comparing gesture recognition accuracy using color and depth informatikon“, 2011, Melody Yvette Ivory, PhD Dissertation, UC Berkeley Computer Science D

8.3. Vartotojų sąsajos vertinimas

9 lentelė. Leap Motio sąsajos kokybės vertinimo apklausos detalizuoti rezultatai.

Patogumas	Tikslumas	Saugumas	Greitis	Išmokstamumas	Pernešamumas	Inovatyvumas	Emocinis poveikis
40	30	70	40	30	100	90	70
88	72	100	75	100	40	66	100
50	40	100	50	50	30	60	100
50	80	80	50	40	50	100	100
80	85	100	95	100	90	100	95
50	70	100	90	100	90	90	100
50	80	80	100	50	80	100	100
40	20	100	100	10	100	50	40
70	50	100	90	70	60	100	50
30	60	100	90	80	60	100	100
70	50	60	90	40	90	80	90
60	50	100	80	90	60	50	50
20	50	100	90	90	100	100	100
60	60	95	75	85	85	90	85
70	100	100	90	90	50	100	70
75	60	100	85	100	100	75	80
100	75	100	75	100	75	100	100
70	80	100	90	95	100	100	100
60	62	94	81	73	76	86	85



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Informatikos fakultetas

(Fakultetas)

Robertas Sturonas

(Studento vardas, pavardė)

Programų sistemų inžinerija (kodas 621E16001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo darbo „Leap Motion gestų valdymo sąsajos panaudojamumo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gegužės 25 d.

 Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Roberto Sturono**, baigiamasis projektas, tema „Leap Motion gestų valdymo sąsajos panaudojamumo 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)

R.Sturonas