

**VIRTUAALASSISTENTIDE VÕRDlus ELUSLABORI
KESKKONNAS**

**COMPARISON OF VIRTUAL ASSISTANTS IN
LIVING LAB ENVIRONMENT**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Rainer Tilk.....

/nimi/

Üliõpilaskood 166225EDTR.....

Juhendaja: Sven Oras, lektor.....

/nimi, amet/

Tallinn 2023

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Jaanuar 2023.a

Autor: Rainer Tilk

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

Jaanuar 2023.a

Juhendaja: Sven Oras
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2023.a

Kaitsmiskomisjoni esimees
/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Rainer Tilk (sünnikuupäev: 08.07.1997)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „VIRTUAALASSISTENTIDE VÕRDLUS ELUSLABORI KESKKONNAS”,

mille juhendaja on Sven Oras,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna

kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (allkiri)

04.01.2023 _____ (kuupäev)

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Rainer Tilk 166225EDTR

Õppekava, peaariala: EDTR17/17 – Telemaatika ja arukad süsteemid

Juhendaja(d): Lektor, Sven Oras

Konsultant:(nimi, amet)

..... (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) „VIRTUAALASSISTENTIDE VÕRDLUS ELUSLABORI KESKKONNA“

(inglise keeles) „COMPARISON OF VIRTUAL ASSISTANTS IN LIVING LABS ENVIRONMENT“

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Luua teoreetiline alus virtuaalassistentidest ja nende võimalustest
2. Luua võrdlus kooli eluslabori sobituvust silmas pidades
3. Pakkuda parim valik olemasolevast või põhjendada

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** „.....“.....2023.a

Üliõpilane: Rainer Tilk “.....”.....2023.a
/allkiri/

Juhendaja: Sven Oras “.....”.....2023.a
/allkiri/

Programmijuht: Aime Ruus..... “.....”.....2023.a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

TalTech Tartu kolledž.....	5
EESSÕNA	8
Lühendite ja tähiste loetelu.....	9
SISSEJUHATUS	10
1. Taust.....	11
1.1 Eluslabor	11
1.2 Virtuaalassistendid.....	11
2 Lähteülesanne	13
3 Kirjanduslik ülevaade	14
3.1 Virtuaalassistent	14
3.1.1 Virtuaalassistentide arendus ja ajalugu	14
3.1.2 Virtuaalassistentid õpingutes.....	15
3.1.3 Virtuaalassistentide rakendus ja piirangud.....	16
3.1.4 Virtuaalassistentid asjade interneti juhtimiseks.....	17
3.2 Eluslabor	18
4 TalTech Tartu kolledži eluslabor	20
4.1 Andmevahetus süsteemid	21
5 Virtuaalassistentid	23
5.1 Amazon Alexa	23
5.2 Google Assistant.....	24
5.3 Apple Siri.....	24
5.4 Microsoft Cortana	24
5.5 Jasper	25
5.6 Mycroft AI.....	25
5.7 Stanford OVAL Genie.....	26
6 Lahenduste võrdlus	27
6.1 Ühilduvus kooli pilvega ja seadmete juhtimise võimalused	27
6.1.1 Amazon Alexa	27
6.1.2 Google Assistant	29
6.1.3 Apple Siri	30
6.1.4 Microsoft Cortana	30

6.1.5 Mycroft AI	30
6.1.6 Stanford OVAL Genie	31
6.1.7 Home assistant	31
6.1.8 Kokkuvõtteks	32
6.2 Öppe võimalused	33
6.2.1 Amazon Alexa	33
6.2.2 Google Assistant	34
6.2.3 Apple Siri	34
6.2.4 Microsoft cortana	35
6.2.5 Stanford OVAL Genie	35
6.2.6 Kokkuvõtteks	36
6.3 Kasutaja andmete kogumine	36
6.3.1 Amazon Alexa	37
6.3.2 Google Assistant	37
6.3.3 Microsoft Cortana	38
6.3.4 Stanford OVAL Genie	39
6.3.5 Kokkuvõtteks	39
6.4 Tulemused	40
KOKKUVÕTE	43
CONCLUSION	45
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	47

EESSÕNA

Käesoleva bakalaureusetöö ülesanne on sõnastatud Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži õppejõu Ago Rootsi poolt. Temalt pärinevad ka esmased viited seonduvale materjalile ja olemasolevatele süsteemidele.

Virtuaalassistent, eluslabor, bakalaureusetöö.

Lühendite ja tähiste loetelu

Chatbot – Programm inimesega vestluse simuleerimiseks

IoT – Internet of things eestik. asjade internet

IPA – Intelligent virtuaal assistants eestik. targad virtuaalsed assistendid

LAN – Local area network eestik. kohtvõrk

SDK – Software development kit eestik. tarkvaraarenduskomplekt

SISSEJUHATUS

Aastast aastasse areneb infotehnoloogia infrastruktuur ja koos sellega ka muutuvad erinevad mugavus lahendused kättesaadavamaks ja ka paremaks. Oleme jõudnud punkti, kus enamik meie tegevustest on seotud asjade internetiga ning isegi kui ei soovi, siis on kas või vähesel määral sellega kokku puutuda ja tegeleda. Asjade internet või teisisõnu nutistu kujutab endast interneti kaudu seotud seadmete võrku, mis omavahel kommunikeerivad ja tegutsevad.

Antud uurimuses käsil olev eluslabor on samuti omavahel suhtlev ja infot jagav nutistu. Et oleks lihtsam kontrollida mõndasid aplikatsioone kooli elulabori ulatuses on hea kasutada erinevaid abivahendeid. Nendeks võivad olla erinevad tarkvara lahendused info kergemaks hoomamiseks või erinevad kontrollid, mis teevad teatud funktsioonid lihtsamaks.

Siinkohal tuleb sisse virtuaalassistent või tark kõlar. Virtuaalassistent on tarkvara agent, mille peamine protsessimine toimub tehisintellekti põhimõttel. Selle eesmärk on täita erinevaid ülesandeid vastavalt seadistusele ja eesmärgile. Rakendused ja võimalused varieeruvad seadmelt seadmele. Vahepeal kasutatakse virtuaalassistenti asemel terminit chatbot, mis on lihtsustatud versioon vestluspõhiste ülesannetega tegelemiseks. Hetke seisuga on see peamiselt kasutuses interneti keskkonnas. Mõned aga suudavad reageerida häälkäsklustele ja vastavalt sellele kontrollida kodu automaatika seadmeid, kontrollida meedia seadmeid ja vastata erinevatele küsimustele. Alates aastast 2017 virtuaalassistentide võimekus on hakanud kiirelt arenema. Peamised arendajad algselt olid Apple ja Google, kes rakendasid need esmalt telefonidesse ja hiljem ka erinevatele teistele seadmetele. Nende kõrval arendas Microsoft Windows süsteemile virtuaalassistenti. Neid lisati mitmetesse erinevatesse seadetes, näiteks arvutid, nutitelefonid ja targad kõlarid. Hiljem ka lisandus Amazon tarkade kõlaritega.

1. Taust

1.1 Eluslabor

Eluslaboreid defineeritakse mitmeid erinevaid viise. Antud tööga seotud eluslabori arendus kontekstis tähendab see mõne tehnosüsteemi automatiseerimist programmi järgi juhtimise suunas. Eluslabori põhiprintsiibid, tähtsus sidusrühmadele, mõju, jätkusuutlikkus, avatus ja reaalsus. Tähtsus sidusrühmadele on vajalik kuna see määrab ära kui vajalik ja praktiline see neile üldse on. Mõju on aga tähtis, et kasutajad oleksid aktiivsed õppima ning arenema koos süsteemiga. Ja sama tähtis on pidev innovatsioon, et asi oleks järgnevalt praktiline, mis omakorda pakub ühe rohkem huvi ning vajadust kasutajatel sellega tegeleda ja arendada. Jätkusuutlikus väljendub selles, et luuakse süsteem, mis on asjakohane olevikus ning samas piisavalt paindlik, et tulevikus oleks arenemisruumi ning praktilisust. Tähtis on võimalikult vähe jäätmeid toota ning võimalikult energiasäästlik süsteem. Et innovatsioon toimuks ka suuremas pildis, mitte ainult kohalikus süsteemis, siis on tähtis avatus. See võimaldab teistel sarnaste süsteemidega tegutsevatel isikutel või gruppidel/organisatsioonidel kaasa areneda ning sellega üleüldiselt suuremas pildis innovatsiooni luua. Realismi punktist on tähtis, et innovatsiooni tegevused tehtaks naturaalses ja reaalses päriselu keskkonnas. Kuna eluslabor on pidevalt arenev keskkond, siis on tähtis, et kõik oleks reaalses füüsilises süsteemis ja vastavalt sellele kohanduv.

Antud lõputöö kui ka Tartu Kolledži eluslabori arendus projekti suunad on arendada ja rakendada automaatika süsteeme pidevas innovatsiooni keskkonnas kaasates õpilasi luues arendusega kaasneva õppeprotsessi ning pakkudes tudengitele võimalusi lõputööde kui ka praktikate teostamise jaoks. Automatiseerimine loob omakorda energiasäästliku keskkonna ning samuti pakub head ülevaadet hoone jälgitavate ruumide parameetritest nagu süsihappegaasi sisaldus õhus, temperatuur, õhuniiskus ja ka ruumi täituvus.

1.2 Virtuaalassistendid

Virtuaalassistendid või targad personaalsed assistendid on interaktiivsed seadmed, mis on ehitatud kas valmis kõlarisse või mingile platvormile nagu Raspberry Pi või nutitelefon. Neid juhib tehis intellekt, mis on õpetatud töötleva inimkeelt ja tõlkima seda koodi ning

vastavalt käsklusele reageerida. See töötab süsteemiga, kus seade on pidevalt ootel võtmesõnale, mis selle edasise kuulmise käivitaks. Peale seda salvestatakse kasutaja hääle sõnum ning see saadetakse spetsialiseeritud serverisse analüüsima ning protsessima ning vastavalt käsklusele antakse vastus.

Targad personaalsed assistendid ingl intelligent personal assistants(IPA) tutvustati juba 90ndatel alustati sellel teemal artiklite avaldamisega. Esimene moderne virtuaalassistent oli Apple Siri, mis avaldati 2010 ja 2011 lisati Apple nutitelefonide operatsioonisüsteemi - iOS-ile. Neile järgnes Microsofti Cortana 2013 ja aasta hiljem lisandus konkurentsi Amazon nende arendatud Alexaga, millele lisandus ka Echo kõlar. 2016 lisandus pideva innovatsiooni võistlusesse ka Google Assistant, millel oli kõlari seade koduseks kasutuseks ning samuti lisati see androididele rakendusena. Varasemate häälega aktiveeritavate seadmete ees oli neil eelis sellega, et nad olid pidevalt ühendatud internetiga ja tänu sellele oli neil palju suurem võimekus võrreldes varasemate sisse ehitatud käsklustele reageerimisega. Sealt edasi on lisandunud mitmeid väiksemaid avatud lähtekoodiga lahendusi, mis keskenduvad privaatsusele ja paindlikkusele. Peamine areng virtuaalassistentidel toimub masinõppe ja protsessimis võime näol. Nendega suureneb arusaamine inimese käsklustest ja ülesannete täitmis võimekus ning kiirus.

2 Lähteülesanne

Antud töö eesmärgiks on leida sobiv virtuaalassistent, millega luua ühendus kooli MeiePilvega. Tallinna Tehnikaülikooli Tartu Kolledžis on üles seatud ruumikliima juhtimine ja jälgimine, mis baseerub Schneideri Multi-Purpose Manager(MPM) kontrollritel. Kontrollerid edastavad kasutuses olevate muutujate väärtusi kasutades oBIX protokoll. Väärtused saadetakse kooli eluslabori arendusega valminud MeiePilv andmepilve, kus need salvestatakse. Infoedastus toimub ka interneti puudumise juhul, lihtsalt ligipääs andmetele on piiritletud. Eluslabori arendusega on ambitsiooniks lõpuks lisada pilve jälgimisse ka valgustus, kuid see on hetkel idee faasis. Antud töö eesmärgina on vaja leida sobiv virtuaalassistent, mis võimaldaks andmevahetust kooli andmepilvega. Selle jaoks on vaja koostada võrdlus erinevate ringluses olevate virtuaalassistentide ühendus võimekusest, selle ühilduvusest kooli MeiePilvega. Lisaks sellele uurida võimalikke rakendusi kooli õppes. Kuna kaasaegne infoühiskond on suurel määral liikunud ka info kogumise suunas, siis on ka tähis võrrelda erinevate seadmete kogutud infot, kuna on lahendusi, mis koguvad rohkem kui selle kasutamise mugavus ära tasuks. Lõpptulemusena on vajadus luua ülevaade võimalikest lahendustest ning võrdluse tulemusena leida, millist neist oleks kõige mõttekam kasutusele võtta.

3 Kirjanduslik ülevaade

Antud kirjanduslik ülevaade koosneb kolmest osast. Esimene, kus käsitletakse virtuaalassistente, teine elulabori kohta ja viimane, kus analüüsitakse teadutöid ja -artikleid, kus on käsitletud virtuaalassistente elulabori või asjade interneti keskkonnas. Antud kirjandusliku ülevaate eesmärk on anda süstemaatiline ülevaade praegusest kirjandusest virtuaalse assistendi ja elulabori valdkonnas luues alustala nende analüüsimiseks järgnevas töös. Kirjandusliku ülevaate eesmärk on luua terviklik pilt virtuaalse assistendi ja elulaboriga seotud kirjandusest, et mõista kus ja kuidas seda varem kasutatud on.

3.1 Virtuaalassistent

Virtuaalassistente on käsitletud mitmete terminitega. Alternatiividena inglisekeelsetes artiklites on kasutatud ka Intelligent Personal Assistants-e, chatbote ja Smart Assistante eestik. nutikad abilised. Need on aeglaselt arenenud juba üle 60 aasta, kuid koos interneti ja eksponentsiaalse tehnoloogia arenguga on virtuaalsed assistendid jõudnud punkti, kus neid kasutatakse väga laiahaardelises valikus valdkondades. Peamised uurimisvaldkonnad virtuaalassistentidele vahemikus 2012-2017 on üldiselt lahenduste kohta, kasutatavus, infrastruktuur, tervise valdkond ja haridus valdkond. Suurel osal on uuritud nende mõju ja efektiivsust meditsiinis ja erivajadustega inimeste abistamise valdkonnas, kuna see pakub lihtsat vestluse baasil liidest [1], [2].[3] Lisaks sellele on tehtud füüsilise keskkonna uuringuid tööstuslikul maastikul, laborites ja klassides [4], [5]. Kuna virtuaalassistendi eesmärk käesolevas töös on luua ühendus elulabori asjade internetiga ja lisaks sellele pakkuda õppe võimalust mõlema poole suhtes, siis järgnevad peatükid keskenduvad just õppe ja asjade interneti valdkonna peale.

3.1.1 Virtuaalassistentide arendus ja ajalugu

Sarnaseid süsteeme on võetud kasutusele juba AI alguspäevadest. 60ndate keskpaigas arendati keemia laboritesse DENDRAL programm, mis töötas nagu virtuaalne assistent, aga häälsuhtluse asemel oli teksti sisend. Seade pani alustala tarkadele assistentidele. Kuna teadus sellel alal oli veel algeline ja kergelt tuli seadmete poolne limitatsioon ette, jäi programm alla oma ala spetsialistidele, kuid pakkus head platvormi, mida kasutada labori abilisenä.[6] Seitsmekümnendate alguses hakkas arenema uurimisvaldkond

Decision Support System (DSS), otsetõlkes otsuste tugisüsteem. Nagu virtuaalassistente praegu, selle eelkäijat DSS-i kasutati laialdaselt mitmetes valdkondades.[7] Algselt töötas see kui otsingu süsteem failide ja dokumentide jaoks, kuid 70ndatel hakati arendama seda põimunult tehisintellektiga, mida hakati kutsuma Intelligent Decision Support Systemiks(IDSS). IDSS-i eesmärk oli luua arvuti tööristu, mis käituksid nagu inim abiline. Kui DSS oli alus loogika süsteemile virtuaalassistentidel, siis paralleelselt käis samuti alates 60ndatest arendamine suhtluse poolsele alal.[8] Nimelt oli pidev areng masinate häälsuhtluse uurimisvaldkonnas[9], ning üks varasemaid suurprojekte kus seda kasutati oli Apollo 11, kus kasutati häälliidest kuu kivide keemilise analüüsi andmebaasi kasutamiseks[10]. Lisaks sellele oli suureks arendajaks IBM, kes lõi häälkäsklustega kalkulaatori, mis suutis aru saada kuueteistkümnest sõnast ja numbritest nullist üheksani [11]. Samal ajal arendati Massachusettsi Tehnoloogiainstituudis chatbot-i ELIZA, mille eesmärk oli simuleerida inimese vestlust. See küll kasutas suhtluseks ettekirjutatud stsenaariumiga programmi, kuid oma ajastul suutis jätta üllatavalt inimliku mulje [12]. 70ndatel ja 80ndatel tänu tehnoloogia arengule olid suurimad arengud just programmide sõnavara tuvastuse suurenemises. 70ndatel oli suurprojekt „Harpy“, mis oli mitmete instituutide ja IBM koostöös ja see suutis protsessida umbes 1000 sõna.[13] 80ndatel jällegi eestvedaja IBM arendas programmi Tangora, mis suutis mõista üle 20000 sõna[14]. 90ndatel hakati arendama häälliidesega intelligentseid personaalseid assistente. IBM oli välja arendanud esimese nutitelefoni, millel oli puutetundlik ekraan ja virtuaalassistent sisse ehitatud [15]. Pärast seda olid väiksemad arendused Microsofti ja muude teksti põhiste virtuaalassistentidega, kuid esimene modernne virtuaalne assistent Siri arendati Apple poolt. Siri tutvustati iOS platvormile aastal 2011. Apple-ile järgnevalt aastal 2014 avaldati maailmale Microsofti poolt Cortana, mis sai avalikult kättesaadavaks mitmetel platvormidel 2015. 2014 astus virtuaalassistentide võistlusesse ka Amazoni Alexa, mis algselt arendati ainult Amazoni nutikõlar Echo platvormile, kuid ka sealt areneti väga laiema valiku platvormide peale. Praeguse virtuaalassistentide lipulaevadest viimasena ühines Google assistant aastal 2016.[16]

3.1.2 Virtuaalassistentid õpingutes

Kuna eluslabori eesmärk on pakkuda võimalusi tudengitel uusi oskuseid ja teadmisi omandada ning praktiseerida, siis on samuti tähtis saada ülevaade varasematest praktilistest lahendustest virtuaalassistentidest õppe valdkonnas. Nagu varasemalt mainitud, siis on kasutatud virtuaalassistente nii õppeks kui ka koolis abistaja ja töövahendina. Üks praktilisemaid õppe väljundeid, mis virtuaalassistentil on, on keele

õpe, kuna see pakub väikse eksimisvõimaluse ja objekti orienteeritusega stabiilset platvormi, mis on vaheldus igapäeva õppele. Laborites aga on leitud kasutust õppe vormis ülesannete automatiseerimiseks, labori abilisena ja automaatika juhtimiseks, mis ka pakub väga laialdast õppe võimalust.[17], [18] Ühe näitena ülesannete automatiseerimise kohta on uurimus, kus kasutati Alexat, et luua häälkäsklus platvorm, mis genereerib Exceli abil elektri arvutus ülesandeid ja vajadusel juhendab õpilasi [18]. Labori abilisena on kasutatud virtuaalassistentide eelkäiana Apollo 11 pardal kuu kivimite analüüsi andmebaasist info lihtsamaks tagastamiseks[10]. Samal ajal aretati keemia laborite jaoks DENDRAL projekt, mis abistas laborites algselt tekstilise sisendiga [17]. Lisaks sellele on kasutatud õppe abistamiseks koroonapandeemia ajal [19]. Eraldi seisvate projektina on tehtud töö virtuaalassistenti Cyrus kohta, kus seda on kasutatud õpilastele SQL programmeerimiskeele õpetamiseks ja abistamiseks[20]. Kuigi on palju väljundeid virtuaalassistenti kasutuseks õppevaldkonnas, pole see õpilastele kõige meeldivam õppe meetod ja ikka eelistatakse inimeselt inimesele õppimisviisi [5].

3.1.3 Virtuaalassistentide rakendus ja piirangud

Virtuaalassistentide rakendus on suuremal osal suunatud telefonide ja valitud seadmete kasutamise mugavuse laiendamiseks. Kuid enamik tehnoloogilisest arengust tekib erinevate valdkondade ühendamises või erinevate tehnoloogiate kooslusel. Seda ka praeguse töö käigus. Juba sellel tasandil on veel mitmeid probleeme ning arenguruumi, kuid kui lisada juurde seadmete võrgustik, siis on muutujaid kordades rohkem ning sellele vastavalt ka potentsiaalseid veakohti. Lihtsalt virtuaalassistentide tasemel on neil väga laialdaselt kasutusruumi, kuid sellega kaasneb olukord, kus enamik kasutajaid teavad kõige tavalisemaid kasutusvõimalusi, kuid enamik tarkvara võimekusest jääb kasutamata [21]. Lihtsalt esmamuljena võib tunduda nagu virtuaalassistentid on ainult lihtsate küsimuste küsimiseks, kalendri abistajana kasutamiseks, muusika võimeelelahutuse eesmärgil. Tänu virtuaalassistentide võimekusele on neid rakendatud ka väga mitmeid viise personaalse arenemise ja abistamise eesmärgil. Neid on kasutatud nii keele ja võõrkeele õppeks, inimeste abistamiseks igapäeva tegevustega või laborites ning koolides, haiglates ja kodudes abistamiseks. Laborites on neid kasutatud peamiselt informatsiooni analüüsimiseks ja õppe eesmärgil, kuid ka kohati asjade interneti juhtimiseks. Koolides on tihti kasutust leitud keele õppeks, koroonajal alternatiiv õppe meetodina, info küsimiseks ja uurimiseks ning erivajadustega inimeste õppe abistamiseks [19]. Kindlasti on virtuaalassistentid tähtsal kohal meditsiinis verbaalsete abilistena inimestele, kelle liikumine on piiratud ning seda nii haiglates kui kodudes. Lastehaiglates ja vanadekodudes on kasutatud sotsiaalse roboti kujul

virtuaalassistente ärevuse ning üksilduse vähendamiseks[22]. Palju rakendusi, kuid nendel on ka omad puudujäägid. Nimelt kuigi kõigil erinevatel tarkvara lahendustel on laialdane sõnavara, siis arusaamine võib olla piirajaks. Kui inimesel on aktsent või on vajadus kasutada kompleksseid sõnasid [23], siis võib tekkida tarkvaral probleeme nendest aru saamisega.[24] Samuti, Eesti keel ei ole enamikele lahendustele arendatud ning kui soovida kasutada Eesti keelset sõnavara, siis peab ise õpetama. Antud tööga seotud suurim rakendus on aga asjade interneti valdkonnas. Suurematel tootjatel on ühilduvus juba praegu tuhandete ja Amazoni puhul pea saja tuhande erineva seadmega. Lisaks sellele pakuvad osad tootjad omapoolset pilve teenust, mis võimaldab ühendada ka väliseid seadmeid ja oma pilvi, et laiendada seadmete valikut veel rohkem. Juba praegu on mitmel tootjal võimalus laadida tarkvara mikrokontrolleri peale, et sealt pakkuda veelgi suuremat arendamise võimalust saata läbi virtuaalassistendi signaal pea igale seadmele, mis elektrit kasutab ja võimaldab signaale saata. Joel J. P. C. Rodrigues koos kaasakadeemikutega tegi põhjaliku ülevaate virtuaalassistendite ja asjade interneti võimalustest ja piirangutest. Nad leidsid, et praegu üks suurimaid piirajaid on ühtsete suhtlusprotokollide kasutamise puudus. Kuna seadmed ja tarkvarad kasutavad paljusid erinevaid protokolle, siis ühilduvate seadete arv on alati piiratud. Lisaks sellele kuna kasutaja andmeid kogutakse ühe rohkem, siis on tähtis ka vastavalt tugev andmekaitse poliitika. Samuti mainitakse kõnevõimekuse arendust, seadmete ühilduvuse lihtsust ja teadlikust virtuaalassistendite võimekusest. Võimalustena näevad autorid, et kui sätestataks parem suhtlus seadmete vahel ja nutikamad süsteemid koos masinõppega nende juhtimiseks, siis saaks luua süsteeme, mis tekitaks võimaluse personaliseeritud asjade interneti süsteemile. [25]

3.1.4 Virtuaalassistendid asjade interneti juhtimiseks

Antud töös käsitletud virtuaalassistendite väljund on suunatud eluslabori juhtimiseks. Ja kuna eluslabor on oma olemuselt asjade internet, siis pakub antud alapeatükk ülevaadet nende kahe kooslusest varasemates uurimustes ja artiklites.

Joel J. P. C. Rodrigues ja kaasakadeemikud käsitlesid virtuaalassistente läbi asjade interneti lähenemise. Artikkel pakub laialdase ülevaate asjade internetist, selle protokollidest, limitatsioonidest, turvalisusest ja muudest tehnilistest andmetest. Lisaks sellele loob ülevaate virtuaalassistenditest, nende ajaloost ning erinevatest valikutest ning nende funktsionaalsustest. Eelnevast tulenevalt räägib mõlema ala kooslusest ja ühilduvusest. Tulemusena pakutakse lahendusi mitmetele probleemidele. Kuna hetkel on kasutusel palju erinevaid protokolle asjade interneti juhtimiseks, siis autorid leidsid, et kui võetaks kasutusele kindel protokoll, mis suudaks võimalikult laialdaselt seadmeid

juhtida, saaks kasutada ühes süsteemis palju laiahaardelisemalt erinevaid seadmeid. Turvalisuse suhtes leiavad autorid, et kõige efektiivsem on kasutada TCP protokoll transpordikihi turveprotokollina ja lisaks sellele SSL turva protokoll. Kokkuvõtteks autorid märgivad, et asjade interneti lahendused on hetkel tugevalt tagasi hoitud kuna puudub standardne protokoll selle juhtimiseks ja arendused on liialt hajutatud. Virtuaalassistentide puhul saaks arengut kiirendada hakates kasutama uusi õppe meetodeid nagu masinõpe ning tähtsa punktina on samal ajal areneda küberturbe valdkonnas.[25]

Praktikas on tehtud uurimusi virtuaalassistentide valdkonnas ka tarkade kontorite ja kodude abiliste valdkonnas. Antud töödes käsitleti targa kontori näitel Amazoni Alexat ja targa kodu puhul Google Assistnati. Mõlemad on olemuselt sarnase tööpõhimõttega, kui antud töö korras käsitletud eluslabor. Viimastes lahendustes on kasutatud virtuaalassistentide koduautomaatika juhtimiseks. Targas kontoris kasutati Raspberi Pi lokaalset lahendust, kus sensorid on ühendatud otse mikrokontrolleriga ja kogu juhtimine ja automaatika on tehtud Amazoni pilve poolt. Lõpptulemusena valminud prototüüp integreeriti kontorisse ning kasutati turvasüsteemide, valgustuse, inimeste arvu toas kuvamiseks ja tavaliste Alexa organiseerimise ja infovahetuse eesmärgil. Töö on hea näide lokaalse asjade interneti ja VA arendamise kohta. Google Assistenti kasutati targa kodu asjade interneti juhtimiseks eesmärgiga abistada liikumispuudega inimesi. Antud lahenduses kasutati lokaalset lahendust, kus mikrokontroller NodeMCU ESP8266 sai interneti kaudu Google Assistentilt sõnumeid ning nendele sõnumitele oli vastavusse pandud erinevad väljundid releerea peal. Lahenduse võimekus oli heli abiga juhtida telekat, tulesid, puhureid ja muid elektrilisi seadmeid ilma ennast vaevamata. Seade loodi labori keskkonnas ning kodudesse lõpuks ei rakendatud. [1], [3], [26]

3.2 Eluslabor

Eluslabori kirjanduse tähtsus antud töös on pakkuda ülevaade erinevatest definitsioonidest ning kasutusest viimase 30 aasta arengu jooksul. Lisaks sellele luua ülevaade eluslabori funktsionaalsusest ja põhiväärtustest üle maailmsel kasutusel.

Eluslaborite kontseptsioon loodi Euroopa liidu poolt 90ndate alguses, et luua innovatsiooni jaoks efektiivne keskkond. Euroopa eluslaborite võrgustik inglisk. The European Network of Living Labs(ENoLL) viis selle praktiliselt käiku aastal 2006 luues katusorganisatsiooni, mis oli eestvedaja eluslaborite arengule. Alates 2006-st hakkas teadus sellel alal kiirelt arenema. ENoLL definitsioon eluslaboritest eestikeelde tõlgituna

on: kasutajakeskne avatud innovatsiooni ökosüsteem baseerub süstemaatilisele kasutajate kaasloomise lähenemisel ja sellest tulenuna integreerides uurimus tulemusi ning innovatsiooni protsesse ühiskonda ja igapäeva keskkondadesse.[27] Leminen, kes on elulaborite üks edasivijaid defineerib seda kui füüsilised osakonnad või virtuaal reaalsused, kus osapooled loovad avalik-privaatseid-inimeste partnerlusi firmadest, avalikest agentuuridest, ülikoolidest, instituutidest ja kasutajatest, kõik ühtse eesmärgiga teha koostööd uute tehnoloogiate arendamise, prototüüpimise, kontrolli ja tesimiseks [28]. Kuigi sellele on antud mitmeid definitsioone ja arusaamasid, siis üldiselt võetakse elulaborit kui meetodika, organisatsioon, süsteem, keskkond või süstemaatilise lähenemisviisina [29], [30]. Elulaborite meetodika käsiraamatu järgi on elulaboreid on viit eri tüüpi. Uurimuse põhised laborid, kus eesmärgiks on teadus uuringute teostamine erinevate innovatsiooni protsessi aspektide kohta. Teiseks ettevõtte elulabor, mis fokuseerib füüsilise koha omamisele, kus saab kutsuda sidusrühmad, et koos luua innovatsioone. Kolmandaks, organisatsiooniline elulabor, kus organisatsiooni liikmed koos tegelevad innovatsiooni arendada. Neljandaks vahendajate elulaborid, kus erinevad partnerid on kutsutud koos innoveerima neutraalsel alal. Ja viimaseks aja limiidiga elulaborid, mis on ajutise abina projekti ajaks.

4 TalTech Tartu kolledži elulabor

Antud peatükis luuakse ülevaade olemasolevatest asjade interneti lahendustest ning nende funktsionaalsustest. 2015 aastal loodi Tallinna Tehnika Ülikooli Tartu Kolledžisse eriala Telemaatika ja Arukad Süsteemid, kus spetsialiseeruti Küberfüüsikalistesse Süsteemidesse. Eriala keskendub küberfüüsikaliste süsteemide uurimisele ning selle rakendamist õppetöös, milleks on igati sobilik kooli arengustaadiumis A-korpus, kuhu paralleelselt õppeprotsessiga süsteeme rakendatakse. Suure osa kaaslust tudengitele tuleb lõputöödega, kus erinevaid süsteeme uuritakse ja arendatakse. Elulabor pole ühekordne projekt vaid õpikeskkond, mis areneb koos tehniliste vahendite ja sellega seotud isikutega. See pakub hulgaliselt võimalusi lõputöödeks ja muuks õppetöödeks.[31]

Paigas olevatest süsteemidest on paigaldatud füüsilistest lahendustest ruumikliima automaatika erinevatele loogikatele, EnOceani platvormile integreeritud valgustus ja mõlema kombinatsioon Z-wave protokollil. Seda kõike ühendab keskne andmebaasi server MeiePilv. Koolis on kaks Schneider MPM kontrolleri, mis toetavad LAN-i üle Bacnet ja oBIX ning Modbus RTU ja CANBus traadiga andmesidet, lisaks sellele üle raadio signaali EnOcean ja Zigbee andmesidet. A-korpuse õpperuumidesse on paigaldatud ruumikontrollerid LCD-ekraanidega, mis kuvavad süsihappegaasi sisaldust õhus, õhu suhtelist niiskust, ruumitemperatuuri, seadetemperatuuri ja välistemperatuuri. Schneideri kontrolleriiga need suhtlevad EnOcean raadioprotokollil läbi. Ruumikontrolleriga on omakorda ühendatud täiendav mõõtemoodul temperatuuri, süsihappegaasi, valgustugevuse ja kohaloleku võimekusega ning ekstra kohalolekuanduri moodul suuremates ruumides. Lisaks kontrollitakse ruumi temperatuuri ruumikontrolleriga ühendatud klapiajamitega ning EnOcean raadio väljundmooduliga, millega on ühendatud magnet kontaktid akende küljes. MPM kontroller suhtleb ka üle EnOcean raadio protokollil I/O raadio mooduliga, mis juhib õhuklappe. Samuti toimub valgustuse juhtimise automaatika kontrollimine MPM kontrolleri kaudu, mille EnOcean relee ja kontrolleri vaheline ühendus on loodud ZigBee raadioside kaudu. Tulede releega on ka ühendatud ZigBee raadioside kaudu juhtmevaba lüliti, mis käsuahele jääb kontrollerist allapoole. oBIX protokollil kaudu edastatakse erinevate kasutuses olevate muutujate väärtusi kontrollerite ja kooli MeiePilv andmebaasi vahel. Hetkel tegeleb andmeedastusega Raspberry Pi miniarvuti. Lisaks ruumi automaatikale on ka paigaldatud a-korpuse teisele korrusele koridori valgustus, mida juhitakse Arduino Microga ning kasutab samuti EnOcean raadio modemit. Auditoriumis A105 on paigaldatud samuti MPM kontrolleriiga üle EnOcean raadioside valgustuse juhtimine ja üks lüliti kahe klahviga ning liikumis andur. Auditoriumis A104

on küttesüsteemi juhtimine toimub eraldiseisva Thermocon juhtmooduliga, mille mõõtmise poole lahendab ruumikontroller ning radiaatorite klappe juhib juhtmoodul. Kolmanda korruse A301 ruumis on ka loodud kütte ja valguse juhtimise automaatika kontrolleril, mis kasutab Z-wave andureid ja juhtmoduleid. See kulle ei võimalda info jagamist MeiePilve andmebaasi.

4.1 Andmevahetus süsteemid

Selle tulemusena saab ülevaate protokollidest ning lahendustest, mida kasutatakse kooli süsteemides ja millega peab potentsiaalselt virtuaalne assistent looma ühenduse. Ühendus protokollid, mida on kasutatud raadiosageduste jaoks on enamjaolt EnOcean ning väiksem osa seadmeid ZigBee lahendusel ja kolmandal korrusel kinnises süsteemis Z-wave andurid. Tähtsama punktina on kooli andmepilv MeiePilv, sest see on virtuaalassistendi ühenduvuse põhitala, et küsida informatsiooni seadmete olekute kohta ja võimalusel ka neid juhtida.

EnOcean on hooneautomaatika raadioside protokoll EnOcean Alliance poolt. EnOcean Alliance on rahvusvaheline ettevõtete ühing, mis keskendub automaatika seadmete ühise arengu edendamisele. EnOcean seadmed andmepakett on 14 baiti pikk, mida edastatakse kiirusega 125 kbit/s ning Euroopa piires kasutatakse ülekandesagedusena 868,3 MHz. Rusikareegel on, et keskmine EnOceani seade on võimeline andmevahetuseks välitingimustes 300 m ja sisetingimustes 30 m. See tekitab suurema hoone siseselt vajaduse hajutada kontrollereid ja muid ühenduspunkte sujuva ülekande loomiseks, mida ka seni on antud eluslabori arendusega praktiseeritud. [32]

ZigBee on Zigbee Alliance poolt loodud automaatika seadmete raadioside protokoll. Sarnaselt EnOceanile on ka ZigBee automaatika ja raadioside seadmete tootjate liit, millega on ühinenud üle 300 ettevõtte. ZigBee on IEEE 802.15.4 baasil raadioside protokoll, mis töötab 868 MHz ülekandesageduse peal. See, aga on välitingimustes limiteeritud 100 m peale ja sisetingimustes 10m peale, mis muudab antud lahenduse pigem ruumisiseseks kasutuse eesmärgiga lahenduseks. [33]

Z-Wave on kohaliku võrgustiku topoloogial baseeruv võrk, mille iga seade töötab võrgustiku laiendajana. Z-Wave idee ongi luua seadmete võrgustik, mis võimaldab omavahelise suhtluse. Võrgustik baseerub alla 1GHz sageduse peal ning omab jagamiskiirust 40-100 kbit/s. Signaal ulatub välitingimustes kuni 100 m ja sisetingimustes on soovitatav et oleks kõige rohkem iga 10 m tagant üks seade. Seadmete võrgustik võimaldab kuni 180 m laiust võrgustikku, kuhu võib lisada kuni 232

Z-Wave võimekusega seadet. Antud lahendus on peamiselt loodud selleks, et oleks lihtne paigaldada ja integreerida olemasolevasse võrku. Tänu oma võrgule ei ole vajadust kasutada Wi-Fi signaali, mis on meie praeguses keskkonnas suhteliselt lärmirikas. Samuti on protokoll ülesehitatud võimalikult väikse energiatarbega seadmete arendamiseks.[34]

MeiePilv on Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži pilve server, mida kasutatakse automaatika seadmete mõõtmistulemuste ja süsteemi oleku kuvamiseks ning ka logimiseks. Lisaks sellele kasutatakse ka seda automaatika süsteemide haldamiseks. Server oli algselt laivõrgu põhine kuid alates 2021 sügis viidi üle TalTech Tartu kolledži sisevõrku tugevama küberturbe eesmärgil. Andmeid loetakse maha NetAtmo tootepõhisest pilvest. Sinna on ka integreeritud Schneideri MPM tüüpi automaatikakontrollerid üle oBIX protokolliga kaabli ühenduse. Erinevatel süsteemidel on aga üles ehitatud vaheserverid kas rakendustena arvutis või kontrolleritena. Serveri andmesalvestus toimub MongoDB rakendusega, mis on NoSQL ehk mitterelatsiooniline dokumendipõhine andmebaas, mis salvestab informatsiooni JSON formaadis. Samuti on ilma vahevarata ühendatud vaheserver OmaWifi, mille kaudu suhtlevad EnOcean andmesidet jälgiv seade kui ka kavandatav juhtseade. [35], [36]

5 Virtuaalassistendid

Käesolevas töös käsitletakse virtuaalassistente erinevate firmade poolt ning ka projektide tulemusena arendatud avatud lähtekoodiga loodud lahendusi. Firmade poolt on juba pikemat aega arenduses olnud ning praegu erinevate aspektide poolest kindlad lahendused. Kuna modernsed virtuaalassistendid on olnud kasutuses juba üle kümne aasta ja nende kasutajate baas on väga lai, siis arenduseks on olnud palju aega ja raha, mille tulemusena on ka võimalused arenenud suurelt. Üle aja on ka erinevate suurfirmade lahenduste suunad muutunud vastavalt nende kasutajate baasile, osad on teel pideva innovatsiooni poole, teised on võtnud kindlad kasutajatele või neile tähtsamad suunad ning täiustanud nende pealt. Avatud lähtekoodiga tekkinud vähem populaarsed lahendused aga on praeguseks ajaks samuti kaugemale arenenud. On tekkinud mitmeid projekte, mis on oma ala spetsialistide poolt välja arendatud eesmärgiga luua alternatiivid suurfirmade lahendustele selleks, et luua platvormid, mis oleksid kasutajate poolt vabamaks arendus põhjaks ja võimaldaksid gigantide poolt kindla keskkonda vältida.

5.1 Amazon Alexa

Amazon Alexa on virtuaalassistent, mis on arendatud algselt müügiplatvormilt edasi arenenud tehnoloogia gigandi Amazoni poolt. Selle eelkäijaks on Poola kõnesüntesaator Ivona, mille Amazon ära ostis aastal 2013. Algselt rakendati Alexa Amazon Echo ja Amazon Echo Dot targale kõlarile 2014 aastal. Praeguseks on Alexa pilvepõhine hääle teenus, mis on kasutusel üle 100 miljonil seadmel. Kui seda algselt loodi nutikõlari platvormil, siis suur kasutajaskond ja suur arendajate tiim on viinud virtuaalassistendi rakendustena ka erinevatele operatsioonisüsteemidele nagu Windows, Linux, Raspbian, MacOS, iOS ja Android. Lisaks nendele on ka mitmeid integratsioone ühendusmoodulitega või otsese Amazoni poolt arendajatele suunatud integratsiooni lahendusega AWS(Amazon Web Services). Peale platvormide laialdase kasvu on ka arenenud oma võimekuse poolest. Mis algas lihtsa pilvepõhise hääle teenusena on esiteks arenenud oma baas funktsionaalsuselt tänu kogunenud arendajate ja töötajatele, kelle numbrid on tänaseks jõudnud üle 10000. Pideva arendusega on laiendatud ka asjade interneti valdkonda luues mitmeid erinevaid lahendusi nii kasutajale, tootjale kui ka arendajale. [37]

5.2 Google Assistant

Google Assistant on virtuaalassistendi tarkvara rakendus, mis jõudis kasutusse 2016. Debüüt tehti sõnumiplatvormi Allo ja Google Home nutikõlariga. Sealt edasi, kuna Google oli juba tehnoloogia gigant, hakati võeti rakendus kasutusele laialdaselt üle Google toodete. Algselt sai Google Assistanti kasutada ainult Google Pixel ja Pixel XL telefonidel, kuid mõne kuu pärast oli see saadaval juba teistel Android platvormiga seadmetel ning hiljem laienes rakendusena ka iOS, Raspbian, Windows ja mitmele muule operatsioonisüsteemile. Hiljem hakkas ka Google arendama oma asjade interneti lahendusi, algselt Smart Home näitel, kus kõlariga sai Bluetoothi abil ühendada erinevaid seadmeid ning hiljem edasiarendusena loodi erinevad võrgustikud erinevatele vajadustele. [38]

5.3 Apple Siri

Apple Siri oli esimene modernne virtuaalassistent, mis avalikustati massidele 2011 iOS platvormil. Samuti oli Siri oli üks esimesi lahendusi, mis hakkas virtuaalassistendi kasutama targa kodu häälkäsklustega juhtimiseks. HomeKit on Apple tarkvara, mida saab kasutada Apple enda seadmet peal. Seda saab kontrollida kas virtuaalassistendi Siriga või läbi "Home" rakenduse. HomeKit aga on väga kompleksne rakendus, mis ei paku väga palju paindlikkust. Nimelt Apple nõuab väga kindlaid standardeid, et lasta targa kodu seade MFI(Made for iOS) sertifikaati saada, mis võimaldab lahendust kasutusele võtta Apple targa kodu süsteemis. Lisaks sellele tehakse pidevaid kvaliteedi kontrole. [39]

5.4 Microsoft Cortana

Microsoft oli viimane suurfirmade lahendustest, kes astus virtuaalassistentide võistlusesse ja veel rohkem jäi hiljaks asjade interneti süsteemide loomisega. Cortana on olemuselt suunatud Windowsi assistendina ning pole laienenud oma peamise spetsialiseerumise juurest. Sealjuures nad on võtnud arendamise lähenemis meetodi asemel koostöö kolmanda osapoole asjade interneti pakkujatega. Peale mitmete asjade interneti pakkujate teevad nad koostööd ka Google Nest süsteemiga, mis kõik võimaldavad suure valiku seadmetega ühendada. [40]

5.5 Jasper

Jasper on avatud lähtekoodiga targa kõlari süsteem, mis on loodud kasutamiseks Raspberry Pi platvormil. Jasperi kujul pakutakse ainult tarkvara, kuid selle mõte ongi ise kokku panna oma vajaduste põhised seadmete kombinatsioon. Lõppseadet võib kasutada informatsiooni küsimiseks, ühendada ning kasutada sotsiaalvõrgustikku ja muid võimalusi. Jasper on kuuldel kogu aeg ja saab reageerida mitme meetri kauguselt. Jasperi arendusel peeti silmas turvalisust ja avatud arengut. Seadmele saab panna oma valikul kõnetuvastus ja kõnesünteesi tarkvara, kus on kasutajal võimalik ka valida tarkvarasid, mis ei salvesta mitte mingit informatsiooni. Jasperi arendajad isegi eelistavad, et inimesed valivad küberturbe ja privaatsuse mõttes just need lahendused. Tänu sellele on ka võimalik täiesti võrguühenduseta lahendus luua, mis pakuks küberturbe osas lihtsat lahendust, kuna ei pea mingeid protokolle rakendama ega andmekaitse pärast muretsema. Arendajad pakuvad lähtekoodi ning õpetused üles seadmiseks. Edasine tegevus ja arendus on täielikult kasutaja enda teha. Jasper virtuaalassistendil on aga üks suur miinus, selle dokumentatsioon piirdub ainult ülesseadistamise ja kõige tavalisemate virtuaalassistendi funktsioonide katsetamisele. On ka mingil määral rakenduste ja tarkvara arendusest räägitud, kuid ka seda minimaalselt. See muudab lahenduse võimekuse uurimise raskeks ja väga aeganõudvaks ning ajaressursi kulu selle rakendamiseks kooli eluslabori süsteemi ebaapraktiliseks. Sellel põhjusel edasises võrdluses Jasperit ei kajastata. [41]

5.6 Mycroft AI

Mycrofti pakutakse kahes variandis, üks on tasuta avatud lähtekoodiga tarkvara, mida saab paigaldada erinevatele Linuxi põhiste platvormidele nagu näiteks Raspberry Pi. Samuti on arendajad lisanud ka Androidi, Windowsi ja veel mitme platvormi toe. Teine variant on juba valmis kõlar, mis töötab peaaegu nagu tavaline tark kõlar. See vastab küsimustele, töötab kõlarina, saab kasutada asjade interneti seadmete kontrollimiseks ja isegi roboti ehitamiseks. Antud lahenduse peamisteks põhimõteteks on paindlikus ise konfigurereerida ja privaatsuse säilitamine. Suureks boonuseks on arendajate pidev tähelepanu seadme/tarkvara arengule, mis pidevalt laiendab lahenduse võimekust ning kasutusmugavust pidevalt. [42]

5.7 Stanford OVAL Genie

Genie on Stanfordinis arendatud avatud lähtekoodiga arendatud tark assistent, mille eesmärk on luua võimalikult avatud programmeerimis võimalustega keskkond. Selle üks peamisi põhimõtteid on privaatsus. Kuna privaatsus on nii tähtis, siis antud lahendus ei lase kasutada sotsiaal meedia teenuseid kuna need koguvad omaette juba informatsiooni. Teiseks koostalitusvõime. Sellega üritatakse luua võimalikult paljude seadetega suhtlemisvõimeline platvorm, et asjade interneti seadetel oleks võimalikult sujuv ühendus. Paindlikus, et oleks võimalikult palju kasutusvõimalusi, mis ka põhjustaks edasise arengu võimalikult laialdaselt. Ja viimasena kuna tegu on pidevalt areneva produktiga, siis pidevalt täiustatakse tema keelest arusaamisvõimet. Ideaalis peaks see olema võimalikult argikeele äratundmisvõimekusega. [43]

6 Lahenduste võrdlus

Antud peatükis käsitletakse valitud seadmeid ja seatakse need võrdlusesse. Seadmeid võrreldakse kolmes valdkonnas: ühilduvus kooli seadmete võrguga, õppevõimalused mis kaasnevad erinevate virtuaalassistentidega ning erinevate lahenduste kasutaja andmete kogumis poliitikad. Et võrdluseid selgemini presenteerida seatakse lahendused võrdlusesse seitsme palli süsteemis, kus kõrgem tulemus on parem. Seitsme palli süsteem valiti, kuna valikuid on vähe ning see pakub piisavalt paindlikust kriteeriumi siseselt võrrelda tulemusi. Et jaotada võrdus pallisüsteemi, siis loetakse kokku positived ja negatiivsed punktid igast peatükist ning tõstetakse seitsme palli skaalal võrdlusesse. Peab täpsustama, et kuna paljud punktid ei ole oma vahel otse võrreldavad, siis skaala on pigem visualiseerimise eesmärgiga, et luua lihtsam prioriteetne ülevaade suuremast pildist.

6.1 Ühilduvus kooli pilvega ja seadmete juhtimise võimalused

Kõige suurem määraja virtuaalassistenti väärtusel kooli integreerimiseks on selle võimekus andmevahetuseks kas läbi kooli MeiePilv andmebaasi või vahemoodulina anduritele. Seega antud peatükis tuuaksegi võrdlusesse erinevate lahenduste võimalused automaatika juhtimiseks ning erinevad protokollid, mida kasutatakse. Ning tulemusena saab ülevaate nendes parameetritest.

6.1.1 Amazon Alexa

Peamine viis kuidas Alexa annab käsklusi edasi on "Skills" mis on oma olemuselt rakendused erinevate . Neid on olemas juba väga suurtes kogustes Amazoni enda poolt ja ka avatud lähtekoodina platvormidel nagu GitHub. Selleks et neid rakendada on vaja asjade interneti seadmetele saata edasi signaal. Amazon Alexa võimaldab asjade internetiga ühendada 4 erinevat viisi: kohalik ühendus, pilve ühendus, seadmega ühendatud moodul, seadmesse integreeritud Alexa ja Echoga ühendatud seadmed. [44]

Kohalik ühendus toimub kohalike ühendus protokollide läbi kasutades kas Zigbee, Z-Wave, bluetooth või muid kohalikke protokolle. See aga ühendab ainult kindlate seadmetega, mis on sertifitseeritud kohaliku ühenduse jaoks. Need ühendavad Echo

kõlariga ning võimaldavad kohealt kerge seadistusega erinevate automaatika seadmete kontrollimise. On ka võimalus kasutada avatud lähtekoodiga tarkvara mikrokontrolleritel, et nendega juhtida kohalikke seadmeid. See aga nõuab, et mikrokontrolleril on vajalike protokollide ühendamiseks vaja minev riistvara olemas.

Alexa pilvega kasutades Alexa skills tarkvara, millel on palju lahendusi koos turvaprotokollide ja muu vajalikuga. On ka võimalik kirjutada ise kood, kuid see nõuab turvaprotokollide ja ühenduste rakendamist. See aga avab palju laiemad ühendamisvõimalused, kus on virtuaalselt võimalik oma pilves anda igale agendile väärtused ja siis määrata neile vastavad Alexa käsklused. See sobitub Amazoni poolt ehitatud kõlari platvormidega kui ka ise ehitatud platvormile.

Seadmega ühendatud moodul, mis töötab Alexa Connect Kit abil. See on seade, mis ühendab ise Amazoni pilve teenustega jättes välja vajaduse luua vahe pilveteenus ning pole vaja seada üles turvameetmed. See pakub võimaluse muuta pea iga seade, mis on ühendatud elektriga targaks seadmeks ühendades need kontrolleri otsa, millel on võimekus suhelda kas kohaliku võrgu läbi otse Alexaga või interneti kaudu tekitada laiem ühenduvus ka kohaliku pilvega. Lahendus on mõeldud seadme poolseks kasutamiseks, mitte otsese lahendusena seadmete võrgustiku kontrollimiseks. Samuti annab antud lahendus võimaluse seada üles suhtlus oma pilvega, kuid see nõuab laialdast taustaprogrammide arendust ning mikrokontrolleril ühendusplatvormi arendust.

Sisse integreeritud Alexa on seadmed, millel on võimalik lisada või juba omavad mikrofone ning kõlarit ning eeldab et on ühilduv kood seadme jaoks. Selliseid lahendusi on võimalik ehitada mikrokontrolleritele nagu Arduino, ESP või Raspberry Pi mini arvuti/kontroller. Kui AVS(Alexa Voice Services) on seadistatud kontrollerile, siis saab kontrollida ja juhtida erinevaid seadmeid asjade internetis, mis on otseselt ühendatud selle kontrolleriga kas siis füüsiliselt, kohaliku ühenduse protokollidega, kombineerides Alexa pilve teenusega või luues kohandatud platvormi kehtestada suhtlus otse oma pilvega.

Echo kõlariga ühendatud seadmed pakuvad küll lihtsat integreerimis ja juhtimis viisi, aga selle lahenduse põhimõtte ongi väikse arvu seadmete ühendamine kõlariga, ning seadmete valik selles osas on samuti piiritletud loetud mänguasjade ja vidinate peale. Otsest väärtust automaatika juhtimiseks sellel ei ole.

Lisaks on hakanud Amazon ressursse suunama AWS IoT Core peale. See on pilvepõhine teenus, mida kasutatakse automaatika seadmete juhtimiseks ja info talletamiseks. Selle peamine idee on pakkuda platvormi koduseadmete ja muude asjade interneti võrgus

olevate seadmete jälgimiseks, juhtimiseks ja analüüsimiseks läbi Amazoni pilve. Lahendusel on tagatud Amazoni poolt arendatud turvalisuse loogika ning protokollid. Juhtimine toimub peamiselt lokaalselt ning võimaldab ka interneti puudumisel edasise toimimise. Pilvega ühendus on vajalik aga virtuaalassistendi kasutuseks, uuenduste paigaldamiseks ning salvestatud andmetele ligipääsuks. AWS toetab suhtlust ainult läbi järgmiste protokollide: MQTT, MQTT üle WS, HTTPS, LoRaWAN. [45]

6.1.2 Google Assistant

Google poolt pakutud rakendusliidesed ja teenused: Cloud IoT Core, Google Assistant Smart Home ja Nest Device Access. [46]

Cloud IoT Core on teenus, millel on juba ettesätetatud turvaprotokollid, et ohutult ühendada, kontrollida ja protsessida informatsiooni reaal ajas. See kasutab info talletamiseks, masinõppeks ja protsessi jõudluseks Google Cloud andme analüüsi teenuseid. Cloud IoT Core võimaldab ühendada ka juba eksisteeriva asjade interneti platvormiga. Selleks, et ühenduda seadmetega kasutab Google MQTT ja HTTP protokolle. See aga pole otseselt ühilduv antud tööga seotud kooli oma pilvega. See on mõeldud pigem eraldi seisva ühenduspunktina, millega Google teenuste abil asjade internetti juhtida ja jälgida.

Google Assistant Smart home kasutab virtuaalassistendi ja Google Home rakenduse vaheliseks suhtluseks käsklusi "Action". Neid on võimalik ise programmeerida ning samuti on olemas laiahaardeliselt juba valmis lahendusi ja näiteid avatud lähtekoodina Codelabsis ning GitHubis. Lihtsamaks käskude planeerimiseks on ka lahendus Home Graph, mis on virtuaalne kaksik asjade interneti lahenduste kaardistamiseks. Home Graphis on võimalik märkida ära mis seadmed on mis toas vastavalt maja plaanile. [47]

Google Nest Device Access on lahendus, mis lubab ligipääsu, kontrolli ja juhtimise Nest seadmetele ning partnerite rakenduste, seadmete ja lahendustele kasutades Smart Device Management rakendusliidest. Nesti miinus on aga see, et sellega saabki kontrollida ainult google enda ja tema partnerite seadmeid. Positiivne aga, et on lihtsam üles seadmine ning tugevama struktuuriga back end. Nestil on täielik sobitavus Google Assistantiga.

On ka võimalus seadistada Google Assistant kas otseselt mikrokontrollerile või siis selle kaudu juhtima, kuid Google poolt pole selle üles seadistamiseks palju tuge. Selle jaoks on vaja kas kirjutada või leida avatud lähtekoodiga tarkvara. Kahjuks on ka foorumite

tugi suhteliselt piiritletud antud lahenduse käsitlemiseks ning programmid, mis mikrokontrolleriga suudavad juhtida on väikse võimekusega.

6.1.3 Apple Siri

Apple poolt toodetud Siri oli üks esimesi, kes hakkas virtuaalassistenti kasutama targa kodu häälkäsklustega juhtimiseks. HomeKit on Apple tarkvara, mida saab kasutada Apple enda seadmete peal. Seda saab kontrollida kas virtuaalassistenti Siriga või läbi "Home" rakenduse. HomeKit aga on väga kompleksne rakendus, mis ei paku väga palju paindlikkust. Nimelt Apple nõuab väga kindlaid standardeid, et lasta targa kodu seade MFI sertifitseeritud. Lisaks sellele tehakse pidevaid kvaliteedi kontrole. Lisaks sellele on tarkvara osa väga komplitseeritud ning ei võimalda süsteemi väliselt sertifitseeritud seadmeid oma asjade interneti ühendada. Kuna see välistab võimaluse antud eluslabori arendusega seoses ühendamise võimaluse enamike seadmetega ja 2019 seisuga on HomeKit toetatud seadmete seis piiritletud, siis ei ole mõtet seda täpsemalt analüüsida ja jäetakse välja järgnevast võrdlusest. [39]

6.1.4 Microsoft Cortana

Microsoft oli viimane, kes astus virtuaalassistentide võistlusesse ja veel rohkem jäi hiljaks asjade interneti kontrolliga. Sealjuures nad on võtnud arendamise lähenemis meetodi asemel koostöö. Mitmete teiste väiksemate asjade interneti pakkujatega teevad nad koostööd ka Google Nest ja Home Assistant süsteemiga, mis kõik võimaldavad suure valiku seadmetega ühendada. Sarnaselt Amazoni Alexa "Skills" ja Google "Action" lahendustele on Microsoftil häälkäskluste rakenduste jaoks samuti "Skills" kit. See töötab sarnasel põhimõttel, et oleks lihtsam viis seada üles käskluste võrgustik ühendatud seadmete jaoks. Kahjuks kogu asjade internetiga seostuv dokumentatsioon on piiritletud lühikesele õpetusele kuidas ühendada mõne platvormiga, nii et seadme enda ühenduvusvõimekusest MeiePilve või erinevate seadmetega seostuv informatsioon puudub. [40]

6.1.5 Mycroft AI

Hetke seisuga Mycrofti enda lahendused ei toeta asjade interneti juhtimist kuid nad hetkel arendavad Common IoT Framework võimalust, mida saab juba kasutada, kuid arendajad ise ei soovita seda avalikus keskkonnas kasutada.[48] Selle kõrvalt aga

pakuvad nad koostöös mitmete firmadega laialdaselt võimalusi erinevate lahenduste jaoks. Kolm suuremat on Mozilla Webthings Gateway, Home Assistant ja Wink.[49] Nendest esimesega on suurel hulgal inimesi probleeme Mycroftiga ühendamise, teise lahenduse dokumentatsioonis mainitakse, et nad vahendavad ainult teavitusi ning viimane on loodud väikse hulga firma seadmete haldamiseks. Kuna nende ainus võimalik seadmete juhtimise lahendus on alles arenduses ja teiste lahenduste kasutamine on piiritletud, siis pole antud lahendust võimalik TalTech eluslabori seadmetega suhtluseks kasutada. Negatiivseks küljeks oleks ka andmete kogumine. Kuigi arendajad reklaamivad Mycrofti kui privaatsusele keskendunud virtuaalassistenti, siis nende privaatsuspoliitika näitab, et kogutakse informatsiooni erinevatel põhjustel kordades rohkem, kui teistel lahendustel. Nendel põhjustel jäetakse antud lahendus järgnevast võrdlusest välja.

6.1.6 Stanford OVAL Genie

Stanfordi ülikooli Genie ühenduvuse kohta pole palju informatsiooni. On teada, et nende virtuaalassistent ühildub Home Assistanti programmiga, kellega tehakse pidevat koostööd avatud lähtekoodiga privaatsete asjade interneti keskkonna arenduses [50]. Lisaks pakub Genie ka võimalust luua oma vajaduste järgi rakendusi, mis võimaldaks ka serverist failide lugemise, kuid selle rakendamine vajab ka virtuaalassistenti taustaprogrammi arendamist, mis võimaldaks infovahetuse. Seni on enamik rakendusi suunatud tavaliste meedia ja internetist info küsimine. Peale Home Assistant platvormi ei ole dokumentatsioonis võimaliku IoT ühenduse kohta küllalt informatsiooni olemasolevate ühendusmeetmete kohta.[51]

6.1.7 Home assistant

Home assistant on väga laia haardeline programm, mis ühendab mitmed eelnevad lahendused ning võimaldab neid kasutada ka korraga. Almond pakub oma rakendust mitmetele platvormidele nagu Raspberry Pi, Windows, Linux ja mitmed teised. Arendaja enda soovitus on kasutada Raspberry Pi-d, kuhu on installitud Home Assistant operatsioonisüsteem. See võimaldab lisada vajalikud moodulid kohaliku ühendusega suhtluse loomiseks. Selle kombinatsiooniga avaneb lai võimalus ühendada kohaliku ühendus protokollidega nagu Z-Wave, MQTT, Zigbee. Samuti pakutakse Home Assistanti poolt loodud Lisaks sellele võimaldab Home Assistant ühendada 1884 erineva firma lahendustega, mis katavad laia ala kategooriaid. Home assistant võimaldab veel

lisa ühendusena kasutada vahe konteinereid, millest Docker pakub ka võimalust infovahetuseks MeiePilve MongoDB andmebaasiga. [52]

6.1.8 Kokkuvõtteks

Kõikidest lahendustest Apple Siril on väga piiratud ühenduvus ja pole ka võimalust eraldi seisva asjade interneti pilvega ühenduda. Kuna kogu Microsofti Cortana ja Stanfordini OVAL poolt arendatud Genie on hetke seisuga kaks lahendust, mis toetuvad asjade juhtimisel teiste IoT firmade lahendustele ja nende juhtimisele. Cortana küll on hakanud viimastel aastatel vähem panustama sellesse valdkonda suunates oma ressursid Windows platvormi assistendi arendamisele ning on märgatavalt teistest suurfirmadest maha jäänud ja hakanud toetuma partnerite lahendustele nagu Nest, Wink ja Philips Hue. Genie omakorda on hetkel arengu mõttes avatud lähtekoodiga lahendustest kõige aktiivsem. Hetkel kogu asjade interneti juhtimine käib sellel läbi Home Assistanti, mis omakorda on väga võimekas programm, mis hoomab paljude firmade valikust seadmete juhtimist ning on võimeline mitmete protokollide läbi seadmeid juhtima. Siiski uurides dokumentatsiooni ja nende foorumis otse küsides ei ole lisaks Geniele on Home Assistantiga ka võimalik ühendada nii Google Assistant, Amazoni Alexa ja ka Mycroft. Millest Mycroft võimaldab ainult teateid saata. Küll aga arendab Mycroft ka oma asjade interneti platvormi kuid see on alles algjärgus ja arendajad soovivad seda kasutada ainult isiklikuks kasutuseks. Praegustest lahendustest ainsad, kes on oma dokumentatsioonis välja toonud võimaluse ühilduda kasutajate oma asjade interneti pilvega, on Amazoni Alexa ja Google Assistant. Mõlemal on olemas oma asjade interneti pilved, kuid nendega ühendades saab juhtida ainult nende poolt toetatud seadmeid. Mõlemad aga võimaldavad luua rakendusi, mis võimaldavad seadmepilvest või andmepilvest informatsiooni küsida ja vajadusel ka juhtida. Amazonil aga on ka välja toodud, et rakendustega on võimalik ka lokaalne juhtimine üle Z-Wave, ZigBee ja Bluetooth ühendus protokollide. Sama võimekuse võimaldab ka Google Assistant, aga nende puhul on vaja vahele silda, mis viiks signaali Z-Wave või ZigBee pealt Wi-Fi ülekandele. See alternatiivina on võimaldatud Amazonil kahte erinevat viisi seaded integreerida tarka süsteemi lisades füüsilise laienduse, mis võimaldab Alexaga lihtsama ühenduse. Viimasena Home Assistanti integratsioon seda võimaldavatele lahendustele. Home Assistant võimaldab ühenduse otse seadmetega kasutades Z-Wave või ZigBee raadioside protokolle, mille juhtimine ja jälgimine toimub nende oma pilves. Lisaks on ka võimalus integreerida lisamoodul, mis võimaldaks MeiePilve MongoDB vahelise suhtluse.

Kokkuvõtteks kui võrrelda seadmete ühilduvust kooli oma seadme pilvega, siis on kohese lahendusena võimalikud ainult Amazoni Alexa ning Google Assistant kasutades rakenduste loomist selle ühenduse kehtestamiseks. Mõlemad ka pakuvad oma asjade interneti pilve ning Amazon pakub ka seadmetele ühendusmooduli integreerimist. Tähtis on ka mainida, et MeiePilve MongoDB andmesalvestus platvormi dokumentatsioonis on ka mainitud, et nad pakuvad ka Amazoni AWS ja Google Cloud pilveteenuseid, mis avab potentsiaali sellepoolseks ühenduseks. Üldiselt MeiePilve ja automaatika seadmetega ühendamise võimekus on Apple Siri näitel võimatu, Mycroft AI puhul saab teavitusi saata üle Home Assistanti ja Jasperi puhul on kasutaja enda arendada kogu seadmete või MeiePilve vaheline suhtlus. Cortana ja Genie on koos partnerite integratsiooniga suhteliselt pädevad lahendused kuid kuna Cortana partnerite lahenduste võimekus on piiritletud, jääb see Stanfordini lahendusele alla. Google Assistant ja Alexa on selgelt teistest mitme sammu võrra ees kuna neil on mitmeid erinevaid võimalusi seadmete või MeiePilvega ühendamiseks. Nendest Alexa pakub ka kohaliku raadioside ühenduse võimalust, kui virtuaalassistent on selle võimekusega platvormile installeeritud.

6.2 Õppe võimalused

Teine valdkond, mille all võrrelda on rakendused koolis õppe eesmärgil. Siin peatükis tuuakse välja mis on erinevate lahenduste võimalused õpilastele praktikumide, praktikate ja lõputööde teemade jaoks.

6.2.1 Amazon Alexa

Kuigi Amazoni Alexa on suurfirma lahendus ning siiani on suurfirmade lahendused olnud peamiselt kindla funktsiooniga ja suletud süsteemis, on Amazon juba aastaid hakanud lähenema teise külje alt tehes koostööd arendajate ja kasutajatega. Amazon on tekitanud andmebaasi erinevatest õpetustest ja ka näidetest, kuidas luua eraldi rakendusi mida Amazon kutsus nimega „Skills“. Amazon võimaldab Alexat üles seada laialdaselt erinevatele platvormide peale ning konfigureerida erinevaid ühendusviise vastavalt vajadusele. Peamine integratsioon õppetöösse oleks lõputööde näol. Kuigi protokollid ühtivad ja on juba loodud rakendusi asjade interneti juhtimiseks, siis tuleks kindlasti ka uurida, kuidas antud lahendus täpsemalt oleks võimeline MeiePilvega suhtlema ning järgmise etapina integreerida see eluslabori keskkonda. Samuti on MongoDB poolt toetatud Amazoni pilveteenused, mille kaudu on potentsiaalselt võimalik infot hiljem virtuaalassistentiga vahendada.[53] Edasised uurimis teemad võivad ka olla

mitte läbi pilve info kuvamise ja juhtimise kohta vaid ka otse seadmete juhtimine kasutades Alexat ühenduslülina. Selle jaoks oleks vaja ka luua füüsiline platvorm, millel on vajalikud moodulid kas Z-Wave või ZigBee seadmete juhtimiseks. Samuti saab nii praktika kui ka lõputöö eesmärgil luua rakendusi selleks, et juhtida automaatika seadmeid või andmevahetuse jaoks MeiePilve vahel. Praktikumides pakuks see võimalusi alles pärast seadme ühenduste täpset arusaamist. Võimaldab näiteks üles seada Alexa Raspberri Pi platvormil ning valmis rakendustega juhtida seadmeid mis on ühendatud otse eelmainitud miniarvutiga. Kasutada saab ka alexa rakendust „Cleo“, et õpetada käsklusi Eesti keeles, mis võiks samuti olla nii uurimustöö kui ka praktikaga seotud õppeprotsess.[54] Boonuseks on kindlasti mahukas dokumentatsioon erinevate vajaduste jaoks, mis võib aidata lõputöö kirjutajaid või praktikumide programmi loomist.

6.2.2 Google Assistant

Google Assistantil küll on oma olemuselt sarnane Amazoni Alexale ja samuti on ka võimalused õppeprotsessi integreerimiseks. Peamine viis, millega Google Assistanti millegi muuga peale nende enda seadmete võrgustiku ühendada on kasutades rakendusi, mida Google kutsus nimega „Actions“. Kindlasti üks peamisi uurimustöö teemasid, mis siit tuleks oleks virtuaalassistendi rakendamine kooli eluslaborisse. Seda kas uurides täpsemalt MeiePilve ühendamisvõimalusi kasutades rakendusi või kasutades Google pilveteenust, mis ning võimaldaks virtuaalassistendil sealtkaudu informatsiooni vahetuse MongoDB pilveteenustega. Samuti on ka võimalik uurida erinevaid kolmanda osapoolse lahendusi, mis võimaldaks otse üle raadiosignaali seadmete juhtimise. Sarnaselt Alexale võimaldab ka Google Assistant miniarvuti Raspberry Pi peale installeerimist kuid sealse otsese juhtimisvõimekuse kohta dokumentatsioon puudub, nii et lõputöö teemana saaks ka seda uurida lootusega luua võimalik vahelüli otse raadioside liikluse lugemiseks läbi vahemooduli, mis oleks võimeline suhtlema virtuaalassistendiga. Sarnaselt Amazonile on ka Googlele suure boonuseks laiahaardeline dokumentatsioon ja kommuuni tugi suureks abiks uurimustööde läbi viimiseks.

6.2.3 Apple Siri

Apple on suurfirmadest üks pakkujaid, kes on eelistanud pakkuda kindla eesmärgiga lahendusi. Samuti pole võimalik nende lahendustele luua oma vajaduste kohaselt rakendusi, mis ühilduks mitte Apple poolt kinnitatud seadmetega või kooli „oma pilvega“. Aga see ei tähenda, et pole võimalusi õppeks. On võimalus praktiseerida

asjade interneti üles seadmist, seadistamist ning katsetamist kuid see nõuaks suurt investeringut väga primitiivse lahenduse jaoks. Kuna Apple on suunatud kasutamise lihtsusele ja kindlusele, siis nende seadetes palju muudatusi pole võimalik teha ning ka seetõttu pole palju võimalusi seadmete personaliseerimiseks ning seetõttu ka pole palju selle lahenduse kohta uurida ega praktiseerida.

6.2.4 Microsoft Cortana

Cortana lahendused on peamiselt seotud nende partner firmade lahendustega, nii et selle võimalused õppetöös algavad nende võimekuse uurimisest. Neil on samuti oma „skills“ rakenduste võimalus, kuid praeguse seisuga on nende tugi dokumentatsiooni poolest peaaegu olematu võrreldes eelnevate virtuaalassistentide lahendustega. Partnerite poolt pakutud teenuste hulka kuuluvad Nest, Wink, Insteon, SmartThings ja Philips Hue, millest viimased kaks võimaldavad suhtluse ZigBee raadioside protokollidel. Sellega avaneb vajadus uurida täpsemalt partnerite lahendusi ja ühenduvust MeiePilve või iseseisvalt seadmete juhtimis ja info vahetus lülina. Peamine võimalus õppeks on nende seadmete integreerimine füüsilisse keskkonda ja nende rakendamine läbi Cortana assistendi. Cortana ei paku pea mingit vabadust rakendada virtuaalassistenti platvormidele, mis võimaldaks otsese seadmete võrgu jälgimise või kaudselt pilvega suhtluse.

6.2.5 Stanford OVAL Genie

Stanfordi Genie õppevõimalused on kohati kitsamad kuid koos Home Assistanti kasutusega avaneb laiem integratsiooni võimalus ZigBee ja Z-Wave raadioside protokollide kaudu seadmete vahelise suhtluse jälgimine ja juhtimine. Algne seadistus on Geniel võimalik teha Linuxi baasil seadmetele, millel on mikrofon ja kõlar. Kuna Genie efektiivse asjade interneti juhtimiseks on vaja Home Assistantit, siis enne selle rakendamist on vaja ka uurida selle laienduse võimekust ja sobivust suhelda kooli MeiePilve serveriga. Sealt edasi on võimalus praktika või lõputöö käigus üles seada Genie server ning VA ning sealt edasi arenduseks oleks vaja ühendada Genie Home Assistantiga ning vajadusel luua rakendusi nii Home Assistant kui ka Genie platvormile infovahetuse loomiseks. Lisaks sellele kui on integreeritud Genie platvormile ka raadioside moodulid ZigBee ja Z-Wave jaoks saaks ka katsetada õppetöö käigus antud sideprotokolliga seadmete otse jälgimist ja juhtimist.

6.2.6 Kokkuvõtteks

Kõikidel lahendustel peale Microsoft Cortana on võimalik seada üles VA laialdasele valikule seadmetele ning pakuvad ka head praktika võimalust neid üles seada miniarvuti peale, kus avatud lähtekoodiga lahendustel tuleb ka seadistada heli sisend ja väljund ja erinevad moodulid raadioside jaoks. Kui on VA üles seatud, siis edasi on võimalik hakata looma ühendusi automaatika seadmete ja häälliidese vahel. Alexa, Google Assistant, ja Genie toetavad Home Assistanti kasutamist, mis olemuselt on võimekas asjade interneti juhtimise programm, mis vajaks kasutusele võttes omaette uurimist. Rohkem õppe võimalust aga pakub seadmete ühendamise luues ise rakendusi. Alexa ja Google Assistant võimaldavad juhtida seadmeid ka kasutaja loodud rakendustega ja eeldades, et on paigaldatud platvormile, mis toetab raadioside protokolle. Nii et hea viis praktika või lõputöö jaoks oleks rakenduste kirjutamine virtuaalassistentidele, et sellega seadmeid juhtida. Tähtsaim osa õppetöös oleks aga virtuaalassistenti ühendamise eluslabori andmepilvega MeiePilv. Seda võimalust pakuvad nii Google Assistant kui ka Amazon Alexa oma rakendustega. Lisaks sellele võimaldab Alexa häälliidese tarkvara arendada ja õpetada Eesti keelt. Kokkuvõtteks õppevõimaluste poolest Cortana jääb teistele alla kuna on piiritletud võimekusega. Nii Alexa, Google Assistant ja Genie pakuvad koos Home Assistantiga laiemat valikut seadmete juhtimise ja kommunikatsiooni uurimiseks ning samuti mitmetele platvormidele installeerimist. Google Assistant ja Alexa aga pakuvad ka oma rakendustega seadmete suhtlust ning MeiePilvega potentsiaalset andmevahetust. Alexa aga pakub veel lisaks Eesti keele õpetamise võimalust ja seadmetele Alexa ühendumise võimekuse integreerimist kasutades mooduleid.

6.3 Kasutaja andmete kogumine

Kolmanda kriteeriumina võrreldakse lahenduste kasutaja andmete kogumist. Nagu sai varasemalt mainitud, et kiire tehnoloogia arenguga kaasneb ka suurem andmete kogumine. See omakorda kaasab probleemi, mis nõuab tugevamat kaitset infolekete ja muude turva ohtude jaoks. Järgnevas peatükis tuuakse välja lahenduste privaatsus poliitikatest, mis andmeid seadmed talletavad ning vastavalt mida rohkem kogutakse, seda madalama prioriteediga see on.

6.3.1 Amazon Alexa

Amazon kogub esiteks informatsiooni, mida esmasel registreerumisel, installeerimisel ja kasutamisel jagatakse. Infot kogutakse, kui otsitakse või ostetakse/omandatakseprodukte või teenuseid nende poodidest või teenuste jagamis platvormidelt. Infot kogutakse ka kui kasutatakse nende teenuseid nagu Alexa internetist erineva sisu taotlemisel. Samuti kogutakse informatsiooni Alexa arendaja kontodelt. Automaatselt kogub Amazon IP aadressi kohta, asukohta, Alexa integreeritud platvormi ja sellega ühendatud seadmete, brauseri tüübi ja sellega seonduv info, interneti pakkuja ja seadme kasutusega seotud informatsiooni.[55] Alexa alustab kuulamist ainult pärast äratusõna ütlemist, kui Alexa on käivitatud nupuvajutuse või mõne ise programmeeritud Alexa käivitus meetodi rakendamisel. Alexa kuulab ning saadab helikliipi pilve, kus see salvestatakse ning protsessitakse. Kui on ehitatud ka video võimekus videokõnede jaoks, siis see töötab ainult otseülekandena ja midagi ei salvestata. Salvestatud käsklusi on aga võimalik hiljem kustutada, mis tähendab, et nende edasine käitlemine jääb ära. Info mis salvestub pilve kasutatakse kahel viisil: Alexa arendamiseks ja personaliseeritud reklaamide pakkumiseks. Alexat arendades võetakse 1% suvaliselt valitud kasutajate hulgast häälkäsklused, millest 20% transkribeeritakse inimeste poolt, et arendada Alexa hääletuvastust. Seal aga on pandud paika turvaprotokollid, et ei oleks kuidagi võimalik tuvastada häälkäskluse omanik. On võimalik ka kas Amazoni veebilehe või Alexa rakenduse kaudu täielikult keelduda oma käskluste saatmine arenduseks. Antud lahendus võimaldab reklaamide personaliseerimine välja lülitada, et mitte toota reklaamide jaoks informatsiooni. Lisaks helisalvestustele kogub Alexa informatsiooni seadme diagnostika kohta, et saada ülevaade seadme seisust. [56]

6.3.2 Google Assistant

Google kogub informatsiooni teenuste kasutamise ajal nagu IP aadress, asukoht, interneti pakkuja ja sellega seonduv informatsioon, kasutatud seadmega seotud informatsioon ning ka informatsioon ühendatud seadmete kohta, brauseritega seonduv informatsioon, süsteemi tegevus ja krahhiaruannetega seonduv informatsioon. Samuti kogutakse infot tegevuse kohta, mida Google rakendustel tehakse, mida otsitakse ja tegevus ning ühenduvus kolmanda osapoole lahendustega, mis kasutavad Google teenuseid. Lisaks sellele kogub Google ka infot ka läheduses olevate seadmete kohta, kui on selleks võimalus üle Bluetoothi, Wi-Fi või mobiilimastide. Kogutud info hoitakse tiptasemel küberturbega keskkonnas. Kogutud infot kasutatakse Google teenuste arendamiseks, otsingutulemuste ja reklaamide personaliseerimiseks, uute teenuste

loomiseks ja toimivuse mõõtmiseks. Sarnaselt Alexale ootab Google Assistant häälkäsklust "Hey Google" või "Okay Google", et alustada üldse heli protsessimist. Algsätetega google ei salvesta audio salvestusi, mida saab seadetest muuta. Kõik mis salvestatakse on krüpteeritud kujul Google serverites, kus sarnaselt Alexale ei ole isikustamist, vaid hoopis kasutatakse unikaalne number. Võrreldes Alexaga Google on lõpetanud inimeste poolse häälkäskluste transkribeerimise, kuid sarnaselt Amazonile siiski 0.2% analüüsitakse, kuid siinkohal otse keele ekspertide poolt, et arendada teenust. Kui aga on ühendatud kaamera, siis Google Nest seadmed salvestatakse klipid Google konto peale, millele saab kasutaja ligi pääseda, üle vaadata ja kustutada vastavalt vajadusele. Kui on paigaldatud kolmanda osapoole kaamera, siis midagi ei salvestata. Kui on heliklippide salvestus sisse lülitatud, siis sarnaselt kaamera tegevusele on võimalik ligi pääseda ning kustutada oma vajaduste põhised. Reklaamide asjus Google helisalvestustest ei müü mingit informatsiooni kolmandatele osapooltele, ainuke kus võib informatsiooni kasutada reklaamide personaliseerimiseks on tekstipõhist infot kasutada Google enda teenuste jaoks. Lisaks sellele jagatakse informatsiooni ka Googlega seotud kolmanda osapoole rakendustega. Seda aga ainult juhul kui see on kasutaja enda poolt lubatud ja jagatakse ainult vajalik informatsioon ja isiklik info jääb puutumata.[57]

6.3.3 Microsoft Cortana

Microsoft kogub informatsiooni samuti installeeritud platvormi, registreerumisel jagatud infot, ostudega seonduvat informatsiooni, rakenduste ja seadmetega seonduvat informatsiooni. Interaktsioonidega kogutakse seadme kasutuse infot, brauseri kasutus infot, ühendatud seadmete infot, krahharuannete ja probleemidega seonduvat infot, informatsiooni huvide kohta, otsingute info, kontakte, asukohta ja muud sisendit. Samuti kogub Microsoft infot failide kohta, mida vahendatakse kasutades nende rakendusi ja samuti IP-aadress ja kogu sellega seonduv informatsioon. Microsoft aga võimaldab suurel osal infot ise seadistada, mida lubatakse koguda ja mida mitte. See küll ei hõlma kogu kogutud infot, aga annab vähemalt võimaluse mingi osa välja lülitamiseks. Microsoft Cortana lahendusel on mitu erinevat võimalust vastavalt kasutaja valikutele. On võimalik täielikult hääletugi välja lülitada ning sel juhul saab Cortana häälkäsklusi kasutada ainult otsinguriba kasutades või otse rakendusest. Kui hoida häälkäsklused sees, siis Cortana hakkab kuulama alles pärast äratussõna „Hey Cortana“. Viimase profiilina on võimalik ka seadetest lubada Cortanal kogu aeg kuulata kuid see ei ole praktiline koolikeskkonnas, kus on pidevalt müra ja rääkimist, mis võivad valekäsklusi jagada. Microsofti puhul on aga võimalus seadetest keelata heliklippide

protsessimine ja salvestamine. Kui see on lubatud, siis heliklipid saadetakse krüpteeritud serverisse, kus automaatne süsteem kustutab kõik võimalikud andmed, mis võivad viia kokku isiku sõnumiga. Seal juures aga võivad tekkida probleemid üksikute anomaaliatega, kus automaatne algoritm ei tuvasta mõnda tähtsat informatsiooni osa ja laseb selle läbi. Kui heliklipid on selle protsessi läbinud, näevad seda Microsofti töötajad ja tööandjad, mis on marginaalselt laiem ligipääs kui eelnevatel lahendustel. [58], [59]

6.3.4 Stanford OVAL Genie

Genie privaatsus poliitikas on välja toodud, et Genie rakendus salvestab enamiku informatsiooni lokaalselt ning ei kogu ega jaga sisselogimismandaate, asukoha andmeid ega isikliku ja isikustatavat informatsiooni. Genie kasutab anonüümset teenust häälkäskluste protsessimiseks. Kui on eraldi lubatud häälkäskluste kasutamine edasiseks arenduseks või kui kasutatakse kohalikku häälkäskluste õpetamise funktsiooni, siis anonüümset salvestatakse häälkäsklused serveris edasiseks protsessimiseks. Muul juhul kõik esmase funktsiooni täitnud sõnumid kustutatakse. Kõik salvestatud info kaotab identifitseerimise võimaluse sel hetkel kui see lahkub lokaalsest seadmest. Välised lahendused, mis ka võivad informatsiooni protsessida on Microsoft Cognitive Services Speech rakendusliides, mis töötab ainult juhul kui vajutada „Listen“ nuppu. Teise lahendusena on Hockey SDK, mis tegeleb avariiaruannete protsessimisega juhul kui Genie kasutaja selle taotleb. Nendel lahendustel on aga oma enda privaatsus poliitika. Lisaks sellele Thingpedia lahendusega ühendatud Genie platvormid perioodiliselt jagavad Thingpediaga seotud seadmete koodi ja naturaalse keele uuenduste informatsiooni. Informatsioon, mida Genie kogub on ligipääsetav ainult Genie arendajate ja süsteemi administraatoritele arendamise ja hoolduse eesmärkidel. Seda infot ei jagata kellegi teisega kui just selleks pole legaalsel alust, küll aga jagatakse ise loodud häälkäskluste kohta informatsiooni teiste arendajatega kui seda küsitakse. [60]

6.3.5 Kokkuvõtteks

Suurfirmadel on suhteliselt sarnased poliitikad. Kõik koguvad isikliku ja muu informatsiooni, mida jagatakse registreerimisel ja autentimisel. Samuti kogutakse infot installeeritud platvormi ja selle ühenduste ja rakenduste kohta. Lisaks kogutakse informatsiooni IP-aadressi, asukoha, internetipakkuja, rakenduste, seadmete ja brauserite kasutuse kohta, lahenduste kasutamisharjumuste kohta nagu mida otsitakse ja millest ollakse huvitatud. Amazon, Google ja Microsoft kõik kasutavad tiptasemel

küberturbe lahendusi, et kogutud infot kaitsta. Kogutud informatsiooni kasutatakse teenuste täiustamiseks ning arendamiseks, pakutud reklaamide ja otsingutulemuste personaliseerimiseks ja toimivuse mõõtmiseks ning probleemidega abistamiseks. Microsoft neist aga eristub sellega, et võimaldab teistest rohkem info kogumise seadeid välja lülitada manuaalselt. Reklaamide puhul Amazon aga ei paku välistele osapooltele reklaamimise võimalust ja kasutab ainult oma toodete ja oma partnerite lahenduste reklaamimiseks. Kuna Stanfordini Genie ei ole suunatud massilise info kogumisele, et seda edasi müüa, või reklaamimiseks kasutada, siis nende kogutud informatsioon on marginaalselt väiksem. Suur osa personaliseeritud informatsiooni kogutakse lokaalselt virtuaalassistendi juhtimiseks. Interaktsioonide puhul nii Google'ile kui ka Amazonil on kindel protsent käsklusi, mida nad salvestavad. Amazoni puhul 1%, millest 20% transkribeeritakse inimeste poolt, Google näitel aga 0.2% läheb otse keele spetsialistidele häälkäskluste tuvastamise arendamiseks. Amazon aga võimaldab täielikult välja lülitada arenduseks käskluste salvestamise. Microsofti Cortana puhul algseadetena salvestatakse ning saadetakse protsessimisele kõik häälkäsklused kuid sellel lahendusel on võimalus see täielikult välja lülitada. Viimase lahendusena Genie, mis samuti kasutab kolmanda osapoole tarkvara kõnetuvastus eesmärgil ning sealne kogutud andmete salvestamise toimub ainult juhul, kui kasutaja on selleks loa andnud. Häälesalvestustel suurfirmadel sarnane muster, kus tuleb sisse erinevus informatsiooni protsessimisel ja ligipääsul. Neist Google on ainus, kes ei paku võimalust täielikult loobuda salvestistest. Genie käskluste salvestus sõltub täielikult kasutusele võetava kõnesünteesi tarkvarast. Tulemusena on Amazonil, Google'ile ja Microsoftil sarnasel tasemel infokogumine, millest Microsoft võimaldab paljud kogumise meetodid välja lülitada. Genie on selgelt teistest parem lahendus infokogumise poliitika suhtes kuna enamik infot salvestatakse kohapeal ja häälkäskluste salvestamine on samuti võimalik välja lülitada.

6.4 Tulemused

Esimese kriteeriumina ühilduvuse all tuli välja, et Microsoft Cortana ja Stanfordini Genie mõlemad piirduvad oma võimekusega kooli MeiePilvega ühendada ainult kolmanda osapoole tarkvara abil. Kuna Genie puhul arendatakse seda edasi asjade internetiga suhtlemiseks ja ka selle juhtimiseks ja Cortana aga on Microsofti poolt arendamise lõpetanud, siis mõlemad saavad prioriteedi väärtuse madalamal poolel, kuid kuna Stanford aktiivselt arendab edasi oma võimekust, siis läheb aste kõrgemale. Google Assistant ja Amazoni Alexa mõlemad pakuvad laialdaselt võimalusi kuid Alexa pakub peaaegu kõiki samu või sarnaseid ühendamis protokolle ja lahendusi, kui Google

Assistant kuid pakub ka ekstra võimalusi. See ning kuna mõlema ühendamiseks on ikkagi vaja natukene omapoolselt arendada platvormi ühendamiseks, siis kaaluvad Alexa ja Google Assistant vastavalt kuus ning viis.

Õppeprotsessi integreerides on Microsofti Cortana võimekus iseseisvana väga madal kuid siiski pakub mõningaid võimalusi õppetööks, nii et see saab skaalal hinde kaks. Genie omakorda lisab mõned lisa võimalused ning ka natuke laiema infopagasi erinevate arenduste ja lahenduste loomiseks, siis see jääb kuskile keskpaika. Gigandid Amazon ja Google mõlemad pakuvad laialdast infopagasi, võimalusi ning ka kommuuni tuge, et tekitada võimalusi õppekava siseselt arendada, seetõttu mõlemad saavad skaala ülevalt poolt hinded kuid jällegi Alexa on lihtsalt natuke suurema toetusega, nii et Amazoni lahendus saab seitse ning Google oma kuus.

Kolmanda kriteeriumina kasutajate andmete kogumine. Ainuke punkt, kus Google ja Amazon jäävad alla. Seda küll jällegi väga sarnaste privaatsus poliitikatega, kuid Amazonil on natuke kergem, nii et mõlemad paiknevad vastavalt kolme ja nelja punkti juures. Microsoft võimaldab keelduda paljudest andme kogumis võimalustest, mida eelnevad ei luba, nii et see läheb aste kõrgemale viie punkti juurde ning viimasena Mycroft võimaldab salvestada kogu info lokaalselt. See küll eeldaks täiesti internetist välja löikamist, nii et jääb hindeks kuus.

Tabel 6.1 Lahenduste võrdlus kriteeriumite kaupa seitsme palli skaalal

	Amazon Alexa	Google Assistant	Microsoft Cortana	Stanford Genie
Ühilduvus	6	5	1	2
Integreerimine õppeprotsessi	7	6	2	4
Info kogumine	4	3	5	6

Tabelist on näha, et Amazoni Alexa ja Google Assistant on üldiselt parimad lahendused, kus Alexa jääb lihtsalt igas olukorras sammu ette. Genie puhul on aga eeliseks privaatsus poliitika, kuid üldise punkti kogumis küll asetseb ees pool Microsofti Cortanast, kuid jääb alla suurfirmade lahendustele.

KOKKUVÕTE

Erinevate kriteeriumite põhjal lahendusi võrreldes ei sobi kooli eluslaborisse integreerimiseks kolm virtuaalassistenti. Esiteks Apple Siri, kuna nende lahendusel pole võimalik kuidagi kooli MeiePilvega ühenduda ja võimaldab ühendada andureid ja seadmeid ainult oma kinnise pilve võrgustikuga. Lisaks sellele kuna neil on oma kinnine pilve võrgustik, siis kaotab Siri ka oma väärtuse õppeprotsessi integreerimisel samuti pole Siril palju võimalusi üleüldiselt seadistamiseks. Isegi kui Siril on tugevad turvameetmed ja lihtsa paigaldusega, töökindel lahendus, siis kuna kaks kriteeriumit on vastuolus kasutusvõimalustega, siis saab selle elimineerida. Teine lahendus Mycrofti näol, mis ei võimalda kuidagi asjade interneti seadmeid juhtida ega suhelda MeiePilv serveriga. Jasper omakorda küll tutvustatud tootjate poolt kui täiesti avatud programmeerimise platvorm ja õppeplatvormina pakuks laialdaselt võimalusi elektroonilise kuid peamiselt tarkvara poolelt, aga siiski selle võimekuse kohta pole infot palju jagatud ning kuna on suhteliselt vähe tuntud platvorm, pole sellel palju olemasolevaid rakendusi ning samuti on vähe õpetusi või dokumentatsiooni arendajate ning kommuuni poolt. Nendel põhjustel pole mõtet ka Jasperit lõpptulemustes võrrelda.

Võdluse tulemusena on näha, et ühenduvuse poolest on kõige mõtekamad lahendused Amazoni Alexa ja Google Assistant, sest nad pakuvad kõiki meetodeid, mida pakuvad ka teised lahendused ja lisaks tulevad veel nende enda poolsed lahendused. Need kaks mõlemad võimaldavad info küsimist serverist kasutades kas olemasolevaid või arendaja/kasutaja loodud rakendusi. Samuti mõlemad pakuvad oma seadmete pilve teenust, mis on hea boonuse, aga ei ole sobiv lahendus kooli eluslabori seadmete juhtimiseks. Lisaks on kooli MeiePilve serveris kasutusel olev MongoDB andmetöötlus teenuse dokumentatsioonis ka välja toodud mõlema lahenduse pilveteenustega ühildumine, mis võimaldaks sealtkaudu info kogumise. Neist kahest aga jääb peale Amazoni Alexa seetõttu, et lisaks eelnevatele võimalustele on võimalik Alexaga juhtida seadmeid otse, kui platvorm, millele see installeeritud on, võimaldab. Selleks on vaja platvormi, mis võimaldab ZigBee ja Z-Wave raadioside mooduleid ühendada, näiteks Raspberry Pi. Suure võimekuse avaldab ka Home Assistant, mis töötab kui kolmanda osapoolse tarkvara ja võimaldab samuti suure hulga seadmete juhtimise. Lisana võimaldab Amazon ka seadme ja Alexa vahelise ühenduse lisades seadmele mooduli, mis hiljem alexaga suhtlema hakkab.

Virtuaalassistente saab kasutada õppeprotsessis praktikumides, lõputööde teemana ja ka praktikana. Erinevad võimalused õppetöök on otseselt seotud eluslabori seadmete juhtimise võimekusega. Seetõttu on võimaluste poolest kõige eelistatum variant

Amazoni Alexa, mis pakub lisaks kõigele, mis teised lahendused suudavad, ka Eesti keele õpetamise võimalust.

Kasutaja andmete kogumine on suurfirmade puhul sarnane, kogutakse põhimõtteliselt kogu informatsiooni, mida on Euroopa reeglite järgi lubatud. Salvestatamine toimub tiptasemel turvalisusega pilves. Häälkäskluste salvestamine on aga Microsofti puhul natuke erinev. Kui teistel salvestatakse 0.2% häälkäsklustest, mis läheb arenduseesmärgil pilve uurimisele, siis Microsoft võimaldab selle täielikku välja lülitamist. Lisaks sellele on Microsoftil üldiselt suur hulk infotalletus seadeid, mis on võimalik välja lülitada. Siiski Stanfodi Genie on selles alas täiesti erinev. Neil toimub kogu infosalvestus lokaalselt ja kuigi kolmanda osapoole poolt pakutud häälteksi liides salvestab arenduse eesmärgil häälkäsklusi, siis sellest on ka võimalik loobuda.

Lõpptulemusena on kõige mõttekam lahendus eluslabori seadmete juhtimiseks ja kasutuseks Amazoni Alexa. Sellel on kõige parem ühenduvus seadmetega otse ning üle kolmanda osapoole tarkvara ja samuti võimaldab rakenduste abil või läbi nende enda pilveteenuste vahetada infot MeiePilv andmebaasi serveriga. Kuna on Amazon pakub kõige rohkem lahendusi, on ka edasine õppetöösse integreerimise võimaluste arv suurem. Info kogumise alal jääb see küll alla Stanfodi Geniele, aga nende eelis teiste lahenduste ees on see, et nad ei müü infot organisatsioonist välja reklaami pakujatele.

CONCLUSION

Comparing the solutions based on different criteria, three virtual assistants are not suitable for integration in Tartu College living laboratory. First, Apple Siri, as their solution has no way to connect to the schools MeiePilv platform and only provides connection to their own cloud network. Siri also loses its value in learning process integration due to lack of options and flexibility. Even though Siri has strong security measures and an easy-to-install, reliable out of the box solution, it will be eliminated because it is unusable in two criteria. Another solution removed from comparison is Mycroft, which does not allow you to control IoT devices or communicate with MeiePilv server. Jasper on the other hand has been introduced by the developers as a completely open programming platform and as a learning platform that would offer a wide range of possibilities from the electronic to software side. Unfortunately there is very little information about its capabilities, and since it is a relatively new and unknown platform, it does not have many existing applications. Additionally it has barely any instructions or support from the developers and community. For that reason it doesn't make sense to add it to the final comparison.

As a result of the comparison, it can be seen that in terms of connectivity the most sensible solutions are Amazon's Alexa and Google Assistant, because they offer all the methods that other solutions do, but have some extra developed by their own company. Both of them allow requesting information from the server using either existing or developer/user created applications. Additionally, both offer a cloud service for their devices, which is a good bonus albeit it would not find much use in Tartu College living labs due to lack of connectivity with existing devices. In addition, in the documentation of the MongoDB data processing service used in the MeiePilv server, the compatibility of both solutions with cloud services is also mentioned, which would enable the collection of information through them. Of the two however, Amazon's Alexa stands out because in addition to the previous options, it is possible to control devices directly with Alexa, if the platform on which it is configured is capable of ZigBee or Z-Wave radio communication. In addition, Home Assistant, which works as a third-party software and also allows controlling a large number of devices is very capable. As an extra, Amazon provides an option to add module to the device, which will later communicate to Alexa.

Virtual assistants can be integrated in the learning process as practicums, as thesis topics and also as internship options. Different opportunities for teaching are directly related to the ability to control the equipment of the living laboratory. Therefore in

terms of options, the most preferred option is Amazon's Alexa, which additionally to all other solutions offers possibility to teach Estonian language.

The collection of user data is similar in the case of large companies, which is set by the laws of European Union. The storage of information takes place in the cloud with top-level security. However, recording voice commands is a bit different for Microsoft. While others save 0.2% of voice commands, which goes to cloud research for development purposes, Microsoft allows user to opt out of it completely. In addition, Microsoft has a large number of data storage settings that allow user to set according to their needs. However, Stanford's Genie is completely different in this field. They have all the information stored locally and depending on the preferred Speech-to-Text and Text-to-Speech software used, it is possible to opt out of the online information storing.

As a result, Amazon's Alexa is the most suitable option for controlling and using living labs devices. It has the best connectivity with devices directly and with a third-party software. Additionally it allows communication with MeiePilv database server using applications or through their own cloud services. Since Amazon offers the most solutions it further expands to its quality in integration into educational criteria. In the area of information gathering, it is inferior to Stanford's Genie, but their advantage in front of other solutions is that they do not sell information outside the organization for advertisement.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] H. Isyanto, A. S. Arifin, and M. Suryanegara, "Design and Implementation of IoT-Based Smart Home Voice Commands for disabled people using Google Assistant," Feb. 2020. doi: 10.1109/ICoSTA48221.2020.1570613925.
- [2] D. K. H. Ho, "Voice-controlled virtual assistants for the older people with visual impairment," *Eye (Basingstoke)*, vol. 32, no. 1. Nature Publishing Group, pp. 53–54, Jan. 01, 2018. doi: 10.1038/eye.2017.165.
- [3] Z. Y. Chan and P. Shum, "Smart office – A voice-controlled workplace for everyone," Sep. 2018. doi: 10.1145/3284557.3284712.
- [4] B. Schmidt *et al.*, "Industrial virtual assistants - Challenges and opportunities," in *UbiComp/ISWC 2018 - Adjunct Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2018 ACM International Symposium on Wearable Computers*, Oct. 2018, pp. 794–801. doi: 10.1145/3267305.3274131.
- [5] "learning with IPA".
- [6] J. Lederberg, "How DENDRAL was conceived and born."
- [7] S. Eom and E. Kim, "A survey of decision support system applications (1995-2001)," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 57, no. 11. Palgrave Macmillan Ltd., pp. 1264–1278, Nov. 30, 2006. doi: 10.1057/palgrave.jors.2602140.
- [8] S. Belciug and F. Gorunescu, "A Brief History of Intelligent Decision Support Systems," in *Intelligent Systems Reference Library*, vol. 157, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2020, pp. 57–70. doi: 10.1007/978-3-030-14354-1_2.
- [9] G. G. Hendrix, "Natural-Language Interface," SRI International, Menlo Park, 1982.
- [10] H. Sharma, N. Kumar, G. K. Jha, and K. G. Sharma, "CCIS 197 - A Natural Language Interface Based on Machine Learning Approach," 2011.
- [11] "„IBM Shoebox“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/specialprod1/specialprod1_7.html".
- [12] J. Weizenbaum, "ELIZA-a computer program for the study of natural language communication between man and machine," Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 1966.
- [13] B. T. Lowerre, "The HARPY Speech Recognition System," Carnegie-Molton University, Pittsburgh, 1976.

- [14] A. Averbuch *et al.*, "EXPERIMENTS WITH THE TANGORA 20,000 WORD SPEECH RECOGNIZER.," in *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, 1987, pp. 701–704. doi: 10.1109/icassp.1987.1169870.
- [15] "„IBM Simon“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://history-computer.com/simon-personal-communicator/>."
- [16] M. B. Hoy, "Alexa, Siri, Cortana, and More: An Introduction to Voice Assistants," *Medical Reference Services Quarterly*, vol. 37, no. 1, pp. 81–88, Jan. 2018, doi: 10.1080/02763869.2018.1404391.
- [17] J. Austerjost *et al.*, "Introducing a Virtual Assistant to the Lab: A Voice User Interface for the Intuitive Control of Laboratory Instruments," *SLAS Technology*, vol. 23, no. 5, pp. 476–482, Oct. 2018, doi: 10.1177/2472630318788040.
- [18] M. J. Callaghan *et al.*, "Practical use of virtual assistants and voice user interfaces in engineering laboratories," in *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 22, Springer, 2018, pp. 660–671. doi: 10.1007/978-3-319-64352-6_62.
- [19] M. C. Sáiz-Manzanares, R. Marticorena-Sánchez, and J. Ochoa-Orihuel, "Effectiveness of using voice assistants in learning: A study at the time of covid-19," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 15, pp. 1–20, Aug. 2020, doi: 10.3390/ijerph17155618.
- [20] J. E. Godinez and H. M. Jamil, "Meet Cyrus - The query by voice mobile assistant for the tutoring and formative assessment of SQL learners," in *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, 2019, vol. Part F147772, pp. 2461–2468. doi: 10.1145/3297280.3297523.
- [21] R. W. White, "Skill discovery in virtual assistants," *Commun ACM*, vol. 61, no. 11, pp. 106–113, Nov. 2018, doi: 10.1145/3185336.
- [22] S. Kopp *et al.*, "Conversational Assistants for Elderly Users-The Importance of Socially Cooperative Dialogue."
- [23] A. Palanica, A. Thommandram, A. Lee, M. Li, and Y. Fossat, "Do you understand the words that are comin outta my mouth? Voice assistant comprehension of medication names," *npj Digital Medicine*, vol. 2, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1038/s41746-019-0133-x.
- [24] P. Dhang, M. Kolluru, P. Linde, B. Vogel, and J. Holmgren, "Interaction with Smart Assistant."
- [25] J. Santos, J. J. P. C. Rodrigues, J. Casal, K. Saleem, and V. Denisov, "Intelligent Personal Assistants Based on Internet of Things Approaches," *IEEE Systems Journal*, vol. 12, no. 2, pp. 1793–1802, Jun. 2018, doi: 10.1109/JSYST.2016.2555292.

- [26] R. Bogdan, A. Tatu, M. M. Crisan-Vida, M. Popa, and L. Stoicu-Tivadar, "A practical experience on the amazon alexa integration in smart offices," *Sensors (Switzerland)*, vol. 21, no. 3, pp. 1–21, Feb. 2021, doi: 10.3390/s21030734.
- [27] "„What is ENoLL" [Võrgumaterjal]. Available: <https://enoll.org/about-us/>".
- [28] S. Leminen and M. Westerlund, "Towards innovation in Living Labs network," 2012.
- [29] S. Leminen, "Technology Innovation Management Review Coordination and Participation in Living Lab Networks," 2013. [Online]. Available: www.timreview.ca
- [30] "The Living Lab Methodology Handbook."
- [31] "„Tartu Kolledži eluslabor" [Võrgumaterjal]. Available: <https://taltech.ee/uudised/tartu-kolledz-arendab-laboribaasi> ".
- [32] "„EnOcean Alliance" [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.enocean-alliance.org/>".
- [33] "zigbee Specification," 2017.
- [34] "„Z-Wave About" [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.z-wave.com/learn>".
- [35] K. Abarenkov, "ENOCEAN RAADIOLIILKLUSE JÄLGIMISSEADME LOOMINE TARTU KOLLEDŽI ELUSLABORATOORIUMILE," Tartu, 2021.
- [36] G. Randla, "EnOcean raadioliikluse jälgimise võimekuse loomine Tartu Kolledži eluslaboratooriumile," Tartu, 2020.
- [37] "„What is Alexa?" [Võrgumaterjal]. Available: <https://developer.amazon.com/en-GB/alexa>".
- [38] "„Discover Google Assistant" [Võrgumaterjal]. Available: <https://assistant.google.com/>".
- [39] "„Get started with Siri" [Võrgumaterjal]. Available: <https://support.apple.com/en-us/HT208280>".
- [40] "„Cortana and Smart Things" [Võrgumaterjal]. Available: <https://support.microsoft.com/en-us/topic/control-your-smart-home-devices-with-cortana-14497f85-555b-3d1f-2f1b-afe99ef17ed9>".
- [41] "„Jasper" [Võrgumaterjal]. Available: <https://jasperproject.github.io/>".
- [42] "„Mycroft AI," [Võrgumaterjal]. Available: <https://mycroft.ai/initiatives/>".
- [43] "„Genie Wiki" [Võrgumaterjal]. Available: <https://wiki.almond.stanford.edu/>".
- [44] "„Amazon connected devices" [Võrgumaterjal]. Available: <https://developer.amazon.com/en-US/alexa/devices/connected-devices/development-resources> ".
- [45] "„Amazon AWS IoT Core" [Võrgumaterjal]. Available: <https://docs.aws.amazon.com/iot/latest/developerguide/what-is-aws-iot.html>".

- [46] „Google Assistant and IoT“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://developers.google.com/iot>”.
- [47] „Google Actions for IoT“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://medium.com/google-developers/iot-google-assistant-f0908f354681#:~:text=It's%20fun%20to%20ask%20the,magic%2C%20return%20answers%20to%20you.&text=Using%20the%20Actions%20on%20Google,IoT%20device%20through%20the%20Assistant> ”.
- [48] „Mycroft IoT framework“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://mycroft-ai.gitbook.io/docs/skill-development/skill-types/common-iot-framework>”.
- [49] „Mycroft AI smart home“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://mycroft.ai/blog/setup-a-smarter-home-with-mycroft-ai>”.
- [50] „Genie home assistant“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.home-assistant.io/blog/2019/11/20/privacy-focused-voice-assistant/>”.
- [51] „Genie installatsioon“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://wiki.almond.stanford.edu/en/getting-started/installation-guide>”.
- [52] „Home Assistant“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.home-assistant.io/installation/>”.
- [53] „Alexa skills“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.mongodb.com/developer/how-to/golang-alexa-skills/>”.
- [54] „Alexa Cleo“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.aboutamazon.com/news/amazon-ai/alexa-newest-teacher-is-you>”.
- [55] „Alexa Euroopa privaatsuspoliitika“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.amazon.de/gp/help/customer/display.html?nodeId=201909010&pop-up=1#GUID-9DFA0CFF-9E83-4207-8EE5-5B1B8CFC3F4A__SECTION_60E44070B3B74D83B51778D69117FA68”.
- [56] „Amazon Alexa infoslavestus“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.amazon.com/gp/help/customer/display.html?ref_=hp_left_v4_sib&nodeId=GVP69FUJ48X9DK8V”.
- [57] „Google privaatsus poliitika“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://policies.google.com/privacy#intro>”.
- [58] „Microsoft Cortana infoslavestus“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://support.microsoft.com/en-us/windows/how-does-microsoft-protect-my-privacy-while-improving-its-speech-recognition-technology-f465d7a7-4a4f-40b7-9441-f0e6e97e24ec>”.
- [59] „Microsoft privaatsus poliitika“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://privacy.microsoft.com/en-US/privacystatement#:~:text=Top%20of%20page->

,Products%20provided%20by%20your%20organization%E2%80%94notice%20to%20end%20users,-If%20you%20use”.

[60] „Genie privaatsus poliitika“ [Võrgumaterjal]. Available:
<https://genie.stanford.edu/about/privacy>”.