



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Targa kodu modelleerimine IoT-100 platvormi baasil
Modeling a smart home on the IoT-100 platform
TELEMAATIKA JA ARUKATE SÜSTEEMIDE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Viljam Torf

Üliõpilaskood: 165864EDTR

Juhendaja: Larissa Joonas, lektor

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.

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Viljam Torf (sünnikuupäev: 19.02.1997)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Targa kodu modelleerimine IoT-100 platvormi baasil“, mille juhendaja on Larissa Joonas,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas 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 punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Viljam Torf, 165864EDTR

Õppekava, peeriala: EDTR17/17 - Telemaatika ja arukad süsteemid

Juhendaja(d): Lektor, Larissa Joonas, larissa.joonas@taltech.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Targa kodu modelleerimine IoT-100 platvormi baasil

(inglise keeles) Modeling a smart home on the IoT-100 platform

Lõputöö põhieesmärk:

Lõputöö põhieesmärgiks on targa kodu modelleerimine IoT-100 platvormi baasil.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Tutvuda IoT-100 platvormi ametliku K&H materjaliga (kasutusjuhend, andurikatsetused, traadita ühendus).	5.03.21
2.	Vajaliku tarkvara ja draiverite installimine süsteemi stabiilseks tööks.	20.03.21
3.	Luu traadiga ühendust iga kontrolleri vahel.	30.03.21
4.	Luu traadita ühendust anduritega lüüsi kaudu.	03.04.21
5.	Luu ruuteri kaudu traadita ühendust.	10.04.21
6.	Targa kodu modelleerimine IoT-100 platvormi baasil.	20.04.21
7.	Sensorite ühendamiseks ja paigaldamiseks IoT-100 platvormi töö laboratoorsete tööde loomine.	25.04.21

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg:

“09” juuni 2021a

Üliõpilane: Viljam Torf

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Juhendaja: Larissa Joonas

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Programmijuht: Žanna Gratšjova

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. MIS ON IOT JA IOT-100 PLATVORM	10
1.1 Koolitusplatvorm IoT-100	13
1.2 Andurid IoT-100 jaoks	14
1.3 IoT-100 P3 kontrollid	15
2. TRAADITA VÕRGU PROTOKOLLID KASUTATAVAD IOT-100 PLATVORMIL.....	17
2.1 Protokollid kasutatavad iot-100 platvormil	18
2.1.1 Bluetooth	20
2.1.2 Wi-Fi.....	20
2.1.3 ZigBee	20
2.1.4 EnOcean	20
3. VÕRGUPROTOKOLLID, KASUTATAVAD IOT-100 PLATVORMIL	21
3.1 TCP/IP	21
3.2 MQTT.....	22
4. TARKVARA, MIS KASUTATAKSE IOT-100 PLATVORMIL	24
5. LABORITÖÖDE LOOMINE IOT-100 PLATVORMI PÕHJAL	26
5.1 Katse 1. IoT-100 platvormi konfigureerimine ning andurite ja lõpliku veebiserveri vahel ühenduse loomine, M4 Gateway lüüsi kaudu	26
5.1.1 Nõutav tark- ja riistvara	26
5.1.2 Katse teostamise protsess	27
5.2 Katse 2. Side loomine kontrollite, lüüsi, ruuteri, MQTT ja veebiserveri vahel	31
5.2.1 Nõutav tark- ja riistvara	31
5.2.2 Katse teostamise protsess	32
6. IOT JA TARGA KODU MODELLEERIMINE IOT-100 PÕHJAL	34
6.1 Mis on tark kodu	34
6.2 Targa kodu modelleerimine.....	35
7. TEHTUD KATSED JA TULEMUSED IOT-100 PLATVORMIL	39
7.1 Projekti edasiarendamiseks autori soovitused	42
KOKKUVÕTE	43
SUMMARY.....	44

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	46
LISAD	48

EESSÕNA

Tänapäeval on *IoT* sfäär populaarsust kogumas ja sellest on saanud osa meie igapäevaelust. Antud diplomitöös kaalun hoolikalt, mis on *K&H IoT-100* platvorm, töötades kõige populaarsemate protokollidega, nagu *ZigBee*, *Bluetooth*, *Wi-Fi* ja *EnOcean*. Platvorm, nagu *IoT-100*, on eksperimentaalne süsteem, mis näitab erinevate protokollidega töötavate andurite kasutamist, kas iseseisvalt või üheskoos teistega.

Oma uurimistöö käigus valmistan ette üksikasjaliku õpetuse, kuidas rakendada kontrollerite ühendust traadita võrgulüüsi kaudu, kasutades *MQTT* protokolliga andmete edasiseks töötlemiseks. Anduritelt kogutud andmeid saab saata pilve edasiseks töötlemiseks ja klientide vajaduste rahuldamiseks. Demonstreerin samuti andurite visuaalset kasutamist virtuaalsetes ruumides, kus saab simuleerida reaalses ruumis ja internetiseadmete nutikama paigaldamise majas, korteris või isegi kasvuhuones.

Antud uurimistöö demonstreerib ja hõlbustab uuendusliku *IoT-100* platvormi uurimist, ning aitab luua oma *IoT* võrku.

Soovin avaldada erilist tänu Larissa Joonasele, kes aitas mul valida *IoT* tehnoloogiaid, ning uurida uusi ja kaasaegseid tehnoloogiaid.

Märksõnad: *IoT-100*, Asjade Internet, tark kodu, juhtmevabad protokollid, rakenduskõrgharidusõppe lõputöö.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

K&H – marsruutimisseadmeid arenev ettevõtte [2]

IoT-100 – koolitusplatvorm ettevõttelt K&H [2]

ZigBee – traadita andmeedastusprotokoll [10]

Bluetooth - traadita andmeedastusprotokoll [8]

Wi-Fi - traadita andmeedastusprotokoll [9]

EnOcean - traadita andmeedastusprotokoll [11]

MQTT (message queuing telemetry transport) – võrgusuhtlusprotokoll, mõeldud seadmete vaheliseks andmevahetuseks [16]

IP (Internet Protocol) – numbriline seadme identifikaator arvutivõrgus [13]

TCP/IP - andmeedastuse võrgumudel [13]

IoT (Internet Of Things) – asjade internet [1]

IIoT (Industrial Internet Of Things) – asjade internet tööstuslikus ulatuses [1]

CIoT (Consumer Internet Of Things) – asjade internet klientidele [1]

Jfinal - veebiprojekt [24]

JTAG (Joint Test Action Group) - riistvaraliides [4]

Z-Wave - traadita andmeedastusprotokoll [6]

6LoWPAN - süsteemi 6LoWPAN kasutatakse mitmesugustes rakendustes, sealhulgas traadita andurite võrkudes [6]

Sigfox - traadita andmeedastusprotokoll [6]

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) - kliendi-serveri protokoll, mis automaatselt pakub IP [14]

Tera Term – terminaliprogramm [18]

IAR Embedded Workbench - integreeritud programmeerimiskeskond [17]

HiveMQ – MQTT protokollide arendav ettevõtte [15]

ITS-200 – koolitusplatvorm ettevõttelt K&H [23]

SISSEJUHATUS

K&H ettevõtte tegeleb haridusturul kaasaegsete haridussüsteemide väljatöötamisega, mis võimaldab õppida nii uusi tehnoloogiaid, protokolle kui ka uurida üliõpilaste ja õpetajate professionaalse varustusega tehtud laboritööd.

IoT valdkond kasvab ja inimesed vajavad üha uusi lahendusi, seotud võrgu turvalisuse, kiiruse ja privaatsusega. *IoT-100* on hea näide, kus saate selgelt mõista, mis on *IoT*, kuidas töötada andurite, kontrollerite ja erinevate protokollidega. *IoT-100* on uudne platvorm asjade interneti uurimiseks. Antud platvormi abil inimene saab isiklikult määrata oma *IoT* võrgu kaitseastme, koostada piirangute loendi, valida oma vajadustele vastava juhtmevaba protokolle (*ZigBee*, *Bluetooth*, *Wifi* või *EnOcean*), ning visualiseerida andmeid *MQTT* serveri ja traadita võrgulüüsi abil.

Antud diplomitöö teema on asjakohasem, kui kunagi varem, sest täna peaks iga üliõpilane olema huvitatud *IoT* valdkonnast, sest see on tööstuse *IoT (IIoT)*, klientide *IoT (CIoT)* ja *Industry 4.0* arendamine. Tänapäeval ehitatakse *IoT* võrkude abiga arukaid kodusid, kontoreid, linnu ning iga päev kasvab *IoT* põhiste seadmete arv, mis on kasumlik ja paljutöötav investeering ettevõttesse või teadusesse.

Töö käigus on autor uurinud juhtmeta *Bluetoothi*, *Wifi*, *EnOceani* ja *Zigbee* protokolle. Uuris erinevate nutikodude jaoks mõeldud nutikate andurite tööd, ning lõi ka õpijuhendi, mis on eriti kasulik teistele õpilastele marsruutimiseseadmete ja protokollide uurimisel.

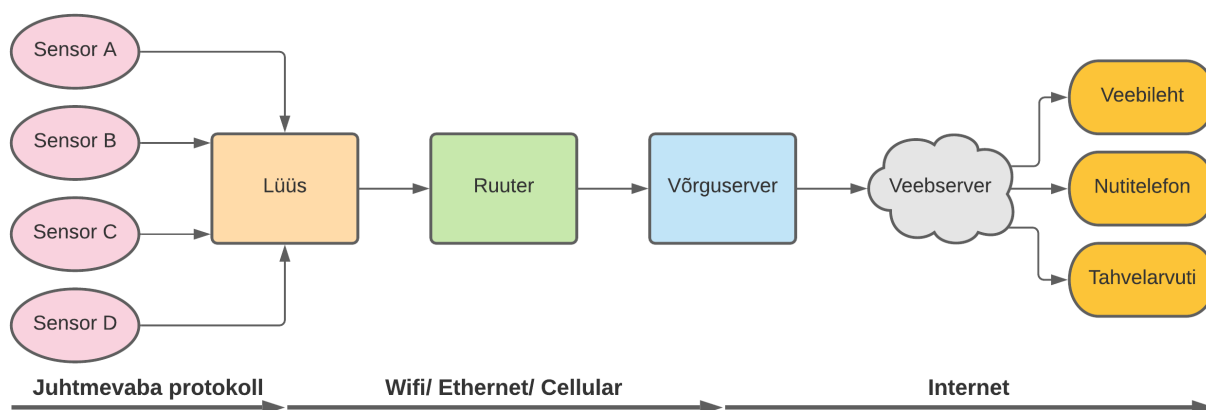
Unikaalsus seisneb selles, et platvorm võimaldab simuleerida *IoT* võrkude jaoks mitmesuguseid traadiga ja traadita ühendusi ning kasutada erinevaid traadita protokolle. Tavaliselt peate nelja erineva traadita protokolle uurimiseks ostma neli erinevat seadmekomplekti, kuid antud juhul on kõik ühes komplektis. Selline otsus võimaldab teil säästa raha ja vältida nelja erineva võrgulüüsi ostmist, töötavate erinevate protokollide kallal, samuti platvorm *IoT-100* võimaldab konfigureerida kõigi seadmete üheaegset tööd ühes serveris.

Autori põhieesmärgiks on targa kodu modelleerimine *IoT-100* platvormi baasil. Olulised ülesanded, mis tuleb uuringu käigus lahendada:

- luua targa kodu *IoT* mudeli traadiga ja traadita meetodil;
- uurida *IoT-100* platvormi funktsionaalsust;
- luua *IoT-100* abil laboritööd.

1. MIS ON IOT JA IOT-100 PLATVORM

Tänaseks on *IoT* (*Internet Of Things*) tehnoloogia eriti nõutud. *IoT* on asjade rühm, see tähendab, andurite, omavahel ühendatud interneti kaudu, kus nad seejärel edastavad juhtmevabalt andmeid võrgulüüsile. Võrgulüüs on lihtne seade, kus tema peamiseks ülesandeks on koguda andurite andmeid ja nende ülekandmine järgmisele ruuterile või serverile. Tähendab, et anduritest jõuavad andmed serverisse, kus neid edasi töödeldakse ja kuvatakse kaunil kujul veebilehtedel, nutitelefonide või tahvelarvutite rakendustes (vt Joonis 1.1). [1]

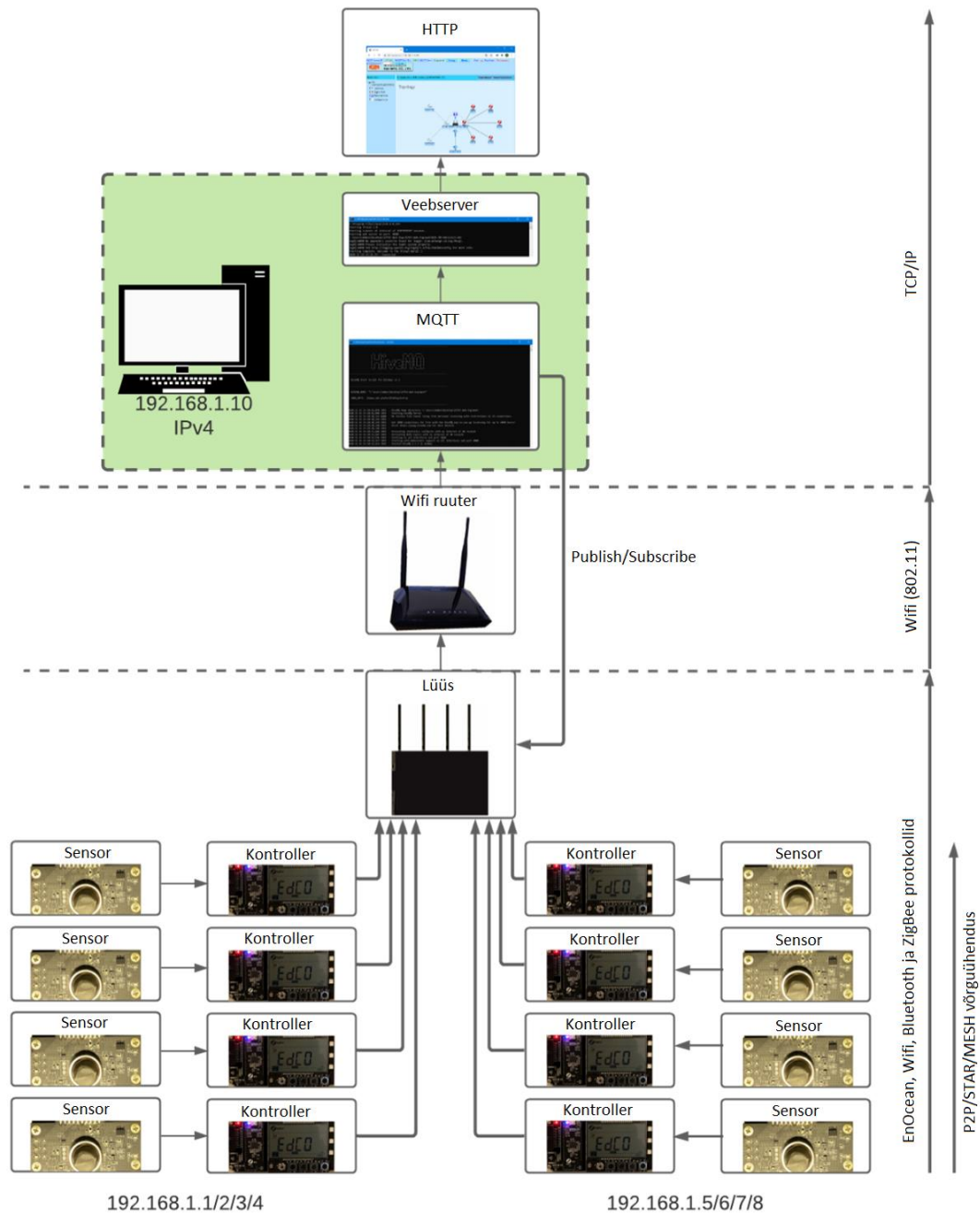


Joonis 1.1 *IoT* stsenaariumi loomine

IoT arendamine on lähteülesanne väikese või suure ettevõtte avamisel, kuna ta omab palju funktsioone:

- *IoT* võrgu pädev integreerimine ärisse toob ettevõttele rahalist kasu;
- andmete kogumise lihtsus, samuti seadmete seire kulumaterjalide või osadega, suurendab ettevõtte efektiivsust ja tootlikkust;
- andurite olemasolu tehastes ohtlikes kohtades tagab kohese reageerimise rikkele: seadme, torujuhtme või gaasileke. [1]

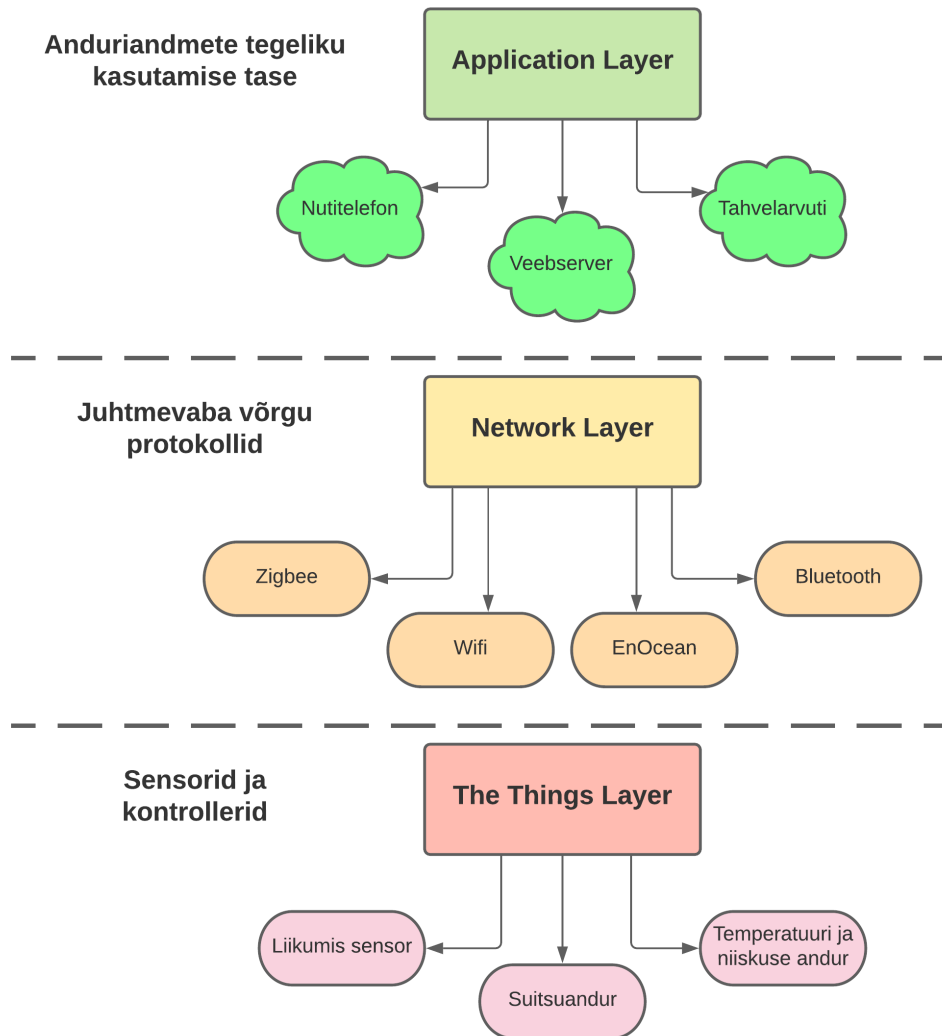
IoT-100 on professionaalne platvorm, tehnoloogiate ja protokollide, nagu *EnOcean*, *Bluetooth*, *Wi-Fi*, *ZigBee*, *TCP / IP*, *MQTT* õpetamiseks, töö marsruutimiseseadmetega, ühenduse loomine kontrollrite ja marsruutimiseseadmete vahel, juhtmega ja traadita, ja ühendamine serveriga (vt Joonis 1.2). [2]



Joonis 1.2 *IoT-100* platvormi skeem

Platvorm *IoT-100* on täielikult pühendatud *IoT* tehnoloogia uurimisele. Selline lahendus nagu *IoT-100* on ainulaadne, kuna platvorm toetab paralleelselt nelja traadita protokollid, töötleb andmeid võrguserveri kaudu ja väljastab need veebiserverisse. [2]

Näiteks, üliõpilane saab analüüsida iga protokollide toimimist eraldi, valida seadmete jaoks ühenduse topoloogia (*Mesh*, *Point-to-Point* või *Star*) ning üksikasjalikult mõista, kuidas Interneti-protokoll *MQTT* ja veebiserver *Jfinal 2.0* töötavad. Platvorm annab marsruutimisseadmete täielikku konfigureerimise ja praktilisi kogemusi kihtidega (arhitektuuri tasemed) *IoT* arhitektuur, või pigem asjad anduritega, võrguga ja rakendusega (vt Joonis 1.3). [3]



Joonis 1.3 *IoT* mudeli tasemed *IoT-100* platvormis

1.1 Koolitusplatvorm IoT-100

IoT-100 platvormil on lai valik rakendusi *IoT* võrgus. Platvormil on suur hulk andureid, mis võimaldavad teil rakendada kogunud võrku mitmesuguste objektide jaoks, nagu näiteks nutikad kodud, kasvuhooned, pargid või isegi tehased. [3]

Antud platvorm koosneb sellistest põhikomponentidest, kui:

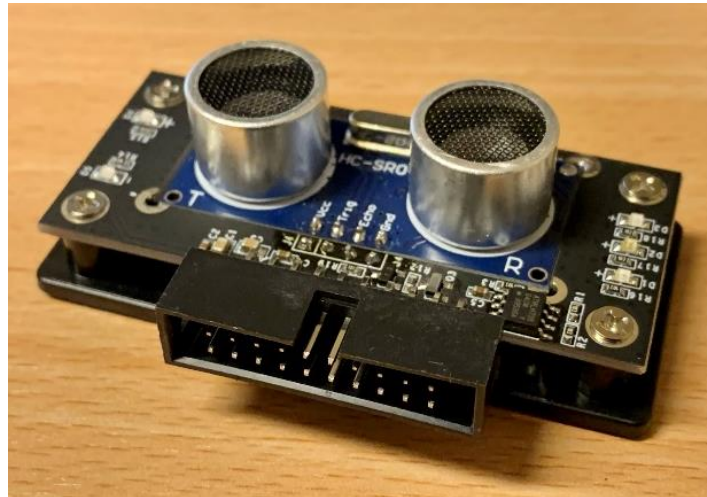
- kontrollerid traadita andmeedastusmooduliga (*IoT-100 P3 Communication Node Plate*);
- USB jaoturid (*USB-Hub plate*);
- võrgulüüs 4 traadita protokolliga toega (*M4 Gateway Plate*);
- andurid;
- ruuter *wifi* toega. [3]



Joonis 1.4 *IoT-100* platvormi üldpilt

1.2 Andurid IoT-100 jaoks

Komplekt sisaldab 17 andurit, ühtesobivate *IoT-100* kontrolleriatega. Antud andurite eripära koosneb spetsiaalsest *JTAG*-liidesest (20-kontaktiline pistik), sobivast kontrolleriist. Antud liidese abil toimub silumine *IAR EWarm* programmis, määrates spetsiaalse pordi, jaotises «silumine» (*debug*). [3][4]



Joonis 1.5 ultraheli kauguse mõõtmise sensori näide *JTAG* liidesiga

Andurite loend sisaldab igasuguseid andureid alates lihtsatest kuni keerukateni. Nende abiga on võimalik mitte ainult mõõta selliseid parameetreid nagu niiskus, temperatuur, CO₂ (süsihappegaas) tase või valgustus, vaid ka tagada objekti ohutust liikumise, suitsu, ukse või akna avamise või sulgemise andurite abil. Olemas on ka keerukaid andureid, mis vastutavad elektrivõrgu pingest ja voolu eest, süüteandur ja 9-teljeline inertsiaalne liikumisandur.

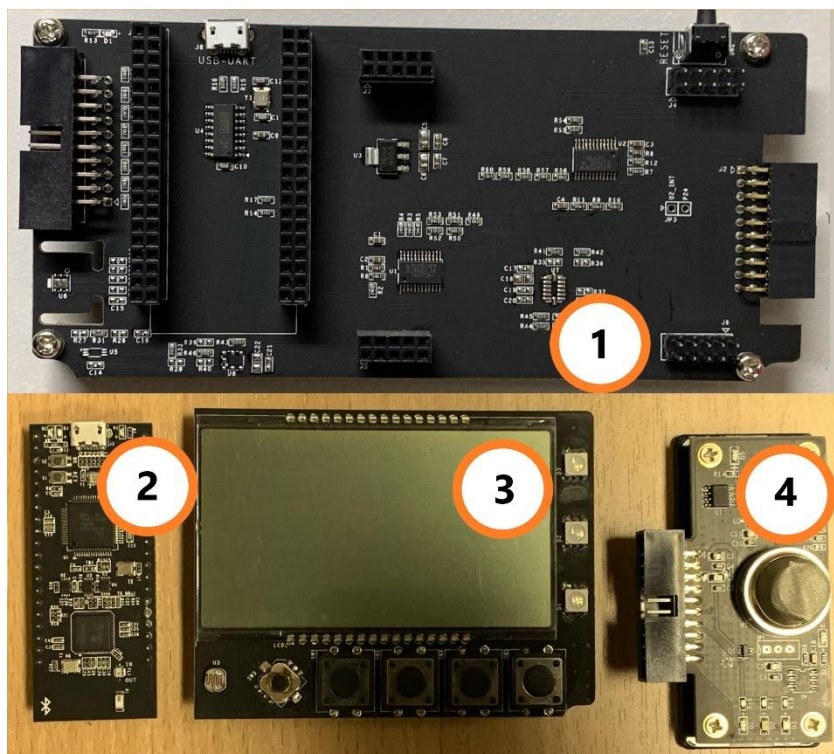
Antud andurite komplekt aitab üliõpilasel modelleerida mitte ainult nutikat kodu, vaid ka väikest ettevõtet, kus saab kasutada kõiki 17 andurit (vt Lisa 1).

1.3 IoT-100 P3 kontrollid

Antud *IoT-100 P3* kommunikatsioonisõlme plaadikontroller (*Communication Node Plate*) osutab suurt paindlikkust programmeerimisel ja erinevate katsete läbiviimisel. Igal traadita ülekande moodulil on oma parameetrid, silumise meetodid ja ühendusviisid. Iga kontroller erineb ainult traadita andmeedastusmooduli poolest. Kontrolleri toiteallikaks on *USB*-jaoturiga ühendatud *USB*-port. [2]

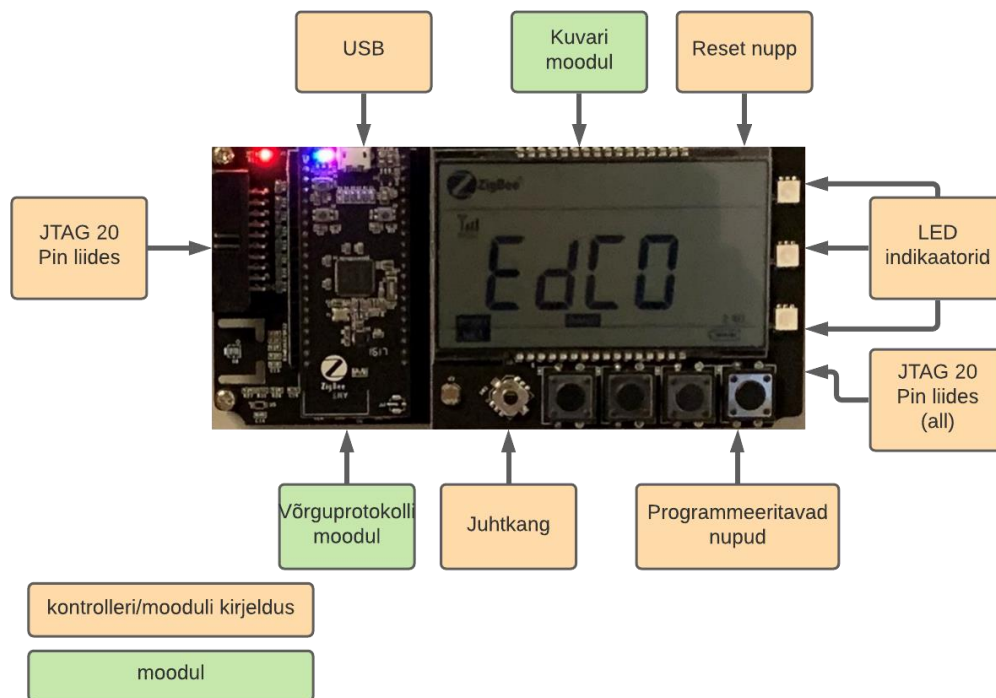
Täielik *IoT-100* platvormi kontroller koosneb 4 osast:

1. digitaalsete ja analoogväljunditega plaat;
2. moodul traadita andmeedastusprotokolliga (*ZigBee*, *EnOcean*, *Wifi*, *Bluetooth*);
3. *LCD* moodul;
4. andur (vt Joonis 1.6). [2]

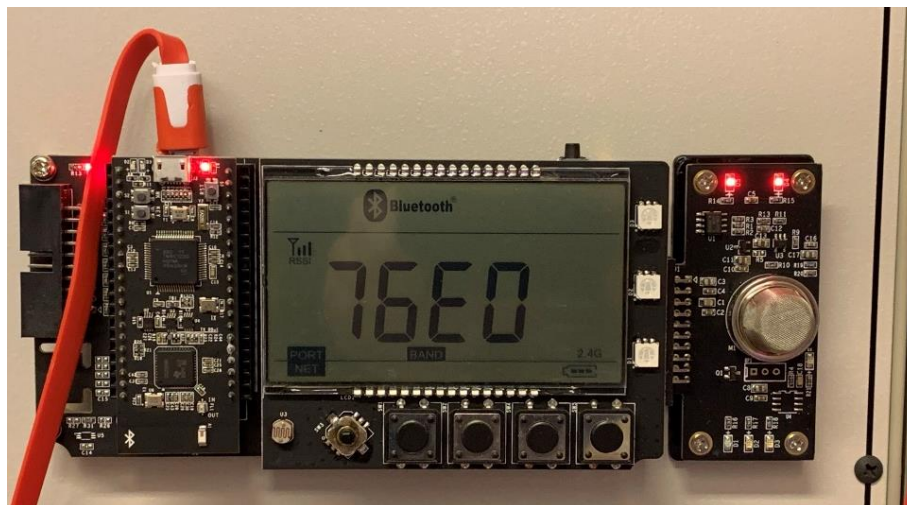


Joonis 1.6 kõik *IoT-100 P3* kommunikatsiooni sõlme osad.

Allpool autor kirjeldas kontrolleri moodustavaid elemente (vt Joonis 1.7).



Joonis 1.7 IoT-100 P3 kontrolleri kirjeldus



Joonis 1.8 IoT-100 P3 kontrolleri näide koos Bluetooth mooduliga ja etanooli anduriga

2. TRAADITA VÕRGU PROTOKOLLID KASUTATAVAD IOT-100 PLATVORMIL

Traadita võrk tagab lihtsa ühenduse kahe või enama seadme juhtmevabalt spetsiaalse andmeedastusprotokolli abil. Antud lahendust kasutatakse aktiivselt *IoT* võrkude loomisel kõige laiemalt levinud ühenduse protokollide põhjal. Traadita lahendus säästab tänaseks oluliselt kasutajate ja ettevõtete raha, ning tagab ühenduse lihtsuse ja piisavalt suure andmeedastuskiiruse. [1][5]

Erinevate *IoT* võrgu stsenaariumide jaoks on erinevaid andmeedastusprotokolle. Olemas traadiga ja traadita lahendused, nagu *LoRaWAN*, *Z-Wave*, *6LoWPAN*, *Sigfox* ja nii edasi. *IoT-100* suudab töötada korraga nelja traadita protokolliga. Antud otsus võimaldab üliõpilasel otsustada, milline protokoll töötab paremini, stabiilsemalt ja kasulikum lõppkasutuseks. Kõigil neljal andmeedastusprotokollil *WiFi*, *Zigbee*, *Bluetooth* ja *EnOcean* on oma eripära. [2][6]

Protokolli valimisel nutika kodu / kontori / ettevõtte / linna juurutamiseks, peab tuginema nõutavale andmeedastuskiirusele ja signaali levimisraadiusele [1]. Kasutatava *IoT* protokolli tüüp sõltub süsteemi arhitektuuri tasemest, mille peal tuleb andmed edastada [6]. Iga *IoT* süsteemi arhitektuuri protokoll võimaldab seadmete vahelist suhtlust, seadme ja lüüsi vahel, lüüsi ja andmekeskuse vahel või lüüsi ja pilve vahel, ning andmekeskuste vahelist suhtlust [6].

IoT võrgu planeerimise käigus marsruutimiseseadmete ja andurite vahel tekivad erinevad takistused (majad, erinevad konstruktsioonid, seinad, laed, mööbel, metallused ja muud seadmed), asetsevad traadita seadmete ja andmeedastusprotokolli vahel, ja võivad osaliselt või märkimisväärselt peegeldada või neelata raadiosignaale, mis viib algse signaali osalise või täieliku kadumiseni. Igal järgneval takistusel on tugevam mõju algsignaale, vähendades selle võimsust. Seega, mida rohkem takistusi, seda halvem signaal. [1][7]

Signaali summutamise või kadumise probleemi lahendamiseks peab:

- üle vaatama marsruutimis seadmete ja andurite asukohad objektile;
- suurendama lüüside arvu kohalikus võrgus;
- või kasutada täiendavat võimendi antenni signaali vastuvõtmiseks ja edastamiseks (*RX / TX*). [1][7]

2.1 Protokollid kasutatavad iot-100 platvormil

Nagu varem mainitud, kasutatakse *IoT-100* platvormil 4 traadita andmeedastusprotokolli [2]. Kõigil protokollidel on erinevad omadused ja rakendusvektor *IoT* võrgu tegelikuks juurutamiseks. Mõned protokollid olid spetsiaalselt loodud maksimaalse vahemaa saavutamiseks ruumidest väljaspool ja nende ulatus vaateväljas on mitusada meetrit. Teistel protokollidel on lühike ülekande kaugus, aga samas võimsam läbilaskevõime. Platvormil *IoT-100* on kogutud andmeedastusprotokolle, mis on tänapäeval eriti asjakohased ning radikaalselt erinevate rakendusstsenaariumidega *IoT* valdkonnas. Selliste protokollide uurimine, omaduste ja puuduste kindlakstegemine on üliõpilase töökogemuse täiendamine.

Allpool olevas tabelis on näidatud *IoT-100* platvormil kasutatavate protokollide parameetrid (vt Tabel 2.1).

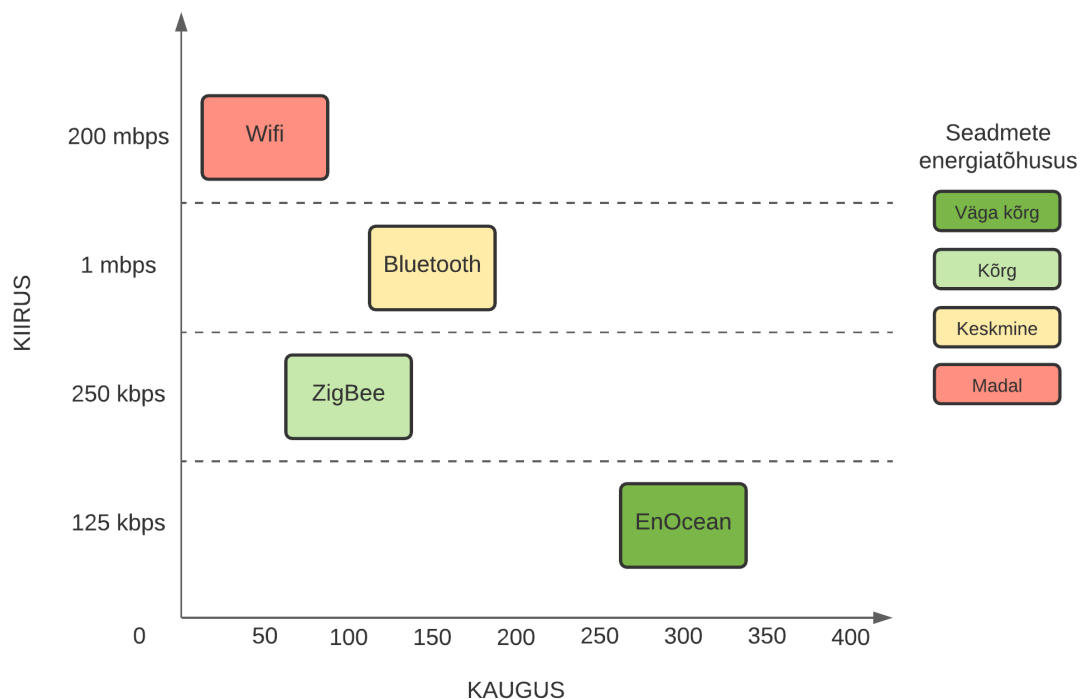
Tabel 2.1 protokollide parameetrid [6]

Protokolli nimetus	Sagedus	Võimsus	Topoloogia	Tegevuskaugus	Andmete edastamise kiirus
<i>Bluetooth</i>	2,4GHz	Keskmine	<i>P2P (Point-To-Point)</i>	Kuni 150m	Kuni 1mbps
<i>WiFi (802.11n)</i>	2,4GHz/5GHz	Keskmine	<i>STAR</i>	Kuni 50m	Kuni 200 mbps
<i>ZigBee (802.15.4)</i>	2,4GHz	Madal	<i>MESH</i>	Kuni 100m	Kuni 250 kbps
<i>EnOcean</i>	868 MHz	Madal	<i>MESH</i>	Kuni 300m	Kuni 125 kbps

Lähtudes lõppkasutaja vajadustest, saab kindlaks määrata sobiva sideprotokolli. Peamised kriteeriumid, millele peate tuginema, on andmeedastuskiirus ja ulatus. Samuti on hinnal oluline roll, kuid selleks on vaja objekti eraldi käsitleda, *IoT* võrku kuuluvate marsruutimisseadmete ja andurite loend. Tehes valiku läbilaskevõime suurenemise suunas, nii andurite kui ka lüüside jaoks, energiatõhusus väheneb tugevama signaali tõttu. See viib seadmete sagedasemale laadimisele või patareide vahetamisele. Vastavalt, kanali läbilaskevõime vähendades - seadmete energiatõhusus suureneb. [6]

Näiteks, nutikodus, kus kasutatakse ainult valgustuse-, toatemperatuuri- ja liikumisandurit, pole vaja suurt läbilaskevõimet, sest signaali edastamine andurile ja andurilt lüüsile võtab paar baiti. Kuid nutikodu, kus kasutatakse autonoomseid videokaameraid, vajab kõrget läbilaskevõimet.

Allpool on protokollide graafik, mis tähistab *IoT-100* platvormil iga kasutatava protokollide kiirust, leviala ja energiatõhusust (vt Joonis 2.1).



Joonis 2.1 *IoT-100* platvormis kasutamise protokollide võrdlus

2.1.1 Bluetooth

Sellise protokolliga valimine sobib hästi avatud planeeringuga kodude, aedade ja muu jaoks, kuna signaali intensiivsust mõjutavad oluliselt takistused ja seina tugevus. *Bluetooth* pakub ülikiiret andmeedastust, kuni 150 meetrit, *IoT* stsenaariumide jaoks. Eriti populaarne on *Bluetooth LE (Low Energy)* vähese energiatarbega, mis töötab madalal võimsusel, mis suurendab seadmete energiatõhusust. [8]

2.1.2 Wi-Fi

Antud traadita protokolliga valimine sobib suurepäraselt kasutamiseks nii eramutele kui ka väikeettevõtetele. Valik on ökonoomne, kuid ta ei sobi kõigi stsenaariumide jaoks piiratud vahemiku ja pideva energiatarbimise tõttu. Antud lahendus sobib eriti hästi stsenaariumide jaoks, kus vajatakse stabiilset ja kõrge läbilaskevõimega signaali (näiteks videokaamerad). [9]

2.1.3 ZigBee

See on populaarne variant koduautomaatikasüsteemide ja meditsiiniseadmete jaoks. *ZigBee* sobib kõige paremini isiklike võrkude jaoks väikeste seadmetega, mis tarbivad vähe energiat, on väikese läbilaskevõimega ja kasutatakse suletud vahemikus. *ZigBee* on üsna hea vahemikuga, mis on paljude *IoT* stsenaariumide jaoks piisav. [10]

2.1.4 EnOcean

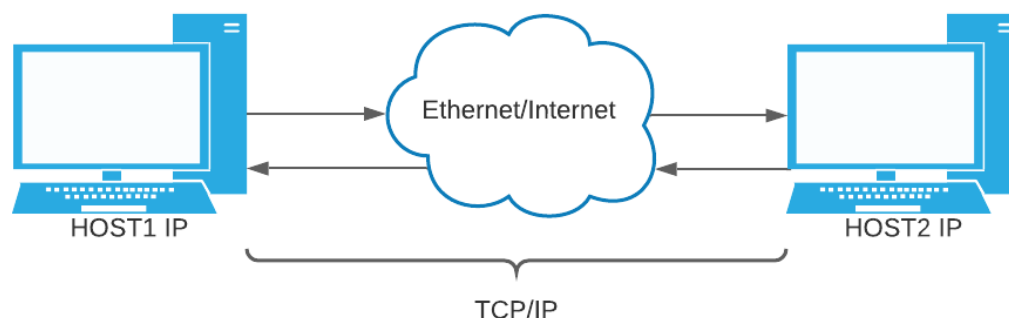
Antud andmeedastusprotokoll sobib hästi avatud aladele, kus andur ja lüüs on üksteise vaateväljas. *EnOcean*'il põhinevad tooted (näiteks andurid ja valguslülid) on isetoitega ja mõeldud hooldusvabaks kasutamiseks. Üks peamisi eesmärke on ühe tootja andurite kombineerimine teise tootja vastuvõtja lüüsidega. Antud andurite ja lülitite raadiosignaalid saab edastada juhtmevabalt 300 meetri kaugusel avatud alal ja kuni 30 meetrit hoonete sees. [11]

3. VÕRGUPROKOLLID, KASUTATAVAD IOT-100 PLATVORMIL

IoT-100 platvorm kasutab traadiga võrguprotokolle võrdselt traadita protokollidega, IoT võrgu täieliku toimimise tagamiseks. Oluline on märkida, et mis tahes protokoll on reeglite ja toimingute kogum, mis võimaldab ühendust ja andmevahetust kahe või enama võrku ühendatud seadme vahel. Sellel viisil, *IoT-100* platvormil lüüs, ruuter ja server ühendatud juhtmega. [12]

3.1 TCP/IP

TCP/IP on arvutivõrkude korraldamise, protokollide ja reeglite kogum. Ühendab endas kaks olulist protokollirühma - transpordi (*TCP*) ja aadressi (*IP*). *TCP/IP* võimaldab suhelda interneti võrgus kõigi haridusasutuste, meditsiinasutuste ja tööstusettevõtete jne kasutajate vahel (vt Joonis 3.1). *TCP/IP* peamine ülesanne on tagada kõigi võrgus ühendatud arvutite ühendust, neid nimetatakse hostideks (*hosts*). Samuti on võimalik kombineerida mitu sõltumatut võrku, kasutades *TCP/IP*, luues seeläbi ühenduse teiste hostidega. [13]



Joonis 3.1 *TCP/IP* näidis

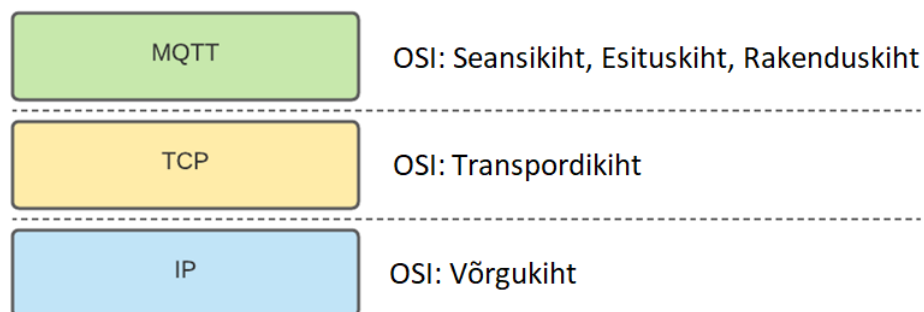
Samuti *IoT-100* platvormi tavapäraseks tööks peab installima dünaamilise konfiguratsiooni protokoll (DHCP). Olenevalt arvuti operatiivsüsteemist viis sisse lülitada DHCP-protokoll saab muutuda. DHCP on võrguhaldusprotokoll, mida kasutatakse seadmete IP-võrkudes konfiguratsiooniprotsessi automatiseerimiseks, mis võimaldab neil kasutada võrguteenuseid nagu DNS (*Domain Name System*). DHCP-server määrab igale võrgus olevale seadmele dünaamiliselt IP-aadressi ja muud võrgu konfiguratsiooniparameetrid, et nad saaksid suhelda teiste IP võrkudega. [14]

3.2 MQTT

Olulist kaasaegsete seadmete kontseptsiooni, olgu need siis erinevad sensorid, juhitavad tőstukid, agregaatorid või nutikodu osad, ei saa ilma nende omavahelise suhtluseta ette kujutada. *IoT-100* platvormil kasutatakse kõige populaarsemat sõnumside protokoll - *MQTT*. Antud protokoll on eriti tőestanud ennast *IoT* turul oma lihtsuse tõttu. [15]

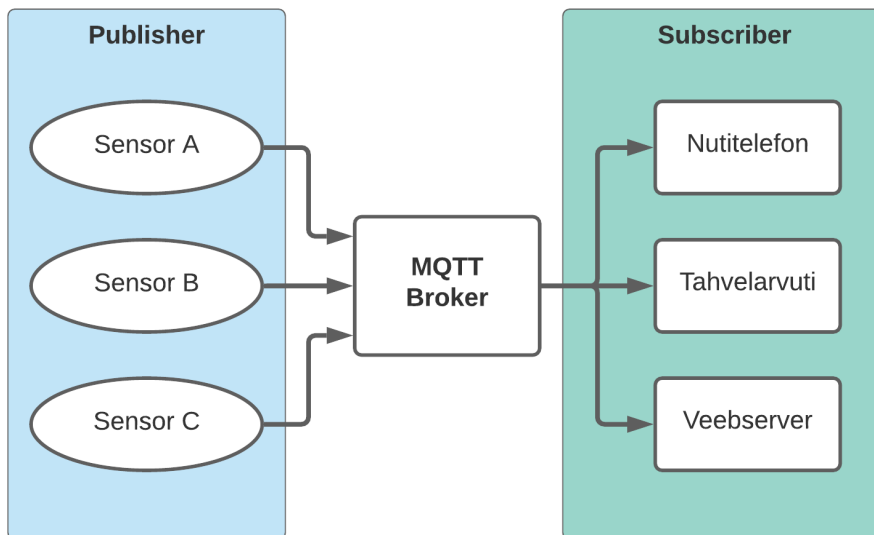
Näiteks, nutikodu ruumides on vajadus kontrollida temperatuuri. See tähendab, et kui toatemperatuur langeb alla etteantud arvu, siis katlaruumis peaks küte tööle hakkama, mis toob kaasa ruumide temperatuuri tõusu. See tähendab, et temperatuuriandur peab serverile signaali saatma temperatuuri alandamiseks, ja server peaks reageerima ja saatma katlaruumile signaali ruumide temperatuuri tõstmiseks. Kogu see protsess on võimatu ilma seadmetevahelise suhtluseta. Selleks tőotati välja spetsiaalne *MQTT* protokoll võrguseadmete suhtlemiseks.

MQTT on võrgusuhtlusprotokoll, tőotav *TCP / IP* peal, mõeldud seadmetevaheliseks andmevahetuseks (vt Joonis 3.2). Antud protokoll kasutatakse peamiselt väikese läbilaskevõimega ühenduste jaoks andmete edastamiseks kaugemates kohtades. Tänapäevaks *MQTT* kasutatakse eriti laialdaselt *IoT* tőöstusharudes - *CIoT* (*Consumer Internet of Things*) ja *IIoT* (*Industrial Internet Of Things*). [16]



Joonis 3.2 *MQTT* näidis *OSI* mudelis

Avaldaja protokoll (*Publisher*) ja abonenti (*Subscriber*) *MQTT*, tagavad funktsionaalset ja usaldusväärset viisi seadmete ühendamiseks interneti kaudu. Protokoll oli spetsiaalselt loodud võimalikult kompaktselt, ebastabiilsete interneti-kanalite ja väikese energiatarbega seadmete jaoks ning võimaldab pakettide kadumise või lahti ühendamise korral tagada sõnumite garanteeritud edastamise (vt Joonis 3.3). [16]

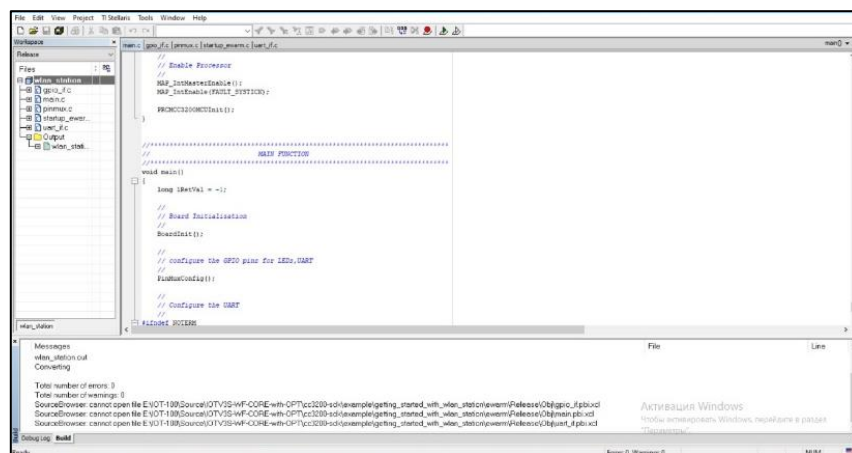


Joonis 3.3 *MQTT* protokolliga topoloogia näidis

4. IOT-100 PLATVORMIL KASTUTATAV TARKVARA

Platvormi *IoT-100* täielikuks toimimiseks peab installima mitu olulist programmi. *IoT-100* on varustatud kaasaskantava draiviga, mis sisaldab kogu vajalikku tarkvara, draivereid ja tugitööriistu. Ilma nende programmide osalise või täieliku installimata platvormiga ei saa töötada. *K&H* ettevõtte pakub *IoT-100* platvormi jaoks *IAR Embedded Workbench*'i ja *Tera Term*'i.

IAR Embedded Workbench on tööriistade komplekt, mis pakub täielikku integreeritud programmeerimiskeskonda. Seda programmi kasutatakse sketšindite kirjutamiseks C++ programmeerimiskeeles, kontrolleritele laaditud sketšindite silumiseks ja kontrollerite endi silumiseks (vt Joonis 4.1). [17]

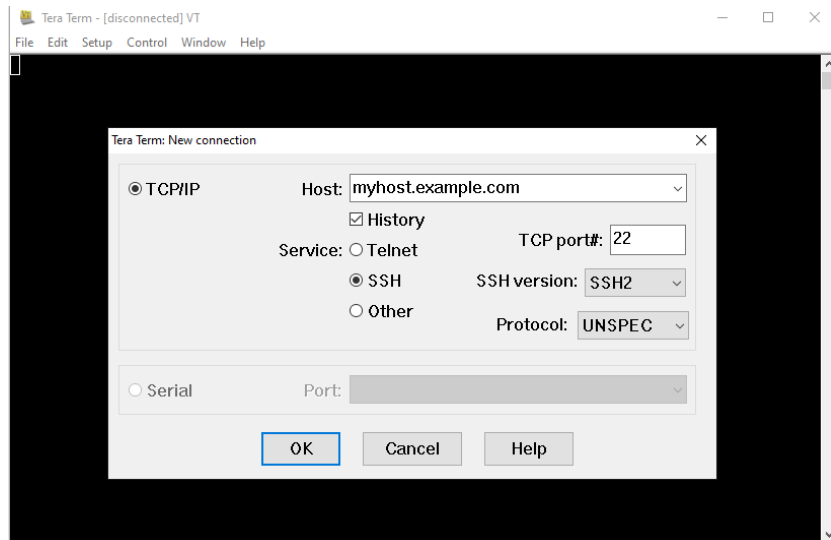


Joonis 4.1 *IAR Embedded Workbench* liides näidis

Selles programmis on vaja registreerida *IP*-kontrollerid ja lüüsi, seadmete vahelise side loomiseks. Peale igale kontrollerile õigete parameetrite määramist ilmub kontrolleri ekraanile identifitseeriv signaal, et ta on töövalmis.

Suhtlemiseks *IoT-100* platvormiga vajatakse terminaliprogrammi. Platvormi *IoT-100* jaoks sobib hästi väga populaarne lahendus - *Tera Term*, mis hästi ühildub teiste standardsete toodetega (vt Joonis 4.2). *Tera Term*'i disain on käsurida, mis näitab ühenduse loomise teed ja meetodit (*TCP / IP* või *Serial port*), mille kaudu sõnumeid ühendatud seadmega vahetatakse. [18]

Platvormi *IoT-100* seadistamisel, peab sageli pöörduma lüüsi seadistamiseks, kus täpsustades konkreetseid sõnu, saate täieliku juurdepääsu lüüsi parameetritele, määrada ruuteri *IP*, *MQTT*-serveri *IP* ja palju muud.



Joonis 4.2 Tera Term liides näidis

5. LABORITÖÖDE LOOMINE IOT-100 PLATVORMI PÕHJAL

Uuritud materjali põhjal *IoT-100* platvormi kohta ja läbitud erinevaid katseid, otsustas autor luua 2 laboritööd teiste üliõpilaste jaoks:

1. *IoT-100* platvormi konfigureerimine ning andurite ja veebiserveri vahel ühenduse loomine, *M4 Gateway* lüüsi kaudu;
2. Side loomine kontrollerite, lüüsi, ruuteri, *MQTT* ja veebiserveri vahel.

Antud laboritööd ühendavad mitme kategooria katseid, näiteks:

- põhikatsed,
- katsed sidega,
- samuti kompleksi katsed. [2]

Laboritööd on mõeldud üliõpilastele, õpetajatele ja teistele, kes on huvitatud *IoT-100* platvormiga töötamisest. Nende tööde eripära on visuaalne lahendus, kuidas autor selle katse lahendas ja selgitas kõiki rakendamise etappe. Laboratoorse tööde käigus, autor üksikasjalikult näitab teostuse etapid koos illustratsioonidega, näitab seadmete ja tarkvara nõudeid, et lihtsustada ja muuta õpilase jaoks edasine töö mugavamaks.

5.1 Katse 1. *IoT-100* platvormi konfigureerimine ning andurite ja veebiserveri vahel ühenduse loomine, *M4 Gateway* lüüsi kaudu

Antud laboritöö näitab selgelt *IoT-100* platvormi täielikku toimimist. Selle töö teostamiseks, peab tundma *IoT-100* platvormi tööpõhimõtet, teadma, kuidas luua sketši andmete lugemiseks, ja teadma *Windows*'i opsüsteemi põhitasandil.

Laboratoorse töö käigus saab selgeks, kuidas ühendada andureid kontrolleritega, kuidas luua side kontrollerite ja lüüsi vahel, andurite andmed edastada *MQTT*-serverisse ja kuvada need veebiserveris.

5.1.1 Nõutav tark- ja riistvara

Enne katse alustamist, peab ette valmistama teatud tark- ja riistvara, platvormi täielikuks kasutamiseks (vt Tabel 5.1).

Tabel 5.1 tark- ja riistvara loetelu laboritöö jaoks

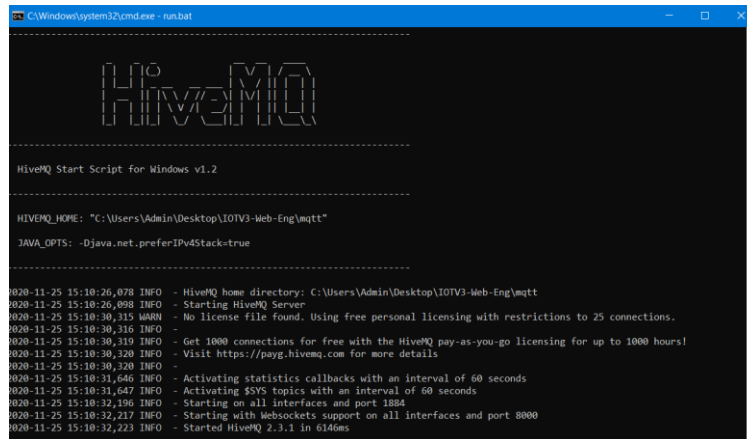
Vatustus
Kontroller juhtmevaba mooduliga, ekraaniga ja anduriga
Toitejuhe <i>USB-A-Micro-USB</i>
<i>USB-hub</i>
<i>M4 Gateway</i>
Silumisjuhe
<i>Ethernet</i> kaabel
Tarkvara
<i>Windows OS</i>
<i>IOT3VS</i>
<i>Tera Term</i>
Internet brauser

Samuti, antud katse läbiviimiseks, peab kõigepealt sketši üles laadima kontrollerisse, anduritest andmete lugemiseks kontrollerile. *IOT3VS* on fail, mis käivitab 2 programmi – *Jfinal* ja *MQTT* server.

5.1.2 Katse teostamise protsess

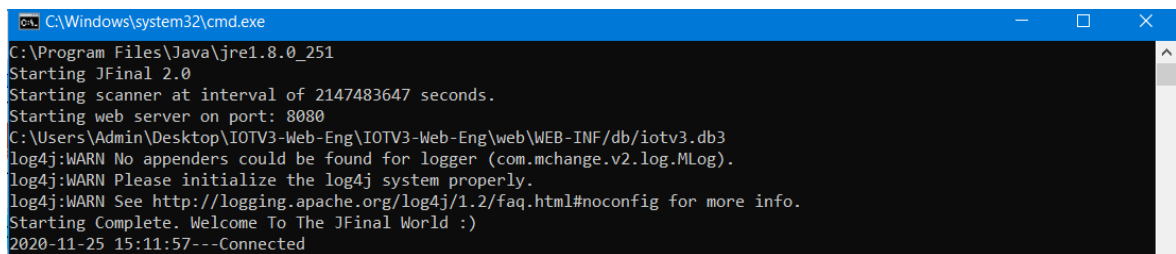
1. Enne sisselülitamist ja edasist tööd on vaja ühendada kõik vajalikud seadmed ja juhtmed.
 - a. Peab võtma *Communication Node* ja ühendama traadita andmeedastusmooduliga (näiteks *ZigBee*). Seejärel ühendada moodul ekraaniga, andmete visualiseerimiseks ja mugavamaks tööks. Kontrolleri küljel, *JTAG*-liidese kaudu (20 *pin*) paigaldada andur (saab valida mis tahes anduri, millel on sama *JTAG*-liides).
 - b. Peale kõigi moodulite ja andurite kontrolleriga ühendamist, peab ühendama *USB-A* toitekaabli ja *Micro-USB*. Paigaldama *Micro-USB* ühe otsa kontrollerisse ja teise otsa *USB*-jaoturisse (*USB-hub*). Seejärel ühendada *USB*-jaotur voluvõrku.
 - c. *M4 Gateway* ühelt poolt paigaldada traat silumiseks *RS232* küljega, ja teine *USB* ots arvutisse.
 - d. Asetada *Ethernet*'i kaabel *M4 Gateway Ethernet*'i porti ja kaabli teine ots paigaldada arvutisse *Ethernet*'i porti.

2. Peale kõigi võrgu komponentide installimist peab käivitama arvutis faili "IOT3VS_run.bat". Antud fail asub IoT-100-ga kaasasoleval installikettal, kaustas "IOT-100 \ IOTV3-Web-Eng". Selle faili käivitamiseks tuleb eelinstallida JDK ja JAVA_HOME süsteemi muutuja. Peale käivitamist käivitatakse 2 akent, mis kuvavad MQTT serveri (HiveMQ) ja JFinal 2.0 veebiserveri olekut (vt Joonis 5.1 ja 5.2).



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - run.bat
-----
HiveMQ
-----
HiveMQ Start Script for Windows v1.2
-----
HIVEMQ_HOME: "C:\Users\Admin\Desktop\IOTV3-Web-Eng\mqtt"
JAVA_OPTS: -Djava.net.preferIPv4Stack=true
-----
2020-11-25 15:10:26,078 INFO - HiveMQ home directory: C:\Users\Admin\Desktop\IOTV3-Web-Eng\mqtt
2020-11-25 15:10:26,098 INFO - Starting HiveMQ Server
2020-11-25 15:10:30,315 WARN - No license file found. Using free personal licensing with restrictions to 25 connections.
2020-11-25 15:10:30,316 INFO -
2020-11-25 15:10:30,319 INFO - Get 1000 connections for free with the HiveMQ pay-as-you-go licensing for up to 1000 hours!
2020-11-25 15:10:30,320 INFO - Visit https://payg.hivemq.com for more details
2020-11-25 15:10:30,320 INFO -
2020-11-25 15:10:31,646 INFO - Activating statistics callbacks with an interval of 60 seconds
2020-11-25 15:10:31,647 INFO - Activating $SYS topics with an interval of 60 seconds
2020-11-25 15:10:32,190 INFO - Starting on all interfaces and port 1884
2020-11-25 15:10:32,219 INFO - Starting with Websockets support on all interfaces and port 8080
2020-11-25 15:10:32,223 INFO - Started HiveMQ 2.3.1 in 6146ms
```

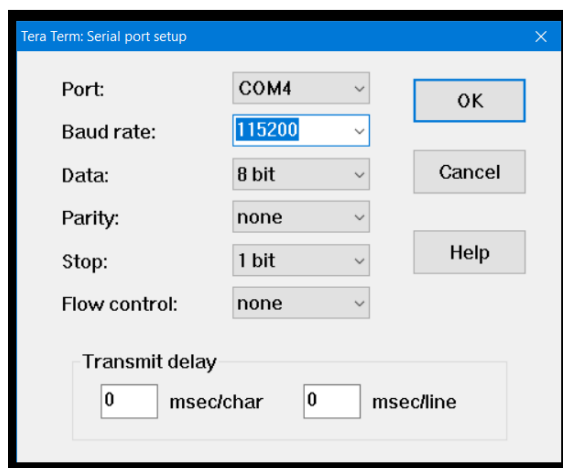
Joonis 5.1 MQTT brokeri näidis



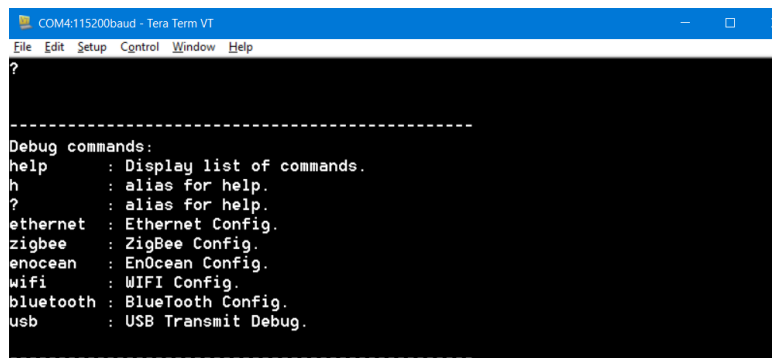
```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Program Files\Java\jre1.8.0_251
Starting JFinal 2.0
Starting scanner at interval of 2147483647 seconds.
Starting web server on port: 8080
C:\Users\Admin\Desktop\IOTV3-Web-Eng\IOTV3-Web-Eng\web\WEB-INF\db\iotv3.db3
log4j:WARN No appenders could be found for logger (com.mchange.v2.log.MLog).
log4j:WARN Please initialize the log4j system properly.
log4j:WARN See http://logging.apache.org/log4j/1.2/faq.html#noconfig for more info.
Starting Complete. Welcome To The JFinal World :)
2020-11-25 15:11:57--Connected
```

Joonis 5.2 JFinal 2.0 näidis

3. Peale faili "IOT3VS_run.bat" edukat kaasamist peab käivitama *Tera Term* programmi. Selles programmis peab valima ühenduse tüübi *Serial* ja valida *Port*, millele on *USB-A* silumisjuhe ühendatud. Seejärel klõpsata nuppu *OK* ja ülemisel paneelil valida vaheleht *Setup* ja *Serial Port*. Avanenud aknas peab muutma sagedust *Baud Rate* väärtuseks 115200 (vt Joonis 5.3).
4. *Tera Term*'i käsureal saab sisestada "?", et saada *M4 Gateway* võimalike käskude täieliku loendi (vt Joonis 5.4).



Joonis 6.3 *Tera Term*'i pordi parameetride näidis



Joonis 6.4 *Tera Term*'is õige ühenduse näidis *M4* lüüsiga

Allpool on loetelu olulistest käskudest selle töö jaoks *Tera Term* programmis, täiendavate *M4 Gateway* andmete saamiseks (vt Tabel 5.2)

Tabel 5.2 *M4* lüüsi käsud

Käsk	Tegevus
?	näitab võimalike käskude loendi <i>M4 Gateway</i> jaoks.
ethernet server	näitab <i>MQTT</i> serveri <i>IP</i> 'id.
ethernet ip	näitab <i>IP M4 Gateway</i> .
ethernet port	näitab <i>MQTT</i> serveri porti.
ethernet setserver	võimaldab määrata <i>IP MQTT</i> -serveri jaoks.
ethernet setport	võimaldab määrata pordi <i>MQTT</i> serveri jaoks.

MQTT serveri ühendamisel, käsureal peab ilmuma teade edukast serveriga ühenduse loomisest "Successfully connect to the MQTT server". Juhul, kui seda teadet ei kuvata, siis on vaja kontrollida ja lüüa taaskäivitada.

Selles etapis peate teadma MQTT serveri IP ja porti. Antud juhul on abiks ethernet-serveri ja *ethernet-port*'i käsud.

5. Järgmisena peab avama brauseri ja sisestama aadressiribale 127.0.0.1:8080 (Või Localhost: 8080) (vt Joonis 5.5).

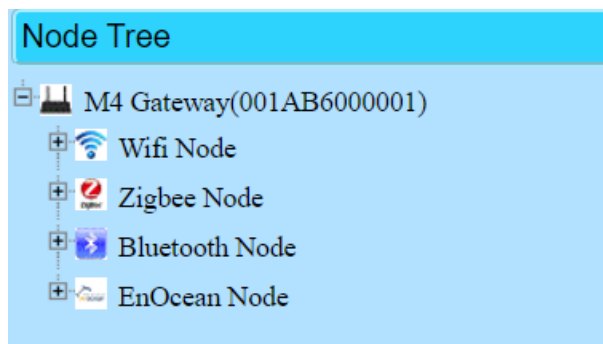


Joonis 5.5 brauseris ühenduse näidis

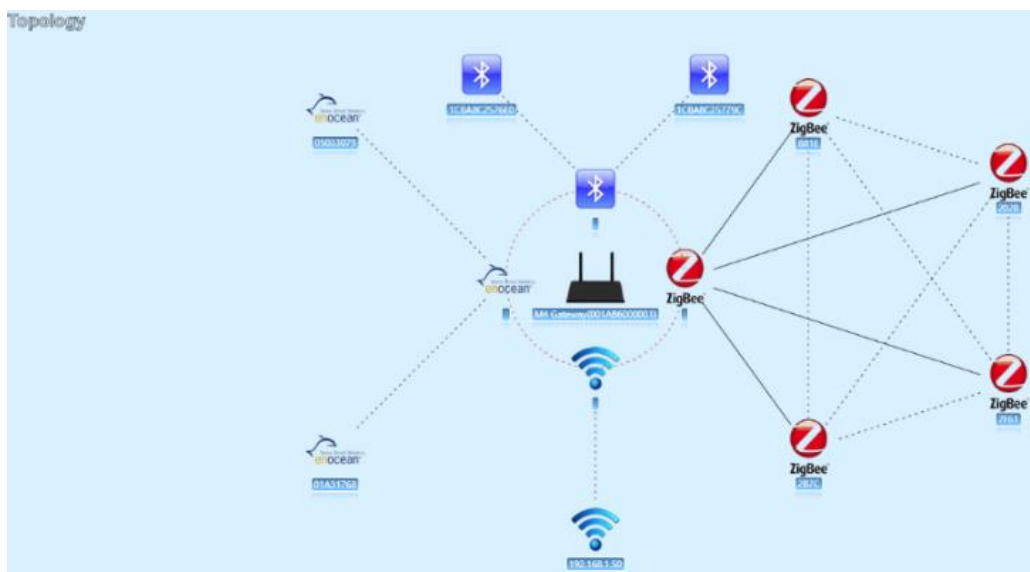
Selles etapis avaneb serveri *html*-leht, millel peab vajutama üleval olevat nuppu *connect*.

Klõpsates nuppu *connect*, kuvatakse sõlmepuu (*Node Tree*), milles on ühendatud meie kontrollerid ja nendega ühendatud andurid.

Klõpsates *Node Tree* nuppu *M4 Gateway* peal kuvatakse ühenduste topoloogia antud lüüsi juurde (vt Joonis 5.6 ja 5.7).



Joonis 5.6 sõlmepuu näidis veeb-serverilt



Joonis 5.7 ühenduse topoloogia näidis veeb-serverilt

5.2 Katse 2. Side loomine kontrollrite, lüüsi, ruuteri, MQTT ja veebiserveri vahel

Antud laboritöö on koostatud autori esimese laboratoorse töö põhjal. Antud laboritöö täiendab esimest, milles üksikasjalikult näidatakse, kuidas ühendada kontrolleri, lüüsi, *Wifi* toega ruuterit, *MQTT* ja veebiserveriga. *Wifi* toega ruuteri olemasolu antud võrgus, annab täiendavaid võimalusi, kui üliõpilane soovib juurutada tõelise *IoT* võrgu.

Antud töö teostamiseks, peab olema kursis autori esimese laboritööga, *IoT-100* platvormi tööpõhimõttega, teadma, kuidas luua sketš andmete lugemiseks, ja ka teada *Windows*'i operatsioon süsteemi algtasemel.

5.2.1 Nõutav tark- ja riistvara

Enne katse alustamist, peab ette valmistama teatud tark- ja riistvara, platvormi täielikuks kasutamiseks (vt Tabel 5.3).

Tabel 5.3 tark- ja riistvara loetelu laboritöö jaoks

Varustus
Kontroller juhtmevaba mooduliga, ekraaniga ja anduriga.
Toitejuhe <i>USB-A-Micro-USB</i>
<i>USB-hub</i>
<i>M4 Gateway</i>
Silumisjuhe
<i>Ethernet</i> kaabel
Ruuter <i>wifi</i> toega
Tarkvara
<i>Windows OS</i>
<i>IOT3VS</i>
<i>Tera Term</i>
Internet brauser

Samuti, antud katse läbiviimiseks, peab kõigepealt sketši üles laadima kontrollerisse, anduritest andmete lugemiseks kontrollerile. *IOT3VS* on fail, mis käivitab 2 programmi – *Jfinal* ja *MQTT* server.

5.2.2 Katse teostamise protsess

- Enne sisselülitamist ja edasist tööd on vaja ühendada kõik vajalikud seadmed ja juhtmed.
 - Peab ühendama kõik kontrolleri komponendid (Kontroller, ekraan ja andur)
 - Seejärel peab ühendama toite kontrolleriga *USB*-jaoturi kaudu.
 - Peab paigaldama *Ethernet* kaabli *M4 Gateway Ethernet* porti ja kaabli teine ots asetada ruuteri *LAN*-porti pealkirjaga.
- Peale kõigi komponentide installimist võrku, peab looma kohtvõrgu kõigi võrgu liikmete vahel. Selleks peab ruuteril sisse lülitama *Wifi* ja looma pöörduspunkti (*AP*), kus turvalisuse huvides installida *SSID* võrgu nimi ja *WPA/WPA2* parool.
 - Sellel etapil on vaja arvuti ja ruuteri vahel ühendada *Ethernet* kaabel.
 - Seejärel peab minema oma arvuti brauserisse ja sisestama ruuteri *IP*-aadressi, tootja enda poolt vaikimisi määratud. Seejärel peab sisestama *Login* ja *password* ruuteris täpsustatud. Peale ruuteri seadete avamist peab muutma ruuterisse sisselogimise parameetreid (Administraatori nimi ja parool), määrada turvalise *wifi* parameetrid (määrada ka *SSID* võrgu nimi

ja parool), valida automaatse *IP*-aadresside jaotuse (*DHCP*), määra ta kehtivate aadresside kogumi ja võimaluse korral võrgu turvalisuse tagamiseks tulemüüri (*Firewall*) kaitse.

3. Peale ruuteri konfigureerimist peab arvuti ja ruuteri vahelise *Ethernet* kaabli lahti ühendama, ja looma traadita ühenduse *WiFi* kaudu.
4. Peale lüüsi ja serveri enda ühendamist sama kohaliku võrguga, saab käivitada faili "*IOT3VS_run.bat*". Peale faili käivitamist, kaasatakse ka *MQTT* maakler ise ja *JFinal 2.0* veebiserver (vt ülalloodud jaotist "Katse 1").
5. Peale edukat ühendust, loetakse anduritelt andmed ja edastatakse lüüsile, mis omakorda edastab andmeid ruuterile, mille järel *MQTT* maakler loeb andmed ja saadab need veebiserverisse (vt Joonis 5.7).

6. IOT JA TARGA KODU MODELLEERIMINE IOT-100

PÕHJAL

Tänaseks, *IoT*-võrkude abil ehitatakse targad majad, -bürood, -linnad, ja iga päev *IoT*-põhiste seadmete arv ainult kasvab, ja see on kasumlik ja paljutootav investeering ettevõtlusse või teadusesse.

Allpool kirjeldab autor targa kodu juurutamise *IoT-100* platvormi põhjal, toob näiteid ja kirjeldab ka:

- mis tähendab tark kodu,
- toob näite targa kodu modelleerimisest,
- näitab ühenduse topoloogiat, mis genereeritakse *IoT-100* platvormi veebilehel.

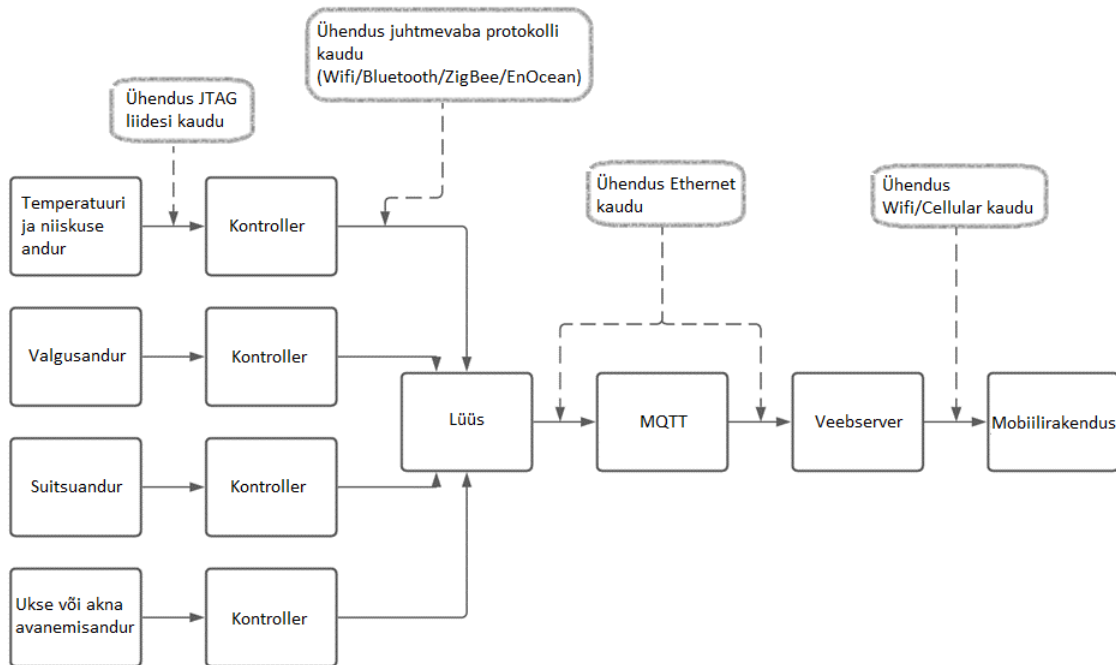
6.1 Mis on tark kodu

IoT (*Internet of Things*) on väikeste "asjade" (*things*) kogum, mis omakorda ühendatud omavahel Interneti kaudu. Selline lähenemine võimaldab lugeda andmeid kõikjalt, jälgida tootmisosade, masinate, videokaamerate olekut, teada ilmastiku üksikasju ja palju muud. Selliste seadmete mõõtmed võivad varieeruda mündi mõõdust, kuni suurte jaamadeni, olenevalt rakendusstsenaariumist. Kõik seadmed, millel on oma *IP*-aadressid, töötavad vastavalt oma andmeedastusprotokollile, sõltuvalt vajadustest, näiteks kaugusest, andmeedastuskiirusest või energiatõhususest. [19]

Tänapäeval populaarsust kogumas *IoT* haru - targad kodud. Antud lahendus on eriti populaarne eramajades. «Aruka kodu» olemus on protsesside ja seadmete automatiseerimine kaugjuhtimisühendusega. Selline lahendus parandab elukvaliteeti, suurendab majas mugavust ja ka säästab omanikule raha. Näiteks, kõik kodumasinad, valgustid ja muud seadmed töötavad vastavalt kavandatud ajakavale, ning pistikupesad võivad välja lülituda, kui neid ei kasutata. Aruka kodu eesotsas üle *IoT*-seadmete on nutikas jaotur / lüüs (*Hub/Gateway*), mis omakorda on võimeline anduritelt signaale lugema ja edasi serverile edastama, kus toimub andmete dekodeerimine ja edasine töötlemine. [20]

6.2 Targa kodu modelleerimine

Targa kodu modelleerimine on võimalik ka *IoT-100* platvormi põhjal. Targa kodu prototüüpide loomiseks on võimalusi täiesti piisavalt, ning kontrollerite programmeerimise paindlikkus võimaldab luua aruka kodu jaoks oma kohaliku võrgu.

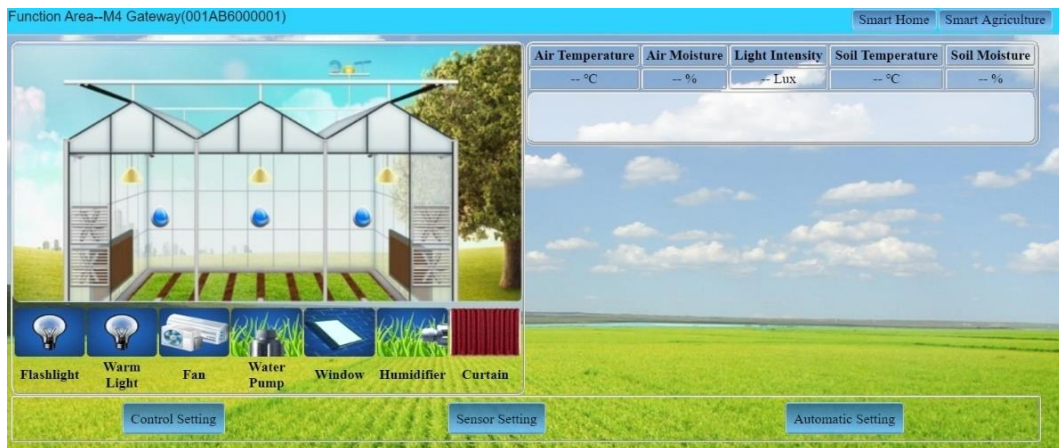


Joonis 6.1 *IoT* ühenduse topoloogia *IoT-100* platvormiga

Samuti, andurite mugavaks ühendamiseks ja läbimõeldud positsioneerimiseks, saate kasutada veebiserveri funktsiooni, mis võimaldab määrata andurite parima asukoha majas (vt Joonis 6.2) või kasvuhoones (vt Joonis 6.3) ja visualiseerida neid üksikasjalikult.



Joonis 6.2 targa maja prototüüpimine, veebiserveri näide



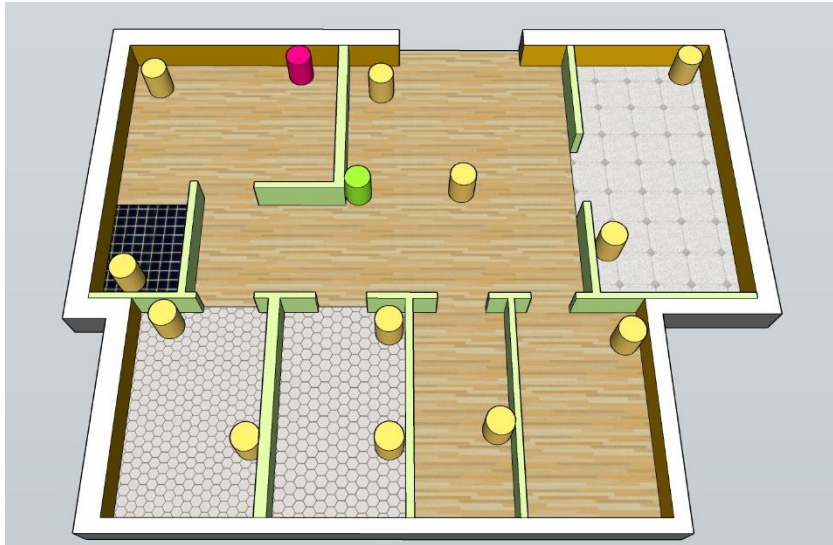
Joonis 6.3 kasvuhoone prototüüpimine, veebserveri näide

Selline valik, nagu *IoT-100* platvorm, võimaldab programmeerimise paindlikkust vastavalt teie vajadustele ja tagab *IoT* võrgu turvalisuse. Aruka kodu prototüüpide loomise alustamiseks, peab kinni pidama konkreetsest tööplaanist:

1. vajaliku dokumentatsiooni ettevalmistamine ja kogumine, teave hoone paigutuse kohta;
2. projekti sketši väljatöötamine, ettepanekud kirjeldusega ja illustatsioonidega paigaldava riistvara kohta;
3. süsteemi komplektatsiooni valimine;
4. projekteerimisdokumentide ja lähteülesande väljatöötamine;
5. riistvara ost;
6. montaažitööd;
7. programmeerimine, käivitamise- ja sillutamise tööd;
8. antud süsteemi toimivuse tehniline teenindus ja tugi.

Vastavus kõigile töö etappidele - tehtud töö kvaliteedi ja süsteemi jõudluse garantii pikaks ajaks.

Allpool on toodud näide kõigi seadmete asukohast ühes majas, kus kollased kiibid on andurid, roheline on lüüs ja roosa on server (vt Joonis 6.4).



Joonis 6.4 sensori, lüüsi ja serveri topoloogia näidis

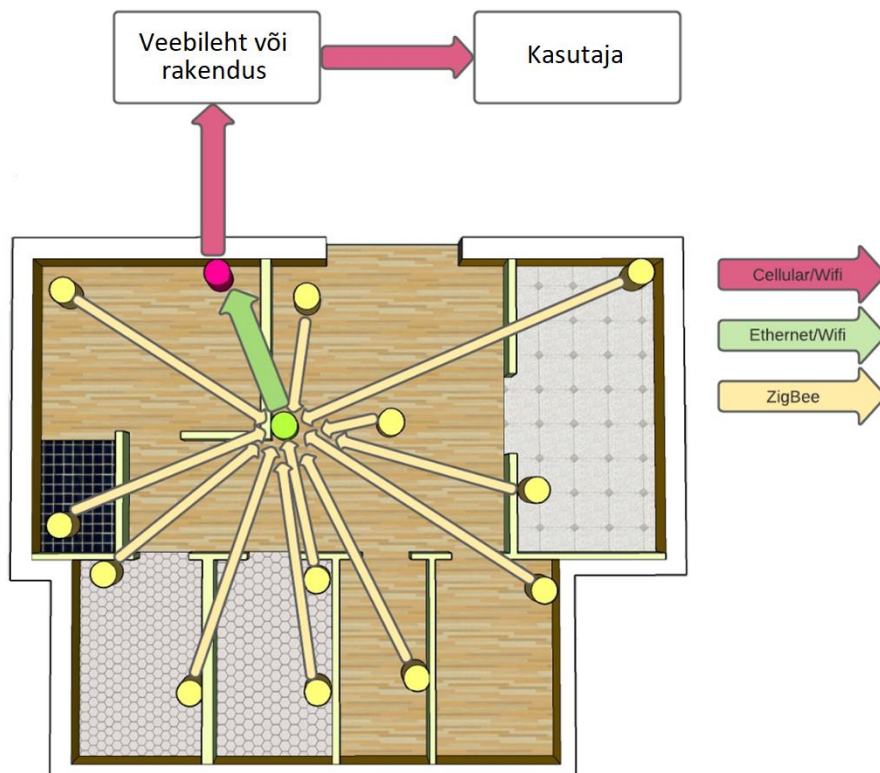
Antud tsentraliseeritud süsteemis, sellisel paigutusel, on suur potentsiaal, kus lüüs ise asub maja keskel, mis võimaldab tal kõigi andurite peaaegu otsese nägemise tõttu andmeid kiiresti serverisse edastada, kus neid edasi töödeldakse lõppkasutaja jaoks. Sellise juhtimise puhul on võimalik keeruline ja tark automatiseerimine.

IoT-seadmete hulgas targa kodu jaoks on eriti populaarsed järgmised:

- lekkeandur,
- temperatuuri ja niiskuse andur,
- süsinikmonooksiidi CO andur (heitgaas),
- suitsuandur,
- ukse (akna) avanemise või sulgemise andur,
- liikumisandur,
- elektrivõrgu ja veevarustuse seisundi andurid,
- valgusandur ja teised.

Tänaseks on igasuguseid valmisandureid erinevatest ettevõtetest, mõeldud kõigi *IoT* stsenaariumide jaoks. Õigete andurite valimine aruka kodu jaoks, tagab turvalisuse ning maksimaalse efektiivsuse sotsiaalsetes ja majanduslikes lahendustes.

Illustreeriv näide ühenduse topoloogiast:



Joonis 6.5 ühenduse topoloogia *ZigBee* protokollil põhjal

Antud ühenduse näite põhjal võib näha, et anduritel on andmeedastusprotokoll - *ZigBee*, mis edastab andurilt andmeid lüüsile, ja lüüs toimib sillana, andmete edasiandmiseks serverisse (vt Joonis 6.5). Serverisse on installitud *MQTT* maakler, mis dekodeerib andurite sõnumid, ja edastab need edasi veebiserverisse. Sellisel viisil saab kasutaja andurite loendi, andmete ja kaugjuhtimispuldi juurde pääseda veebiserveri või rakenduse kaudu, telefoni või tahvelarvutisse installitud.

Järeldus:

Platvormi paindlikkus võimaldab modelleerida mitte ainult arukaid kodusid, vaid ka: nutikaid kasvuhooneid, kontoreid, ladusid, talusid, voodeid, paake ja palju muud. Tänapäevaks on palju *IoT* stsenaariume. Traadita sideprotokollil peab valima vastavalt toimimiskaarele ja vajalikule läbilaskevõimele, iga konkreetse objekti jaoks.

Platvorm *IoT-100* on täielikult välja töötatud *IoT* stsenaariumide jaoks ja näitab selgelt iga toimiva protokollil võimalusi. Platvorm *IoT-100* annab üliõpilasele võimaluse selgelt aru saada, kuidas juurutatakse *IoT* võrk, suurendades seeläbi töökogemust telekommunikatsiooni valdkonnas.

7. TEHTUD KATSED JA TULEMUSED IOT-100 PLATVORMIL

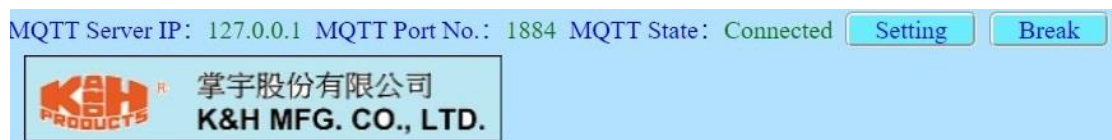
Antud platvormi ja dokumentatsiooni uuringu ajal, oli autori poolt läbi viidud palju katseid. Peamistest katsetest võib märkida:

- kontrollerite ühendamise lüüsiga juhtmevabalt *Bluetooth*, *ZigBee*, *EnOcean* ja *Wifi* protokollide kaudu;
- mõne sketši redigeerimine programmeerimiskeeles *C ++* programmis *IAR Embedded Workbench*;
- sketšendite üleslaadimine kontrolleritele ja seadmete silumine;
- lüüsiga ühendatud andurite ja kontrollerite silumine;
- kontrollerite ühendamise lüüsiga ja seejärel andmete edastamine *MQTT* serverisse;
- andurilt saadud andmete visualiseerimine *Jfinal 2.0* veebiserveris reaalajas;
- kontrollerite ühendamise lüüsi ja ruuteriga ning seejärel andmete edastamine veebiserverisse.

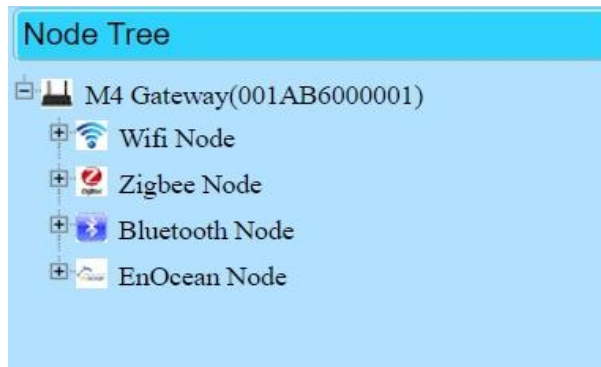
Autori eesmärgiks oli - *IoT-100* platvormi uurimine ja platvormi töö silumine. Tulemusena, *IoT-100* platvorm töötas korralikult, kõik andmed anduritest olid edukalt edastatud veebiserverisse reaalajas.

Igal traadita protokollil *ZigBee*, *Wifi*, *Bluetooth* ja *EnOcean* on oma ühenduse põhimõtte silumiseks ja sketšendite kontrollerisse üleslaadimiseks. Katsete käigus tekkis mitu probleemi. Enamik probleeme lahendati eksperimentide üksikasjaliku uurimise ja *IoT-100* platvormi kasutamise juhiste abil, seega kõrvaldati kõik probleemid.

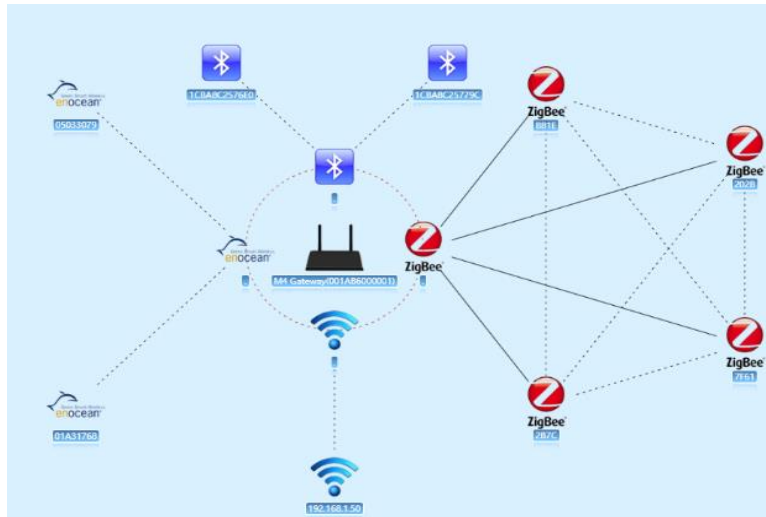
Veebiserverisse jõudmiseks peab olema ühendus *MQTT*-serveri ja veebiserveri vahel. Peale ühenduse loomist, brauseri aadressiribale peab sisestama *MQTT*-serveri enda *IP*-aadressi, teie poolt eelnevalt määratletud, ja märkida õige port (vt Joonis 7.1). Kõigi kontrollerite nõuetekohasel ühendusel *MQTT*-serveriga, veebisaidil *Jfinal 2.0* kuvatakse topoloogia kõigi seadmete *Gateway M4* lüüsiga ühendatud (Joonis 7.3) ja ühenduse haru sõlmepuu (vt Joonis 7.2), milles kuvatakse nendega ühendatud kontrollerid ja andurid.



Joonis 7.1 sissepääs veeb-serverilt

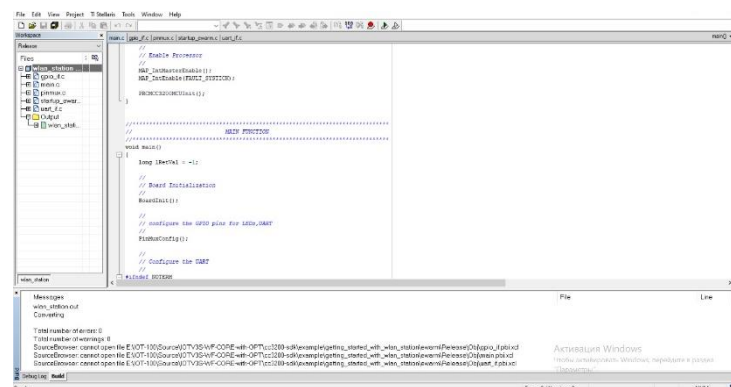


Joonis 7.2 ühenduse sõlmepuu veeb-serverilt



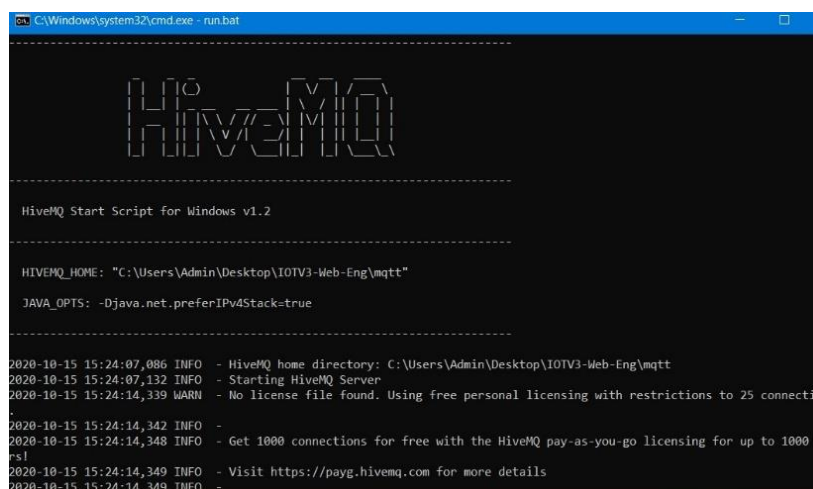
Joonis 7.3 ühenduse topoloogia näidis veeb-serverilt

Töö käigus kasutati iga kontrolleri jaoks spetsiaalset universaalset sketši, mille tulemusena oli võimalik kontrollerial andureid vahetada ning samal ajal polnud vaja uue anduri jaoks uut kirjutada. Selline universaalne kood kuvas kenasti reaajas andmed *MQTT* serveris, mis tahes ühendatud andurist kontrolleriini. Kogu programmeerimise osa, kontrollerte sketšide laadimine ja silumine, viidi läbi *IAR Embedded workbench IDE* programmi abil (vt Joonis 7.4). Antud programm ideaalselt sobib selliste süsteemide jaoks, nagu *IoT-100* platvorm.



Joonis 7.4 *IAR Embedded workbench IDE* näidis

MQTT maaklerina seadmete marsruutimiseks IoT-100 platvormil on maakler HiveMQ'ilt (vt Joonis 7.5). kontrolleri ise, ja abonendi (Subscriber) rolli võtab enda peale veebiserver, mis kuvab andurite andmeid. Selline stsenaarium võimatu ilma MQTT maaklerita. Töös, MQTT maakler HiveMQ'ilt, saab töödelda samaaegselt kuni 1000 seadet [21]. MQTT-serveri loomiseks IoT-100 platvormil peab esmalt määrada arvuti jaoks staatilise IPv4, mille peal serveri juurutatakse. Käivitades faili MQTT-serveriga, saab konsolist näha, mis avaldajalt sõnumid pärinevad, kus tulevikus suunab ta andmed Jfinal 2.0 veebiserverisse. Jfinal on lihtne, kerge, kiire, sõltumatu, laiendatav Java Web- (World Wide Web) ja ORM (Object-Relational Mapping) framework [24]. Samuti, Jfinal 2.0 veebiserveri täieliku töö jaoks, vajalik installida JDK (Java Development Kit) ja märkida süsteemi muutuja JAVA_HOME Windows'i seadetes [22].



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - run.bat
-----
HiveMQ
-----
HiveMQ Start Script for Windows v1.2
-----
HIVEMQ_HOME: "C:\Users\Admin\Desktop\IOTV3-Web-Eng\mqtt"
JAVA_OPTS: -Djava.net.preferIPv4Stack=true
-----
2020-10-15 15:24:07,086 INFO - HiveMQ home directory: C:\Users\Admin\Desktop\IOTV3-Web-Eng\mqtt
2020-10-15 15:24:07,132 INFO - Starting HiveMQ Server
2020-10-15 15:24:14,339 WARN - No license file found. Using free personal licensing with restrictions to 25 connections
2020-10-15 15:24:14,342 INFO -
2020-10-15 15:24:14,348 INFO - Get 1000 connections for free with the HiveMQ pay-as-you-go licensing for up to 1000 hours!
2020-10-15 15:24:14,349 INFO - Visit https://payg.hivemq.com for more details
2020-10-15 15:24:14,349 INFO -
```

Joonis 7.5 MQTT maakleri HiveMQ'ilt näidis

7.1 Projekti edasiarendamiseks autori soovitused

Projekti edasiarendamiseks autor soovitaks täiendada *IoT-100* platvormi teise platvormiga - *ITS-200*. Antud platvorm täiendab *IoT-100* platvormi tööd ja võimaldab üleminekut *IPv4*'lt uuele *IPv6*'le. Selline protokoll mitte ainult ei paku rohkem aadressiruumi vaid ka marsruutimisseadmete tõhusust, võrgu turvalisust (*IPsec* krüptimine) ja uuemate *QoS*-mehhanismide toetamist. Platvorm *ITS-200* annab üliõpilastele mõistmise, mis on *IPv6* protokoll, *IPv6*-aadressimine, *IPv6*-posti pakettide jälgimine, marsruutide seadistamine ja palju muud. [23]

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli *IoT-100* platvormi uurimine, samuti targa kodu ja *IoT* süsteemi modelleerimine, kus on kaasatud kõik *IoT-100* platvormi komponendid.

Töö sisaldab kõige olulisemaid teemasid, mis kirjeldavad *IoT-100* platvormi toimimist. Antud lõputöö aitab teistel üliõpilastel selliseid tehnoloogiaid vallata ja õppida, milleks on *IoT*. Töö näitab selgelt *IoT-100* platvormi ühenduse topoloogiaid. Autor toob ka ühenduvuse ja võrgu juurutamise näiteid, targa kodu tingimustes.

Antud autori lõputöö võimaldab järgmistel üliõpilastel mõista *IoT*-võrgu juurutamist üksikasjalikumalt, uurida, millised nüansid on olemas, milliseid protokolle on parem kasutada, milliseid seadmeid valida, ning määrata ka andurite topoloogiaid ja võimaliku asukohta.

Esimeses neljas peatükis, autor räägib kõige olulisemast teooriast, mis on otseselt seotud installimisega ja on vajalik mõistmiseks, mis on *IoT-100*. Töö alguses autor räägib *IoT-100* platvormist. Sellest, kuidas platvorm töötab, millised omadused omab, ja ka millised andurid sobivad *IoT-100* kontrolleritele. Autor räägib andmeedastusprotokollidest, nende tegelikust rakendamisest ja võimalikust kasutamisest *IoT* stsenaariumides.

Järgnevates peatükkides, loob autor oma kompleksed laboratoorsed tööd, mis ühendavad mitmeid muid katseid. Selline lähenemine saab oluliselt hõlbustada üliõpilase töövoogu, anda aimu platvormi toimimisest, kus on kaasatud kõik platvormi komponendid. Edaspidi toob autor näiteid *IoT* võrgu modelleerimisest elumaja tingimustes. Näitab ühenduse topoloogiaid ja andurite, lüüsi ja serveri parimat asukohta. Lõpus räägib autor lühidalt tema poolt tehtud tööst ning toob näite projekti edasiarendamisest.

Töö jooksul avastas autor enda jaoks palju uusi asju. Autor töötas suure koolitusplatvormiga esmakordselt, ja ka programmeeris C++ keeles. Autor on pidevalt saanud tagasisidet lõputöö juhilt, ning konsulteeris ka *IoT-100* platvormi tundvate kolmandate isikutega.

Töö tulemuseks on praktilised laboratoorsed tööd, mida teised üliõpilased saavad kasutada õppeotstarbel, samuti autori materjal, mis võimaldab mõista *IoT-100* platvormi toimimist. Antud lõputöö parandas autori teadmisi ja oskusi telekommunikatsiooni valdkonnas.

SUMMARY

The aim of the thesis was to study the IoT-100 platform, as well as to model a smart home and an IoT system involving all components of the IoT-100 platform.

The thesis contains the most important topics describing how the IoT-100 platform works. It will help other students in the understanding and learning of technology such as the IoT. The work clearly shows connection topologies for the IoT-100 platform. The author also gives examples of connecting and deploying a network in the context of a smart home.

The author's work will allow future students to understand the deployment of the IoT network in more detail. Additionally, it will show them existing nuances, explain which protocols are better to use, which equipment to choose, and how to determine the topology and possible location of the sensors.

In the first four chapters, the author focuses on the most important theory that directly relates to installation and is necessary for understanding the basics of the IoT-100. These chapters cover information on how the platform is arranged, what characteristics it has, and what sensors are suitable for IoT-100 controllers. The author also talks about data transfer protocols, their real application and possible use in IoT scenarios.

In the following chapters, the author creates his own complex laboratory practicals that combine a number of other experiments. This approach will significantly simplify the work process for the student, and will give an understanding of how the platform works, where all the components of the platform are involved. Later, the author gives examples of an IoT network modeling in a residential building. The example demonstrates connection topologies and the best location for sensors, gateway and a server. At the end, the author briefly explains the work that was done, and provides suggestions and examples for further development of the project.

In the process of writing this work, the author learned a lot of new things for himself. For example, the author gained first experience in working with a large training stand, and also used C++ language when programming. During the process of writing the author constantly received feedback from the supervisor of the thesis, and also consulted with third parties who understand the operation of the IoT-100 platform.

The work resulted in laboratory practicals that can be used by other students for the purpose of learning more about the operation of the IoT-100 platform. The author provided throughout explanations and examples to facilitate the process of learning. In

the process of working on this thesis the author's knowledge and skills in the field of telecommunications significantly improved.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Alexander S. Gillis, Internet of things (IoT) [Online] <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT> (02.02.2021).
2. K&H MFG. CO., LTD, IOT-100 Innovative IoT Experimental Platform [Online] <https://www.kandh.com.tw/iot-100-innovative-iot-experiment-platform-iot-100.html> (15.01.2021).
3. K&H MFG. CO., LTD, IOT-100 Innovative IoT Experimental Platform [Online] https://www.kandh.com.tw/uploadfiles/592/Products/Data-Communication-and-Networking/IOT-100/IOT-100-Introduction/en_iot-100-introduction_10708.pdf (15.01.2021).
4. Sam Gallagher, JTAG Connectors and Interfaces [Online] <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/jtag-connectors-and-interfaces/> (05.05.2021).
5. Glenn Schatz, The Complete List Of Wireless IoT Network Protocols [Online] <https://www.link-labs.com/blog/complete-list-iot-network-protocols> (04.03.2021).
6. RS Components, 11 Internet of Things (IoT) Protocols You Need to Know About [Online] <https://www.rs-online.com/designspark/eleven-internet-of-things-iot-protocols-you-need-to-know-about> (02.02.2021).
7. RF Wireless World, Fading basics | types of Fading in wireless communication [Online] <https://www.rfwireless-world.com/Articles/Fading-basics-and-types-of-fading-in-wireless-communication.html> (04.03.2021).
8. Bluetooth SIG, Bluetooth Radio Versions [Online] <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/radio-versions/> (04.03.2021).
9. Jatin Parekh, VP Product, Mojo Networks ,WiFi's evolving role in IoT [Online] <https://www.networkworld.com/article/3196191/wifi-s-evolving-role-in-iot.html> (01.04.2021).
10. Digi International Inc, Zigbee Wireless Mesh Networking [Online] <https://www.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard> (01.04.2021).
11. EnOcean Alliance Inc., EnOcean Wireless Standard [Online] <https://www.enocean-alliance.org/about-us/enocean-wireless-standard/> (11.04.2021).

12. CompTIA Inc, What Is a Network Protocol, and How Does It Work? [Online] <https://www.comptia.org/content/guides/what-is-a-network-protocol> (01.05.2021).
13. Achiv Chauhan, Palak Jain, TCP/IP Model [Online] <https://www.geeksforgeeks.org/tcp-ip-model/> (15.01.2021).
14. Microsoft, Networking documentation [Online] <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/networking/> (15.01.2021).
15. The HiveMQ Team, Introducing the MQTT Protocol - MQTT Essentials: Part 1 [Online] <https://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-1-introducing-mqtt/> (15.01.2021).
16. BehrTech Blog, What is MQTT and Why You Need It in Your IoT Architecture [Online] <https://behrtech.com/blog/mqtt-in-the-iot-architecture/> (05.02.2021).
17. IAR Systems, IAR Embedded Workbench for Arm [Online] <https://www.iar.com/products/architectures/arm/iar-embedded-workbench-for-arm/> (01.03.2021).
18. TeraTerm Project, Tera Term Help Index [Online] <https://ttssh2.osdn.jp/manual/4/en/> (01.03.2021).
19. Oracle, What Is the Internet of Things (IoT)? [Online] <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/> (02.02.2021).
20. Infineon Technologies AG, Smart Home: Everything you need to know [Online] <https://www.infineon.com/cms/en/discoveries/smart-home-basics/> (19.02.2021).
21. The HiveMQ Team, Key Features of HiveMQ MQTT Broker [Online] <https://www.hivemq.com/hivemq/mqtt-broker/> (15.01.2021).
22. Oracle, Java™ Platform Standard Edition 16 Development Kit - JDK™ 16 [Online] <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/jdk16-readme-downloads.html> (02.02.2021).
23. K&H MFG. CO., LTD, ITS-200series IPv6 Training System [Online] https://www.kandh.com.tw/uploadfiles/592/Products/Data-Communication-and-Networking/ITS-200/ITS-200-Introduction/ en its-200-series-introduction_10708.pdf (25.04.2021).
24. JFinal Project, JFinal Documentation [Online] <https://jfinal.com/doc> (25.04.2021).

LISAD

Lisa 1 Platvormi IoT-100 andurite täielik loetelu ja nende lühikirjeldus

Andur	Kirjeldus
Temperatuuri ja niiskuse andur	Antud andur võimaldab määrata temperatuuri ja niiskuse anduri asukohas.
Andur triaksiaalse/kolmeteljelise kiirenduse	Antud andur suudab tuvastada kiirendust kolmiakselise kiirendusmõõtu abil.
Valgusandur	Antud andur võimaldab määrata ruumi valgustus astme, milles andur asub.
Relee kontrollid	Antud kontrollid võimaldab juhtida relee ahelat.
Ultraheli kauguseandur	Antud andur võimaldab määrata kaugust ultraheli abil.
Püroelektriline infrapunadetektor	Antud andur võimaldab määrata inimese olemasolu ruumis infrapunakiirguse abil.
Alkoholi andur	Antud andur näitab alkoholi kontsentratsiooni õhus mõõtes süsinikdioksiidi.
Suitsuandur	Antud andur reageerib spetsiifilistele gaasidele ja õhu koostise muutustele.
Magnetilise tuvastamise andur	Antud andur võimaldab määrata juhtivuse tüübi pooljuhtmaterjalides kasutades Hall'i efekti.
Pinge tuvastamise andur	Antud andur võimaldab määrata vooluahela sektsiooni pinge.
Voolu tuvastamise andur	Antud andur mõõdab elektrivoolu.
9-teljeline liikumise jälgimise andur	Antud andur koosneb kokku ühendatud kolmeteljelisest kiirendusmõõturist, kolmeteljelisest güroskoobist ja kolmeteljelisest magnetomeetrist.
Atmosfäärirõhu andur	Antud andur võimaldab määrata õhurõhku maa atmosfääris.
Pinge väljundandur	Antud andur võimaldab määrata väljundpinge I ² C siini kaudu.
Kodeerija nihutussensor	Antud andur võimaldab määrata kodeeri (<i>encoder</i>) pöörlemisaste edasi-tagasi.
Fotoelektriliste lüliti loenduri andur	Antud andur võimaldab valguse saatja abil määrata objekti kauguse, puudumise või olemasolu.
Ukse või akna avanemiseandur	Antud andur võimaldab teha kindlaks, kas uks või aken on suletud või avatud.