

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Informaatikainstituut

Infosüsteemide õppetool

**Targa kodu põhimõtted, analüüs ja  
laiendused Yoga süsteemi näitel**

Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Greta Kalvi  
Üliõpilaskood: 120730IABB  
Juhendaja: Enn Õunapuu

Tallinn  
2015

---

## **Autorideklaratsioon**

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

---

*(kuupäev)*

*(allkiri)*

## **Annotatsioon**

Bakalaureusetöö eesmärgiks on laiendada teadmisi targa kodust ja selle tööpõhimõtetest ning analüüsida nutika maja lahendusi. Analüüsi tulemuste alusel hinnatakse targa kodu erinevaid versioone ning kirjeldatakse uue versiooni võimalusi. Töö eesmärgiks on esitada uudseid nõudeid ning töötada välja targa maja tulemuskaardi mõõdikud.

Töö põhifookuseks on esitada targa maja süsteemi analüüs ning uue versiooni jaoks veel kasutamata nõuded ja kirjutamata tulemuskaart.

Targa kodu lahenduse uues versioonis on veel seni rakendamata nõudeid, mis muudaksid nimetatud süsteemi kasutajatele mugavamaks ja lihtsamaks ning kogu ühiskonnale veelgi keskkonnasäästlikumaks. Nutika maja dokumentatsiooni kitsaskohaks ongi tarbijale välja töötamata korralikult kirjeldatud mõõdikud. Nende väljatoomine muudab selle süsteemi kasutajatele vastuvõetavamaks.

Töö tulemuseks on analüüsidokument, mis täiustab targa kodu lahenduse dokumentatsiooni ja teeb süsteemi kasutajatele arusaadavamaks.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 47 leheküljel, 4 peatükki, 3 joonist, 1 tabelit.

## **Abstract**

This bachelor's thesis goal is to expand the knowledge of intelligent homes and its working principles, as well as analyzing smart house solutions. Analysis results are assessed on the basis of smart home and describes various versions of the new versions opportunities. The aim of this thesis is to present new requirements and develop the intuitive smart house scorecard metrics.

This diploma work focuses on providing smart house system analysis, in addition to bring out new versions unapplied requirements and unwritten scorecard.

In the smart home new version there are still requirements that are not implemented but would make the system easier and more convenient for users and more environmentally friendly for society. The smart house documentation bottleneck is that the metrics are not properly developed for customers. Their introduction for this system makes it more acceptable for the users.

The main result of this work is analysis document, which improves smart home solution documentation and makes the system more comprehensible to users.

The thesis is in Estonian and contains 47 pages of text, 4 chapters, 3 figures, 1 table.

## Lühendite ja mõistete sõnastik

### **ACK**

#### ***ACKnowledgement***

„Andmesides talitlusmärk, mille sõnumi vastuvõtja saadab sõnumi saatjale ning mis tähendab, et sõnum jõudis pärale rikkumatult (veavabalt) või et vastuvõtupool on valmis sõnumeid vastu võtma“ [1].

### **API**

#### ***Application Programming Interface***

Nimetatakse ka kui rakendusliides, programmiliides või API-liides. „Arvuti operatsioonisüsteemiga või rakendusprogrammiga määratud reeglistik, mille alusel rakendusprogramm kasutab operatsioonisüsteemi või teise rakendusprogrammi teenuseid“ [1].

### **AppleTalk**

#### ***AppleTalk***

„Kohtvõrgu arhitektuur ja protokoll, mis on sisse ehitatud kõigisse Apple Macintosh'i arvutitesse ja laserprinteritesse. See võimaldab omavahel ühendada Macintosh'i arvuteid ja printereid“ [1].

### **Bluetooth**

#### ***Bluetooth***

Mobiilside spetsifikatsioon, mis kirjeldab kuidas mobiiltelefonid, sülearvutid ja elektronmärgmikud saavad lihtsal viisil andmeid vahetada nii omavahel kui ka kodu- või töötelefonide ja lauaarvutitega lühikese vahemaa pealt (kuni 10 meetrit) [1].

### **CMIP**

#### ***Common Management Information Protocol***

Üldine haldusinformatsiooni protokoll, mis on OSI (*Open Systems Interconnection*) mudelil põhinev võrguhalduse protokoll [1].

### **CMIS**

#### ***Common Management Information Services***

„CMIP protokolliga seotud CMIS defineerib teenused juurdepääsuks võrguobjektide või -seadmete kohta käivale informatsioonile, nende juhtimiseks ja neilt olekuaruannete saamiseks“ [1].

**CRC*****Cyclic Redundancy Check***

„Meetod üle sideliini edastatud andmete terviklikkuse kontrolliks. Saatepoolel rakendatakse edastamisele kuuluvale andmeplokile 16- või 32-bitist polünoomi, mille tulemusena saadav kood lisatakse plokile. Vastuvõtupoolel rakendatakse andmeplokile sama polünoomi ja kui tulemused kokku langevad, loetakse andmeedastus õnnestunuks. Vastasel korral palutakse andmeploki saatmist korrata“ [1].

**CSMA/CD*****Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection***

„Ethernet-võrgus kasutatav pöördusmeetod, mille puhul kõik võrgus paiknevad seadmed konkureerivad võrdsetes tingimustes edastusesõiguse pärast. Kui seade üritab signaali võrku saata ja avastab, et võrgus liigub parajasti teise seadme signaal, siis ta loobub ülekandest ning proovib pärast lühikest pausi uuesti“ [1].

**DES*****Data Encryption Standard***

Andmekrüpteerimise standard, mis on populaarne sümmeetriliste võtmetega krüpteerimismeetod [1].

**DoS attack*****Denial-of-Service Attack***

Teenusetõkestamise rünne, ka DOS-rünne, on arvutisüsteemi või võrgu vastu suunatud ründe tüüp, mis ujutab võrgu üle tarbetu liiklusega, nii et võrguteenuse kasutamine muutub võimatuks [1].

**Ethernet*****Ethernet***

„Kohtvõrgu standard IEEE 802.3, mida esmakordselt kirjeldati 1976. aastal ja mis on praeguseks saanud üldkehtivaks“ [1].

**IEEE*****Institute of Electrical and Electronics Engineers***

„Elektri- ja Elektroonikainseneride Instituut, USA-s asuv maailma suurim erialaühing, mis asutati 1884.aastal ja kuhu kuulub üle 320 tuhande liikme 147 riigist. IEEE tegeleb lennunduse ja kosmosetehnikaga, arvutite ja sidega, biotehnoloogiaga, elektrotehnika ja elektroonikaga“ [1].

**IPv4*****Internet Protocol version 4***

„IP protokollil neljas versioon, millel praegu põhineb Internet. IPv4

aadressid koosnevad neljast omavahel punktidega eraldatud kümnendarvust“ [1].

## **IPv6**

### ***Internet Protocol version 6***

IP protokoll versioon 6, mis on tugevaim pretendent asendamaks juba alates 1981.aastast kasutusel olevat IP protokoll IPv4. „IPv6 peamiseks eesmärgiks on lahendada IP-aadresside defitsiidi probleem ning sellel on 8-rühmalised 128-bitised aadressid ja tugevam andmeturve“ [1].

## **IPX**

### ***Internetwork Packet Exchange***

„Võrkudevaheline paketi vahetus, võrguprotokoll firmalt Novell, mis ühendab omavahel Novell NetWare kliente ja servereid kasutavaid võrke. IPX on datagrammi- ehk paketi protokoll. IPX töötab sideprotokollide võrgukihi tasemel ja on ühendusevaba“ [1].

## **IP-aadress**

### ***Internet Protocol address***

„Internetiaadress IP võrku (TCP/IP võrku) ühendatud arvuti või muu seadme identifikaator. Sõnumite marsruutimine toimub vastavalt sihtkoha IP-aadressile“ [1].

## **ISP**

### ***Internet Service Provider***

„ISP on firma, mis pakub eraisikutele ja firmadele ligipääsu Internetile ja sellega seotud teenustele nagu näiteks veebisaitide ehitamine ja hostimine“ [1].

## **I2C**

### ***Inter-Integrated Circuit***

„Kahesuunaline kahesoonealine järjestiksiin, mida kasutatakse intergraalskeemidevahelise ühenduslülina. Tänapäeval kasutatakse I2C siini peamiselt manussüsteemides. I2C siinil võib olla kolm erinevat andmekiirust: standard-, kiir- ja ülikiirrežiim. I2C siin toetab 7-bitise ja 10-bitise aadressiruumiga ning mitme erineva tööpingega seadmeid“ [1].

## **LAN**

### ***Local Area Network***

„Kohalik, harilikult firmasisene arvutivõrk, kus arvutitevaheline kaugus ei ületa 1000 meetrit“ [1].

<b>MAC-aadress</b>	<p><b><i>Media Access Control address</i></b></p> <p>„Meediumipöörduse juhtimise aadress on kohtvõrgus (või mõnes muus võrgus) arvuti võrgukaardile tootja poolt omistatud unikaalne riistvaranumber. Etherneti kohtvõrgus on see identne ethernetiaadressiga. Kui arvuti on ühendatud Internetiga (IP protokolliga kohaselt on arvuti siis host), paneb vastavustabel IP-aadressi vastavusse arvuti füüsilise MAC-aadressiga kohtvõrgus“ [1].</p>
<b>MIB</b>	<p><b><i>Management Information Base</i></b></p> <p>„Haldusinfo baas on SNMP (<i>Simple Network Management Protocol</i>) struktuur, mis kirjeldab parajasti kontrollitavat seadet“ [1].</p>
<b>NAK</b>	<p><b><i>Negative Acknowledgment</i></b></p> <p>„Andmesides kasutatav talitlusmärk, mida kasutatakse siis, kui vastuvõetud sõnum on rikunud või vigane või kui vastuvõtupool pole hetkel valmis sõnumeid vastu võtma. Kui vastuvõtja saadab saatjale eituse, siis see tähendab, et sõnum tuleb uuesti saata“ [1].</p>
<b>OSI</b>	<p><b><i>Open Systems Interconnection</i></b></p> <p>„Avatud süsteemide sidumise arhitektuur on andmesideprotokollide kontseptuaalne mudel. OSI 7-kihilise arhitektuuriga baasmudel annab loogilise struktuuri konkreetsetele andmesidevõrkude standarditele“ [1].</p>
<b>PLC</b>	<p><b><i>Power Line Communications</i></b></p> <p>Elektriliiniside.</p>
<b>POP3</b>	<p><b><i>Post Office Protocol 3</i></b></p> <p>„Postkontoriprotokoll (POP) elektronposti vastuvõtmiseks. POP3 on klient/server protokoll, kus elektronposti sõnumeid võetakse vastu ja hoitakse ISP meiliserveris. Kasutaja (või tema arvutis olev klientprogramm) kontrollib perioodiliselt oma postkasti sisu ISP serveris ja laadib alla saabunud sõnumid“ [1].</p>
<b>RFID</b>	<p><b><i>Radio Frequency Identification</i></b></p> <p>„Andmekogumistehnoloogia, kus tuvastusandmete salvestamiseks kasutatakse elektroonilisi lipikuid ja nende hõiveks</p>



raadiotransmitterit“ [1].

## **SCADA**

### ***Supervisory Control and Data Acquisition***

Teenistuslik järelevalve ja andmete kogumine on tööstusautomaatika kontrollisüsteem, mis on paljude kaasaegsete tööstusharude keskmes (näiteks energia, tootmine, transport) [2].

## **SMI**

### ***Structure of Management Information***

Andmete defineerimise keel MIB objektide kohta, mille eesmärk on määratleda süntaks ja semantika haldusinfo kogumiseks [3].

## **SNMP**

### ***Simple Network Management Protocol***

„Võrguhalduse protokoll on Interneti protokollistandard sõlmede haldamiseks IP võrgus. SNMP ei piirdu ainult TCP/IP võrguga, seda saab kasutada ka igasuguste võrguga ühenduses olevate seadmete nagu arvutid, marsruuterid, jaoturid jms halduseks“ [1].

## **SPI**

### ***Serial Peripheral Interface***

Liidesbuss, mida kasutatakse tavaliselt andmete saatmiseks mikrokontrollerite ja väikeste lisaseadmete (nagu nihkeregistrid, sensorid ja SD kaardid) vahel. See kasutab eraldi kella ja andmete ridu koos rea valikuga, et selekteerida seade, millega soovitakse vestelda [4].

## **Zigbee**

### ***Zigbee***

„Traadita kohtvõrgu tehnoloogia, mis on mõeldud kasutamiseks kodudes, büroohoonetes ja tööstuses. Vastab väikese andmekiirusega võrkude standardile IEEE 802.15.4“ [1].

## **Z-Wave**

### ***Z-Wave***

„Z-Wave on juhtmevaba kommunikatsiooni protokoll, mida kasutatakse ennekõike intelligentsete kodulahenduste juhtimiseks. Seda tehnoloogiat kasutatakse kõikvõimalike elektriseadmete ja andurite juhtimiseks koduses majapidamises. Z-Wave abil saad ühenduse kõigi elektriseadmetega kodus - lambipirnist ventilaatorini“ [5].

**TCP*****Transmission Control Protocol***

„Edastusohje protokoll, mis on levinuim võrgu transpordikihi protokoll, mida kasutatakse Etherneti võrkudes ja Internetis. TCP on ühendusega edastuse protokoll, mis on ehitatud internetiprotokollile (IP) peale ja seetõttu näeme lühendit TCP peaaegu alati kombinatsioonis TCP/IP ("TCP IP peal"). TCP lisab internetiprotokollile töökindla sideühenduse ja andmevoo reguleerimise ning võimaldab täisdupleksühendusi“ [1].

**TCP/IP*****Transmission Control Protocol/Internet Protocol***

„Internetiprotokollistik, milles TCP ja IP protokollid on Interneti protokollikomplektis kaks kõige tähtsamat ja ühtlasi kõige vanemat protokollid. Aja jooksul on Internetis kasutusele võetud ka hulk teisi protokolle ning terminiga TCP/IP tähistatakse tänapäeval kogu Interneti protokollikomplekti“ [1].

**WAN*****Wide Area Network***

„Laivõrk on arvutivõrk, mis kasutab järjestikliine ja mille ulatus ületab 1 kilomeetrit“ [1].

## **Jooniste ja tabelite nimekiri**

Joonis 1. Targa kodu arhitektuur .....	21
Joonis 2. Motivatsiooni ArchiMate metamudel .....	35
Joonis 3. Targa kodu ArchiMate motivatsioonimudel .....	37
Tabel 1. Tasakaalustatud tulemuskaart.....	38

## Sisukord

Sissejuhatus .....	13
1. Targa kodu tutvustus .....	15
1.1 Üldinfo.....	15
1.2 Kasulikkus ja probleemid .....	16
1.3 Reeglisüsteem .....	17
2. Targa kodu tööpõhimõte.....	20
2.1 Informatsiooni edastamine .....	20
2.1.1 Juhtmega infoedastus.....	21
2.1.2 Juhtmevaba infoedastus.....	22
2.1.3 Turvalisus ja ohud .....	24
2.2 Kasutatavad seadmed .....	25
3. Targa kodu praeguse versiooni kirjeldus.....	27
3.1 Olemasoleva süsteemi analüüs .....	28
4. Uue versiooni analüüs .....	31
4.1 Targa kodu võimalikud laiendused.....	31
4.2 Tasakaalustatud tulemuskaart.....	35
Kokkuvõte .....	40
Summary.....	41
Kasutatud kirjandus .....	42
Lisa 1 .....	45

## **Sissejuhatus**

Käesolev töö on vajalik analüüs targa kodu süsteemi parendamiseks ja efektiivsemaks muutmiseks ning edasiarenduseks ka juba nutikat maja kasutavate tarbijate jaoks. Lisaks annab töö targa kodu süsteemi arendajatele juurde võimalusi, kuidas uut versiooni saab täiustada. Töö tulemusena valmivad targa maja dokumentatsiooni täiustavad osad – motivatsioonimudel, mõõdikud ja tasakaalustatud tulemuskaart.

Targa kodu lahenduse täiendatud dokumentatsiooni kasutuselevõtuga suureneb nii tavalise maja elaniku kui ka nutika kodu kasutajate teadlikkus targa maja kasulikkusest elanikele ja keskkonnale. Samuti aitab antud töö tulemus muuta targa maja süsteemi kasutajatele arusaadavamaks ja vastuvõetavamaks.

### **Eesmärk**

Lõputöö eesmärgiks on tulevase targa kodu lahenduse jaoks mõõdikute paikapanemine ning seni veel kirjutamata tulemuskaardil välja toomine, et neid saaks ka hiljem uuemas versioonis kasutada. Lisaks on antud töö eesmärgiks töötada välja nutika maja uue versiooni laiendused, mida saaks tulevikus süsteemi edasiarendamisel kasutada. Targa maja süsteem peab vastama nõuetele ning selleks peavad olema kirjeldatud mõõdikud. Seega on põhieesmärk analüüsi tulemusel kirjutada eesmärgipuu ehk arendada motivatsioonimudelitest seni targa kodu dokumentatsioonis kirjeldamata tulemuskaart.

### **Ülesande püstitus**

Antud töös jõutakse eespool seatud eesmärkideni kasutades metoodikaks analüüsi – nii süsteemianalüüsi kui ka juhtumiuuringut.

### **Töö struktuur**

Esimeses peatükis antakse kogu targa kodu taustsüsteemi kohta ülevaade – tutvustatakse süsteemi üldiselt, kirjeldatakse selle kasulikkust ja probleeme ning tuuakse välja reeglisisüsteem, millega targa kodu lahendus võimaldab kasutajatel ise oma kodu kohandada.

Teises peatükis antakse ülevaade targa kodu tehnilisest poolest. Kirjeldatakse kõnealuses tehnoloogias kasutusel olevaid seadmeid, nende funktsioone ja tööpõhimõtet. Peatutakse ka seadmete poolt kasutatavatel infokanalitel, mis on üheks oluliseks osaks nende töös.

Kolmandas peatükis antakse ülevaade ühest hetkel Eestis kasutuses olevast targa kodu süsteemist, mis on tarbijateni toodud tänu kahe mehe loodud ettevõttele. Lisaks analüüsitakse olemasolevat süsteemi ning tuuakse välja ka selle puudused.

Neljandas peatükis analüüsitakse targa kodu uut versiooni, mis pole veel kõikide tarbijateni jõudnud. Olemasoleva ja uue versiooni analüüsi tulemusena leitakse targa kodu võimalikud laiendused. Töö tulemusena kirjeldatakse seni targa kodu dokumentatsioonis kujutamata motivatsioonimudel, millega pannakse süsteemi eesmärgid kirja ning selle tulemina valmib ka noteerimata tasakaalustatud tulemuskaart.

# 1. Targa kodu tutvustus

Intelligentse keskkonnana on targa kodu peamine eesmärk anda inimesele võimalus elada targemalt. Kõige olulisem targa kodu väärtus on funktsionaalse automaatikaga tehnoloogia. Tark kodu kasutab info- ja kommunikatsiooni tehnoloogiat, et tagada mugav elukeskkond. Üha rohkem pööratakse tähelepanu energia kokkuhoiule ning taastuvatele energiaallikatele. Kõige tõhusamalt saab iga inimene oma kodus igapäevases tarbimises kokku hoida targa maja süsteemi abil, mis on varustatud sensoritega. Selles peatükis antakse kogu targa kodu taustsüsteemi kohta ülevaade [6].

## 1.1 Üldinfo

Intelligentse disaini läbimurret kaasaegses arhitektuuris võib tajuda mitut moodi. Targad majad on moderniseeritud sensoritega, mis on integreeritud eri süsteemidega. Need süsteemid on võimelised suhtlema omavahel, samal ajal kui keegi neid kaugelt juhib. Targa maja kontsept keskendub kahele eesmärgile – see peab olema täielikult integreeritud ümbritseva intelligentse keskkonnaga ja see peab tuginema kasutajate ja keskkonna omavahelistel seostel.

Tark maja peab looma parema elukeskkonna. See nõue on tagatud tootjate eesmärgiga olla efektiivselt jätkusuutlik. Peamine eesmärk on energiatõhususe kontroll ning tarbijate elukvaliteedi parandamine. Targa kodu detailne analüüs koosneb kolmest osast: inimesed (tarbijad, majaomanikud), tooted (seadmed, andurid) ja protsessid (omavaheline suhtlus, seosed). Sellise maja loomine vajab intelligentse tehiskeskkonna ühtlustamist [6].

Kodu on üksikisikutele või peredele koht, kus nad saavad ennast tunda turvaliselt, lõdvestunult ja rahulikult. See on paik, kus inimesed teevad oma igapäevaseid tegevusi nagu söömine, mängimine, magamine, külaliste vastuvõtmine ja palju muud. Seega koosneb maja funktsionaalsetest ruumidest, millel on oluline mõju elukvaliteedile.

Eluaseme funktsionaalsus ühendab teatud piirkonna elukohad, luues kogukondi ja linnaosade elutingimusi. Enamikul kasutajatel on oma majas funktsionaalsete ruumide vajadus. See nõuab kasutajatele sobiva keskkonna ja sotsiaalsete vajaduste teadvustamist. Vastavalt eespool nimetatud kriteeriumitele, on tark maja sobiv alternatiiv harjumuspärasele elamispinnale [6].

Targad majad on täielikult sensoritega ja andmesidesüsteemiga varustatud ning see viib arhitektuurini, mis suudab täita kõikide kasutajate vajadused. Järelikult on targad majad arendatud selleks, et integreerida uusi tehnoloogiaid ja disaine ning luua kasutajatele heaolutunne ja kõrge elukvaliteet [6].

Intelligentse disaini interpretatsioone on mitmeid. Peamiselt tõlgendatakse ainult tehnoloogia rolli ning ei pöörata piisavalt tähelepanu elanike sotsiaalsete ja kultuuriliste vajaduste komplektile. Teisalt mõtestatakse intelligentseid maju kui automaatseid hooneid, mis on paindlikud, kulutõhusad ja tehniliselt integreeritud. Sellegipoolest peaks intelligentne hoone looma koosluse keskkonna ja elanike vahel. Seega peaks tark maja kohanema keskkonna ja sealsete elanikega. Järelikult on nõuded seatud selliselt, et tagada nii majandus-, keskkonnakuigi ka sotsiaal-kultuurilised vajadused. Kokkuvõtvalt võib täheldada, et keskkonnasõbralikkus ja energiasäästlikkus ning kultuuriliste vajaduste rahuldamine on peamised nõuded kõikide intelligentsete hoonete disaini puhul [6].

## **1.2 Kasulikkus ja probleemid**

Targa maja kasulikkus lõppkasutaja jaoks jaguneb vastavalt: energiasäästlikkus, turvalisus, meelelahutus, mugavus tänu automaatikale ning teatud kasutajatel paranenud tervis ja parem elukeskkond (näiteks puuetega inimestel, eakatel). Targa maja tehnoloogiad muudavad majaomanike arusaamu ja kogemuste läbi muudavad kodu üldist kuvandit [7].

Targal majal on oluline roll strateegilise energiatehnoloogia plaanis, tagada aastaks 2020 40% kasvuhoonegaaside vähenemist tänu energia säästlikule kasutamisele. Targa energia haldus on saanud pikaajalise, põhjaliku arendustöö tulemusena loodud energiasäästlikust valgustusest, nutiarvestitest ja võrguühenduseta süsteemide (ingl *off-grid*) energiatootmisest ning on automatiseeritud [8].

Targa kodu laienemisel on ka teatud barjäärid: andmete turvalisus (pilv ja internet), maksumus ning inimeste teadmatust nutikate majade kasulikkusest [9].

Probleemid võivad ilmneda andmete turvalisuse tagamisel. Seega peaks igal huvitatud osapoolel, nii kasutajaliidese kaudu kliendil, targa kodu teenusepakkujal kui ka platvormi operaatoril, olema juhtimisel läbipaistvus ja kontroll konfliktide vältimiseks. Iga võrgu tõrge peaks olema kiiresti tuvastatav ja lahendatav, aga kuna enamus kliente pole kursis võrgu tehnilise poolega, siis peab teenusepakkujal või platvormi operaatoril olema võimalik



diagnoosida võrgu töökindlust eemalt ning vajadusel, kui on tõrge, identifitseerida veatüüp ja asukoht. Samuti tuleks arvesse võtta ka pidevat võrgu pealtkuulamiste ja kelmuste ohtu. Seetõttu peab traadita koduvõrk toetama turvalisuse funktsioone, et kaitsta tundlikke andmeid. See tähendab, et traadita koduvõrk peab autentima kõiki seadmeid, et kaitsta andmete terviklikkust ja turvalisust, näiteks krüpteerides ja tagades kaitset rünnakute eest. Sellised rünnakud on probleemiks, kui traadita koduvõrku on kasutatud toetamiseks turvalisusega seotud rakendusi. Ka peaks vältima „mees keskel“ rünnakuid, eriti seadmete paigaldamise ajal. Traadita koduvõrgul peaks olema ka autentimise funktsioon, et tagada terviklikkus, näiteks jagatud võtmete, unikaalsete MAC-aadresside (ingl *Media Access Control address*) või kontrollitava digitaalse sertifikaadiga. Ükskõik, millist meetodit kasutatakse, toote tüübid peavad olema läbinud sertifitseerimise tunnustatud sõltumatu asutuse poolt ning kandma nõuetekohast märgistust või tehnoloogia logo. Nende turvameetmete vastutus peaks olema seadmete tootjatel [10].

Üks põhjus, miks targa kodu turg pole kindlustatud, on tujukad kliendid, kes pole valinud üksmeelselt kindlat firmat. Ettevõtte ja analüütikud arvavad, et kõik on omavahel seotud (targad ruumid ja robotika). See tähendab erinevate robotite ja teenuste ühendamist targa kodu keskseadmega. Koduvõrgu saab teha olemasolevatele juhtmestikele seinas või kasutada traadita võimalusi, nii ei kulu tarbijal infrastruktuurile raha. Selline lahendus pole aga nii võimas, kui algusest peale paigaldatud süsteem [11].

### **1.3 Reeglisüsteem**

Märkimisväärne hulk uuringuid on läbi viidud, et võimaldada kasutajatel kohandada oma tarka kodu läbi tingimusprogrammeerimise („kui ..., siis ...“). See lõppkasutaja programmeerimise viis loob reeglistiku formaadis „kui sündmus toimub mingil tingimusel, siis täida mõned tegevused“. Näiteks „kui kell saab 17 õhtul, siis tõmba kardinad ette“ või „kui aken on lahti ja kedagi pole kodus, siis saada majaomanikule sõnum“ [12].

Samas võivad sellised reeglid põhjustada mitmeid probleeme nagu lõputud tsüklid (näiteks üks reegel käivitab teise, mis omakorda käivitab esimese jne) ja kokkupõrkereeglid (üks reegel täidab tegevuse ja järgnev reegel täidab hoopis vastupidise tegevuse). Sellisel juhul võib targa kodu personaliseerimine olla lõppkasutajale väga raske ülesanne, peamiselt selliste probleemide leidmise ja lahendamise tõttu [12].

Targa kodu lahendust juhib tarbija oma seadistustega. Programmeerijad on süsteemi väljatöötamisel teinud lihtsa kasutajaliidese, mille abil on kasutajal võimalik ise teha vastavalt oma vajadustele muudatusi. Kasutajaliidest on lihtne kasutada ja see on õpitav ka inimestel, kellel pole mitmekülgseid arvuti kasutamise oskusi ning kasutaja ei vaja spetsiifilisi teadmisi automaatika tehnoloogia kohta, mis on koju installeeritud. Kasutaja saab määrata läbi selle kasutajaliidese oma sensoritega varustatud majale tingimustega reeglid, mille najal süsteem ka reaalselt toimima hakkab [13].

Osa igapäevaste ülesannete delegeerimine targale majale nõuab sobivat liidest, et võimaldada elanikel protsesse lihtsalt automaatseks defineerida, see tähendab tõhusalt programmeerida automaatika reegleid. Arvestades nii inimestega, kes elavad targas majas kui ka nendega, kes seda haldavad, on tuletatud nõuded, millele efektiivne reeglisüsteem peaks vastama [13]:

1. Reeglid peavad olema defineeritavad inimeste poolt, kellel on algtasemel arvutioskus ning tavakasutuseks oleksid nõutavad vaid teadmised targa kodu seadmete kohta.
  - a. Targa kodu seadmed peavad olema tehnoloogiast sõltumatud, et võimaldada kasutajal kergesti määrata reeglite objekte.
  - b. Reeglid peavad olema seletatavad, see tähendab et neid saab otse ja lihtsalt tõlkida.
  - c. Reeglid peavad olema alati kehtivad, seega saab kasutaja luua ja salvestada süntaktiliselt (ja võib-olla semantiliselt) õiged reeglid.
  - d. Reeglid peavad olema piisavalt põhjalikud, et juhtida enamikke olukordi, tegevusi ja protsesse, mida elanik soovib delegeerida.
2. Reeglid määratakse kasutades mitmesuguseid võimalikke liideseadmeid (näiteks arvutid, puutetundlikud paneelid) ja sisestusviise (näiteks puudutus, hiir).
3. Reeglisüsteemi kasutajaliides peab lihtsustama ülesannete delegeerimist inimestelt kodudele, pakkudes sobivaid „abivahendeid“.
  - a. Reeglite muutmine peab lihtsustama ettepanekuid, suunama liideseid ja täitma automaatselt funktsioone.

- b. Reeglite kasutajaliides peab toetama ootamatute ühenduse kaotuste või arvutirikete korral, näiteks salvestades automaatselt reegleid.

Targas kodus võib reegel olla seotud näiteks soojustusega. Kui temperatuur langeb alla teatud kraadi, siis lülitatakse soojus sisse ning kui temperatuur tõuseb üle teatud soojakraadi, siis lülitatakse jälle välja. Teine reegel võib olla seotud näiteks valgustusega, kui valguse intensiivsus läheb üle teatud suuruse, siis lülitatakse lamp välja. Targas kodus saab määrata ka üldisema reegli, jälgides börsihindu elektriturul, saab kasutada sooja vett madala hinnaga. Boileris varutud sooja vett saab kasutada ka siis, kui börsihind on kõrge. Reeglitega on määratud ka valvesüsteem ja turvalisus, kui kaamera pildile jääb liikumine, siis seejärel saadetakse see pilt automaatselt „pilve“.

Kasutajal on võimalik reeglitega seadistada toimingu ulatust, toimimisaega ja väärtust. Reegel koosneb tingimusest ja toimingust. Mitut tingimust saab defineerida „ja“ (kõik tingimused täidetud) või „või“ (üks tingimus täidetud) loogika reeglina.

## **2. Targa kodu tööpõhimõte**

Selles peatükis antakse ülevaade targa kodu tehnilisele poolele. Kirjeldatakse selles tehnoloogias kasutusel olevaid seadmeid, nende funktsioone ja tööpõhimõtet. Peatutakse ka seadmete poolt kasutatavatel infokanalitel, mis on üheks oluliseks osaks nende töös.

### **2.1 Informatsiooni edastamine**

Võrk koosneb paljudest omavahel suhtlevatest kuid sõltumatutest osadest. Igal komponendil on niinimetatud agent, mis on võimeline teiste komponentidega suhtlema läbi vastavate protokollide. Kuna võrgus on palju komponente, mida juhitakse, luuakse nendest andmebaasid [14].

Võrguhaldus on riistvara, tarkvara ja inimressursi planeerimine, koostöö korraldamine ning koordineerimine, see tähendab monitooring, testimine, seadistamine, analüüsimine, hindamine ja juhtimine võrgus. Eesmärk on kõigi komponentide koostöö korraldamine selliselt, et oleks reaajas maksimaalne jõudlus ning teenuse kvaliteet mõistliku hinna eest [15]. Võrguhalduse standardeid on kaks ning nende detailseim kirjeldus on toodud lisa 1.

Targa maja süsteemi iseloomustab joonis 1 kõige paremini, kuna sellel on näha, kuidas tark kodu ja teenusepakkuja infrastruktuur on omavahel seotud [16]. Sellel joonisel on näidatud tüüpiline targa kodu arhitektuur. Targal kodul on majasisene kommunikatsioon läbi keskseadme, kuna nii on turvalisem. Väline kommunikatsioon ning seos väliste süsteemide ja teiste kodudega on läbi "pilveteenuse" (näiteks Elioni „pilv“). Kaameral videovoo edastamiseks pole vaja ühendust läbi keskseadme, vaid see on koduga ühendatud otse „pilveteenuse“ külge.



üle interneti. Teisisõnu on IP protokoll "keel", mida arvutid kasutavad omavaheliseks suhtlemiseks internetis“ [1]. IP-aadress on võrgukihi aadress, mille ülesannetest ja kahest tüübist on täpsemalt kirjutatud lisas 1.

Lisaks eelpool kirjeldatule on targa kodu juhtmega infoedastus seotud ka elektriliinisidega (edaspidi PLC, ingl *Power Line Communications*), mis on kommunikatsiooni tehnoloogia ning mis kasutab oma kommunikatsioonivahendina elektriliine. Info edastatakse sama elektriliini pidi, mis on varustatud ka elektriga. See võimaldab kasutada olemasolevat elektriliinide infrastruktuuri info edastamiseks kodudes või autodes, lisamata uusi juhtmeid. PLC tehnoloogia on oma arenguperioodis, leides tee mitmete rakenduste ja turusegmentideni, hõlmates ka nutivõrgustikku, valgustust, päikesepaneele, elektriarvesteid, kodude valvekaameraid ja elektriautosid. Ülemaailmne energia kokkuhoiu poliitika nõuab intelligentset kommunikatsiooni energia tootmise ja energiat tarbivate seadmetega. PLC pakub ainulaadset lähenemist, et võimaldada kiiret arukate energia juhtimise tehnoloogiate lahknemist üle maailma. Erinevalt traadita lahendustest, ei ole elektriliinisidel piiranguid leviala ega edastamise vahemiku suhtes. Elektriliiniside on ka tasuv ja mitmetele rakendustele kergesti paigaldatav [17].

Targa maja infoedastusel on kasutusel ka kommunikatsiooniprotokollid I2C (*Inter-Integrated Circuit*) ja SPI (*Serial Peripheral Interface*), mis on keskseadme ja andurite omavahelise kommuteerimise ehk voolu ümberlülitamise reeglistikud. Kahesuunaline kahesoonealine järjestiksiin (I2C) on paindlikum suhtlemiseks mitme seadme vahel ja riistvaraliselt lihtsam, sest nõuab ainult kahte juhet. Välisseadme teenuse liides (SPI) saab ka kommuteerida mitme seadme vahel. Riistvaraliselt on SPI aga keerulisem, kuna vajab lisaks igale seadmele, millega suhtleb, eraldi juhet. Tarkvaraliselt on see aga lihtsam, sest pole vaja saata iga infovahetuse korral aadressi [18].

### **2.1.2 Juhtmevaba infoedastus**

WiFi on kogu maja võrgustik, mida kasutatakse peamiselt meedia edastuseks, veebis sirvimiseks ning muudeks mahukate andmetega tegevusteks. WiFi on suure ribalaiusega võrk, mis on võimsalt intensiivne, vähendades kiirelt seadme aku kestvust (ingl *power-intensive*). Paljud targa kodu tooted väldivad WiFi ühenduvust, sest see eeldab seadmetelt toiteallika olemasolu või kauakestvat akut. Seetõttu pole ka kõik WiFi veebikaamerad traadita, vaid need tuleb ühendada vooluvõrku. Arendajad on loonud sel põhjusel targa maja termostaatseadmele

meetodi, mis kasutab madalpinget elektriablist, mis on talletanud maja temperatuurikontrollerist võimsust [19].

Raadiosagedustuvastus (edaspidi RFID, ingl *Radio Frequency IDentification*) on andmekogumise tehnoloogia, mis võeti kasutusele juba 19.sajandi alguses ja on ka praegu kasutusel. Kui panna kleebis toote või muu asja külge, siis saab sellega objektid ära märgistada. See mäрге on identifikaator, millega saab infot lugeda, et mis, kes, kus [20]. RFID märkega materjalid parandavad inimeste vigu ehitamise protsessis ning majaomanikud saavad tagada maja turvalisuse ja ohutuse. Targas kodus on RFID kasutusel, et mõõta niiskust ja temperatuuri ning teatada omanikele vigadest läbi nutitelefonide [21].

Bluetooth ühendab turvaliselt lähedal asuvad seadmed, liites näiteks nutitelefoni taskus arvutiga töölaua ja kõrvaklappidega inimese kõrvas. See oli algselt välja töötatud kui isikliku levialaga võrk. Targas kodus on Bluetooth aga seadmetel, mis nõuavad isiku füüsilist kontakti seadmega, nagu näiteks tark ukسلukk. Bluetooth on ka väga turvaline, kuna kasutab sagedushüplemist ja valitsuse tasemel krüpteerimist, et keegi ei segaks ega harutaks lahti kasutaja suhtlust oma targa kodu seadmetega. Sel on suurem andmete ribalaius kui Zigbee-l, kuid madalam kui WiFi-l. Suurem ribalaius võimaldab seadmetel teha rohkem, kui lihtsalt lülitada pöörämist või liikumisest teatamist [19].

Bluetooth'i kõige uuem versioon on 4.0, millel on madala energia kasutusega tehnoloogia (nimetatakse ka Bluetooth LE ehk ingl *low energy*). See võimaldab tootjatel asendada sensorid Bluetooth standardiga, mis on laiemalt kasutusel olev standard. Ühe peamise näite võib tuua tervise ja spordi valdkonnast. Enamik sammulugejaid, pulsikelli ja veresuhkrutaseme monitore on disainitud suhtlema ainult teatud käekella või juhtseadmega. Kui neil samadel seadmetel oleks aga Bluetooth 4.0, siis need saaksid suhelda iga Bluetooth 4.0 seadmega ilma vahendajata. Selleks seadmeks võib olla nii telefon kui ka arvuti. See Bluetooth versioon on mõeldud väikese akutoitega seadmetele nagu sensorid ja nutitelefoniid. Bluetooth'i abil ühendatud arvutid võimaldavad terviseandmeid automaatselt pilveteenusesse üles laadida (näiteks treeningu järgselt). Tänu Bluetooth'i seadmetele saab kasutaja ilma keeruliste seadistusteta koheselt ühenduse targas kodus olevatele lukkudele, tuledele või termostaadile [22].

Zigbee on traadita kohtvõrgu tehnoloogia, mida paljud targas kodus olevad juhtimisseadmed kasutavad osaliselt seostatud silmusvõrgu abil (igal sõlmel on otseühendus vähemalt kahe

naabersõlmega). See kohtvõrk on väga väikese võimsusega (seadmed võivad aastaid väikese kellapatarei peal kesta). Silmusvõrgu tõttu on Zigbee hea kaugjuhitavate sensoriteni jõudmiseks targas majas. WiFi puhul võib tekkida signaalikadusid aga Zigbee puhul seda ei juhtu, kuna see on väga madala ribalaiusega. Madal ribalaius on väga hea lihtsatele seadmetele nagu akna- ja ukse liikumise sensorid või targad elektrikirnid, mis vajavad ainult andmesideühendust, et sisse-välja lülituda. Üks probleem on Zigbee puhul aga see, et signaal ei ole otseselt ühilduv mitte ühegi peavoolu arvutiseadmega nagu näiteks nutitelefon või sülearvuti. Seega peavad elektrikirnid ja liikumissensorid suhtlema keskseadmega, mis on ühendatud koduvõrku läbi WiFi või läbi Ethernet kaabli liidetud interneti ruuteriga. Kui tarbija soovib targa kodu kasutajaliidese abil valgustust põlema panna või muuta selle värvi, siis liigub käsk nutitelefonist või arvutist läbi ruuteri keskseadmeni ning seejärel pirnini [19].

### 2.1.3 Turvalisus ja ohud

Võrkude turvalisuse põhimõtted on alljärgnevad [14]:

1. Konfidentsiaalsus – ainult saatja ja vastuvõtja saavad lugeda sõnumi sisu. Saatja krüpteerib sõnumi, vastuvõtja dekrüpteerib.
2. Autentimine – saatja ja vastuvõtja tahavad kinnitada üksteise identiteeti.
3. Sõnumi terviklikkus – saatja ja vastuvõtja tahavad olla kindlad, et sõnumit pole märkamatu muudetud.
4. Ligipääs ja kättesaadavus – teenused peavad olema ligipääsetavad ja kättesaadavad kõigile kasutajatele.

Ohud võrgus on järgnevad [14]:

1. Paketi nuhutamine (ingl *packet sniffing*) – arvutist A tulevaid pakette uurib enne edasiminekut pahatahtlik arvuti B. Nii võib saada kätte näiteks krüpteerimata paroole ja muud krüpteerimata infot, näiteks POP3 (*Post Office Protocol 3*) puhul.
2. IP-võltsimine (ingl *spoofing*) – arvuti B võib luua pakette, mille allika IP vastab hoopis arvutile A. Nii saab B teeselda arvutit A ning vastuvõtja C ei saa arugi, et tegu ei ole arvutiga A.
3. Teenusetõkestamise rünnak (edaspidi DoS-rünne, ingl *Denial-of-Service Attack*) – vastuvõtja uputatakse üle pahatahtlikult genereeritud pakettidega. Hajutatud DoS-rünne korral koordineerib mitu hosti ühe vastuvõtja suhtes DoS-rünnakut.



Kokkuvõtlikult kasutatakse krüptograafiat (avaliku võtme ja sümmeetrilise võtme krüptograafia), autentimist ja meetodeid, mis näitavad, kas sõnum on muudetud või mitte, lisaks turvalist elektronposti ning turvalist andmeülekandmist. Peale selle kasutatakse veel täiendavaid turvavahendeid nagu tulemüürid. Turvalise ühenduse tunneb ära, kui brauseri aadressireale on kirjutatud <https://>, aga mitte <http://> [23].

## 2.2 Kasutatavad seadmed

Targas kodus kasutatavad seadmed on arendatud kombineerides automaatikat lihtsusega. Järgnevalt kirjeldatakse neid seadmeid ja nende tööd täpsemalt.

Keskseade koordineerib kommunikatsiooni teiste seadmete vahel ja on kohalik keskus targas kodus, isegi kui serveri ühendus on maas. See seade analüüsib saadud informatsiooni, saadab töökäskte teistele seadmetele ja annab kasutajale läbi liidese informatsiooni (ekraan, siren, kõlar). Keskseade saadab alati kogu logi süsteemi serverile ja logib kohalikku mälli, kui interneti ühendus puudub [24]. Keskus kasutab Zigbee-l põhinevat juhtmevaba ühendust, et suhelda teiste seadmetega (nagu näiteks liikumisandur, akna ja ukse sensor jne). See edastab informatsiooni teistelt seadmetelt „pilve“ üle internetiühenduse (näiteks suitsuanduri tulekahjualarm, liikumisanduri alarm jne). Keskseade suhtleb serveriga läbi WAN (*Wide Area Network*) võrgu ühenduse, mille ulatus ületab 1 kilomeetrit [25].

Liikumisandur avastab objekti liikumise infrapunavalguse abil, mis eraldub soojust kiirgavatelt kehadelt. Kui see seade tuvastab kiirgusallika ajal, kui kodu turvasüsteem on aktiveeritud, siis see edastab häiresignaali kodu keskseadmele. Vastavalt seadistustele annab server kasutajale häire teate abil, telefonikõnena, sõnumina või e-maili teel. Liikumisanduril on lisaks moodul, mis mõõdab ka õhutemperatuuri ja valguse intensiivsust [26].

Tulekahjuandur reageerib põlengule toas ja saadab häiresignaali keskseadmele. Eristatakse temperatuuri tõusu ja optilisi andureid, millest esimene reageerib temperatuuri muutusele ja teine suitsule. Häire korral aktiveeritakse ka seadme helisignaali. Sarnaselt liikumisandurile, annab keskseade vastavalt seadistustele suitsuanduri häirest tarbijale teada [27].

Akna ja ukse kontaktsensorid jälgivad, kas aken või uks on kinni või lahti. Kui aken või uks on avatud olukorras, kus kodu turvasüsteem on aktiveeritud, siis see sensor edastab häiresignaali keskseadmele. Akna- ja ukse sensori häire edastatakse keskseadmelt samuti tarbijale vastavalt seadistustele. See sensor mõõdab ka õhutemperatuuri [28].

Elektritarbimise mõõdik on kinnitatud elektriarvesti külge ning seda seadet kasutatakse koduse elektritarbimise jälgimiseks. Kasutaja saab informatsiooni hetkelise tarbimise kohta või ajaperioodi kohta kas vastavalt hetketarbimise või päringu alusel [29].

Kaugjuhitav turvapult on kodu turvasüsteemi aktiveerimiseks ja deaktiveerimiseks. Puldil oleva paanika nupuga on võimalik teha kunstlikke volehäireid majas olevate inimeste hoiatamiseks. Tarbijat teavitatakse vastavalt seadistustele. Turvapult võib anda ka märku, kui keegi pereliikmetest on kodus [30].

Targas kodus on WiFi-valvekaamerad, mis edastavad pildi keskseadme salvestisse. Pilt edastatakse võrku, mida tarbija saab sealt vaadata. Kasutaja saab kaamerapilti jälgida ükskõik millisest seadmest, mis on võrgus (arvuti või nutitelefon).

### 3. Targa kodu praeguse versiooni kirjeldus

Selles peatükis antakse ülevaade ühest hetkel Eestis kasutusel olevast targa kodu süsteemist, mis on tarbijateni toodud tänu kahe mehe loodud ettevõttele. Yoga targa maja süsteem on loodud muutmaks inimeste elu turvalisemaks, mugavamaks ja säästlikumaks. See hoonehaldussüsteem tagab erinevaid lahendusi vastavalt kasutaja vajadustele (automaatne õhusoojuse ja –niiskuse reguleerimine, kaitse varaste eest jms) [31].

Selline nutikas süsteem võimaldab kokku hoida väljaminekuid kodus, suurtes ärihoonetes ning lennujaamades, kuna tark kodu võimaldab distantsilt teha erinevaid argipäeva tegevusi. Sellega saab näiteks reguleerida valgustust, tõmmata akende ette või eest ära kardinaid, kasta õuemuru ning isegi sööta-joota koduloomi, ent ka reageerida kiiresti avariolukordadele. Peale selle võib kasutaja õhtul koju sõitma hakates anda süsteemile märku elektrisauna sisselülitamiseks, lähitulevikus ka praeahju ja kohvimasina tööle panemiseks. Järelikult on targa maja lahendusel mitu perspektiivikat ja tänapäeva maailmas üliolulist tunnust: see on innovaatiline, säästab energiat, on avatud arendustele ja sobib igasugustesse hoonetesse [31]. Yoga eesmärgiks on mõjutada Eesti inimeste mõttemaailma selleks, et igas valdkonnas hakataks mõtlema energiaefektiivsuse ja loodussäästlikkuse peale, kasutades selleks mitmesuguseid infotehnoloogilisi lahendusi [32].

Yoga asutajaliikmed on alati taotlenud tarku lahendusi ning nende arvates oleks ideaalne, kui tänapäeva kodud suhtleksid omavahel „pilvemaailmas“. Olulisim targa maja juures on ressursside kasutamine (mida on vaja jälgida ja optimeerida) – säästa energiat (elekter, gaas, vesi), hoida kokku aega ning muuta elu mugavaks. Näiteks kontorites ei lülitata valgusteid sageli välja, kui neid ei kasutata. Yoga tark lahendus sellele probleemile on tark elektrisüsteem (ingl *smart grid*), mis paneb kardinaid kontorist liikuma, lülitab tööpäeva õhtul elektrisauna töölt koju ruttaja jaoks sisse jne. Kogu Yoga toodang tehakse valmis Pärnus asuvas tootmisüksuses, kuid peetakse ka dialoogi mitme maailmas tuntud tootjaga, kellel on teoreetiline valmisolek alustada Yoga toodete valmistamist [33].

Yoga automaatikaga lahendatakse ka siseõhu kvaliteedi probleeme, mis aitab oluliselt kaasa elukvaliteedi tõusule. Siseruumi temperatuuri ja õhuniiskuse kõrval on veel üks oluline parameeter, mida mõõta – süsihappegaasi tase. Õues on see tase umbes 350-400 ppm ja korrektselt ventileeritud siseruumis normaalselt 600 ppm. Kui tase on 1000 ppm, käivitub

ventilatsioon täie võimsusega, sest selline tase põhjustab uimasust ja paneb pea valutama. 2000 ppm on tervisele väga kahjulik ja 5000 ppm on juba eluohtlik tase [34].

Praegu on Yoga välja töötanud kaks paketti: üks pakett renoveeritud ja uutesse majadesse ning teine pakett nii-öelda tavakodudesse masslahendusena mõeldud toode. Seda paketti, mis sisaldab lihtsalt paigaldatavaid juhtmevabasid liikumis- ja suitsuandureid, nutipistikuid, videokaameraid on toodud turule koos Elioniga automaatika esmaseks tutvustamiseks. Selle toote üheks sihtgrupiks on ka korteriühistud, kes saavad võimaluse küttekulude mõõtmiseks ja jagamiseks [34].

Eestis on esimene targa kodu lahendus Yoga süsteemi poolt välja töötatud ning nüüd Elioni (Telecomi) poolt turule toodud versioon 1.0, aga Eestis on olemas ka teisi targa maja lahendusi nagu InDome. Targale majale on võimalik ligi saada läbi interneti ehk nii mobiiliga kui ka arvutis brauseriga. Turvalisus on tagatud seadmete tutvustamise teel, mis tähendab, et süsteem toimib ainult teatud seadmete äratundmisel. Kodus aktiveeritakse ainult need seadmed, mis on mingi konkreetse mobiiliga tutvustatud, ehk äratundmine on topelt tuvastusega.

Yoga süsteemi keskseade on mobiilikaardi või interneti vahendusel nutipistikutega ühenduses. Targas kodus on nutipistikud, mida saab lülitada manuaalselt nupust sisse-välja, lisaks peavad need sidet teiste nutipistikutega, on juhtmevabad, mõõdavad tarbimist ja temperatuuri. Kui üks nutipistik ei tööta (mingi rikke tõttu vms), siis suunab see töö teisele nutipistikule. Peale selle aitab nutipistik energiatarbimist fikseerida.

### **3.1 Olemasoleva süsteemi analüüs**

Hoone automaatikat on arendatud juba 30 aastat, peamiselt suurte elamute tarbeks, aga kortermajades on seda vähem kasutatud. Maja projekteerimisel tuleb automaatikaspetsialistide poolt võimalikud lahendused kohe paika panna, siis saavad elanikud need seadmed kasutusele võtta. Need on aga paindumatud süsteemid ning lisaks ka väga kallid, kuigi täidavad oma funktsioone korralikult. Hoone automaatikasüsteeme saavad ainult spetsialistid rakendada ning kasutaja saab ainult seinal oleva nupu abil süsteemi juhtida, mitte süsteemi reeglitega häälestada. Need süsteemid on ka praegu majades, reguleerides õhukonditsioneeride tööd ja temperatuuri. Hoone automaatika on 1.põlvkond, mida nimetatakse ka SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) süsteemideks. Sellel on omad standardid (näiteks standard,

mida kasutati elektrijuhtmete infovahetuseks). Tänapäeval kasutavad süsteemid juhtmevabu standardeid – InDome targa kodu lahendus kasutab Z-Wave juhtmevaba protokolliga ja Yoga süsteemis on Zigbee juhtmevaba kommunikatsiooni standard.

Järgmine põlvkond on tark maja, millega toimus murrang. Sellel süsteemil on palju plusse – uuemad tehnoloogiad, sensorid on odavamad, süsteem on paindlikum, ligi kümme korda odavam ja kaasaegsem. Lisaks on targal kodul reeglisüsteemid selleks, et häälestada seadmeid ning kasutajad saavad neid ise hallata. Need süsteemid kasutavad internetiprotokolliga, mis tähendab, et need on internetist ja mobiilist kättesaadavad API (*Application Programming Interface*) vahendusel.

Tuleviku põlvkond, kuhu süsteemid võiksid liikuda, on 3.põlvkond, millega tuleb sensoreid ja võimalusi juurde. Süsteeme täiendavad ka „pilve allikad“ (ingl *cloud sourcing*), millega majad omavahel lävivad. Näiteks võib tänu sellele tulevikus toimuda tarkade majade infovahetus naabritega, kooskõlastades kaameraid varaste vastu võitlemiseks. Selliste täiendustega tekib veelgi paindlikum süsteem.

Targal kodul on olemas nõuded, millele see peab vastama. Arvesse saab võtta teatud aspekte, näiteks süsteem peab olema mugav, mis tähendab, et see ei nõua spetsialisti juuresolekut. See on tagatud võimalusega, et kasutaja saab reeglid ise teha – see ongi esimene nõue.

Positiivne mõõde praeguse targa kodu versiooni juures on see, et kasutajaliidesel on olemas rahaline vaade, millega näeb, palju mingi seade võtab raha ehk kulutab. Selline vaade võimaldab pidevalt jälgida oma kulutusi ja neid seeläbi ka efektiivsemalt vähendada.

Targa kodu versiooni 1.0 korral on üks negatiivne aspekt see, et kasutajad peavad reeglite valimiseks kasutajaliideses sisestama enne tegevused ja alles siis tingimuse. Näiteks kaamera salvestab 5 minutit ja alles seejärel kontrollib tingimust, kas koduvalve oli häireolukorras. Selline järjekord on ebaloogiline ning võib jääda kasutajatele arusaamatuks.

Targa kodu praeguse versiooni probleemiks on seadmete rohkus, sest kui neid järjest sisse lülitada, siis kaitse reageerib ülekoormusele, lükates grupiautomaadi välja ning kaitsmed saab tagasi sisse lülitada ainult kohapeal manuaalselt. Kui selline situatsioon hakkab tekkima, tuleb tarbijal vähem olulised seadmed välja lülitada. Süsteemile ei ole võimalik võimsust juurde osta, mis tähendab, et kasutaja peab mitme võimsa seadme samaaegsel töötamisel arvestama ka võimaliku lühisega ning sellega, et selline rike võib rikkuda seadmeid. Kasutaja võiks

saada süsteemis seadmetele määrata prioriteedid, millega saab määrata konkreetse seadme väljalülituse, et vältida maja siseelektrivõrgu ülekoormust. Näiteks kasutajatele võib olla alati oluliseks seadmeks töötav pesumasin, aga boiler lülitatakse teatud arvu seadmete töötamisel esimesena välja, selleks et riket vältida.

Targa kodu praeguse versiooni dokumentatsiooni kitsaskohaks on puuduvad mõõdikud, mis on täielikult välja töötamata. Mõõdikutega saab analüüsida juba uut tarka kodu ja otsustada, millises suunas edasi minna. Mõõdikud tuuakse käesolevas töös välja peatükis 4.2 Tasakaalustatud tulemuskaart.

## 4. Uue versiooni analüüs

Selles peatükis analüüsitakse targa kodu uut versiooni, mis pole veel kõikide tarbijateni jõudnud. Olemasoleva ja uue versiooni analüüsi tulemusena leitakse targa kodu võimalikud laiendused. Töö tulemusena kirjeldatakse seni targa kodu dokumentatsioonis kujutamata motivatsioonimudel, millega pannakse süsteemi eesmärgid kirja ning selle tulemina valmib ka noteerimata tasakaalustatud tulemuskaart.

Hetkel on välja töötatud ka uus Yoga targa kodu süsteem beeta, versioon 2.0. See pole veel Eesti turule jõudnud ning vajab veel täiustamist. Beeta versioon on saadaval interneti leheküljel ning selle toimimist on võimalik jälgida TTÜ IT-maja VI korrusel Veebiteenuste ja sensorsüsteemide laboratooriumis. Uues Yoga süsteemi targa kodu versioonis tekib kasutajale brauseris vaade (ingl *dashboard*), milles on näha maja temperatuur, tarbitud kulu jne.

Beeta versioonis on olemas lahendus targa maja elektrivõrgu ülekoormusele, mida seadmed tekitavad. Kilbi juures on seade, mis hakkab ise teatud asju välja lülitama. Seade peab olema ühendatud kilbiga. See seade peab aga teadma, mis on prioriteetsed seadmed inimesele, et vastavalt kasutaja vajadustele toimida.

Olemasolevas versioonis 1.0 ei saa küsida, kui suur on koormus, aga uues versioonis 2.0 saab. See võimaldab määrata maksimumkoormuse, mille korral lülitatakse mingi seade välja, et ülekoormust ei tekiks. Näiteks reeglina „kui koormus suurem kui 0,5 kW, siis lülita välja seade X“.

Targa kodu praeguses versioonis 1.0 pole geopoliitilist reeglit. Yoga poolt arendatud targa maja versioonis 2.0 on sellise reegli võimalus aga kasutajale juba olemas ja sisse programmeeritud. Selle reeglina saab tarbija oma nutikat kodu eemalt juhtida. Näiteks kui kasutaja läheneb oma kodule, siis saab ta oma nutitelefoni abil lülitada vajalikud seadmed juba eelnevalt sisse ning lahkudes kaugjuhtimise teel ka välja lülitada.

### 4.1 Targa kodu võimalikud laiendused

Uue tehnoloogilise lahenduse võiks võtta kasutusele, täiendades uut Yoga targa kodu versiooni 2.0. Targa kodu süsteem võiks reageerida paindlikumalt ning olla programmeeritav ja juhitav inimese poolt reeglisisüsteemi abil. Hetkel on targa kodu versioonis 2.0 süsteem

reeglite poolt juhitud ehk tegemist on traditsioonilise süsteemiga, milles on funktsioonid sisse programmeeritud. Samas võiks kasutajal olla võimalus ise oma tarka maja programmeerida ning seeläbi ise ligi pääseda.

Targa kodu versioonis 2.0 on puudu mõõdikute korralik kirjeldus kasutajatele, mis on kirjeldatud järgnevas alapeatükis 4.2 Tasakaalustatud tulemuskaart. Lisaks võiks targa kodu versiooni 2.0 laiendada tingimustega, mis rahuldaksid veelgi enam kasutaja vajadusi. Üks võimalus võiks olla see, et kodus kuulatav taustamuusika muutuks vastavalt meeleolule (ingl *emotion detection system*). Selleks peaks koju paigaldama uue seadme – kaamera vastava programmiga, mis tuvastab inimese meeleolu (kurb, lõbus, neutraalne). Järelkult tekib targas kodus ka uus reegel.

Uut versiooni saaks paremaks ja tõhusamaks teha, muutes seda õppivaks süsteemiks, mis saab tagasisidet. Näiteks vastavalt meeleolule lauluvaliku puhul, kui kasutaja emotsioon muutub hoopis kurvaks, siis peaks süsteem järgmine kord mõne muu pala valima. Teiseks võimaluseks võiks olla valgus, mida süsteem vastavalt inimese meeleolule reguleerib.

Uue süsteemi nõuded on vastavalt targa kodu funktsionaalsetele plokkidele järgnevad:

1. Energia kasutuse puhul on eesmärgiks kokkuhoid. Laiem ning üldisem eesmärk on aga mugavus. Maja peab olema energiasäästlik ja energiatundlik (automaatselt lülitab seadmeid välja, kui koormus liiga suur). Energiaallikad jagunevad: elektrienergia, gaas, puuküte, vesi. Hetkel on targas kodus ainult energia jälgimine, aga võiks olla ka energia optimeerimine, sest energia mõõdikuks on raha. Energiat ja kulu saab kokku hoida maasoojuspumpadega, maja soojustusega (mida nimetatakse ka nullenergiamaajaks), päikesepaneelidega, laiemas plaanis ka elektriautode laadimisprotsessidega maja juures, lisaks kasutades õist odavat elektrit (pesu pesemisel või muul sarnasel toimingul) või boilerit, mis hoiab mitu päeva sooja vett ja teeb selle kuumaks siis, kui elekter on odav.
2. Turvalisus – valve ja jälgimine turvakaameratega (et vältida sissemurdmisi), tulekahju ennetamiseks suitsuandurid, topelt tuvastussüsteem sissepääsu ja valve jaoks (nii seadme tutvustamise kui ka paroolidega). Abiks võivad olla ka näiteks lepingud turvafirmaga, mis tagab inimeste ja vara täieliku kaitse. Turvatunnet aitavad hoida ka korras korstnad ahju või kaminaga majas.



3. Tervislikkus – puhas vesi, õige temperatuur ja puhas õhk (CO<sub>2</sub> sisaldus õhus, õhuniiskuse tase, allergeenide sisaldus õhus – kõik need on mõõdetavad). Sensorid saavad mõõta inimese vererõhku, veresuhkru taset, pulsi sagedust (et tuvastada südamehäireid). Tervisliku seisundi jälgimine on eelkõige tähtis nii haigetele inimestele ja allergikutele kui ka sportlastele. Lisaks võiksid vanadel inimestel või väikelastel olla indikaatorid küljes (näiteks käepael), juhaks kui midagi peaks juhtuma, et oleks võimalik regulaarselt nende tervislikku seisundit jälgida.
4. Valgustus – reguleerimine, valguse tugevuse muutmine nii mugavuse tagamiseks kui ka silmade tervist silmas pidades, aga ka personaliseerimine vastavalt inimese soole ja vanusele. Jälitamise süsteem, mis ise lülitab tuled välja, kui kasutaja liigub teise tuppa, võimaldab sellise väljalülitamisega energiat kokku hoida. Siia plokki kuuluvad ka kardinade liikumine ning nende visuaalsus – aken on nagu pilt (kasutaja viibiks justkui looduses).
5. Jätkusuutlikkus – eriolukorras võib esineda energiakadu, kus tark kodu peab säilitama elamu sisekliima energiadefitsiidi olukorras. Näiteks generaator peaks töötama kuu aega ilma elektrita (see on mõeldud tööstusele, haiglatele ja teistele majadele, kus ei tohi vool kaduda).
6. Meelelahutus – muusika, kino, televiisori lülitamine ühest puldist või mobiililt (hetkel on mitu erinevat seadet erinevate pultidega). Peale selle võiks uut versiooni täiendada jälitamise televiisor (inlg k *follow me tv*) – kasutajal on indikaator küljes, mis lülitab ühes toas seadme välja ja teises sisse (selline lahendus on teises Eesti targa kodu lahendusi pakkuvas firmas InDome realiseeritud).
7. Targad seadmed – targad külmutuskapid on ökonoomsed ning nendega saab interneti teel ühendust pidada, et kasutaja saaks näha, mis külmikus on. Teise näitena võib nimetada robottolmuimejat, mis teeb öösel inimesi segamata toa puhtaks.

Targa kodu lahendus võiks areneda mugavuse suunas, see võiks häälestuda kasutaja järgi. Selleks oleks vaja targa kodu lahendusega integreerida näiteks inimese tujutuvastuse mehhanisme. Need võiksid tuvastada inimese tujusid vastavalt näopunktidele – kas suunurgad on ülespoole kaardu või allapoole, kas silmad on nukrad või kassis ja rõõmsad. Seda kõike saab juba praegu tuvastada vastavate seadmetega ka innovatsiooni- ja ettevõtluskeskus Mektory majas. Küll aga on nendel seadmetel üks puudus – need peavad olema ühendatud

kasutaja külge. Oma kodus on aga ebamugav liikuda andurid küljes ning selleks ei pruugi olla alati tahtmist. Hiljuti said aga Eesti arendajad hakkama uusima leiutisega, mis tuvastab arvutis läbi kaamera inimese näol teatud punktid, mille abil tuvastada inimese emotsioone. Seda rakendust võiks ära kasutada ka targa kodu edasiarendamisel, ühendades majja näiteks kaamerad, mis tuvastavad kasutaja tuju. Üks võimalus oleks vastavalt kasutaja tujule (eesmärgiks oleks selle paremaks muutmise), muuta valgustuse intensiivsust. Teine võimalus oleks muusikakeskuses loo valimine vastavalt kasutaja tujule. Süsteem võiks olla iseõppiv ehk jätta meelde kasutaja tegevused. Näiteks kui kasutaja süsteemi poolt valitud loo välja lülitab, siis järgmine kord seda lugu enam selles situatsioonis ei valita.

Täiendavalt võiks saada sensoritega kehasoojust mõõta ning vastavalt sellele muuta ka õhutemperatuuri igas toas kasutaja järgi. Igal pereliikmel on erinevad tervisenäitajad, näiteks vererõhk, pulsisagedus, kehatemperatuur. Kui samas toas viibib mitu pereliiget, võiks süsteem arvutada optimaalse toatemperatuuri.

Lisaks võiks targas kodus olevaid sensoreid kasutada ka lapsehoidjana, kui voodi juures olev seade tuvastab beebi näoilmeid. Kui lapse ilme hakkab tõmbuma nutule, siis käivitab see laulu, mis on lapsevanema poolt eelnevalt seadmele salvestatud. Seade võib reageerida ka helile (näiteks beebi nutule) ning käivitada lindil oleva jutu või laulu, et laps maha rahustada, seni kuni lapsevanem kohale jõuab.

Peale selle võiks tarbija saada oma tarka kodu juhtida häälkäsklustega, mida on eelnevalt seadmele tutvustatud (näiteks panna lampe põlema või lülitada telerit sisse-välja). Selline uuendus on InDome lahenduses juba olemas, aga vaid mobiilsete seadmete rakendusi kasutades. Seda võiks aga arendada edasi nii, et see toimiks ilma mobiiltelefonita – häälkäsklusi tuvastaksid sensorid ning juhtimise edastamine käiks läbi keskseadme. Selline lahendus teeks elanikele kodujuhtimise lihtsamaks ja palju mugavamaks.

Kui lisada ülaltoodud laiendused uue täiustatud süsteemi arendamisse, siis muudab see targa kodu lahenduse kasutajate vajadustega rohkem koosõlla ning see peaks tõstma ka targa maja tähtsust.

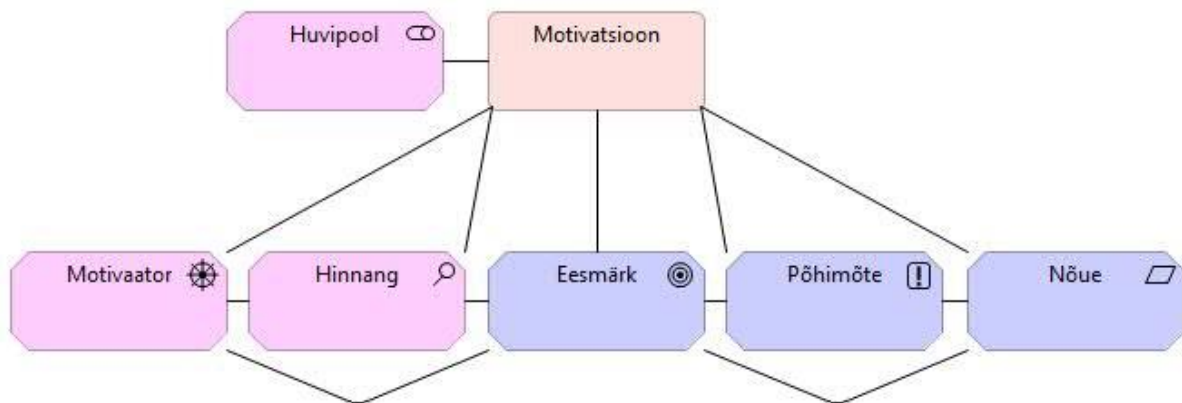
Üks tuleviku suund, mida Microsoft arendab, on HoloLens holograafiline arvutitehnika. Sellega saab luua objekte ehk hologramme, mis näivad tõelisena. See arvuti võimaldab sujuvalt integreerida füüsilised kohad, ruumid ja asjad holograafilisega, mida nimetatakse põimunud reaalsuseks. Holograafiline andmesisestus võib aidata vähendada infektsioone, kui

inimesed ei puutu igapäevaselt füüsiliselt kokku seadmetega nagu klaviatuur, hiir jne. Hologrammid segatuna reaalse maailmaga avavad uusi võimalusi, et luua, suhelda, töötada ja mängida [35].

## 4.2 Tasakaalustatud tulemuskaart

Tasakaalustatud tulemuskaarti pole veel targa kodu jaoks tehtud. Targa kodu põhieesmärk on, et ta toimiks vastavalt funktsionaalsete plokkide kaupa. Selleks, et jõuda tasakaalustatud tulemuskaardini, tuleb teha motivatsioonimudel, millega saab süsteemi eesmärgid kirja panna. Motivatsioonimudeli vahendiga ArchiMate versioon 3.2.0 saab hõlpsalt plokkide kaupa motivatsioonimudeli diagrammina lahti kirjeldada ning süsteemist saab tänu sellele laiema pildi.

Motivatsiooni metamudel (joonisel 2) koosneb motivatsiooni mõistetest, mis sisaldab kasutajate tegelikke motiive või kavatsusi (see tähendab eesmärgi, põhimõtteid ja nõudeid) ning nende kavatsuste allikaid (see tähendab huvipooli, motivaatoreid ja hinnanguid). Motivatsioon on seotud põhielementidega nagu hinnang, eesmärk, põhimõtteid ja nõuded. Motivatsioonil põhinevat kontseptsiooni kasutatakse motiivide väljatoomisel, mis mõjutavad, suunavad ja piiravad disaini [36].



**Joonis 2. Motivatsiooni ArchiMate metamudel**

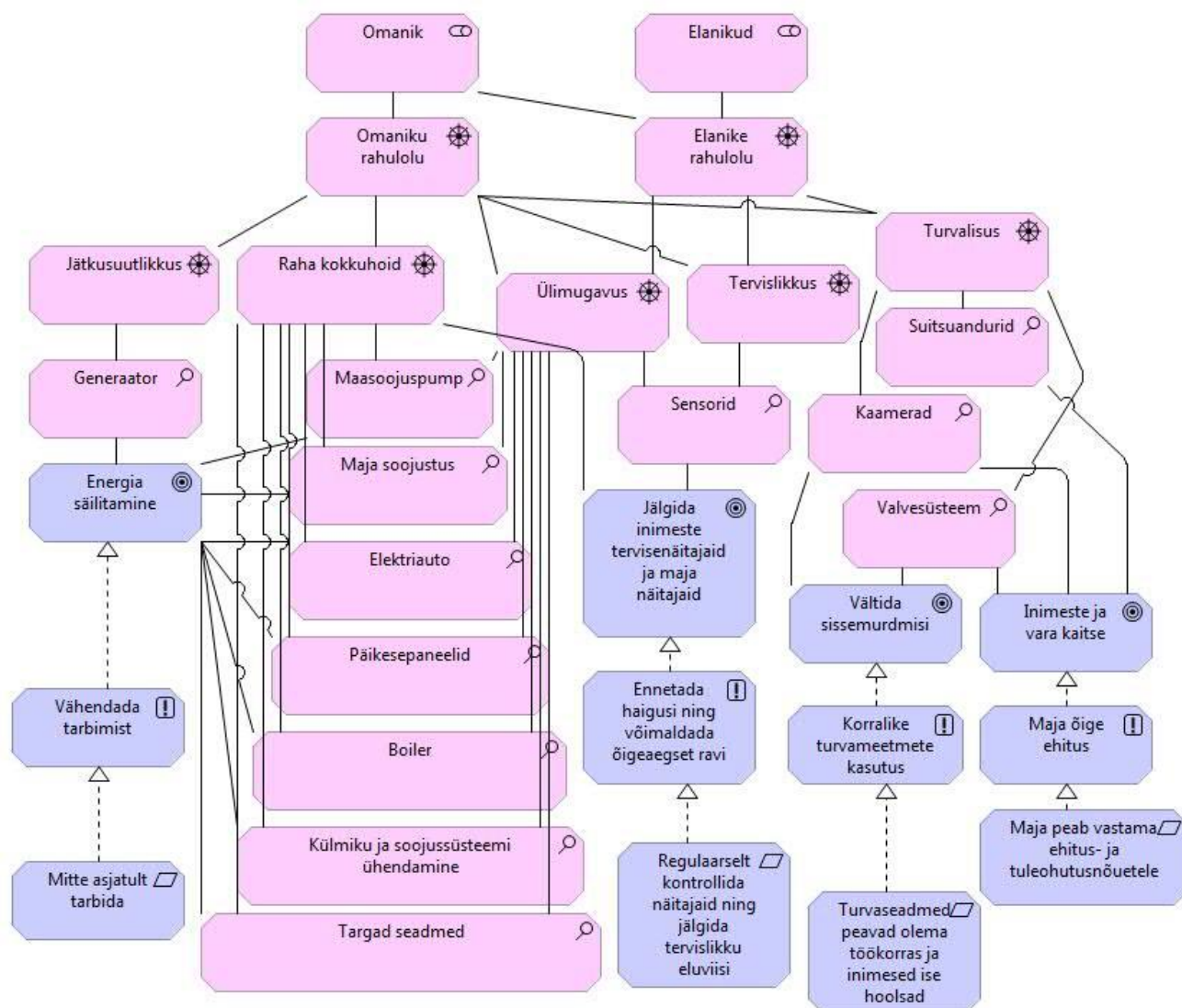
Tegurid, mida nimetatakse ka motivaatoriteks, mõjutavad motivatsiooni. Need võivad olla sisemised, mis on seotud huvipooltega või välimised (näiteks majanduslike muutuste või muutuva seadusandlusega seotud) [36].

Tegelik motivatsioon on esindatud eesmärkide, põhimõtete ja nõuete kaudu. Eesmärgid on soovitud tulemused, mida huvipool tahab saavutada. Põhimõtted ja nõuded kujutavad soovitud omadusi ja lahendusi, et eesmärke saavutada. Põhimõtted on normatiivsed juhised, mis suunavad disaini kõiki võimalikke lahendusi teatud kontekstis. Nõuded kirjeldavad selgesõnaliselt vajadusi, mis on väljendatud huvipoolte poolt ning peavad olema arhitektuuris või lahenduses täidetud [36].

Targa kodu alameesmärk on olla mugav, kasutajasõbralik ja lihtne. Eesmärgini jõutakse tänu motivatsioonimudelile, mõõdikutele ja tulemuskaardile ning selle abiga on võimalik määratleda targa kodu eesmärgikindlust.

Motivatsioonimudel joonisel 3 selgitab täpsemalt eesmärke, mida tark kodu peab tagama ning nõudeid, millele see peab vastama. Selle põhjal saab analüüsida uut targa maja versiooni. See mudel sarnaneb SWOT-analüüsile (ingl *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats analysis*), mille ülesandeks on määratleda eesmärgi saavutamiseks olulised faktorid. SWOT-analüüs grupeerib informatsiooni kahte kategooriasse – sisemised faktorid (sisesed tugevused ja nõrkused) ja välimised faktorid (väliskeskkonna võimalused ja ohud). Allpool toodud joonisel on analüüsitud ühte välimistest faktoritest – väliskeskkonna võimalusi. See tähendab, et on pandud kirja võimalused, mida saaks teha paremini, et saavutada eelnevalt püstitatud eesmärgid.

Joonis 3 kirjeldab targas kodus olevate elanike (sealhulgas ka omaniku) vajadusi ning rahulolu. Majaelanike ja omaniku motivaatorid on üldjoontes samad, kuid esineb ka erinevusi – elanikke ei huvita raha kokkuhoid, kui nad ei maksa arveid ning ka jätkusuutlikkus on seotud ainult omaniku rahuloluga, kuna maja kulutused katab just tema. Motivaatoreid laiendavad võimalused, kuidas eesmärke saavutada. Eesmärgile järgneb põhimõte, mida selle eesmärgi täitmiseks peab majaelanik tegema ja jälgima. Kõige viimaseks järgneb nõue, mis on eesmärgi täpsustus ehk kasutaja peaks just neid silmas pidama, kui soovib oma kodus täielikku rahulolu. Alljärgnevalt toodud joonis süstematiseerib targa kodu tarbijate motivatsioone ja eesmärke ning nende saavutamise teid.



**Joonis 3. Targa kodu ArchiMate motivatsioonimudel**

Motivatsioonimudelist saab välja lugeda targa kodu mõõdikud, millega tulemuskaarti täita:

1. Energiasäästlikkus, mille arvelt raha kokku hoida.
2. Turvalisus.
3. Töökindlus ja stabiilsus.
4. Tervislikkus (näiteks CO<sub>2</sub> sisaldus õhus ei tohi olla liiga suur).
5. Ökonoomsus ja keskkonnasõbralikkus.
6. Mugavus.

Tulemuskaart tabelis 1 näitab seda, kuidas tark kodu vastab normidele, kui tervislik ja säästlik ning emotsioone toetav see on.

**Tabel 1. Tasakaalustatud tulemuskaart**

<b>Tegevuse efektiivsus</b>	<b>Nõuded</b>	<b>Mõõdikud</b>	<b>Eesmärgid (väärtused)</b>	<b>Hinnang (võimalused)</b>
<b>Finants</b> Kokkuvõtte. Väiksemad kulud. Suurendatud kasu.	F1. Suurendada rahalist kokkuvõtte. F2. Vähendada elektrienergia tarbimist.	F1. Raha F2. Energia	F1. Suurendada kokkuvõtte umbes 5% aastas. F2. Vähendada energia tarbimist umbes 5% aastas.	F1. Targa maja kasutajaliidese rahaline vaade. F2. Generaator
<b>Tarbija</b> Mugav kodu. Turvatunne. Tervislik elu. Madalad kulud.	T1. Kodu mugavdamine. T2. Vähendada igapäevaseid kulusid.	T1. Mugavus, turvalisus, tervislikkus T2. Rahulolu	T1. Inimeste ja vara kaitse. Jälgida näitajaid. T2. Rahulolu kasvab umbes 20% aastas.	T1. Kaamerad, suitsuandurid, valvesüsteem. Sensorid.
<b>Sisemised protsessid</b> Täiustus. Muutus. Aeg.	S1. Uutel seadmetel peab olema internetiühendus ja neid peab olema võimalik sensoritega ühendada.	S1. Autonoomsus, ökonoomsus, energiasäästlikkus.	S1. Jätkusuutlikkus ja keskkonnasäästlikkus.	S1. Soojustamisega alandada energia tarbimist.

<b>Tegevuse efektiivsus</b>	<b>Nõuded</b>	<b>Mõõdikud</b>	<b>Eesmärgid (väärtused)</b>	<b>Hinnang (võimalused)</b>
<b>Areng</b> Informeeritus. Murrang.	A1. Analüüsida tehtud lahendusi, et arendada uusi ja paremaid.	A1. Huvipoolte teadlikkus.	A1. Säästliku kodu olulisuse mõistmine.	A1. Dokumentatsiooni täiustamine.

Traditsiooniliselt loetakse tulemuskaardi vasakpoolset tulpa alt üles – alumine mõjutab ülemist, aga targa kodu puhul see nii ei ole. Targas kodus on finants, tarbija (elanike tervis, heaolu ja rahulolu), protsessid ja areng ühtviisi tähtsad ehk üks ei kaalu teist üle.

Tasakaalustatud tulemuskaardilt selgub, et tark maja toimib vastavalt funktsionaalsetele plokkidele. Kui kujundada täiendavalt oma nutikas kodu eelpool toodud võimalustele, hoiab tark kodu koduse keskkonna paremini soovitud normide piires, on tervislik ja säästlik ning emotsioone toetav (seda kõike näitab ka ülaloodud tulemuskaart). See kõik aitab tagada tarbija rahulolu, säästes energiat ja hoides seeläbi ka raha kokku. Antud bakalaureusetöö lõpuks on tekkinud targa maja süsteemile oluline dokumentatsiooni täiendus.

## Kokkuvõte

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli anda ülevaade targast kodust, analüüsida olemasolevat versiooni ning töötada välja uue versiooni laiendused, et pakkuda võimalikke targa kodu tuleviku lahendusi. Töö põhieesmärgiks oli analüüsi tulemusel esitada uudseid nõudeid, kirjeldada motivatsioonimudel ning töötada välja targa maja tulemuskaardi mõõdikud.

Analüüsi tulemuste alusel hinnati targa kodu erinevaid versioone ning kirjeldati uue versiooni võimalusi. Käesoleva töö lõpuks on tekkinud süsteemile dokumentatsiooni oluline täiendus motivatsioonimudeli ja tasakaalustatud tulemuskaardi kujul. Antud töö tulemuseks on pakkuda arendajatele suundi, kuhu targa kodu täiustamisel edasi liikuda.

Antud töö järeldus on see, et süsteemi kasutamine peaks olema lihtsam, et iga kasutaja saaks seda ise programmeerida ja reeglitega programmeerimine teeb selle kergeks. Teine järeldus on see, et uus versioon muutub kasutajale palju lihtsamaks, kui motivatsioonimudel ja tulemuskaart on kirjeldatud.

Selle töö tulemusena valminud analüüsidokument on oluliseks täienduseks targa kodu dokumentatsioonile ning uue versiooni arenduse jaoks. Juhendaja kasutab neid tulemusi koduautomaatika süsteemi arendamiseks TTÜ IT-maja Veebiteenuste ja sensorsüsteemide laboratooriumis. Antud töö teema edasiarenduse uurimist saab jätkata magistrantuuris.

Lõputööle püstitatud eesmärgid saavutati täies ulatuses, mis saavutati põhjaliku analüüsi ning järelduste tulemusena, kasutades ka täiendavaid teemakohaseid materjale.

Käesoleva töö eesmärgid saavutati uuringu tulemusena ning kuna juhendaja võimaldas autoril Veebiteenuste ja sensorsüsteemide laboratooriumis süsteemi jälgida, siis ei oleks saanud antud töö tulemusi paremini saavutada.



## **Summary**

This bachelor's thesis goal was to present an overview of intelligent home, to analyze the existing version and to develop the new versions extensions in order to provide future smart house solutions. The main objective was to present new requirements as a result of the analysis, to describe a motivation model and to develop intuitive smart house scorecard metrics.

Analysis results were assessed on the basis of smart home various versions and described the new versions opportunities. By the end of this work there is an important addition to the system documentation in the form of a motivation model and a balanced scorecard. This work result is to offer something for the developers where to move forward to improve the smart home.

This diploma work concludes that the system should be simple, so that every user can program it themselves and the rule-based programming makes it easy. Another finding is that the new version will become much easier for the user if the motivation model and scorecard are described.

As a result of this work, the completed analysis document is an essential addition to the smart home documentation and for the development of the new version. The tutor uses these results to develop home automation system in TUT IT building Web services and sensor systems laboratory. Further development on this topic can pursue in postgraduate studies.

The goals for final thesis were achieved fully, which were accomplished by a thorough analysis and the conclusions were reached as a result of using additional thematic material.

This work goals were achieved as a result of the study and because the tutor enabled the author to monitor in Web services and sensor systems laboratory, then the results of this work could not be better achieved.

## Kasutatud kirjandus

- [1] H. Vallaste, „e-Teatmik: IT ja sidetehnika seletav sõnaraamat,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.vallaste.ee/index.htm>. [Kasutatud 14. 04. 2015].
- [2] I. Automation, „What is SCADA?,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://inductiveautomation.com/what-is-scada>. [Kasutatud 14. 05. 2015].
- [3] R. Paluoja, „Arvutivõrgud aine chapter 9 Network Management,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.dcc.ttu.ee/ReinP/Arvutiv%C3%B5rgud%20Chapter9.pdf>. [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [4] M. Grusin, „Serial Peripheral Interface (SPI),“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi>. [Kasutatud 14. 05. 2015].
- [5] InDome, „Z-Wave tehnoloogia,“ 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.indome.ee/kasutusjuhendid-ja-opetused/z-wave-tehnoloogia/>. [Kasutatud 14. 05. 2015].
- [6] N. D. D. U. B. A. G. N. M. AmirHosein GhaffarianHoseini, „The essence of future smart houses :From embedding ICT to adapting to sustainability principles,“ *Elsevier*, 2013.
- [7] T. H. R. H.-B. Charlie Wilson, „Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges,“ *Springer*, 2014.
- [8] P. A. F. Angeliki Kylili, „European smart cities: The role of zero energy buildings,“ *Elsevier*, 2014.
- [9] R. L. Tso, „Smart Homes of the Future Will Know Us by Our Heartbeats,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.wired.com/2014/10/smart-homes-of-the-future/>. [Kasutatud 11. 04. 2015].
- [10] D. Bees, „Evolving home networks to enable smart homes,“ *CEDMagazine*, 2014.
- [11] R. Nieva, „Rosie or Jarvis: The future of the smart home is still in the air,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.cnet.com/news/rosie-or-jarvis-the-future-of-the-smart-home-is-still-in-the-air/>. [Kasutatud 13. 04. 2015].
- [12] L. D. R. Fulvio Corno, „Automatic problems detection in trigger-action rules for a Smart Home,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://elite.polito.it/index.php/thesis/offers/271-problems-detection-in-trigger-action-rules>. [Kasutatud 26. 04. 2015].
- [13] F. C. L. D. R. Dario Bonino, „A User-Friendly Interface for Rules Composition in Intelligent Environments,“ 2011.
- [14] R. Paluoja, „Arvutivõrgud aine chapter 1 Introduction,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.dcc.ttu.ee/ReinP/Arvutiv%C3%B5rgud%20Chapter1.pdf>. [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [15] R. Paluoja, „Arvutivõrgud aine chapter 4 Network Layer,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.dcc.ttu.ee/ReinP/Arvutiv%C3%B5rgud%20Chapter4.pdf>. [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [16] Yoga, „Yoga Smart Home System Architecture,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.yogasystems.com/docs/2015-Yoga\\_v.3.0\\_installation\\_manual.pdf](http://www.yogasystems.com/docs/2015-Yoga_v.3.0_installation_manual.pdf).

- [Kasutatud 09. 05. 2015].
- [17] A. S. G. Ashish Garg, „Designing Reliable Powerline Communications,“ *Cypress Semiconductor*, 2010.
- [18] R. Paz, „EE260 Lecture 11B, Serial Communications: I2C Communication and SPI Communication,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <http://128.123.131.68/files260/Lecture/resources/Lecture11B.pdf>. [Kasutatud 04. 04. 2015].
- [19] J. P. Pullen, „Everything You Need to Know About Smart Home Networking,“ 16. 03. 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://time.com/3745059/smart-home-wireless-networks/>. [Kasutatud 07. 04. 2015].
- [20] E. Õunapuu, „Implementing evolutionary systems. Smart sensor networks and analytics,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://193.40.244.77/ennounapuu/wp-content/uploads/2015/02/CataloniaEvolSystems2014.pdf>. [Kasutatud 03. 04. 2015].
- [21] M. D. Vivo, „The lifecycle of an RFID "smart home",“ 2013. [Võrgumaterjal]. Available: <http://rfidarena.com/2013/6/11/the-lifecycle-of-an-rfid-smart-home.aspx>. [Kasutatud 14. 04. 2015].
- [22] N. Lee, „Bluetooth 4.0: What is it, and does it matter?,“ 2011. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.cnet.com/news/bluetooth-4-0-what-is-it-and-does-it-matter/>. [Kasutatud 04. 04. 2015].
- [23] R. Paluoja, „Arvutivõrgud aine chapter 8 Network Security,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.dcc.ttu.ee/ReinP/Arvutiv%C3%B5rgud%20Chapter8.pdf>. [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [24] Yoga, „Yoga HUB,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.yogasystems.com/docs/Datasheet-Yoga-HUB.pdf>. [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [25] Yoga, „Instructions for connecting Yoga Smart Home HUB,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.yogasystems.com/docs/UserManual\\_Yoga\\_HUB.pdf](http://www.yogasystems.com/docs/UserManual_Yoga_HUB.pdf). [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [26] Yoga, „Instructions for connecting Yoga Smart Home motion detector,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.yogasystems.com/docs/UserManual\\_Motion\\_Detector.pdf](http://www.yogasystems.com/docs/UserManual_Motion_Detector.pdf). [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [27] Yoga, „Instructions for connecting Yoga Smart Home smoke detector,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.yogasystems.com/docs/UserManual\\_Smoke\\_Detector.pdf](http://www.yogasystems.com/docs/UserManual_Smoke_Detector.pdf). [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [28] Yoga, „Instructions for connecting Yoga Smart Home window and door sensors,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.yogasystems.com/docs/UserManual\\_Door\\_and\\_Window\\_Sensor.pdf](http://www.yogasystems.com/docs/UserManual_Door_and_Window_Sensor.pdf). [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [29] Yoga, „Instructions for connecting Yoga Smart Home electricity monitor,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.yogasystems.com/docs/UserManual\\_Electricity\\_Monitor.pdf](http://www.yogasystems.com/docs/UserManual_Electricity_Monitor.pdf). [Kasutatud 05. 04. 2015].
- [30] Yoga, „Instructions for connecting Yoga Smart Home security remote key fob,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.yogasystems.com/docs/UserManual\\_Security\\_Remote\\_Key\\_Fob.pdf](http://www.yogasystems.com/docs/UserManual_Security_Remote_Key_Fob.pdf). [Kasutatud 05. 04. 2015].

- [31] A. Jõesaar, „Tark maja vallutab maailma,“ 2010. [Võrgumaterjal]. Available: <http://euroopaliidutoetusedeestis.e24.ee/340972/tark-maja-vallutab-maailma>. [Kasutatud 13. 04. 2015].
- [32] Postimehe pressiteade, „Yoga OÜ ja Eesti Energia AS liitusid ITL-iga,“ 2010. [Võrgumaterjal]. Available: <http://uudisvoog.postimees.ee/?DATE=20101125&ID=243880>. [Kasutatud 13. 04. 2015].
- [33] K. O. Ain Alvela, „Yoga – targa maja looja,“ 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.aripaev.ee/uudised/2012/02/14/yoga-targa-maja-looja>. [Kasutatud 13. 04. 2015].
- [34] Mati Feldmann, „Yoga targa maja lahendused,“ 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.inseneria.ee/yoga-targa-maja-lahendused/>. [Kasutatud 13. 04. 2015].
- [35] J. Govette, „10 Biggest Innovations in Health Care Technology in 2015,“ 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <https://getreferralmd.com/2015/02/the-10-biggest-innovations-in-health-care-technology-in-2015/>. [Kasutatud 01. 05. 2015].
- [36] ArchiMate, „ArchiMate 2.1 Specification,“ 2013. [Võrgumaterjal]. Available: <http://pubs.opengroup.org/architecture/archimate2-doc/chap10.html>. [Kasutatud 05. 05. 2015].

## Lisa 1

Võrguhalduse standardid on järgnevad:

SNMP (*Simple Network Management Protocol*) seob endas hulga protokolle keerukate võrkude halduseks. SNMP töötab, saates sõnumeid erinevatele võrguosadele. SNMP-ga ühilduvad seadmed, nn agendid, salvestavad infot enda kohta MIB-des (*Management Information Base*) ja saadavad infot välja SNMP päringute peale teistele seadmetelt. SNMP esimesed versioonid olid lihtsad, seadmed raporteerisid ainult seda, kui nad olid töökorras. Hetkel kasutatakse SNMP versiooni 3, mis on oluliselt keerukam. SNMP koosneb kahest osast: esmalt MIB, mis on hajutatud informatsioonibaas ja sisaldab seadmete kohta olevat infot ning teisalt SMI (*Structure of Management Information*), mis on andmete defineerimise keel MIB objektide kohta ja mille eesmärk on määratleda süntaks ja semantika haldusinfo kogumiseks [3].

SNMP turvalisus ja administreerimine on tagatud krüpteerimisega, sest SNMP sõnumid on krüpteeritud kasutades DES (*Data Encryption Standard*) algoritmi. Lisaks on kasutusel autentimine, millega arvutatakse ja saadetakse vastavalt räsifunktsiooniga arvutatud identifikaatoreid, kasutades jagatud salajast võtit (sümmeetriline krüptograafia). Tagamaks võtme kopeerimiskaitse, arvutatakse iga sessiooni jaoks uus võti. Andmebaasi vaatamistaseme kontroll on tagatud, kuna SNMP osapool haldab ligipääsuõiguste andmebaasi, kus jagatakse õigusi erinevatele kasutajatele [3].

Teiseks OSI (*Open Systems Interconnection*) arhitektuuri CMIP (*Common Management Information Protocol*), mida kasutatakse koos CMIS-ga (*Common Management Information Services*), mis määratleb hulga võrguhalduse teenuseid. CMIP loodi asendamaks SNMP protokoll, kuid pole veel laiemalt levinud. CMIP pakub kõrgemat turvalisust ja vähemtähtsate võrgusündmuste raporteerimist [3].

Võrgu elementide vahel toimub pidev sidepidamine, mis jaguneb peamiselt kaheks: juhtmega ja juhtmevabaks edastuseks.

Juhtmega edastus on LAN kohtvõrk, mille aadressiks on 48 bit füüsilised võrguseadme aadressid (MAC). Edastatav info jagatakse andmepakettideks, mis koosnevad kahest osast – andmed ja asukoha aadress (edaspidi TCP/IP, ingl *Transmission Control Protocol/Internet*

*Protocol*). Aadressi kasutatakse andmepakettide füüsiliseks transpordiks. MAC-aadresse jagab IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) ja igal seadmel on see unikaalne, tavaliselt tootjatehase poolt määratud. IP-aadressi abil suunatakse pakett õigesse alamvõrku, seal edastatakse pakett kõigile arvutitele ning õige host aadressiga arvuti loeb ja tunneb talle saadetud paketi ära. Ethernetis ei saada vastuvõtja ACK-e (*ACKnowledgement*) ning NAK-e (*Negative AcKnowledgegment*) saatjale. Seega võib andmepakettide voos tekkida tühimikke. Kui rakendus kasutab TCP-d (*Transmission Control Protocol*), siis tühimikud täidetakse, vastasel juhul ilmnevad need ka rakenduses. Ethernet kasutab piludeta CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*) protokoll. Saatev adapter pakib IP-datagrammi Etherneti kaardrisse sellele omase päisega [14]:

1. Eelsignaali (ingl *preamble*) – kindel bitijada, mis näitab, et algab uus kaader. Sünkroniseerib saatja ning saaja kellad.
2. Saaja aadress – 6 baidine MAC-aadress.
3. Saatja aadress – 6 baidine MAC-aadress.
4. Tüüp – näitab kõrgema taseme protokoll, näiteks IP, IPX (*Internetwork Packet Exchange*) või AppleTalk jne.
5. Andmed – määratud pikkusega baidijada, mis sisaldab kasulikke andmeid.
6. Tsükelkoodikontroll CRC (*Cyclic Redundancy Check*) – veakontrolliks vajalikud andmed.

Etherneti tehnoloogiad on järgmised [14]:

1. 10Base2 – koaksiaalkaabliga ehitatavad siinivõrgud. Maksimaalne kaablipikkus seadme ja terminaatori vahel on 200 m. Maksimaalne kiirus on 10 Mbps.
2. 10BaseT ja 100BaseT – vastavalt 10 Mbps ja 100 Mbps kiirus, nimetatakse "Fast Ethernet". T tähendab, et kasutatakse *Twisted Pair* (keerupaari kaablid) kaabeldust.
3. Gbit Ethernet – kasutab standardset Etherneti paketi formaati. Lubab punkt-punkt ühendust ja jagatud kanaleid. Jagatud kanalit kasutades kasutatakse CSMA/CD-d. Punkt-punkt ühenduse puhul on garanteeritud dupleksedastus (ingl *full-duplex*) 1 Gbps ehk andmeid saab signaalikandjal edastada samaaegselt mõlemas suunas.

Igal internetiga ühendatud arvutil, on vähemalt üks IP-aadress, mis on 32-bitine hosti või ruuteri liidese identifikaator. Liides on ühendus hosti või ruuteri ja füüsilise lüli vahel ning on seotud IP-aadressidega. Ruuteritel on üldjuhul mitu liidest, hostil aga üldjuhul üks. IP-aadress koosneb alamvõrgu osast (kõrgemat järku bitid) ning hosti osast (madalamat järku bitid). Aadressiformaat on a.b.c.d/x, kus x on bittide arv võrgu osa aadressis ning seda nimetatakse võrgumaskiks. Võrk saab endale IP-aadressi internetiteenuse pakkujalt (edaspidi ISP, ingl *Internet Service Provider*), kes määrab talle osa oma kasutatavast aadressiruumist [15].

IP-l on kaks peamist ülesannet – pakkuda ühendusevaba võimaluste piires parimat andmepakettide kohale toimetamist ning pakkuda (de)fragmenteerimist (faili salvestamisel kõvakettale osadeks jagamine), et võimaldada andmeedastust erinevate maksimaalse andmeühikuga võrkudes [15].

IP-aadresse on tänapäeval kahte tüüpi [15]:

1. IPv4 (*Internet Protocol version 4*) – igale võrgusõlmele eraldatakse üks 32-bitine unikaalne aadress, mis on jagatud kaheks loogiliseks osaks: võrgu- ja hostiosaks. Võrguosa näitab, mis alamvõrgus seade on ning võrguosa ja hostiosa kokku annab tervikliku IP-aadressi antud võrgus. IP-aadress on jagatud neljaks osaks, mis on üksteisest eraldatud punktiga. Igat konkreetset võrku saab omakorda jagada alamvõrkudeks. Alamvõrgu täpse suuruse määrab kasutatav võrgumask.
2. IPv6 (*Internet Protocol version 6*) – 32-bitine aadressiruum on ammendunud lõplikult 2008. aastaks. IPv6 päise formaat peaks kiirendama pakettide töötlust ja edastamist. Kasutusele on võetud uus suvaedastuse (ingl *anycast*) aadress, mis peaks võimaldama valida optimaalseima tee üheni mitmest võimalikest serveritest. IPv6 puhul ei ole aga lubatud fragmenteerimine. IPv6 korral on paketi päis muutumatu 40 baiti. Samuti ei lubata pakettide tükeldamist ehk kui pakett on maksimaalsest ülekandeühikust suurem, siis ruuter viskab paketi lihtsalt minema.

IPv6 erineb IPv4 seetõttu, et selles on täielikult ära kaotatud kontrollsumma, et vähendada töötluseks kuluvat aega. Üleminek IPv4-lt IPv6-le pole lihtne, kuna mitte kõiki ruutereid ei ole võimalik korruga uuendada, st tekib segatud võrk (IPv4 ja IPv6). Kasutatakse kahe-stackilisi (ehk kõigepealt võetakse viimati salvestatud andmeelement) ruutereid, mis võimaldavad pakette teisendada ühest aadressiruumist teise. Teine võimalus on kasutada tunneleid, kus IPv6 paketid liiguvad kapseldatuna IPv4 sees [15].