

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Tehnoloogiainstituut

Mario Kool

Esemete jälgimissüsteem

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Arvutitehnika eriala

Juhendaja:

Vanemteadur Heiki Kasemägi

Tartu 2018

Resümee/Abstract

Esemete jälgimissüsteem

Tartu ülikooli poolt õppetöös kasutatavate seadmete hulk aina kasvab. Suur seadmete hulk toob kaasa selle, et nende jälgimine muutub aina keerulisemaks. Selle probleemi aitab lahendada tänapäeval laialdaselt kasutatud automaatse tuvastuse tehnoloogia.

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida automaatse tuvastuse võimalusi ning koostada süsteem, mis suudab automaatselt tuvastada esemeid, mis on vastavalt märgistatud. Koostatud süsteem kasutab raadiosagedustuvastus tehnoloogiat.

CERCS: T170 Elektroonika; T191 Kõrgsagedustehnoloogia, mikrolained; T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia; T125 Automatiseerimine, robotika, control engineering;

Märksõnad: Raadiosagedustuvastus, RFID, automaatne tuvastus, automaatne andmete salvestamine

Item tracking system

University of Tartu uses all sorts of gadgets in lectures and labs. The number of gadgets used is rapidly increasing. The rapid increase in gadgets means that tracking whereabouts of them is becoming more difficult. This can be solved with an automatic identification and data collection system.

The aim of this thesis is to study automatic identification and data collection technology and build a system using this technology. The system can detect objects, that have been marked with a tag. The system is built around radio-frequency identification technology.

CERCS: T170 Electronics; T191 High frequency technology, microwaves; T120, Systems engineering, computer technology; T125 Automation, robotics, control engineering

Keywords: Radio-frequency identification, RFID, automatic identification, automatic data collection

Sisukord

Resümee/Abstract	2
Sisukord	3
Jooniste loetelu.....	5
Tabelite loetelu.....	6
Lühendid, konstandid, mõisted.....	7
1 Sissejuhatus.....	8
1.1 Probleemi tutvustus	8
1.2 Töö eesmärk ja ülevaade	8
2 Ülevaade probleemist	9
2.1 Automaatse tuvastuse süsteem	9
2.2 Triipkood.....	9
2.3 QR-kood.....	11
2.4 Raadiosagedustuvastus.....	13
2.4.1 Raadiosagedustuvastuse silt	14
2.4.2 Raadiosagedustuvastuse luger	15
2.4.3 Kasutatavad sagedused.....	15
2.5 Kokkuvõtte automaatsetest tuvastussüsteemidest	16
3 Nõuded.....	17
4 Riistvara.....	18
4.1 Raadiosagedustuvastuse luger.....	18
4.2 Raadiosagedustuvastuse silt	19
4.3 Wemos D1 Mini	20
5 Loodud tarkvara.....	21
5.1 Andmeedastustarkvara	21

5.2	Veebirakendus	22
5.3	Andmebaas	25
5.4	Süsteemi töö kirjeldus	25
6	Tulemused.....	27
6.1	Lugemiskauguse mõõtmine.....	27
6.2	Mitme sildi lugemine	27
6.3	Sildi lugemine erinevates keskkondades.....	27
6.4	Lugeri töörežiimide katsetamine	27
6.5	Andmete saatmine andmebaasi	28
6.6	Andmete lugemine D1 Mini kaudu.....	28
7	Tulemuste analüüs ja järeldused	29
7.1	Lugemiskauguse mõõtmise analüüs.....	29
7.2	Mitme sildi lugemise analüüs.....	29
7.3	Siltide lugemise erinevates keskkondades analüüs	29
7.5	Andmete andmebaasi saatmise analüüs	29
7.6	Andmete lugemine D1 Mini kaudu analüüs.....	29
7.7	Järeldused analüüsides	30
	Tänuavaldused	32
	Viited.....	33
	Lisad.....	36
	Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	37

Jooniste loetelu

1. Codabar sümboolikaga triipkood.....	10
2. QR-kood.....	11
3. QR-koodi struktuur	12
4. Mikro QR-kood.....	12
5. Kasutatud lugeri pealtvaade.....	19
6. Kasutatud lugeri seestvaade.....	19
7. Kasutatud Raadiosagedustuvastuse silt	20
8. Wemos D1 Mini.....	20
9. veebirakenduse avakuva	23
10. Veebirakenduse andmete vaade.....	24
11. veebirakendus profiili vaade.....	24
12. Andmebaasi struktuur	25
13. Süsteemi töö kirjeldus.....	26

Tabelite loetelu

1. Raadiosagedustuvastuse töösagedused	16
2. Raadiosagedustuvastuse lugeri tehnilised andmed	18
3. lugeri poolt saadetud andmete formaat	21

Lühendid, konstandid, mõisted

RFID – *Radio-Frequency Identification.*

Transiiver – Digitaalseade, mis töötab nii saatjana kui vastuvõtjana.

Luger – seade, mis on kasutuses automaatse tuvastuse süsteemides, et lugeda triipkoodidelt, QR-koodidelt, raadiosagedustuvastuse siltidelt jms andmeid.

EPC – *Electronic Product Code.*

TID – *Tag ID.*

SQL – *Structured Query Language.*

TLS – *Transport Layer Security.*

SSL – *Secure Sockets Layer.*

HTTPS – *Hypertext Transfer Protocol Secure.*

HTML – *Hyper Text Markup Language.*

CSS – *Cascading Style Sheet.*

1 Sissejuhatus

Tänapäeval on esemete jälgimine poodides, laborites, raamatukogudes ja paljudes muudes asutustes automatiseeritud. Kui keegi muudab eseme asukohta, on see automaatselt salvestatud andmebaasi, kust on võimalik esemete asukohta võimalik jälgida reaalsajas. See vähendab töökoormust töötajatel, vähendab eksimuste arvu andmete sisestamisel ning tõstab turvalisuse taset.

1.1 Probleemi tutvustus

Õpptöös kasutatavate seadmete hulk kasvab kiiresti. Kõigi seadmete asukohtade jälgimine muutub järjest raskemaks – ei ole teada, kes mida kuhu viis, tudengitele seadmete laenutamine muutub keeruliseks ning seadmete kadumine suureneb.

Tänapäeval on esemete jälgimine suures ulatuses automatiseeritud ning nende asukohta on võimalik reaalsajas jälgida. Õppetöös kasutatavate seadmete jälgimise automatiseerimisega väheneks seadmete kadumine, oleks koguaeg teada, kus seadmed asuvad ning suureneks turvalisus. Samuti väheneks õppejõudude töökoormus ning suureneks õppetöö efektiivsus. Oleks vaja leida moodus, kuidas automatiseerida seadmete jälgimine Tartu Ülikoolis.

1.2 Töö eesmärk ja ülevaade

Töö eesmärgiks koostada automaatse tuvastuse süsteemi lahendus, mida saaks kasutada Tartu Ülikoolis seadmete jälgimiseks, ehk oleks reaalsajas võimalik veebirakendusest vaadata, kus ruumis mingi seade asub.

Eesmärgi saavutamiseks tuleb kõigepealt põhjalikult tutvuda esemete tuvastuse tehnoloogiatega ning riistvara lahendustega. Tuleb uurida millised võimalused on vajaminevate seadmete soetamiseks ning millised on nende töötingimused.

Tuleb uurida andmete salvestamise võimalusi ning koostada veebirakendus andmete edastamiseks.

2 Ülevaade probleemist

2.1 Automaatse tuvastuse süsteem

Automaatse tuvastuse ja andmete kogumise (inglise keeles *automatic identification and data collection*) süsteemid on süsteemid, mis tuvastavad ja salvestavad andmeid esemete, inimeste, loomade ja muude objektide kohta [1, 2].

Automaatse tuvastuse ja andmete kogumise süsteemid on täielikult või suures osas automatiseeritud. See tähendab, et kõik töötab arvutitel ning inimese sisend süsteemi töös on minimaalne. See tagab kiire ja täpse andmetöötluse [1, 2].

Kõige levinumad tehnoloogiad on triipkoodid, QR-koodid, raadiosagedustuvastus (*RFID*), biomeetria, häältuvastus, kiipkaardid ja magnetribad [1, 2].

Kuna biomeetria, häältuvastus, kiipkaardid ja magnetribad on tavaliselt kasutuses turvasüsteemides, maksesüsteemides, inimeste või loomade tuvastamiseks, siis antud probleemi lahendamiseks need ei sobi. Triipkoodid, QR-koodid ja raadiosagedustuvastus on aga laialdaselt kasutuses esemete automaatseks tuvastamiseks ning võivad olla lahenduseks probleemile [3 - 5].

2.2 Triipkood

Triipkood, mida kutsutakse ka vöötkoodiks, on optiline masinloetav andmete esitus (joonis 1). Triipkoodil olevad andmed kirjeldavad tavaliselt toodet, isikut, eset või muud objekti, millele triipkood on paigaldatud [6].

Triipkoodile sisestatud andmed on esitatud süstemaatiliselt, muutuva laiuse ja vahega paralleelsete triipudena. Lisaks triipudele võib triipkoodil veel olla numbrite jada, mis omakorda tähistab mingit toote, isiku või muu objekti omadust. Esiagselt olid triipkoodid loetavad vaid spetsiaalsete optiliste triipkoodi lugeritega. Hiljem aga loodi sobiv tarkvara, millega saab triipkoode lugeda ka nutiseadmetega, millele on paigaldatud kaamera [6].

Esimest korda tööstuslikul kasutati triipkoode eesmärgil Ameerika Raudteede Ühingu poolt rongivagunite äratundmisel. Hiljem sai süsteem väga populaarseks toidupoodides toodete automaatseks registreerimiseks. Aastast 1966 hakati muutma ning arendama triipkoode Ameerika Ühendriikides standardseks kaupade registreerimise viisiks. Aastal 1981 võttis Ameerika

Ühendriikide kaitseministeerium triipkoodid standardseks viisiks sõjaväevarustuse registreerimisel. Tänapäeval kasutatakse triipkoode ülemaailmselt erinevates valdkondades toodete, isikute, loomade ja palju muude objektide registreerimisel [6].

2.2.1 Triipkoodi struktuur

Triipkoodi struktuur määrab, kuidas triibud on paigutatud ning kuidas on defineeritud nende laius, vahe ning kõrgus. Triipkoodi struktuure on disainitud mitmeid ning tihti on ühe struktuuriga triipkoodist mitu versiooni. Triipkoodi struktuur sõltub sellest, mis otstarbel soovitakse triipkoodi kasutada [6, 7].

Triipkoodid erinevad triipude ja vahede arvu poolest, triipude ja vahede laiuse poolest, triipude kõrguse poolest, ning sellest, kas triipkoodile on lisatud numbreid. Lisaks eelnevale on triipkoode nii ühe- kui ka kahemõõtmelisi. Ühemõõtmeline triipkood on kõige traditsioonilisem triipkood, mis koosneb vertikaalsetest triipudest. Kahemõõtmeline triipkood koosneb kujundite maatriksist. Kõige tuntum kahemõõtmeline triipkood on QR-kood (joonis 2) [6, 7].



Joonis 1: Codabar sümbolikaga triipkood

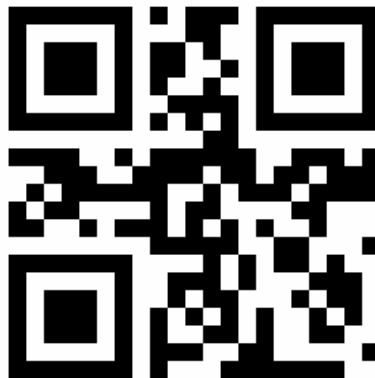
2.2.2 Triipkoodilugered

Triipkoodilugered töötavad fototransistoril, mis mõõdab valguse peegeldumist triipkoodi tumedatelt ja heledatelt triipudelt. See tähendab, et triipkoodi lugemiseks, peab luger olema triipkoodile üpriski lähedal. Lugemiskaugus sõltub triipkoodi suurusest ning lugeri võimsusest, kuid tavalisemate lugerite maksimaalne lugemiskaugus jääb 5 – 20 cm vahemikku. Triipkoodilugered on tööpõhimõttelt väga sarnased, ainus erinevus on nende ühendusviisi arvutiga. Triipkoodilugered kasutavad RS-232, PS/2 või USB ühendust. Paljud modernsed nutitelefonid ja tahvelarvutid suudavad lugeda triipkoode läbi seadme kaamera ja spetsiaalse tarkvara [6, 7].

2.3 QR-kood

QR-kood on kahemõõtmeline triipkood, tuntud kui ka maatriks triipkood. QR-kood koosneb kujundite, tavaliselt ruutude maatriksist. QR-kood on optiline märgis, millele on salvestatud toote, isiku, looma või muu objekti kohta andmeid [10-12].

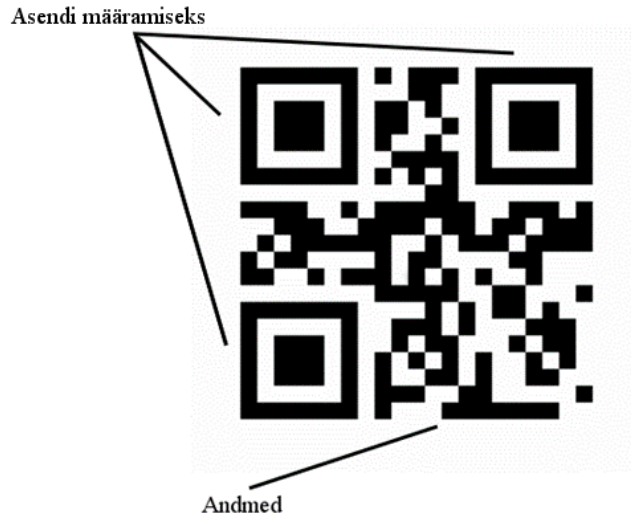
QR-kood sai alguse Jaapanis 1994 aastal. QR-koodi eesmärgiks oli autotööstuses autode ja autoosade äratundmine ning automaatne registreerimine. Tänapäeval kasutatakse QR-koode peaaegu kõikjal – autotööstuses, poodides toodetel, veebilehekülgedele sisselogimisel, reklaamplakatitel, turvasüsteemides, maksesüsteemides ning isegi surnuaedades hauakividel. QR-koodid on saanud nii populaarseks seetõttu, et nad suudavad hoida palju rohkem andmeid kui tavaline triipkood ning neid saab lugeda iga seadmega, millel on kaamera ja sobiv tarkvara. Sarnaselt traditsioonilisele triipkoodile peab ka QR-kood olema lugerile täielikult nähtav [10-12].



Joonis 2: QR-kood

2.3.1 QR-koodi struktuur

QR-kood koosneb kujundite, tavaliselt ruutude maatriksist. QR-koodi nurkades olevad kujundeid kasutatakse asendi määramiseks. Andmeid hoitakse väikeste mustade ja valgete kujunditena, mida kutsutakse ka mooduliteks (joonis 3). Mooduli suuruse määrab QR-koodi kasutav isik või asutus vastavalt nende riistvara võimalustele [10-12].



Joonis 3: QR-koodi struktuur

2.3.2 QR-koodi standardid

QR-koodidel on palju erinevaid standardeid, mis määravad, kuidas andmed on salvestatud, mis kodeeringut on kasutatud, kui suur märgis füüsiliselt on, mis otstarbel seda märgist kasutatakse jne. Põhilised kodeeringut määravad standardid ISO/IEC 18004:2015, JIS X 0510 ja AIM International [8,9]. Suuruse järgi on QR-koodid jaotatud versioonideks 1 - 40. Väikseim QR-kood on versioon 1 ning koosneb 21x21 moodulite maatriksist. Suurim QR-kood on versioon 40 ning koosneb 177x177 moodulite maatriksist. Samuti on olemas spetsiaalsed QR-koodid nagu mikro QR kood, IQR kood, SQRC, FrameQR[10].

Mikro QR-kood on nagu tavaline QR-kood, ainult väiksem (joonis 4). Mikro QR-koodi väikseim suurus on 11x11 maatriks ning suurim 17x17 maatriks. [10].



Joonis 4: Mikro QR-kood

IQR kood on QR-koodi alternatiiv, mis võib olla nii ruudu- kui ka ristkülikukujuline. IQR kood on mõeldud tavalise triipkoodi alternatiiviks nt. silindriliste ja ümmarguste toodete peal. Kuna kogu QR-kood peab lugerile olema nähtav ning kumeratele esemetele paigaldamisel võivad QR-koodil olevad kujundid muuta oma kuju või suurust, ei saa kasutada tavalist QR-koodi kumeratel

esemetel. IQR koodid disainitud töötama just kumeratel esemetel. IQR kood ei ole avalikult kasutatav [10].

SQRC kood on QR-kood, millele on lisatud lugemiskaitse funktsioon, mis lubab märgist lugeda vaid autoriseeritud isikutel. SQRC koodi kasutatakse personaalse ja salajase informatsiooni salvestamiseks [10].

Frame QR-kood on QR-kood, millel keskmine osa on niinimetatud disainiala, kuhu saab lisada erinevaid logosid, teksti jms [10].

2.3.3 QR-koodi turvalisus

Kuna QR-koode saab lugeda igapäev, kellel on nutiseade, millel on kaamera ning vastav QR-koodi lugemise tarkvara, siis ei saa tavalisse QR-koodi salvestada privaatset informatsiooni. Samuti, kuna QR koodi saab salvestada piisavalt suures koguses andmeid, et nt. programmikood sinna ära mahutada, siis võib QR-koodi olla paigaldatud pahatahtlik programm, link pahatahtlikule veebileheküljele vms [10].

2.4 Raadiosagedustuvastus

Raadiosagedustuvastus (inglise keeles *radio-frequency identification, RFID*) on raadiolaineid kasutatav tehnoloogia esemete, inimeste, loomade ja muude objektide tuvastamiseks. Raadiosagedustuvastus kasutab andmete salvestamiseks spetsiaalseid märgiseid ehk silte (inglise keeles *tag*), mis on elektroonilised. Selliste siltide lugemiseks tuleb kasutada spetsiaalset lugerit. Kuna raadiosagedustuvastus töötab raadiolainetel, ei ole otsenähtavus sildi ja lugeri vahel oluline [13, 14].

Kuigi sarnased raadiosagedustel töötavad tehnoloogiad eksisteerisid juba 1940. aastatel, on raadiosagedustuvastus kogunud populaarsust viimase aastakümne jooksul, seda eeskätt tehnoloogia kulukuse tõttu. Kuna raadiosagedustuvastusseadmete tootmine on muutunud kordades odavamaks, eelistatakse raadiosagedustuvastust aina rohkem triipkoodile. Raadiosagedustuvastuse suured eelised teiste süsteemide ees on kiirus, väga hea vastupidavus rasketele keskkonnaoludele ning pikk eluiga [13, 14].

Raadiosagedustuvastust kasutatakse süsteemides, kus triipkoodide kasutus oleks ebaefektiivne või lausa võimatu, näiteks laborites proovide säilitamisel väga madalatel temperatuuridel,

sõidukite kiirel registreerimisel, logistikas, inventarihalduses. Lisaks sellele saab raadiosagedustuvastust kasutada ka turvaelemendina [13, 14].

Kuna raadiosagedustuvastus töötab raadiolainetel, siis raadiolainete levimisel on piirangud. Siltide lugemiskaugus sõltub suuresti töökeskkonnast, sildil oleva antenni suurusel, kasutatavast mikrokiibist, töösagedusest ning lugeri võimsusest [13, 14].

2.4.1 Raadiosagedustuvastuse silt

Raadiosagedustuvastus kasutab niinimetatud silte (inglise keeles *tag*). Sildid võivad olla väga erinevad – kleebised, võtmete kujuga, kaardid, naha alla süstitavad, turvaelemendi sarnased lukustatavad sildid. Toodete ja objektide tuvastamiseks kasutatakse tavaliselt kleebiseid. Inimeste ja loomade tuvastamiseks ning jälgimiseks kasutatakse süstitavaid või lukustatavaid silte. Võtmeid ja kaarte kasutatakse tavaliselt turvasüsteemides ligipääsu võimaldamiseks [13, 14].

Raadiosagedustuvastuse silt koosneb kahest osast: antenn ja mikrokiip. Mikrokiibi ülesanne on salvestada mälu andmeid ning vajadusel need väljastada. Mikrokiip peab olema väga väikese volutarbega. Antenni ülesandeks on luua ühendus lugeriga – püüda sissetulevaid andmeid ja saata välja andmeid ning sõltuvalt sildi tüübist sildi toiteenergia püüdmise [13, 14].

Raadiosagedustuvastuse sildid jagunevad suures osas kaheks – aktiivsed ja passiivsed. Aktiivsetel siltidel on enda toiteallikas ja need edastavad andmeid perioodiliselt. Passiivsetel siltidel puudub enda toiteallikas, saades toiteenergia lugerist. Kui silt on lugeri läheduses, siis tekib nende vahel ühendus ning läbi raadiosageduste vahetatakse andmeid ning saadetakse sildile toiteenergia. Kuna passiivsetel siltidel puudub toiteallikas, siis nende maksumus on kordades odavam ning eluiga pikem kui aktiivsete siltide puhul. Leidub veel poolaktiivseid silte, kuid nende kasutus ei ole väga laialdane [13, 14].

Standardid näevad ette, millise struktuuriga peab olema raadiosagedustuvastuse sildi mälu. See võib olla kas ainult lugemisvõimalusega, ühekordse kirjutusvõimalusega või korduvalt ülekirjutatav. Näiteks ISO-18000-6C standardi järgi on sildi mälu jaotatud neljaks osaks: reserveeritud mälu, EPC mälu, TID mälu, kasutaja mälu [13-15].

Reserveeritud mälu hoitakse sildi niinimetatud tapmisparooli ja ligipääsuparooli. Igat silti on võimalik tappa ehk kehtetuks muuta ning igale sildile saab panna andmete kaitseks parooli peale. Kumbki parool on 32-bitine ning muid andmeid ei saa sellesse mäluossa salvestada [15].

EPC mällu salvestatakse EPC kood ehk elektrooniline toote kood (inglise keeles *electronic product code*). EPC mälublokk on vähemalt 96-bitine. EPC mälus olevaid andmeid saab üle kirjutada [15].

TID mälus hoitakse sildi ID'd, mis on iga mikrokontrolleri tootja toodete jaoks unikaalne. Sildi ID koosneb informatsioonist sildi tootja ja sildi enda kohta ning unikaalsest tähemärkide kombinatsioonist. Seda mäluosa ei saa muuta [15].

Kasutajamälus saab kasutaja salvestada oma andmeid. Tavaliselt ei ole kasutajamälu suurem kui 512 bitti, kuid leidub spetsiaalse otstarbega silte, mille kasutaja mälu on kuni 8 kilobaiti [15].

2.4.2 Raadiosagedustuvastuse luger

Raadiosagedustuvastuse luger on seade, mida kasutatakse raadiosagedustuvastuse siltide lugemiseks. Luger koosneb antennist ja mikroprotsessoril põhineval arvutist. Antenni ülesanne on andmete saatmine ja vastuvõtmine ning sõltuvalt sildist toiteenergia saatmine [13].

Nii nagu silte, on ka lugerid aktiivseid ja passiivseid. Aktiivsed lugerid otsivad sideulatuses olevaid silte. Kui mõni silt on leitud, saadetakse sildile signaal ning andmevahetus algab. Passiivsed lugerid ootavad signaali aktiivsetelt siltidelt ning kui ühendus on loodud, algab andmevahetus [13].

2.4.3 Kasutatavad sagedused

Raadiosagedustuvastus süsteemid erinevad üksteisest töösageduse poolest (tabel 1). Töösagedus ja antennide suurus määravad süsteemi tööraadiuse. Töösagedus määrab andmete edastuskiiruse. Kõrgetel sagedustel töötavad süsteemid suudavad lühikese ajaga lugeda mitut silti, kuid silte loetakse juhuslikus järjekorras – ühte silti võidakse lugeda mitu korda järjest. See tähendab, et mida suurem on siltide arv, seda kauem läheb kõigi siltide lugemiseks [13, 14].

Sagedus	Kaugus	Andmete edastuskiirus
120 - 150 kHz	~12 cm	2 kb/s
13,56 MHz	~10cm - 1 m	26 kb/s
433 MHz	~1 - 100 m	
865 - 868 MHz (Euroopa)	1 - 12 m	640 kb/s
902 - 928 MHz (Põhja-Ameerika)		
2450 - 5800 MHz	1 - 2 m	-
3,1 - 10 GHz	Kuni 200 m	-

Tabel 1: Raadiosagedustuvastuse töösagedused

2.5 Kokkuvõtte automaatsetest tuvastussüsteemidest

Kõige levinumad automaatse tuvastuse süsteemid, mida kasutatakse just esemete tuvastamiseks on triipkoodid, QR-koodid ja raadiosagedustuvastus. Triipkoodid ja QR-koodid on oma olemuselt üksteisega väga sarnased. Mõlemad salvestavad andmeid visuaalselt – triipkood triipudena ning QR-kood kujundite maatriksina. QR-koodi saab aga palju rohkem andmeid salvestada ning nende lugemiseks ei ole vaja spetsiaalset lugerit. QR-koodi ja triipkoodi negatiivne pool on see, et informatsiooni lugemiseks peab kogu silt olema lugerile visuaalselt nähtav.

Raadiosagedustuvastus on süsteem, mis koosneb lugerist ja sildist. Raadiosagedustuvastus sildile salvestatakse andmed mikrokiibi mällu. Raadiosagedustuvastus töötab raadiolainetel, see tagab selle, et otsenähtavus sildi ja lugeri vahel ei ole oluline. Samuti töötab raadiosagedustuvastus palju kiiremini, kui triipkood või QR-kood.

Käesoleva töö eesmärgiks sobib raadiosagedustuvastus kõige paremini, sest raadiosagedustuvastus ei vaja siltide ja lugerite vahelist otsenähtavust. Samuti suudab raadiosagedustuvastus tuvastada mitmeid silte lühikese aja jooksul.

3 Nõuded

Süsteem peab olema suuteline lugema mitut silti korraga ning automaatselt uuendama andmeid andmebaasis. Süsteemi suhtlus peab olema turvaline (st. kõik saadetavad andmed peavad olema krüpteeritud). Andmebaasis olevatele andmetele saavad ligipääsu ainult autoriseeritud isikud. Süsteem ei tohi lugeda märgistatud objekte, mis ei ole läbinud kontrollpunkti, näiteks kui märgistatud objekt on koridoris.

4 Riistvara

4.1 Raadiosagedustuvastuse luger

Töös kasutatav raadiosagedustuvastuse luger on Chafon CF-RU5106 (tabel 2). Antud luger on ultrakõrgsagedus-luger. Lugeril eelistus on ultrakõrgsagedus, mis lubab lugeda mitut silti lühikese ajaga. Lugeril suurus on 405x305x105 mm. Lugeril korpus on tehtud valgest plastmassist (joonis 5).

Toetatud protokoll	ISO 18000-6B, ISO 18000-6C (EPC C1G2)
Sagedusvahemik	865 – 868 MHz
Raadiosagedus väljundvõimsus	30 dBm (muudetav)
Töötamise kaugus	Kuni 8 m
Toitepinge	+9 V
Ühenduvus	RS232, RS485, Wiegand
Töötemperatuur	-10 – 55 °C

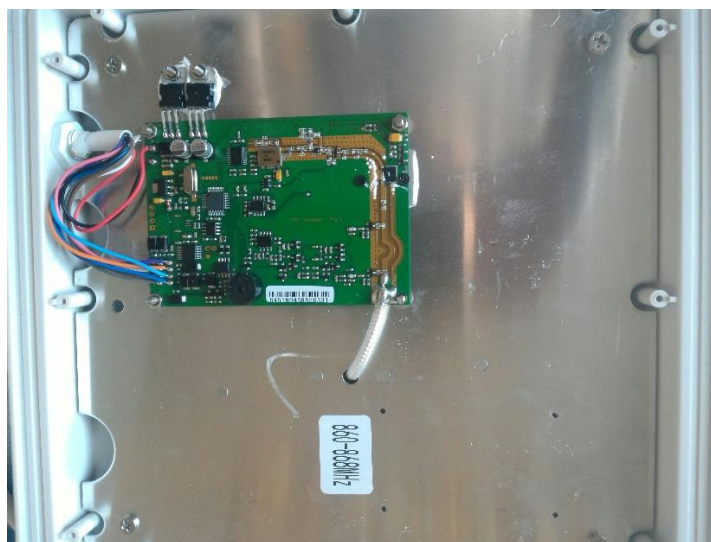
Tabel 2: Raadiosagedustuvastuse lugeri tehnilised andmed

Lugeril korpuse tagumisel poolel (joonis 6) on trükkplaat, mis juhib kogu lugeri tööd. Esimesel poolel on antenn. Antenni ja trükkplaadi vahel on alumiiniumplaat, mis töötab trükkplaadi paigaldusalusena ning piirab raadiosageduslainete levikut.

Kuna lugeri väljundid ei toeta USB ühendust, siis on lugeri programmeerimiseks ning andmete edastamiseks vaja adapterit. Samuti ei toeta antud luger võrguühendust, mida on vaja andmete saatmiseks andmebaasi. Selle probleemi lahendamiseks tuleb lugerile lisada süsteem, mis võimaldab lugerilt saadud andmed edastada üle võrgu andmebaasi. Kuna luger töötab kõrgemal pingel kui andmete edastuseks kasutatav Wemos D1 Mini (vt. ptk. 3.1.3), siis tuleb lugeri ja Wemos D1 Mini vahele lisada pingeregulaator [16].



Joonis 5: Kasutatud lugeri pealtvaade



Joonis 6: Kasutatud lugeri seestvaade

4.2 Raadiosagedustuvastuse silt

Kasutatavad raadiosagedustuvastuse sildid on toodetud Rodanliu-nimelise firma poolt ning mudeli number on SH-IO401. Sildid töötavad Alien™ H3 mikrokiibil. Sildid on ümmarguse kujuga

(joonis 7), diameetriga 35 mm. Siltide töötemperatuur on $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ kuni $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lugemiskaugus on sõltuvalt lugerist ning keskkonnast kuni 1 meeter [17].



Joonis 7: Kasutatud Raadiosagedustuvastuse silt

Siltidel oleval mikrokiibil on 800 bitti mälu, mis on jaotatud järgmiselt: 96 bitti EPC mälu, mis on laiendatav kuni 480 bitini; kuni 512 bitti kasutajamälu; 64-bitine unikaalne sildi ID; 32-bitine ligipääsu- ning tapmisparool [17].

4.3 Wemos D1 Mini

Wemos D1 Mini on ESP-8266EX mikrokontrolleril põhinev süsteem, mis suudab ühenduda WiFi-võrku (joonis 8). D1 Minil on 11 sisend/väljundviiku, üks analoogsisendiviik, mikro-USB pesa, 4 MB mälu ning tööpinge on 3,3 V. D1 Mini toetab Arduino, Nodemcu ja MicroPython töökeskkondi [18-21].



Joonis 8: Wemos D1 Mini

5 Loodud tarkvara

Töö jooksul kasutatud tarkvara on enamjaolt autori poolt kirjutatud (lisa 1). Tarkvara kirjutati Arduino ja Atom töökeskkondades. Olemas olevast tarkvarast kasutati XAMPPi lokaalse serveri loomiseks, phpMyAdmini andmebaasi loomisel, ning raadiosagedustuvastuse lugeri demotarkvara lugeri programmeerimiseks ning esialgseks testimiseks [18, 22-25].

5.1 Andmeedastustarkvara

Andmeedastustarkvara ülesandeks on võtta lugerist saadud andmed ning need üle WiFi võrgu edastada serverisse, kus need lisatakse andmebaasi. Antud tarkvara on kirjutatud autori poolt Arduino töökeskkonnas. Tarkvara kasutab võrguühenduse loomiseks Ivan Grokhotkovi poolt kirjutatud vabakasutus tarkvara Wifi Client Secure teeki, mis on spetsiaalselt loodud töötama ESP8266 mikrokontrolleril [26].

WiFi Client Secure teek ühendab WiFi võrku ning loob ühenduse serveriga läbi turvatud pordi (TLS ühenduse) ning kontrollib, kas programmi sees defineeritud serveri TLS sertifikaadi sõrmejälj on sama, mis serveril, millega ühendus loodi. Kui on loodud ühendus õige serveriga, siis saadetakse andmed edasi.

Lugerist saadud andmetel on kindel formaat (tabel 3). Esimene bait tähistab saadetud andmete pikkust. Teine bait tähistab lugeri aadressi. Kolmas bait tähistab käsku, millele vastati. Neljas käsk tähistab tööstaatus (st. kas tekkis viga). Järgmiseks saadetakse n-baiti andmeid. Viimaseks CRC16 väärtuse baidid.

Andmed	Pikkus	Aadress	Käsk	Staatus	Andmed	CRC16 alumine bait	CRC16 ülemine bait
Suurus	1 bait	1 bait	1 bait	1 bait	n-baiti	1 bait	1 bait

Tabel 3: lugeri poolt saadetud andmete formaat

Antud programmi saab veel edasi arendada, et oleks võimalus veel lugerit programmeerida, nt. andmete edastuskiiruse muutmist, antenni võimsust, väljund ühendust, sumisti aktiivsust jms. Kuid selle vajadust otseselt ei ole, sest lugeri tootja poolne demotarkvara on dokumenteeritud ning sellega on kerge lugerit ümberprogrammeerida [25].

5.2 Veebirakendus

Töö jooksul valmis veebirakendus (joonised 9-11), mille ülesandeks on autoriseeritud isikutel vaadata andmebaasis olevaid andmeid. Andmetele saavad ligipääsu ainult need isikud, kellele on loodud kasutaja ning kes on oma kasutajatunnusega sisenenud rakenduse keskkonda. Isikutel ei ole võimalik endale luua kasutajaid, need tuleb luua süsteemiadministraatori poolt. Kui isik on sisselogitud, saab ta vaadata andmebaasis olevaid andmeid esemete kohta ning muuta enda kontaktandmeid või parooli.

Veebirakendus on loodud kasutades HTML, CSS, PHP ja JavaScript programmeerimiskeeli [27-30]. Veebirakenduse loomisel on samuti suure tähtsusega turvalisus. Turvalisuse tagamiseks peab veebirakendus olema seadistatud töötama turvatud ühendusega ehk TLS-ühendusega (tuntud ka kui SSL ühendus või HTTPS) [31-33]. Lisaks turvatud ühendusele on veebirakenduse siseselt kasutatud turvameetmeid, mis peaksid kaitsma nii veebirakendust, andmebaasi kui ka serverit, millel süsteem töötab.

Veebirakendus koosneb kolmest veebilehest: sisselogimise lehekülg, andmete vaatamise lehekülg ning kasutajaandmete vaatamise ja muutmise lehekülg (joonis 9-11). Sisselogimise lehekülg on rakenduse pealehekülg. Siin saab kasutaja kasutajanime ja parooliga sisselogida. Andmete vaatamise lehekülg on kättesaadav ainult siis, kui on sisselogitud. Selle lehekülje ülesanne on esitada andmebaasis olevate esemete kohta informatsiooni. Profiili vaates saab kasutaja vaadata või muuta oma kasutajaandmeid nagu nimi, telefoni number, email ning parool.



TARTU ÜLIKOOL

Welcome to University of Tartu's item tracking system.
Please login to continue.

Username

Password

LOGIN

Mario Kool Bakalaureusetöö 2018

Joonis 9: Veebirakenduse avakuva



id	tag id	nimetus	ruum	kuupäev	kellaaeg	kirjeldus
5	4F422275334835423F532C35	TestObjekt	A307	2018-05-13	20:32:48	test

Mario Kool Bakalaureusetöö 2018

Joonis 10: Veebirakenduse andmete vaade



First name

Last name

Email

Phone number

save

Old password

New password

Confirm password

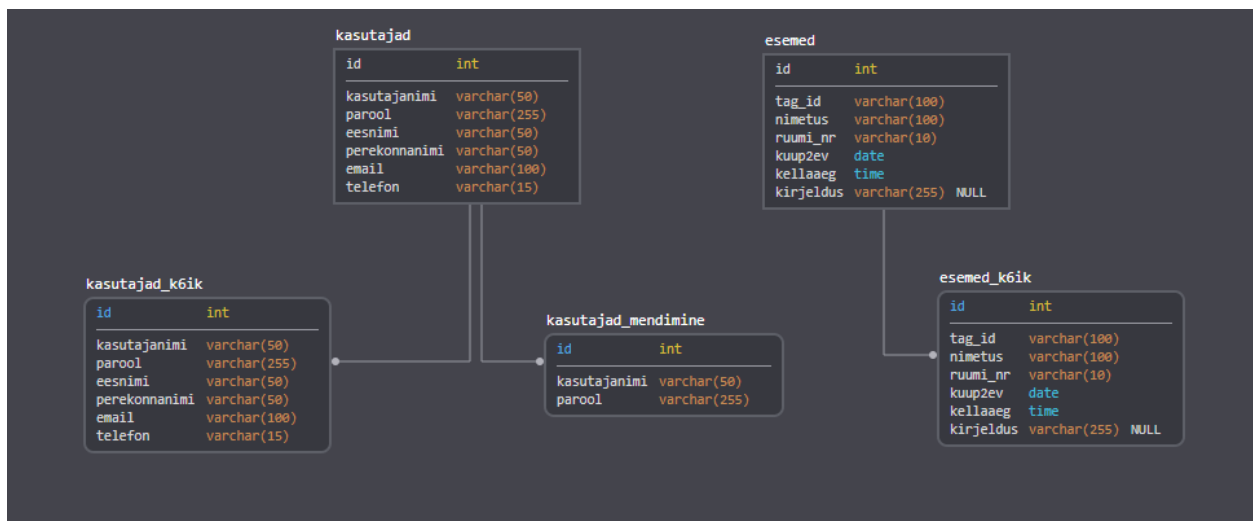
save password

Mario Kool Bakalaureusetöö 2018

Joonis 11: Veebirakendus profiili vaade

5.3 Andmebaas

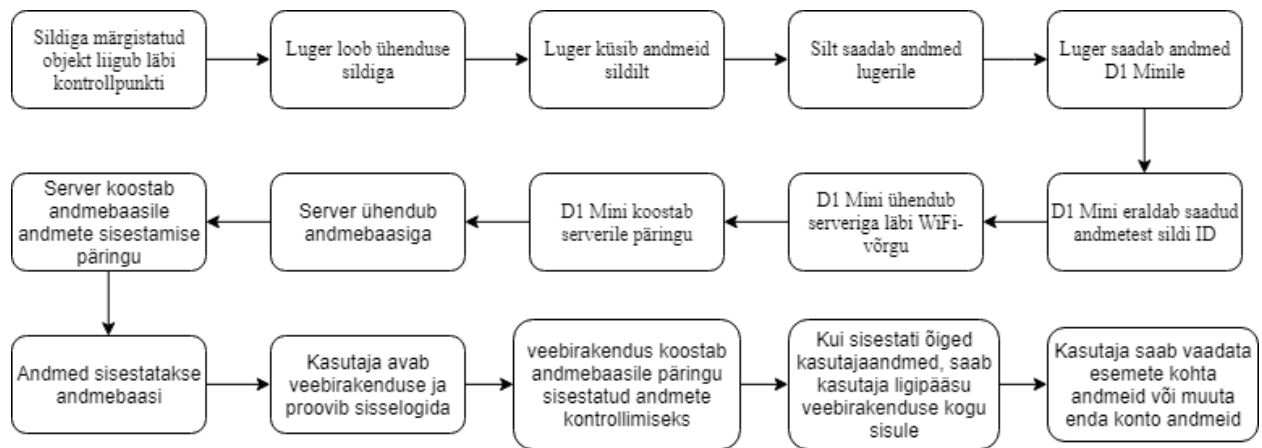
Andmebaas koostati töö autori poolt kasutades phpmyadmini ja SQLi [24, 34]. Andmebaas koosneb kahest tabelist ja kolmest vaatest (joonis 12). Tabelis „esemed“ on kõik andmebaasis olevad esemed. Vaates „esemed_k6ik“ on kõik tabelis esemed olevad andmed. Tabelis „kasutajad“ on kasutajate andmed. Vaates „kasutajad_k6ik“ on kõik tabelis „kasutajad“ olevad andmed. Vaates „kasutajad_mendimine“ on ainult kasutaja sisselogimiseks vajalikud andmed nagu id, kasutajanimi ja parool.



Joonis 12: Andmebaasi struktuur

5.4 Süsteemi töö kirjeldus

Süsteemi ülesandeks on automaatselt registreerida märgistatud objektide sisenemist ja väljumist ruumist (joonis 13). Süsteemi tööks on vaja luua kontrollpunktid ehk kohad (näiteks uksed), kuhu on paigaldatud raadiosagedustuvastuse luger(id). Kui kontrollpunktist liigutakse märgistatud objektidega läbi, siis luger registreerib selle automaatselt ning saadab kogutud andmed Wemos D1 Minile. Wemos D1 Mini eraldab sissetulnud andmetest kasuliku informatsiooni ning valmistab andmed ette andmebaasi saatmiseks. Kui andmed on valmis andmebaasi saatmiseks, saadetakse andmed veebiserverisse, kus need kirjutatakse andmebaasi. Kui kasutaja soovib vaadata mõne eseme asukohta, tuleb temal siseneda veebirakenduse keskkonda.



Joonis 13: Süsteemi töö kirjeldus

6 Tulemused

6.1 Lugemiskauguse mõõtmine

Lugemiskauguse mõõtmiseks paigaldati luger vertikaalselt vastu seinu ning mõõdulindiga mõõdeti kui kaugelt luger tuvastas silti. Mõõtmist korrati 10 korda ning keskmiseks lugemiskauguseks jäi ~50 cm.

6.2 Mitme sildi lugemine

Katsetused viidi läbi 10 sildiga. Mitme sildi lugemise jaoks pandi kõik sildid lugeri lugemiskaugusesse. Kui kõik sildid olid üksteise peal, siis luger luges ainult kõige lähedamaid kaht kuni kolme silti.

Järgmiseks laotati sildid rohkem laiali ning liigutati neid lugeri lugemiskauguses edasi-tagasi, samal ajal jälgides arvutisse saadetavaid andmeid. Enamikel kordadel suutis luger kõik sildid tuvastada kahe kuni kolme sekundi jooksul. Mõnel korral jäi luger ühe sildi peale liiga pikaks ajaks seisma.

6.3 Sildi lugemine erinevates keskkondades

Sildid paigutati erinevate esemete peale, karpidesse, kastidesse jne. Samuti prooviti siltide antenni suurust suurendada, paigutades sildi antenni üks pool vastu inimkeha või metallkeha.

Luger ei suutnud tuvastada silte, mis olid paigaldatud trükkplaatidele, metallist karbi sisse või silte, mis olid teiste esemete all. Küll aga suurenes lugemiskaugus, kui sildi antenni üks pool oli vastu inimkeha või metallkeha.

6.4 Lugerit töörežiimide katsetamine

Kasutatud lugerile on tarkvaraliselt sisseehitatud mõned töörežimid. Kõige huvipakkuvam on režim, mis lubab sildi lugemist kindla perioodi tagant. Vaikesätetena on perioodiks null sekundit, ehk luger loeb andmeid nii kiiresti kui võimalik. Katsetusel põhjustas see vahepeal saadavate andmete korrupsiooni (andmeid ei suudetud täispikkuses edastada).

Järgmiseks tõsteti kasutatavat perioodi kuni 10 sekundi peale (alustati ühest sekundist ning suurendati perioodi järjest), kuid selgus, et perioodi tõstmine vaikeseadest vaid segab lugeri tööd

– luger jääb ühte silti lugema ning kuna ta luges sama silti juba enne jooksva perioodi lõppu, siis luger ei teinud midagi kuni järgmise perioodi alguseni.

6.5 Andmete saatmine andmebaasi

Andmete saatmise testimiseks loodi andmete massiiv ning muudeti andmete saatmise programmi nii, et ta loeks andmeid loodud massiivist. D1 Mini ühendati WiFi võrku ning seade hakkas andmeid edastama lokaalsesse veebiserverisse. Kõik saadetud andmed jõudsid veebiserverisse ning lisati andmebaasi.

6.6 Andmete lugemine D1 Mini kaudu

Andmete lugemise D1 Mini kaudu testimiseks ühendati luger läbi RS232 – TTL adapteri D1 Mini külge. Andmeid prooviti sisselugeda läbi jadaühenduse. Andmete lugemine läbi jadaühenduse ei õnnestunud.

7 Tulemuste analüüs ja järeldused

7.1 Lugemiskauguse mõõtmise analüüs

Lugemiskauguseks tulnud ~50 cm oli oodatav tulemus, kuna see jääb sildi tootjapoolt reklaamitud lugemisvahemikku ning reklaamitud lugemisvahemik on saadud ideaalsetes tingimustes, kus puudub müra teistest seadmetest. Kuigi luger suudab lugeda palju kaugemalt, ei suuda sildi väike antenn aga vastata nii kaugelt. Saadud lugemiskaugus on poole väiksem, kui sildi tootjapoolne reklaamitud kaugus.

7.2 Mitme sildi lugemise analüüs

Kuna enamikel kordadel suutis luger kõik sildid mõne sekundi jooksul tuvastada, saab öelda, et mitme sildi lugemine töötab. Kuid muret tekitavad need mõned juhud, kus luger saab korduvalt tugevama ühenduse ühe sildiga, mis jätab teised sildid lugemata.

7.3 Siltide lugemise erinevates keskkondades analüüs

Kuna mitme eseme lugemine kastist või karbist on süsteemi üks põhiülesandeid, siis tulemus, et kõiki silte ei suutnud luger tuvastada, valmistab pettumust. Seda, et metallkestad varjavad raadiolainete levikut, oli oodata. Üllatav oli tulemus, et sildi antenni ühe poole paigutamine metallist eseme või inimkeha vastu võimendas signaali üle 2 korra. Samuti oli üllatav, et sildid, mis olid paigaldatud trükkplaatidele, ei olnud enamikel juhtudel loetavad. Kuid see on loogiline, sest vähemalt üks trükkplaadi kihtidest on metallist.

7.4 Lugeri töörežiimide katsetamise analüüs

Nendest katsetustest saab järeldada seda, et pigem jätta lugeri lugemiskiirus kõige kiirema peale ja tarkvaraliselt uuendada andmeid vaid üks kord.

7.5 Andmete andmebaasi saatmise analüüs

Kuna süsteem ühendus WiFi võrku ilma probleemideta ning kõik andmed jõudsid kohale, saab öelda, et andmete saatmise programm töötab nagu peab.

7.6 Andmete lugemine D1 Mini kaudu analüüs

Kuna D1 Mini ei suutnud andmeid lugeda läbi jadaühenduse, siis tuleb tõdeda, et antud osa ei tööta. Järgnenud uurimisel selgus, et kasutatud adapter oli vigane.

7.7 Järeldused analüüsist

Koostatud analüüsist saab järeldada, et süsteemi tööks on vaja silte, millel on suurem antenn. See tagab selle, et silti suudetakse lugeda kaugemalt ning raadiolainete läbivus peaks samuti suurenema. Suuremate siltide kasutusele võtmine aga tähendab seda, et silte ei saa enam igale väikesele seadmele pigaldada. Samuti ei saa silte paigaldada otse trükkplaatidele, kuna trükkplaadi vasekiht hakkab antenni tööd segama. Lugeri lugemiskiirus tuleks jätta vaikeseadetele.

Tuleb leida parem moodus andmete sisselugemiseks ja üle võrgu saatmiseks. Üheks võimaluseks oleks soetada luger, millele on võrguühenduse võimalus sisseehitatud.

Süsteemi tarkvara pool töötab nagu peab.

8 Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö käigus loodi automaatne esemete jälgimissüsteem. Süsteemi eesmärgiks on märgistatud seadmete automaatne tuvastamine ning nende asukoha automaatne salvestamine andmebaasi. Süsteem peab olema võimeline lugema mitu silti korraga ning edastama andmed andmebaasi kiiresti, näiteks sellise aja jooksul, mis võtab aega uksest sissekõndimiseks. Samuti peab süsteem võimaldama autoriseeritud isikul andmeid vaadata.

Loodud süsteem töötab raadiosagedustuvastus tehnoloogial, mis kasutab raadiosageduslaineid andmete edastamiseks sildi ja lugeri vahel. Süsteem koosneb lugerist, siltidest, veebiserverist, veebirakendusest ning andmebaasist. Loodud süsteem ei tööta päris nii nagu esialgselt oli loodetud, näiteks kasutatud siltide lugemiskaugus jääb liiga väikeseks. Süsteemi töö parandamiseks tuleb kasutusele võtta suurema antenniga sildid. Samuti ei suuda D1 Mini lugeda lugerist tulnud andmeid. Selle probleemi lahenduseks tuleks kasutusele võtta mõni teine WiFi-ühenduse võimalusega seade või soetada lugerid, millele on võrguühenduse võimalus sisseehitatud.

Tänuavaldused

Soovin tänada lõputöö juhendajat, Heiki Kasemäge, sellise huvitava ning õpetliku bakalaureusetöö läbiviimise abistamise ja võimalikuks tegemise eest.

Mood

Viited

- [1] MHI. – „Automatic Identification and Data Collection (AIDC)”.
<http://www.mhi.org/fundamentals/automatic-identification>
- [2] TechTarget. – „Automatic Identification and Data Collection (AIDC)”.
<https://searcherp.techtarget.com/definition/Automatic-Identification-and-Data-Capture-AIDC>
11.2010.
- [3] Gemalto. – „Biometrics: authentication and identification (2018)”.
<https://www.gemalto.com/govt/inspired/biometrics> 06.05.2018.
- [4] J. Wehr, „Magnetic stripes: More than you ever wanted to know”, Secure ID News,
<https://www.secureidnews.com/news-item/magnetic-stripes-more-than-you-ever-wanted-to-know/> 2002.
- [5] Wikipedia, The Free Encyclopedia. – Smart card
https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_card 02.05.2018 06:05 (UTC).
- [6] Wikipedia, The Free Encyclopedia. – Barcode.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Barcode> 18.04.2018, 03:02 (UTC).
- [7] Scandit, „*Types of Barcodes: Choosing the Right Barcode*“, Scandit
<https://www.scandit.com/types-barcodes-choosing-right-barcode/> 27.01.2015
- [8] ISO/IEC 18004:2015 standard
<https://www.iso.org/standard/62021.html> 02.2015
- [9] JIS X 0510 standard
<https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/jis-x-0510-2004-818232/>
- [10] Wikipedia, The Free Encyclopedia. – QR code
https://en.wikipedia.org/wiki/QR_code 07.05.2018 04:26 (UTC).
- [11] DENSO WAVE INCORPORATED, „*Information capacity and versions of the QR code*“
<http://www.qrcode.com/en/about/version.html>
- [12] M. Lyne, „*What is a QR Code and Why Do You Need One?*“, Search Engine Land,
<https://searchengineland.com/what-is-a-qr-code-and-why-do-you-need-one-27588> 10.2009.
- [13] Wikipedia, The Free Encyclopedia. – Radio-frequency identification.
https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification 16.04.2018 19:47 (UTC).
- [14] Vikipeedia, vaba entsüklopeedia. – Raadiusedustuvastus.

- <https://et.wikipedia.org/wiki/Raadiosagedustuvastus> 12.07.2017 14:15 (UTC).
- [15] S. Armstrong, „Types of Memory in RFID Tags“, RFID Insider,
<https://blog.atlasrfidstore.com/types-of-memory-in-gen-2-uhf-rfid-tags> 01.05.2013.
- [16] Chafon RU-5106 raadiosagedustuvastuse lugeri andmeleht.
<http://www.chafon.com/productdetails.aspx?pid=382> (Chafon); PDF:
http://www.chafon.com/Upload/ProductFile/CF-RU5106_160719140435.pdf
- [17] Alien H3 mikrokiibi andmeleht.
<http://www.alientechnology.com/products/ic/higgs-3/> (Alien Technology); PDF:
http://www.alientechnology.com/download/higgs-3-datasheet/?wpdmdl=7560&ind=Pw-5nrAYRqzd-nCVub5-R_iL1NHc90QBWfk7enFGpe6xdBz8RCqnCy7ZxAgcNhVSgRg_9bwdAZCvE24j8sTJpQ
- [18] Arduino töökeskkond.
<https://www.arduino.cc/>
- [19] Nodemcu töökeskkond.
http://nodemcu.com/index_en.html
- [20] MicroPython töökeskkond.
<https://micropython.org/>
- [21] Wemos D1 Mini andmeleht.
https://wiki.wemos.cc/products:retired:d1_mini_v2.3.0
- [22] Atom töökeskkond.
<https://atom.io/>
- [23] XAMPP töökeskkond
<https://www.apachefriends.org/index.html>
- [24] Phpmyadmin töökeskkond
<https://www.phpmyadmin.net/>
- [25] Chafon RU-5106 demotarkvara.
ZIP: <http://www.chafon.com/DownloadFile.aspx?fid=204>
- [26] Wifi Client Secure teek.
<https://github.com/esp8266/Arduino/blob/master/libraries/ESP8266WiFi/src/WiFiClientSecure.h>

- [27] Wikipedia, The Free Encyclopedia. – HTML.
<https://en.wikipedia.org/wiki/HTML> 2014.05.2018 18:31 (UTC).
- [28] Php programmeerimiskeele kodulehekülg.
<http://www.php.net/>
- [29] MDN web docs Mozilla. – *CSS: Cascading Style Sheets*.
<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>
- [30] Programmeerimiskeele JavaScript kodulehekülg.
<https://www.javascript.com/>
- [31] Wikipedia, The Free Encyclopedia.. – Transport Layer Security.
https://en.wikipedia.org/wiki/Transport_Layer_Security 14.05.2018 21:31 (UTC).
- [32] Digicert. – „*What is an SSL Certificate?*“.
<https://www.digicert.com/ssl/>
- [33] Wikipedia, The Free Encyclopedia. – HTTPS.
<https://en.wikipedia.org/wiki/HTTPS> 16.05.2018 21:14 (UTC).
- [34] Wikipedia, The Free Encyclopedia. – SQL.
<https://en.wikipedia.org/wiki/SQL> 15.05.2018 10:59 (UTC).

Lisad

- 1 GitHubi repositoorium loodud koodifailidele. <https://github.com/MarioKool/Asjade-j2lgimissysteem-Bakalaureusetoo->

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Mario Kool

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Esemete jälgimissüsteem“, mille juhendaja on Heiki Kasemägi,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i 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 teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 17.05.2018