

Jan Stenfors

## RASPBERRY PI -VALVONTAJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tieto- ja viestintäteknikan koulutus  
Kesäkuu 2021



## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Kesäkuu 2020	<b>Tekijä/tekijät</b> Jan Stenfors
<b>Koulutus</b> Tieto- ja viestintätekniikan koulutusohjelma	<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK	
<b>Työn nimi</b> RASPBerry PI -VALVONTAJÄRJESTELMÄ		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Isohanni	<b>Sivumäärä</b> 25+1	
<b>Työelämäohjaaja</b>		
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja rakentaa valvontajärjestelmä käyttäen Raspberry Pi -pienoistietokonetta ja ilmaiseksi saatavilla olevia ohjelmia. Opinnäytetyön tavoitteena oli, että valvontajärjestelmä toimisi täysin itsenäisesti ja että se kykenee lähettämään ilmoituksia käyttäjälle internetin kautta.</p> <p>Teoriaosuuden alussa kerrotaan yleisesti Raspberry Pi -tietokoneesta ja sen kehittäneestä järjestöstä Raspberry Pi Foundationista. Tämän jälkeen käydään läpi Raspberry Pin eri mallit ja niiden lisälaitteet. Teoriaosuuden lopussa tutkitaan käyttöjärjestelmiä yleisesti, ja mitä Raspberry Pille suunnattuja vaihtoehtoja on saatavilla. Seuraavassa osiossa keskitytään tietokoneen käyttöönottoon. Tämä sisältää käyttöjärjestelmän ja tarvittavien ohjelmien asennuksen. Viimeisissä osioissa keskitytään valvontajärjestelmän keskeisiin toimintoihin. Ensiksi säädetään Motion-valvontaohjelma, jonka avulla mahdollistetaan kuvankaappaus ja videolähetys. Lopuksi tutkitaan, kuinka ilmoitus tunkeilijasta saadaan käyttäjän tietoon ja toteutetaan ilmoitusjärjestelmä käyttäen sähköpostipalvelimia.</p> <p>Opinnäytetyön lopputulos oli hyvä, kaikki asetutut tavoitteet saatiin toteutettua. Työn aikana saatiin kokemusta useasta eri aihepiiristä ja koettiin eri ohjelmien ja käyttöjärjestelmien yhteistyön edut ja ongelmat. Projektissa tehty valvontajärjestelmä pystyy itsenäisesti kaappaamaan tunkeilijasta kuvan tai videon. Tämä voidaan lähettää ilmoitusjärjestelmän avulla suoraan käyttäjälle. Etähallinnan avulla järjestelmästä saatiin virtajohtoa lukuun ottamatta täysin langaton.</p>		

### Asiasanat

etähallinta, käyttöjärjestelmä, käyttöliittymä, Linux, Motion, Raspberry Pi, sähköposti, valvontajärjestelmä

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> June 2021	<b>Author</b> Jan Stenfors
<b>Degree programme</b> Information and Communication Technologies		
<b>Name of thesis</b> RASPBERRY PI SECURITY SYSTEM		
<b>Centria supervisor</b> Jari Isohanni	<b>Pages</b> 25+1	
<b>Instructor representing commissioning institution or company</b>		
<p>The subject of this thesis was to plan and build a security system using Raspberry Pi miniature computer and available free software. The aim of the thesis was that the security system can work independently, and that it can send automated notifications to the user.</p> <p>The beginning of the theory part of the thesis describes basic information about the Raspberry Pi computer and the organization that created it. Next there is information about the different models of Raspberry Pi and the accessories. In the end of this part we look at the basics of the different operating systems and discover what operating systems made specifically for Raspberry Pi are available. The next part of the thesis is about setting up the Raspberry Pi and installing the operating system for it. In the last part of the thesis we delve deeper in setting the essential features of the security system. First we install the security camera software called Motion, with this we will achieve video streaming and motion capture in the system. Finally we will explore the options for a notification system for intruder detection and how it will work and implement it using email servers.</p> <p>The final outcome of this project was good, there were plenty of different subjects to learn and this was a good way of getting knowledge how different software work together and what problems might occur. The security system made in this project can capture video or a picture of the intruder independently. This can be sent directly to the user by using the notification system built in this project. Taking advantage of remote control made the finished system completely wireless if you don't count the power cable.</p>		

**Key words**

Email, Linux, Motion, operating system, Raspberry Pi ,remote control, security system, user interface

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **ARM**

Advanced RISC machines on 1980-luvulla kehitetty prosessoriarkkitehtuuri.

### **AUX**

Auxiliary on äänensierrossa käytetty standardi.

### **CSI**

Camera Serial Interface on rajapinta kameran ja prosessorin välillä.

### **GPIO**

General-purpose input/output on yleiskäyttöinen pinni, joka voi lähettää tai vastaanottaa tietoa.

### **IP**

Internet Protocol on protokolla, jonka avulla tietoliikennepaketit liikkuu internet-verkossa.

### **MKV**

Matroska on avoimen lähdekoodin säiliöformaatti, jota käytetään videon ja äänen tallentamiseen.

### **MP4**

MP4 on Applen kehittämä tiedostoformaatti videon ja äänen tallentamiseen.

### **SD**

Secure Digital on muistikorttityyppi, jota käytetään muun muassa älypuhelimissa ja kameroissa.

### **SMTP**

Simple Mail Transfer Protocol on protokolla, jota sähköpostipalvelimet käyttävät viestittämiseen.

### **SSH**

Secure Shell on tietoliikenteessä käytetty protokolla.

### **V4L2**

Video4Linux on kokoelma laitteiden ajureita, jotka tukevat kuvankaappausta Linux jakeluissa.

## **USB**

Universal Serial Bus on teollisuusstandardi kaapeleille ja liitännöille.

## **WLAN**

Wireless local area network on modeemin tai reitittimen muodostama langaton lähiverkko.

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 RASPBERRY PI</b> .....	<b>2</b>
2.1 Raspberry Pin eri mallit .....	2
2.2 Raspberry Pi 3 Model B+ .....	3
2.3 Lisälaitteet.....	4
<b>3 RASPBERRY PIN KÄYTTÖJÄRJESTELMÄT</b> .....	<b>5</b>
3.1 Yleisimmät käyttöjärjestelmät.....	5
3.2 Noobs -asennusohjelma .....	6
3.3 Raspberry Pi OS.....	7
3.4 Windows 10 IoT.....	7
3.5 Linux ja Windows käyttöjärjestelmien eroavaisuudet.....	8
<b>4 RASPBERRY PIN KÄYTTÖÖNOTTAMINEN</b> .....	<b>10</b>
4.1 Käyttöjärjestelmän asennus .....	10
4.2 Kameran asentaminen .....	11
4.3 Etäyhteyden luominen .....	11
4.4 Järjestelmässä käytetyt ohjelmat.....	12
4.4.1 Putty .....	12
4.4.2 Motion .....	13
<b>5 VALVONTA JA HALLITTAVUUS</b> .....	<b>14</b>
5.1 Suoratoisto Motionilla .....	14
5.2 Liiketunnistin ja kuvankaappaus .....	15
5.3 Etähallittavuus.....	16
<b>6 HÄLYTYS KÄYTTÄJÄLLE</b> .....	<b>18</b>
6.1 Ilmoituksen vaatimukset .....	18
6.2 Sähköposti vai sovellus? .....	18
6.3 Sähköpostipalvelu Raspberry Pille.....	19
6.4 Ilmoituksien automatisointi.....	21
<b>7 YHTEENVETO</b> .....	<b>23</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>24</b>
<b>LIITTEET</b>	
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Käyttöjärjestelmien markkinaosuus PC-tietokoneissa .....	6
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1. Raspberry Pi Model 3B+ .....	2
KUVA 2. Raspberry Pi OS työpöytänäkymä.....	7
KUVA 3. Windows 10 IoT Core .....	8

KUVA 4. Noobs Liten käyttöliittymä.....	11
KUVA 5. Yhteyden muodostaminen Linux-palvelimeen.....	13
KUVA 6. Motionin suoratoisto selaimessa.....	15
KUVA 7. Motionin hallintapaneeli.....	16
KUVA 8. Gmailin vähemmän turvallisten sovellusten käyttöoikeus.....	20
KUVA 9. Sähköposti-ilmoitus valvontajärjestelmältä.....	21
KUVA 10. Valvontajärjestelmä kotelossa.....	LIITE 1

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Raspberry Pin mallien ominaisuudet.....	3
TAULUKKO 2. Yleisiä Linuxkomentoja.....	9

## 1 JOHDANTO

Valvontakamera on laite, jonka avulla voidaan valvoa jotain tiettyä aluetta. Kameralla otettu kuva lähetään päätelaitteeseen, josta kuvaa voidaan valvoa tai tallentaa. Valvontakameroiden käyttötarkoituksia ovat yleensä rikoksenehkäisy, liikenteen valvonta tai kodinturva. Suomessa kameravalvonta voi olla lain nojalla kiellettyä tietyissä tilanteissa, kameran ylläpitäjä on tästä vastuussa. Kameroita ja erilaisia valvontalaitteita voi olla useampi ja ne muodostavat yhdessä valvontajärjestelmän.

Tämä opinnäytetyö käsittelee valvontajärjestelmän rakentamista yhden piirilevyn tietokoneen ympärille. Valvontajärjestelmään kokoonpanoon kuuluu Raspberry Pi Model 3 B+, kameramoduuli ja järjestelmän oheislaitteet. Opinnäytetyössä tutkitaan ensiksi Raspberry Pi -tietokonetta, laitteen tukemia käyttöjärjestelmiä ja niiden eroja. Seuraavassa osiossa perehdytään käyttöjärjestelmän asennukseen ja laitteen etähallintaan. Lopulta käydään läpi järjestelmässä käytetyt ohjelmat ja niiden tarvittavat asetukset.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua Linux-pohjaisen käyttöjärjestelmän perustoimintoihin, kuten asennus ja komentokehotteiden käyttö, ja sen käyttämiin ohjelmiin ja oppia hyödyntämään Raspberry Pitä tämänkaltaisissa projekteissa.

Työssä tehty valvontajärjestelmä pystyy liiketunnistimen ja ohjelmille annettujen komentojen avulla toimimaan itsenäisesti. Valvontakamera tallentaa videon tapahtumasta, jonka jälkeen ilmoitusjärjestelmä toimittaa tiedoston suoraan käyttäjälle ja myös suoratoiston katsominen on mahdollista selaimen avulla. Etähallinta tehtiin käyttämällä ohjelmia ja järjestelmiä, joissa on sisäänrakennettu tai erikseen asennettava ominaisuus tätä varten.



## 2 RASPBERRY PI

Raspberry Pi on pienikokoinen yhden piirilevyn tietokone. Raspberry Piä käytetään pääsääntöisesti koulutuksessa ja erilaisissa projekteissa. Tietokoneen valmistajana toimii hyväntekeväisyysjärjestö Raspberry Pi Foundation. Järjestön tavoitteena on tukea ja kehittää tietotekniikkakoulutusta. Rahoituksen Raspberry Pi Foundation saa myymällä tietokoneitaan ja niiden lisälaitteita sekä myös lahjoituksilla, joita kerätään muun muassa järjestön kotisivuilta. Järjestö ei itse valmista tuotteitaan, vaan tuotannosta vastaavat yritykset RS ja Farnell. Raspberry Pi:n hinnat on aina yritetty pitää kohtuullisen matalina. Perusmallin hinta ennen veroja tai toimituskuluja ei ole koskaan noussut yli kolmenkymmenenviiden dollarin, ja halvin malli Zero maksaa viisi dollaria. (Raspberry Pi Foundation 2021a.)



KUVA 1. Raspberry Pi Model 3B+

### 2.1 Raspberry Pi:n eri mallit

Ensimmäinen Raspberry Pi -malli julkaistiin helmikuussa 2012. Prosessorina toimi 700 megahertsinen ARM1176JZF-S, ja laitteessa oli 256 megatavua muistia. Esikoismallista puuttui tärkeitä ominaisuuksia.

sia, kuten WLAN-sovitin. Raspberry Pi ei ole ainoa valmistaja joka tekee niin sanottuja korttitietokoneita. Yksi Raspberry Pin kilpailija on Asuksen Thinker board. (Jimms 2021.)

Tuote	Muisti	USB	Ethernet	Wlan	Bluethooth
Raspberry Pi Model 1 B+	256 mt	4	Kyllä	Ei	Ei
Raspberry Pi 3 Model B+	1000 mt	4	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Raspberry Pi Zero	512mt	0	Ei	Ei	Ei
Raspberry Pi Model 4 B	2000, 4000, 8000 mt	4	Kyllä	Kyllä	Kyllä

TAULUKKO 1. Raspberry Pin mallien ominaisuudet (Raspberry Pi Foundation 2021a)

Uudet mallit ja niiden ominaisuudet ovat tuoneet hyödyllisiä ominaisuuksia, jotka ovat välttämättömiä nykyajan tietokoneissa, kuten taulukosta 1 nähdään. Ensimmäisillä malleilla ei voi hyödyntää langattomia verkkoja. Raspberry Pin eri mallit ja niiden käyttämät komponentit löytyvät Raspberry Pi Foundationin kotisivulta ja useasta eri verkkokaupasta.

## 2.2 Raspberry Pi 3 Model B+

Opinnäytetyössä käytettiin Raspberry Pi 3 Model B+:aa, ja valintaan projektin tekohetkellä vaikuttivat prosessorin teho, muistin määrä ja WLAN -vastaanotin. WLAN -mahdollisuus oli tärkein näistä, koska valvontajärjestelmän asennus ja käyttö olisi todella epäkäytännöllistä verkkokaapeleiden kanssa.

Raspberry Pi 3 model B+:n Broadcom BCM2835 -suoritin on neliytiminen ja kellotaajuus on 1,4 gigahertsiä, keskusmuistia laitteessa on 1 gigatavu. Edellä mainittujen osien takia Raspberry Pi ei sovelu käyttöön, joka vaatii suurta laskentateho tai muistin määrää. Tietokoneen USB-porttien avulla kytetään tarvittavat tiedon syöttämiseen käytetyt laitteet, kuten hiiri ja näppäimistö. Raspberry Pi ei sisällä kovalevyä, vaan se on korvattu SD-muistikortilla. Audiovisuaalinen ulostulo tapahtuu HDMI- ja AUX-liittimen kautta, HDMI pystyy siirtämään sekä ääntä ja kuvaa, kun taas AUX on vain äänelle. Raspberry Pi tarvitsee 5V 2A MicroUSB-virtalähteen, laturi ei sisälly myyntipakkaukseen. Laturina

pystyy käyttämään MicroUSB kännykkälaturia, mutta varsinkin lisälaitteiden kanssa tarvitaan niin sanottuja teholatureita. Projektissa jouduttiin ostamaan erillinen tehokkaampi laturi, koska Raspberry sammui kesken käytön liiallisen virran käytön takia. (Raspberry Pi Foundation 2021b.)

### **2.3 Lisälaitteet**

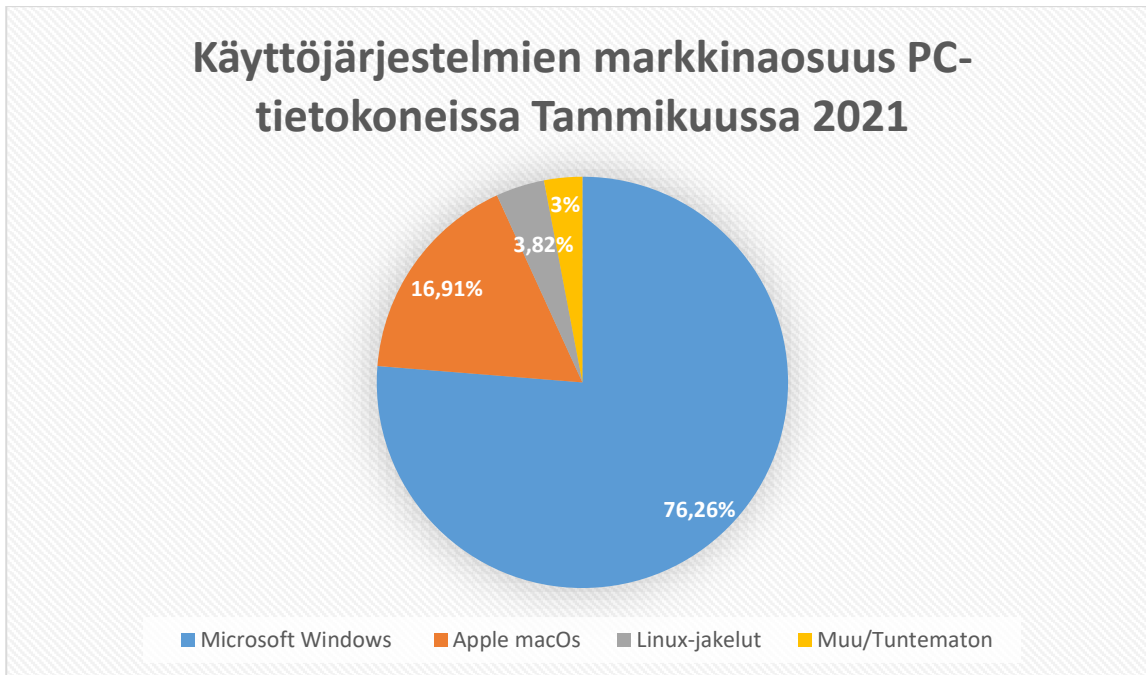
Lisälaitteet tekevät Raspberry Pistä todella monipuolisen järjestelmän, joka sopii hyvin pieniin projekteihin. Lisäämällä kosketusnäytön saadaan esimerkiksi pieni informaationäyttö, jonka kanssa käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa, kameraa käytetään yleensä liiketunnistimissa ja valvontajärjestelmissä. Opinnäytetyössäni käytän Camera Module V2 -kameramoduulia, moduulissa on Sonyn 8 megapikselinen IMX219 -kamera. Kameramoduulin GPIO-kaapeli kytketään Raspberry Pin CSI-porttiin. Kameramoduuli tukee 1080p, 720p ja VGA90 -videotiloja. (Raspberry Pi Foundation 2021c.)

### 3 RASPBERRY PIN KÄYTTÖJÄRJESTELMÄT

Raspberry Pi:ssä ei ole sisäänrakennettua tallennustilaa, eikä peruspakkaus sisällä kovalevyä, joten käyttöjärjestelmän joutuu aina asentamaan itse. Raspberry Pi käyttää ARM -mikroprosessoriarkkitehtuuria, joten esimerkiksi normaalia Windows 10:tä siihen ei voi asentaa. Joistakin suosituista käyttöjärjestelmistä on tehty epävirallisia tai virallisia ARM -versioita, joita pystyy käyttämään Raspberry Pi:llä, esimerkiksi Windowsista 10:stä julkaistiin ARM versio. Windows 10 ARM ei kuitenkaan pyöri vielä sujuvasti Raspberry Pi -versioissa laitevaatimuksien takia. Helpoin tapa asentaa käyttöjärjestelmä Raspberry Pi:lle, on käyttää asennusohjelmaa kuten NOOBS. (Laine 2019.)

#### 3.1 Yleisimmät käyttöjärjestelmät

PC-tietokoneiden käyttöjärjestelmämarkkinoilla on kolme suurta tekijää: Microsoftin Windows, Applen macOS, sekä Linux -jakelut. Käyttöjärjestelmät loistavat erillä osa-alueilla, Linux ja Mac käyttöjärjestelmät ovat tietoturvan puolesta Windowsia paremmassa asemassa. Linux ei ole yhtä vahvasti sidoksissa kaupalliseen yksilöön liittyvään toimintaan kuten sen kilpailijat Windows ja macOS. Windowsin vahvuuksiin kuuluu muun muassa laaja ohjelmistotuki dominoivan markkina-aseman ansiosta. (Solla 2020.)



KUVIO 1. Käyttöjärjestelmien markkinaosuus PC-tietokoneissa (Statcounter 2021)

Kuvion 1 tilastoja hyödyntäen voidaan päätellä, että valtaosa PC-tietokoneista käyttää Microsoftin Windows käyttöjärjestelmiä. Tilastot ovat Statcounterin keräämiä. Statcounter kerää tietoja yhteistyössä yli kahden miljoonan internetsivun kanssa. (Statcounter 2021.)

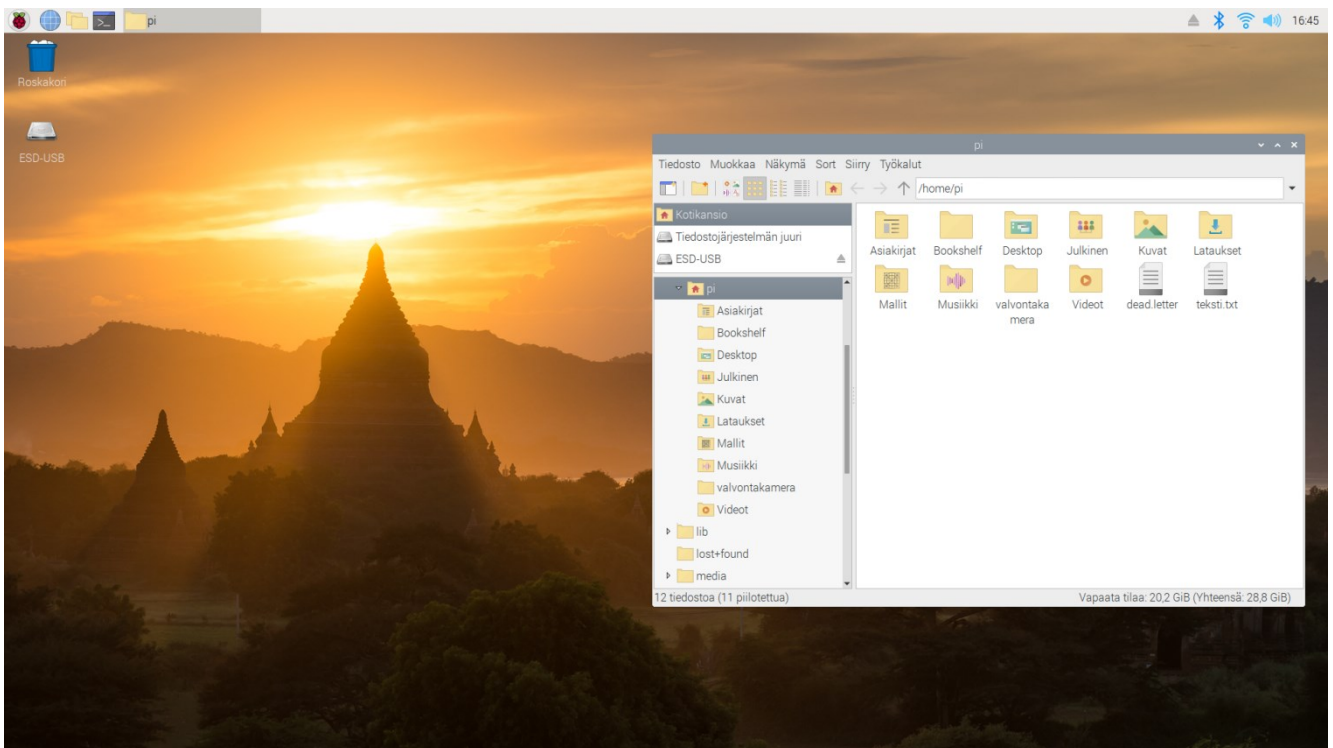
Valvontajärjestelmän pyörittämiseen käytetään Linux-jakelua, koska käyttöjärjestelmä sekä siinä käytettävät ohjelmat ovat ilmaisia ja myös laitevaatimukset ovat alhaisempia kuin kilpailijoiden vastaavissa versioissa.

### 3.2 Noobs -asennusohjelma

Noobs(New out of box software) on Raspberry Piille suunniteltu asennusohjelma. Ohjelmasta on tehty kaksi versiota: Noobs ja Noobs Lite. Noobsista löytyy Raspberry Pi OS ja LibreELEC käyttöjärjestelmät ja useita muita käyttöjärjestelmiä, joita voi asentaa internetyhteyttä käyttäen. Lite -versiosta löytyy samat ominaisuudet, mutta tästä versiosta puuttuu esiasennettu Raspberry Pi OS. Raspberry Pin jälleenmyyjät myyvät muistikortteja, johon Noobs on esiasennettuna. Noobsin voi myös itse ladata Raspberry Pi Foundationin kotisivuilta ja asentaa tyhjälle SD-muistikortille. (Raspberry Pi Foundation 2021e.)

### 3.3 Raspberry Pi OS

Raspberry Pi OS on Raspberry Pille kehitetty Debianiin pohjautuva käyttöjärjestelmä, Debian on yksi suosituimmista Linux -jakelupaketeista. Käyttöjärjestelmän ensimmäiset julkaisut tunnettiin nimellä Raspbian. Raspberry Pi OS on Raspberry foundationin virallisesti tukema käyttöjärjestelmä, ja käyttöjärjestelmä sisältyy Raspberryn Pin viralliseen aloituspakettiin. Käyttöjärjestelmä on suunniteltu Raspberry Pin käyttämään ARM-prosessoriarkkitehtuuria ajatelleen. Rapsberry Pi OS työpöytäympäristö voi verrata vanhempiin Debian -jakeluihin(KUVA 2). Jakelun mukana tulee esiasennettuna ohjelmia, kuten internetselain Chromium ja tekstinkäsittelyohjelma LibreOffice. Työpöytäympäristönä Raspber- ry Pi OS:ssä toimii PIXEL. (Raspberry Pi Foundation 2020d.)



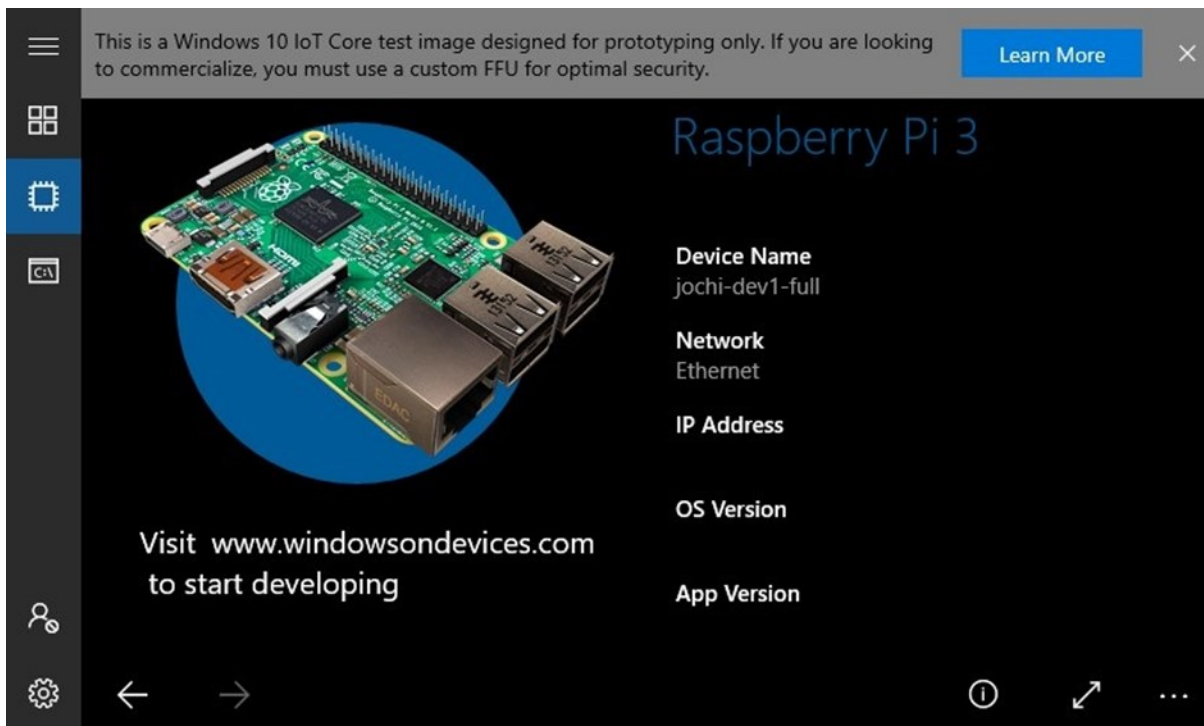
KUVA 2. Raspberry Pi OS työpöytänäkyvä

### 3.4 Windows 10 IoT

Windows 10 IoT on yksi vähiten tunnetuimmista Windows 10:n ohjelmistoperheestä, käyttöjärjestelmä on kehitetty Windows Embeddedin pohjalta. Käyttöjärjestelmä on suunniteltu toimimaan vähä-

tehoisilla tietokoneilla, näitä ovat esimerkiksi käteisautomaatit ja infonäytöt. Käyttöjärjestelmästä on tehty useita versioita, yleisimmät ovat Windows IoT Core ja Enterprise. Enterprise on hyvin samanlainen kuin Windows 10 IoT Core, mutta se sisältää paremman lukitushallintajärjestelmän. Enterprise versioita ei myydä yksistään tavalliselle kuluttajalle

Windows 10 IoT Core on taas riisuttu versio Windows 10:stä, joka tukee ARM - prosessoriarkkitehtuuria, joten se sopii hyvin mikrotietokoneille kuten Raspberry Pille. Windows 10 IoT Core -käyttöliittymä poikkeaa paljon totutusta Windows työpöytäversiosta (KUVA 3). Käyttöjärjestelmän voi ladata Windows 10 sovelluskehittäjätyökalun avulla. Asennukseen tarvitaan tietokone Windows 10 -käyttöjärjestelmällä, internetyhteys, sekä sd-muistikortti. (Hendrickson 2019.)



KUVA 3. Windows 10 IoT Core

### 3.5 Linux ja Windows käyttöjärjestelmien eroavaisuudet

Ohjelmien asennus Linux -käyttöjärjestelmissä tehdään jakelun paketinhallinnan kautta käyttämällä konsolikomentoa ”apt-get install ohjelman nimi” tai graafisesti asetus-valikosta. Keskitetyn pakettienhallinnan vahvuus on päivittämisen helppous, tämä on verrattavissa älypuhelimien sovelluskauppoihin.

Poikkeuksina toimivat ohjelmat, joita ei saa muokata tai ladata ilman erillistä lupaa, nämä ohjelmat ladataan normaalisti suoraan ohjelman omistajilta. Linux -käyttöjärjestelmän kotikäyttö onnistuu täysin graafisen käyttöliittymän kautta, mutta vaativimmissa tehtävissä, kuten etänä tehty palvelimenhallinta, se voi vaatia tekstikomentojen osaamista. Linux -jakeluissa komennot annetaan komentotulkeille, joista käytetään nimitystä Shell. Shell on ohjelma, joka toimii käyttöliittymänä Linux -tietokoneen ja ihmisen välillä. Ohjelma kääntää ihmisen kirjoittamat komennot(TAULUKKO 2) muotoon, jonka tietokone ymmärtää. Monet Linuxin komennosta ovat yhteisiä Windowsin kanssa. (Hoffman 2017.)

Komento	Toiminto
ls	näyttää tämänhetkisen kansion sisällön
man	man-komento avaa ohjekirjan, joko tietystä ohjelmasta tai komennosta
pwd	kertoo nykyisen hakemiston polun
cd	komennolla voi liikkua kansioista toiseen
rm	poistaa tiedoston
cp	kopioi tiedoston
mkdir	luo uuden hakemiston
sudo	sudo-komento suorittaa komentoja toisen käyttäjän oikeuksilla

TAULUKKO 2. Yleisiä Linux komentoja (SS64 2021)



## 4 RASPBERRY PIN KÄYTTÖÖNOTTAMINEN

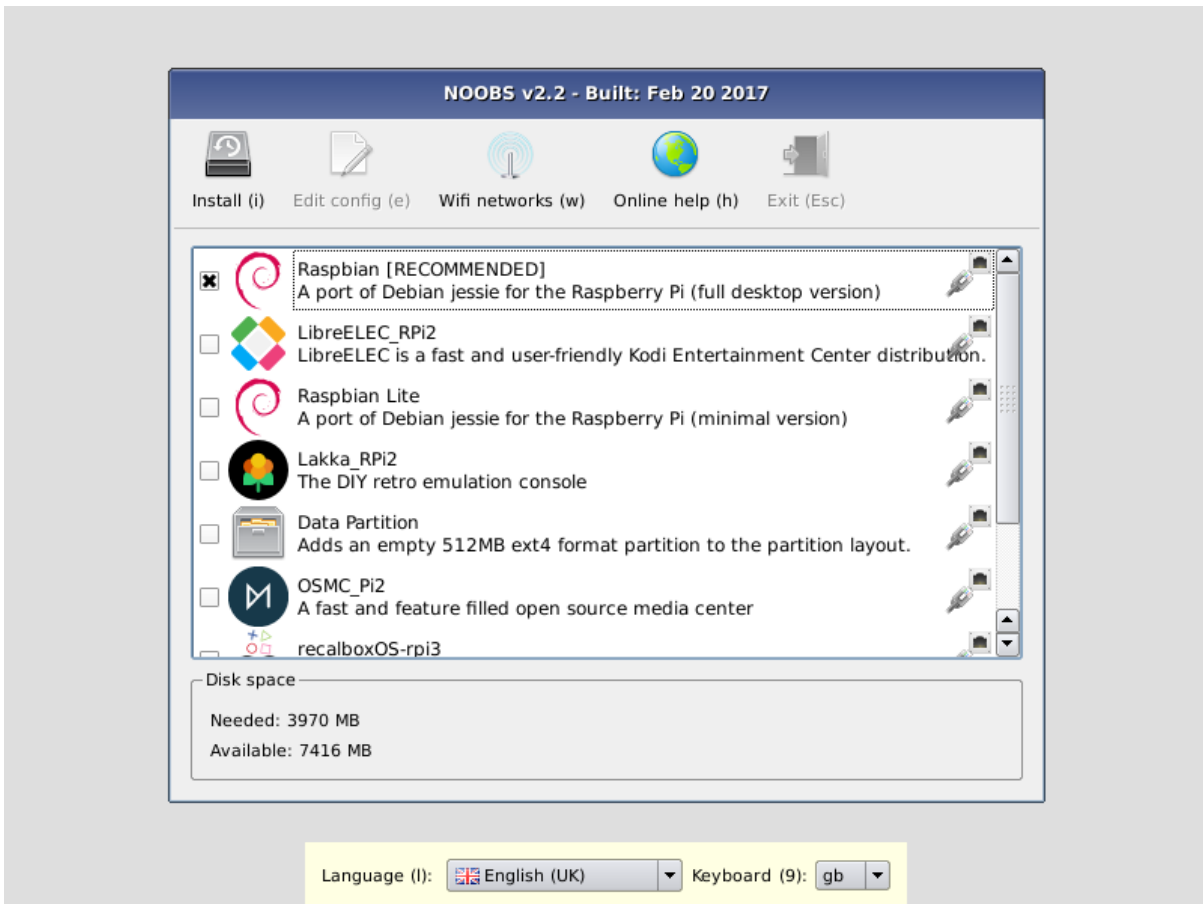
Raspberry Pin käyttöönottamisessa käytetään seuraavia laitteita:

- Raspberry PI 3 Model B+
- Näyttö HDMI -sisääntulolla
- Micro-USB-kaaapeli
- USB-laturi
- Näppäimistö
- MicroSD-muistikortti
- Android-pohjainen tabletti

### 4.1 Käyttöjärjestelmän asennus

Asennus aloitetaan asentamalla Noobs lite -asennusohjelma muistikortille. Projektissa ei ole käytössä tietokoneeseen kytkettävää SD-muistikortinlukijaa, mutta tähän tarkoitukseen voidaan käyttää Android-pohjaista tablettia. Raspi Card Imager -sovelluksen avulla voimme alustaa muistikortin Fat32-muotoon, ja ladata Noobs liten muistikortille. Raspi Card Imager löytyy Google Play kaupasta, ohjelma ei käytyä laitteen muistia, koska se kirjoittaa tiedon suoraan muistikortille. Raspberry Pi:ssä ei pysty oletuksena käynnistämään käyttöjärjestelmää ulkoiselta kovalevyltä, joten SD-kortti on pakollinen ensimmäisessä käynnistyksessä.

Käynnistyksen yhteydessä Noobs -asennusohjelma käynnistyy, jonka jälkeen se haluaa muodostaa verkkoyhteyden langatonta verkkoa käyttäen, tätä ilmoitusta ei tule jos Raspberry Pi on kytketty internetiin verkkokaapelilla. Verkkoyhteyden jälkeen valitaan haluttu käyttöjärjestelmä (KUVA 4). Projektissa käytetään Raspberry Pi OS:ä. Noobs lite ei sisällä käyttöjärjestelmiä esiasennettuna, joten kaikki asennustiedostot ladataan internetin kautta.



KUVA 4. Noobs liten käyttöliittymä

## 4.2 Kameran asentaminen

Kameramoduuli asennetaan liittämällä kameran GPIO-johto Rasberry Pin GPIO-porttiin. Fyysisen asennuksen jälkeen aktivoidaan kameran käyttöliittymän, jonka jälkeen kamera on toiminnassa. Kameran toimivuuden varmistaminen onnistuu käyttämällä ”raspistill” komentoa komentokehotteen kautta.

## 4.3 Etäyhteyden luominen

Valmis valvontajärjestelmä tarvitsee käytännön takia etäyhteyden, jonka kautta sitä päästään hallitsemaan. Tämä toteutetaan järjestelmässä SSH-yhteyden avulla. SSH on tietoliikenteessä käytetty protokolla, joka yleensä koostuu palvelimesta sekä asiakasohjelmasta. Valvontajärjestelmässä Raspberry Pi

toimii palvelimena, asiakkaana toimivat pääsääntöisesti pc-tietokoneet. Etäyhteyden luomisen Raspberry Pi OS:sta pitää aktivoida SSH, tämän voi tehdä asetuksista tai käyttämällä komentokehoteetta.

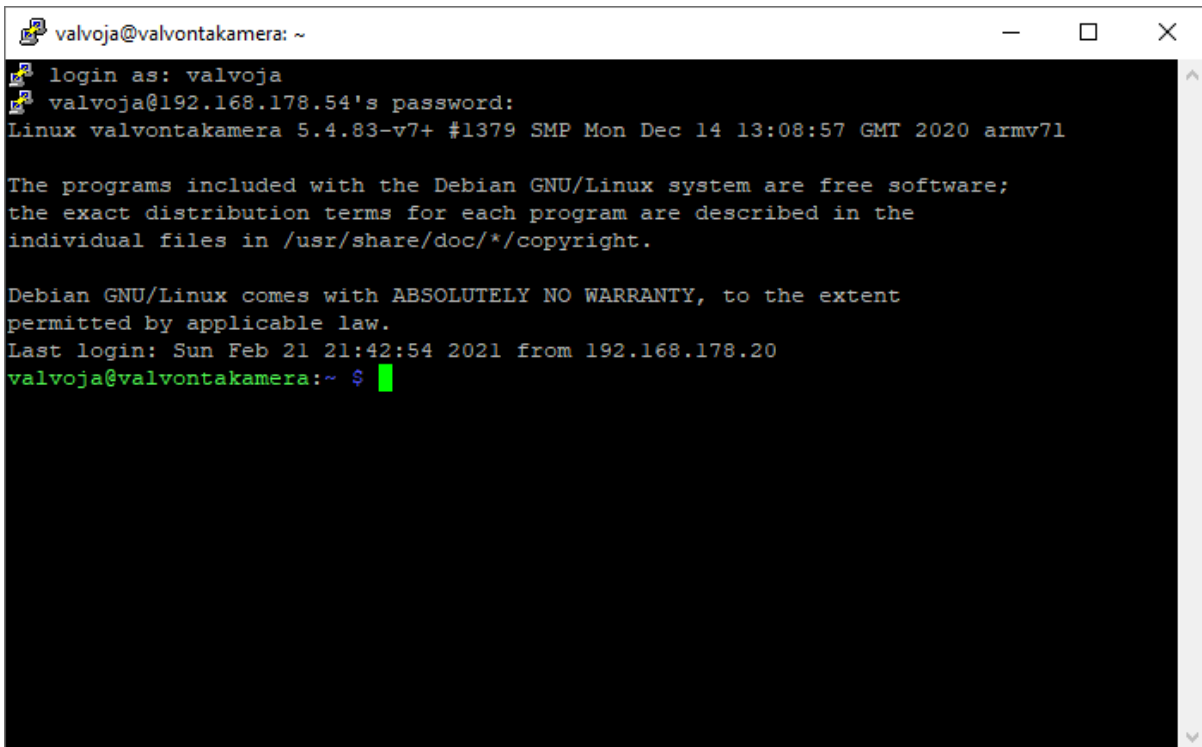
#### **4.4 Järjestelmässä käytetyt ohjelmat**

Valvontajärjestelmä tarvitsee käyttöjärjestelmän ja laitteiden lisäksi useita sovelluksia järjestelmän eri tarkoituksiin. Kaikki järjestelmässä käytetyt ohjelmat ovat maksuttomia projektin teko hetkellä.

##### **4.4.1 Putty**

Windows käyttöjärjestelmässä tarvitaan erillinen asiakasohjelma yhteyden luomiseen. Tässä projektissa käytetään Puttyä. Putty on avoimen lähdekoodin SSH ja telnet asiakasohjelma, joka toimii Windows ja Linux-käyttöjärjestelmillä. Ohjelman luoja ja kehittäjä on brittiläinen ohjelmoija Simon Tatham. (Putty 2020.)

SSH-sillan luomiseen Putty tarvitsee Raspberry Pin ip-osoitteen ja portin numeron. Yhteyden luomisen jälkeen Putty vaatii SSH-palvelimen käyttäjänimen ja salasanan (KUVA 5). Etäyhteyden avulla valvontajärjestelmän asennus ja hallinta onnistuu langattomasti WLAN:in kautta. Järjestelmä ei tarvitse tämän vaiheen jälkeen omaa näppäimistöä, hiirtä tai näyttöä. Puttyn avulla Raspberry Pitä voi ohjata tekstipohjaisella käyttöliittymällä, olettaen että käyttäjä hallitsee Linuxin komennot.

A terminal window titled 'valvoja@valvontakamera: ~' showing a successful SSH login. The user 'valvoja' has logged in from IP '192.168.178.54'. The system is Linux 'valvontakamera' 5.4.83-v7+ #1379 SMP Mon Dec 14 13:08:57 GMT 2020 armv7l. The terminal displays the standard Debian GNU/Linux login message, including the free software disclaimer and the warranty disclaimer. The last login was on Sun Feb 21 21:42:54 2021 from 192.168.178.20. The prompt is now 'valvoja@valvontakamera:~ \$' with a green cursor.

```
valvoja@valvontakamera: ~
login as: valvoja
valvoja@192.168.178.54's password:
Linux valvontakamera 5.4.83-v7+ #1379 SMP Mon Dec 14 13:08:57 GMT 2020 armv7l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Sun Feb 21 21:42:54 2021 from 192.168.178.20
valvoja@valvontakamera:~ $
```

KUVA 5. Yhteyden muodostaminen Linux-palvelimeen

#### 4.4.2 Motion

Motion on avoimen lähdekoodin valvontaohjelma, joka on kehitetty Linux-pohjaisille tietokoneille. Ohjelmalla voidaan muun muassa katsoa suoraa videokuvaa tai tallentaa kuvia tai videoita. Motion tukee lukuisia eri kameroita, kuten Rapsberry Pin kameramoduuleita ja V4L2 webkameroita. Asennus onnistuu komennolla ” apt-get motion”, koska ohjelma löytyy Raspberry Pi OS:n paketinhallinnasta. Motionin asetuksia voi muokata asetustiedostosta ”motion.conf” tekstieditoria käyttäen. (Motion 2021.)

## 5 VALVONTA JA HALLITTAVUUS

Valvontakameran oleellinen ominaisuus on videolähetyksen katsominen ja sen tallentaminen myöhempää tarkastelua varten. Seuraavassa osiossa hyödynnetään Raspberry Pitä ja sen sovelluksia, jotta saamme edellä mainitut ominaisuudet aikaiseksi.

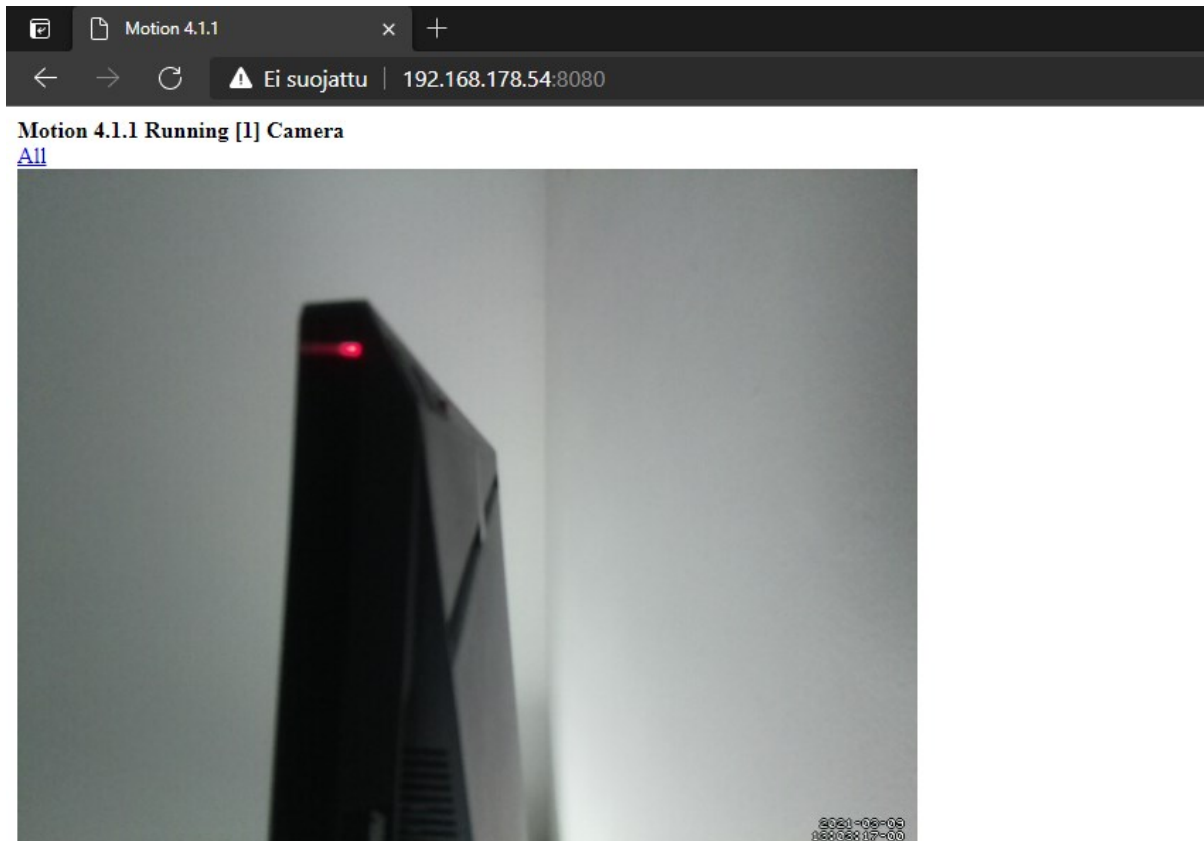
### 5.1 Suoratoisto Motionilla

Motion ohjelman suoratoiston katsominen onnistuu kirjoittamalla internetselaimen osoitekenttään Raspberry Pin IP-osoitteen ja kaksoispilkun jälkeen Motioinin oletusporttinumeron (KUVA 6). Oletus kuvanlaatua voidaan parantaa kasvojentunnistuksen takia. Myös suoratoiston katsominen Raspberry Pin ulkopuolella pitää sallia.

Tämä saavutetaan muuttamalla seuraavia arvoja:

- ”daemon on” vapauttaa komentorivin sekä pitää motionin tausta-ajossa.
- ”stream\_quality 100” säätää lähetyksen kuvanlaatua.
- ”stream\_localhost off” asetus estää aktiivisena videolähetyksen katsomisen lähiverkon toisilla laitteilla.
- ”width 640” width säätä kuvan leveyttä.
- ”height 480” height arvot säätelevät kuvan korkeutta ja leveyttä.

Asetuksien säätöjen jälkeen tiedosto tallennetaan, ja Motion pitää käynnistää uudelleen komennolla ”sudo service motion restart”.



KUVA 6. Motionin suoratoisto selaimessa

## 5.2 Liiketunnistin ja kuvankaappaus

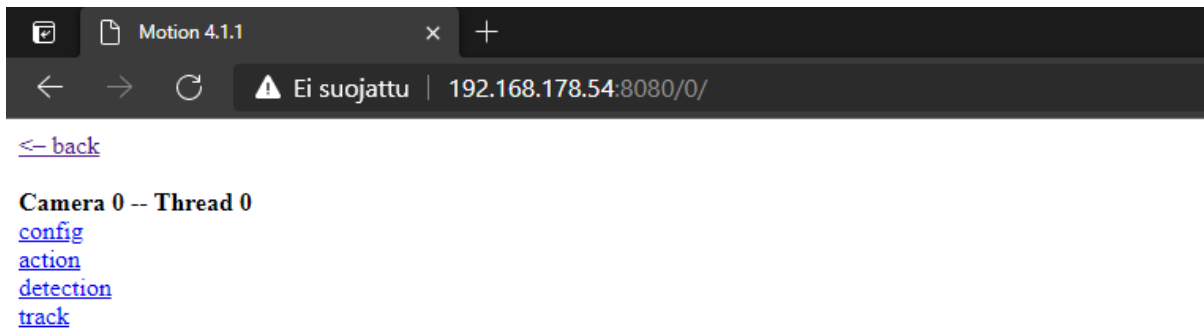
Valvontakameran tarkoituksena on tunnistaa liikettä, jonka jälkeen sen pitää reagoida liikkeeseen oikealla tavalla. Kärpänen joka lentää kameran ohi ei ole tarkoitus lähettää hälytystä tai tallentua muistikortille. Ylimääräiset hälytykset voidaan estää asettamalla kynnyisarvo liikkeen suuruudelle, jolloin järjestelmä joko hälyttää tai tallentaa kuvankaappauksen. Käytännössä tämä tapahtuu muuttamalla threshold arvoa Motionin asetustiedostossa. Threshold arvo määrittää milloin ohjelma reagoi. Tämä tapahtuu vertaamalla nykyisen ja seuraavan kuvaruudun pikseli muutoksen määrää.

Seuraavaksi asennetaan Motion tallentamaan kuvankaappauksia kun liiketunnistin aktivoituu. Kuvien tallentaminen onnistuu asettamalla asennustiedostosta ”output\_pictures” asetuksen päälle. Oletuksena Motion tallentaa myös videokuvaa, mutta tallennustilan säästämiseksi asetus otetaan pois päältä väliai-

kaisesti. Tallennuskansion polku vaihdetaan muuttamalla ”target\_dir” tiedostopolun haluamaksemme. Kuvien nimeäminen tapahtuu ”picture\_filename” arvon mukaan. Projektissa kuvat nimetään ”%Y%m%d%H%M%S”, tämä antaa kuville aikaleiman.

### 5.3 Etähallittavuus

Etähallittavuutta tarvitaan käytännöllisistä syistä, kuten liiketunnistimen aktivointi muualta kuin paikasta päältä tai ylimääräisten hälytyksien estämiseksi. Motionin hallintapaneeliin yhdistetään samalla tavalla kuten suoratoistoon, eli Raspberryn IP-osoite, mutta hallintapaneelilla on oma porttinumero, jota voidaan muokata ”webcontrol\_port” asetuksen avulla. Hallintapaneeli ei ole oletuksena avoinna Raspberryn Pin ulkopuolelta tuleville yhteyksille, joten motion.conf asetustiedostosta vaihdetaan ”webcontrol\_localhost” arvo positiiviseksi. Webcontrol näkymän kautta näkee myös suoratoiston, joten tätä käytetään valvontakameran käyttöliittymänä.



KUVA 7. Motionin hallintapaneeli

Hallintapaneeli toimii yksinkertaisella valikolla (KUVA 7). Hyperlinkeistä mennään haluttuun valikkoon ja ”back” painikkeella liikutaan taaksepäin. Liiketunnistimen aktivointi ja sulkeminen tapahtuu ”detection” alavalikosta painamalla ”start” käynnistämiseen tai ”pause” pysäyttämiseen. Valikossa on mahdollisuus ohjata useampaa kameraa yhtäaikaaisesti. Kameran voi ottaa kuvankaappauksia kun taas toinen toimii videolähetystä varten.

Tietoturvan on tässä vaiheessa huono, koska mikään ei estä ei toivottua käyttäjää katsomasta suoratoistoa tai muokkaamasta asetuksia. Tämä voidaan estää lisäämällä hallintapaneelille ja suoratoistolle salasana. Salasanan lisätään kirjoittamalla komento ”webcontrol\_authentication käyttäjänimi:salasana”. Sama tehdään suoratoistolle lisäämällä ”stream\_authentication käyttäjänimi:salasana”. Muutoksen jälkeen Motion vaatii selaimessa käyttäjänimen ja salasanan. Antamalla hallintapaneelille ja suoratoistolle eri kirjautumistiedot voidaan rajoittaa käyttäjien oikeuksia.



## 6 HÄLYTYS KÄYTTÄJÄLLE

Liiketunnistimen avulla Rapsberry Pi voi havaita tunkeilijan, kaapata tunkeilijasta kuvan ja tallentaa kuvan laitteen SD-muistikortille. Kuvasta ei ole apua, jos tunkeilijasta ei ole koskaan lähtenyt tietoa käyttäjälle. Tätä varten järjestelmä tarvitsee liiketunnistimeen yhdistetyn ilmoitusjärjestelmän.

### 6.1 Ilmoituksen vaatimukset

Ilmoitusjärjestelmältä vaaditaan, että käyttäjä saa ilmoituksen tekstimuodossa kun liiketunnistin aktivoituu. Tämä voi olla yksinkertainen teksti: ”valvontakamera havaitsee liikettä”. Ilmoituksessa pitää myös olla ajankohta milloin hälytys tapahtui. Ilmoituksen on tarkoitus tulla käyttäjän saataville mahdollisimman nopeasti, jotta viestin voidaan reagoida tarpeellisella tavalla. Kuva tai video liiketunnistimelta tapahtumahetkeltä toisi lisäarvoa ilmoitukselle sekä parantaisi valvontajärjestelmän käytettävyyttä.

### 6.2 Sähköposti vai sovellus?

Vaihtoehtoina ilmoitusjärjestelmälle pohdittiin, joko sovelluksen kautta toimivaa ilmoitusta tai sähköpostia hyödyntävää järjestelmää. Sovellus mahdollistaisi eri ominaisuuksien tuomisen yhteen keskitettyyn paikkaan, mutta sen kehittäminen olisi huomattavasti haastavampaa ja luultavasti toimisi vain Android- tai Apple-laitteilla. Sähköpostilla toimivia järjestelmä ei tarvitse erillistä ohjelmaa lähetyksiä varten ja Tilastokeskuksen mukaan jo kahdeksankymmentäkahdeksan prosenttia Suomalaista käytti sähköpostia vuonna 2020(Tilastokeskus 2020). Sähköposti-tilin voi asentaa valtaosalle Iphone ja Android puhelimista, ja suosituimmat sähköpostiohjelmat käyttävät puhelimen omaa ilmoitusjärjestelmää oletuksena.

Sovelluksen suurien vaatimuksien takia päädyttiin sähköpostia hyödyntävään ilmoitusjärjestelmään. Ilmoitus lähetetään järjestelmässä sähköpostin avulla, sähköpostiin tulee sisältymään varoitusteksti ja kuva tai video tunkeilijasta.

### 6.3 Sähköpostipalvelu Raspberry Pille

Ilmoitusjärjestelmä vaatii, että Motion ja Raspberry Pille asennettu sähköpostipalvelu toimivat yhdessä. Motioniin voi asettaa asetuksen, jossa se suorittaa tietyn komennon tietyissä olosuhteissa, kuten kameran kuvan tai videon tallentamisen jälkeen. Projektissa päädyttiin käyttämään videon tallentamista, koska kuvia tallennetaan useampi kappale yhden tapauksen aikana ja tämä johtaisi sähköpostiviesti tulvaan.

Ilmoitusjärjestelmän toimivuuden takia Raspberry Pille asennetaan sähköpostiohjelma sekä sähköpostitili, jotka lähettävät ilmoitukset käyttäjän haluamalle tilille. Opinnäytetyössä kokeiltiin useita eri ohjelmia, kuten Mutt ja Smtplib. Nämä hylättiin muun muassa, koska ne eivät olleet yhteensopivia Motionin kanssa tai niitä ei päivitetty uusille Raspberry Pi OS -jakeluille. Seuraavia sähköpostiohjelmia käytetään järjestelmässä: Msmtplib, Mpack ja Mailutils. Mailutils on kokoelma ohjelmia jota käytetään sähköpostiviestejien prosessointiin. Ohjelmien tiedot löytyvät antamalla ”Man” komento ja ohjelman nimi Linuxin komentopäätteeseen. Mpackin avulla Motion voi lähettää sähköpostiviestejä liitteiden kanssa shell-komennolla. Msmtplib on ohjelma, jonka avulla Raspberry Pi voi lähettää sähköpostiviestejä. Tämä tapahtuu välittämällä SMTP-protokollaa käyttäen viestit sähköpostipalvelimelle.

Seuraavaksi Raspberry Pille luodaan oma sähköpostitili, jota se käyttää viestien lähettämiseen. Projektissa käytetään Googlen Gmailia, koska palvelu on ilmainen ja sen palvelinasetukset ovat helposti saatavissa. Gmailin oletusasetuksissa on estetty pääsy ohjelmille, jotka käyttävät heikommin suojattua kirjautumista. Projektissa käytetyt sähköpostiohjelmat kuuluvat tähän kategoriaan. Vähemmän turvalliset sovellukset sallitaan Google tilin asetuksien kautta, menemällä selaimella osoitteeseen ”myaccount.google.com/lesssecureapps”.

## ← Vähemmän turvallisten sovellusten käyttöoikeus

---

Jotkin sovellukset ja laitteet käyttävät heikommin suojattua kirjautumista, mikä altistaa tilin väärinkäytöksille. Voit estää näiden sovellusten pääsyn tilillesi (suositus) tai sallia sen riskeistä huolimatta, jos haluat käyttää sovelluksia. Google asettaa tämän asetuksen automaattisesti pois päältä, jos sitä ei valita. [Lue lisää](#)



KUVA 8. Gmailin vähemmän turvallisten sovellusten käyttöoikeus

Msmtp ei toimi ilman sähköpostitilin tietoja, kuten mitä porttia käytetään ja Gmailin käyttäjänimi ja salasana. Nämä tiedot syötetään yleisesti ohjelman asetuksiin. Msmtp on pelkistetty ohjelma ilman graafista käyttöliittymää, joten tiedot syötetään suoraan Msmtp:n konfiguraatiodostoon tekstieditorilla. Suojaukseen liittyviä asetuksia lisätään kaksi kappaletta: "TLS on" ja "AUTH on"

Seuraavaksi konfiguraatiodostoon kirjoitetaan Gmail-tilin tiedot:

- account gmail
- from root@esimerkki
- user esimerkki@gmail.com
- password salasana
- host smtp.gmail.com
- port 587

Tiedoista löytyy Gmailin palvelimen SMTP-osoite, portti ja käyttäjän tiedot, kuten käyttäjänimi ja salasana jota käytetään sisäänkirjautumiseen. Sähköpostin konfigurointitiedoston salasanat ovat näkyvillä ilman salausta, joten tiedoston käyttöoikeuksien muuttaminen on suositeltua.

## 6.4 Ilmoitusten automatisointi

Ilmoitusten lähettäminen alkaa Moiton -ohjelman liiketunnistimen avulla, mutta tässä vaiheessa projektia Motionissa ei ole aktivoitu asetusta, jonka avulla Motion suorittaa tietyn komennon videon tallennuksen yhteydessä. Mstmp, Mpack ja Motion ovat yhteensopivia toistensa kanssa, joten komento annetaan suoraan shell komentona.

Kun kirjoitetaan komento ”on\_video\_save” arvon jälkeen Motion suorittaa komennon aina, kun video tallennetaan. Tallennukseen käytetty komento löytyy ”motion.conf” -tiedostosta. Mpack komento annetaan muodossa: ”mpack -s "otsikko" %f sähkoposti@esimerkki.fi”

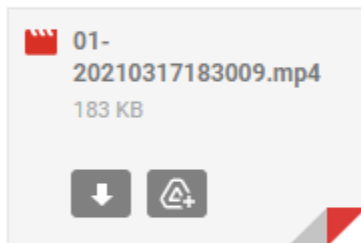
Komennossa ”%f” on videotiedosto, jonka Motion on tallentamassa ja se lisätään liitetiedostona sähköpostiin. Alla on esimerkki, miltä sähköposti-ilmoitus näyttää (KUVA 9.).

### Valvontakamera havaitsee liikettä! Postilaatikko x



raspberrypivalvontakamera@gmail.com

-> minä ▾



KUVA 9. Sähköposti-ilmoitus valvontajärjestelmältä

Ilmoituksia ja videoliitteitä tulisi pystyä katsomaan mahdollisimman monella alustalla, joten videoformaatti pitää olla yleisesti tuettu. Motion tallentaa videokaappaukset oletuksena ”.mkv” muodossa,

joita esimerkiksi Iphone ei tue ilman erikseen ladattua videosoitinsovellusta. Pienen kokeilun jälkeen selvisi, että Motionin tukemista videoformaateista mp4 on laajasti tuettu eri alustoilla. Videoformaatti muutetaan antamalla ”movie\_codec” arvoksi ”mp4”.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa valvontajärjestelmä käyttäen Raspberry Pitä ja sen kamera-moduulia. Projektin aiheen valintaan vaikuttivat halua oppia Linux käytön perusteet ja hyödyntää Raspberry Pitä projektissa. Opinnäytetyön tekijä ei ollut käyttänyt Linux-pohjaista käyttöjärjestelmää yli kymmeneen vuoteen, koska ammattikorkeakoulun aikana sitä ei missään oppiaineessa käytetty. Työn aikana opittiin paljon Linuxista käyttöjärjestelmänä sekä Raspberry Pin ominaisuuksista ja rajoituksista. Tavoitteena oli, että opinnäytetyössä ei käytettäisi mitään maksullista ohjelmaa tai palvelua, Raspberry Pitä ja sen oheislaitteita lukuun ottamatta. Suurin osa käytetyistä ohjelmista oli avoimen lähdekoodin ohjelmia. Osassa ohjelmissa, kuten Googlen palveluissa voi esiintyä mainoksia. Valvontakameroiden lisääminen järjestelmään onnistuisi helposti, koska työn aikana tehdyt asetukset toimivat myös lisätyissä kameroissa.

Opinnäytetyön aikana kohdattiin myös ongelmia. Näitä olivat esimerkiksi yhteensopivuusongelmat eri Linux ohjelmien kanssa. Työtä voisi jatkaa lisäämällä siihen lisää ominaisuuksia, kuten ottamalla käyttöön dynaaminen nimipalvelu. Tällä voidaan kiertää kiinteän IP-osoitteen tarve, joita operaattorit eivät myy yksityisille kuluttajalle Suomessa.

Valvontajärjestelmässä on kaikki oleelliset toiminnot mitä siltä haluttiin. Valvontajärjestelmälle suunniteltiin neljä tärkeintä ominaisuutta: suoratoisto, liiketunnistin, mahdollisuus kuvankaappaukseen ja ilmoituksen lähettäminen käyttäjälle. Kaikki nämä onnistuivat yrittämällä ja kekseliäisyydellä.

## LÄHTEET

Hendrickson, J. 2019. What Is Windows 10 IoT, and When Would You Want to Use It? How-to Geek. Saatavissa: <https://www.howtogeek.com/413102/what-is-windows-10-iot-and-when-would-you-want-to-use-it/>. Viitattu 14.8.2020

Hoffman, C. 2017. Beginner Geek: How to Install Software on Linux. How-to Geek. Saatavissa: <https://www.howtogeek.com/191245/beginner-geek-how-to-install-software-on-linux/>. Viitattu 20.2.2021

Jimm's. 2021 Saatavissa: <https://www.jimms.fi/fi/Product/Show/126524/tinker-board-2gb/asus-tinker-board-harrastelijan-tietokonealusta-2gb>. Viitattu 22.2.2021

Laine, P. 2019. Windows 10 on ARM asennettavissa nyt myös Raspberry Pi 3:lle. Io-tech. Saatavissa: <https://www.io-tech.fi/uutinen/windows-10-on-arm-on-nyt-mahdollista-asentaa-myos-raspberry-pi-3lle/>. Viitattu 14.8.2020

Motion. 2021. Saatavissa: [https://motion-project.github.io/motion\\_config.html](https://motion-project.github.io/motion_config.html). Viitattu 21.3.2021

Putty. 2021. Saatavissa: <https://www.putty.org/>. Viitattu 10.3.2021

Raspberry Pi Foundation 2021a. Products. Saatavissa: <https://www.raspberrypi.org/products/>. Viitattu 22.2.2021

Raspberry Pi Foundation 2021b. Raspberry Pi 3 Model B+. Saatavissa: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>. Viitattu 25.1.2021

Raspberry Pi Foundation 2021c. Raspberry Camera Module V2. Saatavissa: <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>. Viitattu 10.1.2021

Raspberry Pi Foundation 2020d. Raspbian Release Notes. Saatavissa: [http://downloads.raspberrypi.org/raspbian/release\\_notes.txt](http://downloads.raspberrypi.org/raspbian/release_notes.txt). Viitattu 14.1.2020

Raspberry Pi Foundation 2020e. NOOBS Setup. Saatavissa: <https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/noobs.md>. Viitattu 14.1.2020

Solla, K. 2020. Digitreenit: Sujuvammat päivitykset ja enemmän yksityisyyttä – Linux voi olla kelpo käyttöjärjestelmä tavallisellekin käyttäjälle. Yle. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2020/04/19/digitreenit-sujuvammat-paivitykset-ja-enemman-yksityisyytta-linux-voi-olla/>. Viitattu 12.2.2021

SS64. 2021. Saatavissa: <https://ss64.com/bash/>. Viitattu 20.2.2021

Statcounter 2021. Desktop Operating System Market Share Worldwide. Saatavissa: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide/#monthly-202101-202101-bar>. Viitattu 13.3.2020

Tilastokeskus. 2020. Liitetaulukko 18. Internetin käyttö puheluihin, pikaviestintään älypuhelimella, sähköpostiin ja pilvitalentamiseen 2020, %-osuus väestöstä. Saatavissa: [https://www.stat.fi/til/sutivi/2020/sutivi\\_2020\\_2020-11-10\\_tau\\_018\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/sutivi/2020/sutivi_2020_2020-11-10_tau_018_fi.html). Viitattu 15.3.2021



Raspberry Pille löytyy useita eri koteloratkaisuja, alla olevassa kuvassa näkyy (KUVA 10) tässä projektissa käytetty kotelo. Kotelon saa helposti asennettu seinälle esimerkiksi ruuvilla tai kaksipuolisella teipillä.



KUVA 10. Valvontajärjestelmä kotelossa