

Opinnäytetyö (AMK)

Tietotekniikan koulutusohjelma

2020

Artturi Seppä

KAMERAVALVONTAJÄRJES- TELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

2020 | 28 sivua

Artturi Seppä

KAMERAVALVONTAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla erilaisia tapoja toteuttaa etäyhteydellä käytettävä kameravalvontajärjestelmä. Järjestelmää oli tarkoitus käyttää viljankuivaamossa prosessinvalvontaan. Tavoitteena oli toteuttaa mahdollisimman helppokäyttöinen järjestelmä, joka toimii sekä Android- että Windows-laitteilla. Lisäksi tavoitteena oli kameroiden mahdollisimman pieni datankäyttö, jotta videokuvaa pystyttäisiin katsomaan myös huonon kuuluvuuden alueella ja datarajoitetuilla mobiiliyhteyksillä.

Työssä pohdittiin erilaisten kameroiden soveltuvuutta valvontakäyttöön ja päädyttiin testaamaan riistakameroita ja IP-kameroita. Lopulta järjestelmässä valittiin käyttöön IP-kamerat.

Videokuvan reaaliaikaisessa suoratoistossa testattiin muun muassa Youtube Live -palvelua ja erilaisia kameravalvontakäyttöön tarkoitettuja ohjelmistoja. Kuvien tallennuksessa testattiin Google Drive -palvelua. Lopputuloksena saatiin toimiva kameravalvontajärjestelmä käyttämällä IP-valvontakameroita.

ASIASANAT:

Videovalvonta, IP-kamera, ONVIF, etäyhteys, PoE, Youtube Live, Google Drive

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information Technology

2020 | 28 pages

Artturi Seppä

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SURVEILLANCE CAMERA SYSTEM

The aim of this thesis was to compare different ways to implement a remote camera surveillance system. The system was to be used in a grain dryer building for process control. The goal was to make the system as easy to use as possible, running on both Android and Windows devices. In addition, the aim was to minimize the data usage of the cameras so that video could be viewed even in low-coverage areas with data-restricted mobile subscriptions.

The work examined the suitability of different cameras for surveillance use and it was decided to test trail cameras and IP cameras. Eventually, IP cameras were selected for the system.

Youtube Live and various software for camera surveillance were tested for live streaming of cameras. Google Drive was tested for saving photos. The end result was a functioning camera surveillance system using IP surveillance cameras.

KEYWORDS:

Video surveillance, IP camera, ONVIF, remote access, PoE, Youtube Live, Google Drive

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 VALVONTAKAMERAT	7
2.1 IP-valvontakamerat	7
2.1.1 Kameratypit	8
2.1.2 Videon- ja äänenpakkaus	9
2.1.3 Tallennus	10
2.2 Riistakamerat	10
2.3 Muut kameravaihtoehdot	11
3 VALVONTAKAMEROIDEN ETÄSEURANTA	12
3.1 Internet-yhteydet	12
3.2 Youtube Live	13
3.2.1 FFmpeg	13
3.2.2 Open Broadcaster Software	14
3.3 Etäyhteyden muodostaminen VPN:n avulla	15
3.4 Ohjelmat kameroiden etäkäyttöön	15
4 KAMERAVALVONTAJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS	16
4.1 Laitteiston valinta	16
4.1.1 IP-kameroiden valinta	16
4.1.2 Internetyhteys ja verkkolaitteet	18
4.1.3 UPS-virransyöttö	20
4.1.4 Tietokoneen valinta	20
4.2 Ohjelmiston valinta	21
4.2.1 Youtube Live	21
4.2.2 Google Drive	22
4.2.3 Dahuan sovellukset	23
4.2.4 Etäyhteysohjelmat	25
4.2.5 UPS:n valvontaohjelma	26
5 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	28

KUVAT

Kuva 1. Kameratyytit.	8
Kuva 2. Kamerajärjestelmä.	19
Kuva 3. Videoasetukset.	24

1 JOHDANTO

Valvontakameroiden hintataso on laskenut ja kameroiden kuvanlaatu on parantunut viime vuosien aikana huomattavasti, kun kiinalaiset kameravalmistajat ovat tulleet kilpailemaan suurten tunnettujen valvontakameravalmistajien kanssa. Samaan aikaan internetiyhteyksien nopeudet ovat kasvaneet ja hinnat laskeneet. Lisäksi kiinteiden yhteyksien rinnalle on tullut nopeita videokuvan lähettämiseen riittäviä mobiiliverkkoyhteyksiä. Videokuvan jatkuvan lähetyksen mobiiliverkossa tekevät mahdolliseksi suomalaisten operaattoreilla tarjolla olevat mobiililiittymät, joiden kiinteähintaisiin kuukausimaksuihin sisältyy rajoittamaton tiedonsiirtomäärä. Nämä tekijät yhdessä mahdollistavat etäyhteydellä katseltavien kameravälvontajärjestelmien hyödyntämisen tavallisten ihmisten arkielämässä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa etäyhteydellä seurattava kameravälvontajärjestelmä. Työssä vertaillaan erilaisia kameravaihtoehtoja ja ohjelmia videokuvan, äänen sekä valokuvien lähettämiseen sekä näiden katselemiseen. Kuvaa on tarkoitus katsoa pääasiassa Android-käyttöjärjestelmällä varustetuilla älypuhelimilla ja tableteilla sekä Windows-tietokoneilla. Etäkatselun tulee olla niin helppoa, että myös tietotekniikasta vähemmän ymmärtävät ihmiset osaavat sen. Videokuvan bittinopeuden tulee tarvittaessa olla niin matala, että kuvaa pystyy katsomaan liikkuvissa ajoneuvoissa langattoman 4G-mobiiliverkkoyhteyden lisäksi myös hitaamman 3G-yhteyden avulla. Toisaalta kuvan tarkkuuden täytyy riittää siihen, että esimerkiksi lämpömittarien digitaalisista numeronäytöistä saadaan selvää.

Järjestelmää on tarkoitus käyttää viljankuivaamoraakennuksen ohjauskeskuksen merkki-valojen ja lämpömittarien valvomiseen silloin, kun rakennuksessa ei ole ketään paikalla. Äänentallennus mahdollistaa lisäksi normaalista poikkeavien äänien kuulemisen, esimerkiksi viljaleivaattorissa tai syöttölaitteessa olevan vian toteamisen.

Tavoitteena on vähentää ylimääräisiä valvontakäyntejä ja odottelua viljankuivaamoraakennuksessa. Kameroiden avulla saadaan tietoa esimerkiksi poistoilman lämpötilasta, jonka perusteella voidaan päätellä, milloin viljankosteutta kannattaa mennä mittaamaan ennen jäädytyksen aloittamista.

2 VALVONTAKAMERAT

IP-valvontakamerat ovat nykyisin syrjäyttäneet perinteiset analogiset valvontakamerat uusissa kamera-asennuksissa, sillä digitaalisten IP-valvontakameroiden kaapelointi on helpompaa. Yhtä kaapelia pitkin voi siirtää kuvaa ja ääntä ja lisäksi siitä saadaan kameran tarvitsema sähkövirta. Lisäksi IP-kameroiden kuvanlaatu on pääsääntöisesti analogisia kameroita parempi.

Viime vuosien aikana markkinoille on tullut myös teräväpiirtotarkkuuteen pystyviä analogisia kameroita ja uusimmissa kameroissa myös sähkövirtaa voidaan siirtää analogisten kameroiden käyttämää koaksiaalikaapelia pitkin. Analogisten kameroiden hintaero IP-kameroihin verrattuna on nykyisin melko vähäinen, joten uusia teräväpiirtoisia analogisia valvontakameroita käytetään yleensä vain sellaisissa kohteissa, joissa on jo valmiiksi koaksiaalikaapelit asennettuna ja tällöin säästytään kaapelointikustannuksilta.

Tavanomaisten valvontakameroiden lisäksi valvontaan voidaan käyttää esimerkiksi riis-takameroita sekä älypuhelimille tehtyjä valvontakamerasovelluksia. Myös Raspberry Pi -korttitietokoneen avulla voi itse rakentaa valvontakameran käyttäen joko varta vasten kyseistä tietokonetta varten suunniteltua kameraa tai erillistä USB-porttiin kytkettävää kameraa.

Tallentavan kameravalvonnan käyttöä rajoittavat muun muassa rikoslain salakatselua ja -kuuntelua koskevat pykälät, henkilötietolaki, laissa yksityisyyden suojasta työelämästä luku kameravalvonnasta työpaikalla sekä tietosuoja-asetus. Rikoslain mukaan salakat-selu ja -kuuntelu ovat rangaistavia tekoja, joten kameravalvonnasta on ilmoitettava siten, että valvonnan kohteena oleva tietää sen, esimerkiksi kylttien avulla. (Sallinen 2011)

2.1 IP-valvontakamerat

Internet-protokolla-kamerat eli IP-kamerat käyttävät tiedonsiirtoon tietoverkoissa samaa tapaa tietoliikennepakettien toimittamiseen kuin muutkin verkossa olevat laitteet, kuten tietokoneet. Tämä mahdollistaa IP-kameroiden helpon liittämisen lähiverkkoon ja inter-nettiin. IP-kamerat pakkaavat videokuvan (ja äänen, jos kamerassa on mikrofoni) digi-taaliseen muotoon ja lähettävät sen eteenpäin verkossa.

Kamerat voivat siirtää dataa joko langallisesti tavallista verkkokaapelia pitkin tai langa-tonta WLAN-verkkoa käyttäen. Yleisin nykyisissä langattomissa IP-kameroissa käytössä

oleva standardi on IEEE 802.11n. Langatonta verkkoa käytettäessä tarvitaan virtajohto kameran tarvitsemaa sähkövirtaa varten.

PoE eli Power over Ethernet on tekniikka, jolla samaa kaapelia käyttäen voidaan syöttää kameran tarvitsema sähkövirta sekä käyttää sitä laitteen verkkoliikenteeseen. Tällöin kameran käyttöön tarvitaan vain yksi verkkokaapeli. IP-kamerat käyttävät tyypillisesti PoE-standardia IEEE 802.af, jossa suurin syötetty teho on 15,4 W. Laitteelle asti varmasti saatava teho voi olla kuitenkin vain 12,95 W kaapelin aiheuttaman tehohäviön vuoksi. Kaapelin suurin sallittu pituus on 100 metriä. Suurempaan tehontarpeeseen esimerkiksi kääntöpääkameroita varten on kehitetty IEEE 802.at-standardi eli PoE+, jossa suurin laitteen käyttämä teho voi olla jopa 25,5 W. PoE:n käyttämä jännite on 44–57 voltia. PoE-virransyöttöä varten tarvitaan joko PoE-injektori tai PoE-kytkin. (Eisen 2009)

Standardinmukaisten PoE-virransyöttölaitteiden lisäksi on olemassa myös passiivisia PoE-injektoreja. Passiiviset PoE-laitteet eivät PoE-standardin mukaisista laitteista poiketen keskustele niihin kytkettyjen laitteiden kanssa ennen virransyötön aloittamista laitteen verkkoporteista, jolloin tavallisten laitteiden verkkoportit vaurioituvat.

2.1.1 Kameratyypit

IP-kameroita on olemassa monia erityyppisiä, jotka soveltuvat eri käyttötarkoituksiin. Yleisimmät tyypit ovat bullet (luoti), turret/eyeball (torni, silmämuna), dome (kupu) ja PTZ (Pan, Tilt, Zoom, suomeksi panorointi kallistus ja zoomaus eli kääntöpääkamera). Kameroita on sekä sisä- että ulkokäyttöön sopivia. Ulkokäyttöön tarkoitettujen kamerat ovat usein IP67-luokiteltuja eli pöly- ja vesitiiviitä. Kuvassa 1 on esitetty yleisimmät kameratyypit.



Kuva 1. Kameratyypit.

Varifocal eli vaihtuva polttoväli mahdollistaa optisen zoomauksen, jolloin kameras kuvanlaatu ei heikkene zoomatessa. Kaikkien kameroiden kuvaa on mahdollista zoomata digitaalisesti, mutta tällöin kuva ei tule oikeasti yhtään tarkemmaksi, vaan sitä vain suurennetaan katselulaitteen näytöllä.

2.1.2 Videon- ja äänenpakkaus

Pakkaamaton teräväpiirtoinen videokuva vie erittäin paljon tallennustilaa ja sen vaatiman tallennustilan vuoksi tallentamisesta tulisi erittäin kallista. Lisäksi nykyiset internetyhteydet eivät riittäisi kuvan reaaliaikaiseen katseluun. Näistä syistä johtuen on kehitetty erilaisia pakkausstandardeja, joilla vähennetään kameroiden tarvitsemaa datamäärää. Yleisimmät nykyisissä IP-valvontakameroissa käytetyt videonpakkausstandardit ovat MJPEG ja H.264. Uusimmissa kameroissa on näiden lisäksi mahdollista käyttää kehittyneempää H.265-pakkausstandardia.

MJPEG eli Motion JPEG pakkaa jokaisen kuvan erikseen JPEG-kuvaksi. H.264-formaatissa sen sijaan vain ne kohdat kuvasta, jotka ovat muuttuneet edelliseen kuvaan verrattuna, pakataan uudelleen. H.265 on vielä H.264:stä edelleen kehitetty koodekki, ja se tarvitsee vain noin 50 prosenttia bittivirrasta H.264-pakkausstandardiin verrattuna silminnähtävän saman laatuisen kuvan tuottamiseen.

Monet valmistajat ovat viime vuosien aikana lisäksi edelleen kehittäneet H.264- H.265-standardeista eri markkinointinimillä olevia niin kutsuttuja älykkäitä koodekkeja (smart codecs), jotka entisestään pienentävät bittinopeutta varsinkin silloin, kun kuvassa ei ole liikkuvia kohteita. Älykkäät koodekit ovat jokaisella valmistajalla erilaisia ja niistä on erilaisia markkinointinimiä, esimerkiksi H.264+ ja H.265+ sekä Zipstream. Niiden käytössä muiden kuin kameravalmistajien omien ohjelmistojen kanssa saattaa esiintyä ongelmia. Bittinopeutta vähennetään pääasiassa kahdella tavalla: dynaamisella pakkauksella ja I-kehysten välistä aikaa pidentämällä. Dynaamisessa pakkauksessa staattisia kohteita kuvasta pakataan enemmän kuin sellaisia, joissa esiintyy liikkuvia kohteita. I-kehysten välinen aika voi olla jopa minuutin, jos kuvassa ei esiinny juurikaan liikettä, kun perinteisiä pakkausstandardeja käytettäessä I-kehysten aikaväli on taas kiinteä, yleensä yhdestä sekunnista muutamiin sekunteihin. Osa valmistajista käyttää lisäksi vaihtelevaa kuvataajuutta ja digitaalista kohinanvaimennusta älykkäissä koodekeissaan. Parhaimmillaan älykkäiden koodekkien käytöllä hyvin valaistuissa sisätiloissa ja liikkeen ollessa vähäistä voidaan päästä jopa yli 95 prosentin säästöön bittinopeudessa verrattuna tavalliseen

H.264-koodekin ja vakiobittinopeuden käyttöön kuvanlaadun ollessa silti lähes yhtä hyvä. (IPVM 2020)

Osassa valvontakameroista on mahdollisuus tallentaa myös ääntä. Valvontakameroissa käytettyjä äänenpakkausstandardeja ovat G.711, G.726 ja AAC. G.711 ja sen seuraaja G.726 ovat pääasialliselta käyttötarkoitukseltaan puhelinkäyttöön kehitettyjä koodekkejä, kun taas AAC on musiikkia varten mp3-koodekin korvaajaksi tehty koodekki.

2.1.3 Tallennus

IP-valvontakameroille on olemassa useita eri tallennusvaihtoehtoja. Osassa kameroita on microSD-muistikorttipaikka kameran sisällä, jolloin ei aina tarvita erillistä tallenninta. Muistikorttien kapasiteetti on kuitenkin pieni verrattuna ulkoisiin tallennuslaitteisiin, kuten NVR (Network Video Recorder, verkkovideotallennin), jossa tallennetaan yhdelle tai useammalle kovalevyille. Myös tavallista tietokonetta voi käyttää verkkovideotallentimena, kun siihen asentaa sopivan ohjelmiston. NAS (Network Attached Storage, verkkolevypalvelin) on myös yksi tallennusvaihtoehto. Kaupallisissa NAS-laitteissa, kuten Synology, joutuu usein maksamaan lisenssimaksua valvontakameroiden kuvamateriaalin tallentamisen käyttämisestä. Nykyisillä nopeilla internetyhteyksillä myös tallennus pilveen on mahdollista.

2.2 Riistakamerat

Riistakameroissa kaikki lähettämiseen ja tallentamiseen käytetty tekniikka on sisäänrakennettuna suoraan laitteeseen. Tämä mahdollistaa riistakameroiden vapaan sijoittelun ja nopean asentamisen mihin vain verkon kuuluvalle alueelle. Lähettävät riistakamerat käyttävät pääosin vanhaa GPRS-teknologiaa kuvien lähettämiseen. Kuvat pakataan pienikokoisiksi JPEG-kuvatiedostoiksi kamerassa. Toisin kuin IP-valvontakamerat, riistakamerat eivät ota jatkuvaa videokuvaa, vaan niillä voi tallentaa pelkästään still-kuvia ja lyhyitä videopätkiä.

Riistakamerat tallentavat kuvat ja videopätkät microsd-kortille. Lähettävissä kameroissa on SIM-korttipaikka ja 2G-mallit pystyvät lähettämään pelkästään maksimissaan noin 200 kt:n kokoon pakattuja pienikokoisia JPEG-kuvatiedostoja. Uudemmat 3G-mallit voivat lähettää suurempiakin kuvia ja videopätkiä. 4G-mallit ovat vasta tulossa markkinoille.

Riistakameroita markkinoidaan usein nykyään olevan 12 megapikselin kameroilla varustettuja, mutta todellisuudessa kuvat on interpoloitu 5 MP kuvista 12 MP kuviksi.

Riistakameroissa käytetään passiivista infrapunaliikkeentunnistinta (PIR). Salamana käytetään infrapunasalamaa, joka on usein suodattimen avulla saatu ihmissilmälle näkymättömäksi. Tästä käytetään markkinointinimeä inframustasalama.

Riistakameroiden virransyöttö tapahtuu joko paristoilla, akulla tai verkkovirtalähteellä. Kameroiden virrankulutus on hyvin pieni, mikä mahdollistaa jopa kolmen kuukauden valmiusajan käytettäessä ulkoista 6 V:n ja 10 Ah:n liijyhyytelöakkaa.

2.3 Muut kameravaihtoehdot

Tavanomaisten valvontakameroiden lisäksi esimerkiksi Raspberry Pi -korttitietokoneella ja siihen lisävarusteena saatavaa kameraa käyttämällä voi tehdä valvontakameran. Myös älypuhelimille on tarjolla useita eri kameravalvontasovelluksia, jolloin esimerkiksi vanhaa älypuhelinia voi käyttää valvontakamerana.

Tavalliseen PC-tietokoneeseen voi lisätä USB-liitännällä varustetun webkameran. Myös erilaisia HDMI-lähdöllä varustettuja kameroita, kuten kompakti-, järjestelmä- ja videokameroita voi liittää tietokoneeseen käyttämällä esimerkiksi Elgaton Cam Link -laitetta, joka muuntaa sen HDMI-tuloon tulevan kuvan näyttämään tavallisesta webkameralta.

Tavanomaisia kameroita ei ole suunniteltu valvontakamerakäyttöön, joten niiden käyttö valvonnassa ei usein ole järkevää. Kaikilla kameroilla ei esimerkiksi pysty kuvaamaan jatkuvasti videokuvaa ja ne voivat ylikuumentua varsinkin 4K-resoluutiota käytettäessä. Tavallisissa kameroissa ei ole infrapunavaloa ja usein kameroissa käytetään infrapunavalon poistavaa suodatinta, joten niitä ei voi käyttää pimeässä edes infrapunavalaisimien kanssa, vaan tavallisten kameroiden kanssa tarvitaan aina ihmissilmälle näkyvää valoa. Lisäksi tavallisia kameroita ei yleensä ole suunniteltu toimimaan pysyvästi kylmässä ulkona eivätkä ne ole myöskään pöly- tai vesitiiviitä.

3 VALVONTAKAMEROIDEN ETÄSEURANTA

Valvontakameroiden etäseurantaan on vaihtoehtoina joko etäyhteyden ottaminen kamerajärjestelmään tai videokuvan ja still-kuvien lähetys pilvipalveluun. Etäyhteyden voi ottaa esimerkiksi VPN-yhteydellä tai suoralla porttiosjauksella kameraan tai tallentimeen. Osassa kameroista ja tallentimista käytettävissä on myös P2P-yhteys, jolloin porttiosjaukselta ei tarvita vaan sekä kamera tai tallennin että katseluohjelma ottavat yhteyden kameravalmistajan käyttämään etäyhteyspalvelimeen, esimerkiksi Amazonin AWS IoT Core - tai XmEye P2P -pilvipalveluun ja sen jälkeen muodostavat suoran yhteyden toistensa välille. Videon reaaliaikaisen lähetyksen voi hoitaa esimerkiksi Youtube Live -suoratoistopalvelun avulla ja kuvien lähetyksen sähköpostilla tai integraatiolla johonkin pilvipalveluun, kuten Google Drive.

Porttiosjauksella suoraan kameraan ja tallentimeen ei ole turvallista, koska useiden kameravalmistajien ohjelmistoista on löytynyt haavoittuvuuksia, joilla pääsee ohittamaan salasankyselyt ja asentamaan laitteisiin haitallista koodia. Myös kameroiden P2P-yhteyksistä on löydetty haavoittuvuuksia.

3.1 Internet-yhteydet

Valvontakameroiden videokuvan tarvitsema tiedonsiirtonopeus on riippuvainen useasta tekijästä. Näitä ovat esimerkiksi kuvataajuus, resoluutio ja käytetty pakkausstandardi. Kun videokuva katsotaan etäyhteydellä esimerkiksi VPN:n tai P2P:n avulla, jokainen erillinen katsoja vie oman osuutensa lähetyksenopeudesta, mutta vain silloin, kun yhteyttä käytetään. Silloin kun videokuva lähetetään pilvipalveluun, lähetyksenopeutta tarvitaan jatkuvasti, mutta sitä tarvitaan vain yhden käyttäjän verran.

Etäyhteyden ottamiseksi VPN:n avulla tarvitaan julkinen IP-osoite. Kiinteiden laajakaistaliittymien kuukausimaksuihin kuuluu tyypillisesti 5 dynaamista eli vaihtuvaa IP-osoitetta. Mobiiliverkoissa sen sijaan julkista IP-osoitetta ei ole mahdollista saada kaikkiin liittymiin. Puheominaisuudella varustettuihin kuluttajaliittymiin ei saa edes ostettua julkista IP-osoitetta, mutta dataliittymiin se on mahdollista saada. DNA tarjoaa dynaamisen julkisen IP-osoitteen dataliittymiinsä kuukausimaksuun sisältyen, kun taas Telia ja Elisa pyytävät siitä lisämaksua. Staattinen eli pysyvä julkinen IP-osoitekin on usein lisämaksusta saatavilla, mutta se maksaa jo huomattavasti enemmän.

Sekä kiinteitä laajakaistayhteyksiä että mobiililiittymiä markkinoidaan yleensä pelkästään teoreettisella maksimilatausnopeudella, eikä lähetysnopeudesta välttämättä ole mainintaa. Mobiililiittymissä nopeuteen vaikuttaa paljon muun muassa signaalin voimakkuus, käytetty päätelaite, tukiasemassa käytetyt taajuudet ja verkkoteknologiat sekä muut yhtäaikaiset käyttäjät. Kaikissa mastoissa ei ole jokaisen operaattorin laitteita ja operaattorit eivät kerro tukiasemiensa tarkkoja sijainteja, joten ainoa mahdollisuus selvittää tukiasemien sijainti on signaaliarvojen mittaaminen. Tukiasemien sijaintien selvittämiseen on kehitetty Androidille Cellmapper-sovellus, jolla voi mitata signaaliarvoja ja ne tallentuvat kaikkien käytettäväksi kartalle.

3.2 Youtube Live

Youtube Live on Googlen vuonna 2006 ostaman Youtube-suoratoistopalvelun omien suorien lähetysten tekemisen mahdollistama ominaisuus, joka julkaistiin vuonna 2011. Vuonna 2013 Youtube Liven käyttämiseksi käyttäjällä piti olla 1000 tilaajaa suoran lähetysten tekemistä varten. Myöhemmin samana vuonna tilaajia tarvittiin enää 100 ja lopulta vaatimus tilaajista on poistunut. (Wikipedia 2019) Nykyään vaatimuksena on vain tilin aktivointi tekstiviestillä ja 24 tunnin odottaminen. Yhdellä puhelinnumerolla voidaan vahvistaa vain kaksi Google-tiliä kalenterivuoden aikana.

Youtube vaatii live-lähetyksessä H.264-pakatun videon ja AAC- tai mp3-pakatun äänen ja tietyllä vaihteluvälillä olevan bittivirran riippuen lähetetyn videokuvan resoluutiosta. Live-lähetyksestä voi tehdä julkisen, piilotetun linkillä jaettavan sekä valituille kirjautuneille käyttäjille jaetun lähetysten.

Youtube Livessä käytetään suoratoistoavainta, jonka saa haettua kirjautumalla aktiivisella Google-tilillä Youtubeen. Kopioimalla suoratoistoavaimen suorien lähetysten tekemisen mahdollistamaan ohjelmaan voi aloittaa suoran lähetysten. Suorissa lähetyksissä käytetään RTMP-protokollaa, joka on täysin salaamaton. Salattuja RTMPE ja RTMPS-protokollia ei tueta.

3.2.1 FFmpeg

FFmpeg on avoimen lähdekoodin medianhallintaohjelmistokokoelma, jolla voidaan purkaa lähes kaikkia olemassa olevia video- ja äänikoodekkeja ja pakata ne eri muotoon.

(FFmpeg 2019) Lisäksi voidaan muuttaa esimerkiksi IP-kameroilta saatava RTSP-protokollan mukainen videovirta eri videon suoratoistopalvelujen, kuten Youtube Liven käyttämään RTMP-muotoon. Mikäli video- ja äänikoodekki on jo valmiiksi palvelun hyväksymässä muodossa, videota tai ääntä ei tarvitse purkaa ja pakata uudelleen, vaan ne voidaan kopioida sellaisenaan ja muuttaa pelkästään protokollaa ja tiedostotyyppiä. Tällöin FFmpeg-ohjelmaa suorittavan tietokoneen ei tarvitse tehdä paljon laskentatehoa vaativaa videon purkamista ja pakkaamista.

FFmpeg on komentorivityökalu, ja se on saatavilla Linuxille, Windowsille ja MacOS:lle. FFmpegin käyttöä helpottamaan on tehty myös graafisia edustaohjelmia, mutta niiden avulla ei voi käyttää kaikkia komentorivillä käytettävissä olevia ominaisuuksia.

3.2.2 Open Broadcaster Software

OBS eli Open Broadcaster Software on ilmainen avoimen lähdekoodin ohjelma, jolla voi tallentaa videoita sekä tehdä suoria lähetyksiä tunnettuihin suoratoistopalveluihin, kuten Youtube Live ja Twitch. Toisin kuin FFmpegiä, OBS:ää hallitaan graafisen käyttöliittymän kautta helppokäyttöisesti. Lisäksi OBS purkaa aina lähdemateriaalin ja pakkaa sen uudelleen, vaikka video olisi jo valmiiksi suoratoistopalvelun hyväksymässä muodossa. Tästä syystä OBS vaatii huomattavasti suorituskykyisemmän laitteiston kuin FFmpeg. OBS on saatavilla Windowsille, Linuxille ja Mac OS:lle.

Videokuvan pakkaamiseen eli enkoodaamiseen on kaksi vaihtoehtoa: ohjelmistopohjainen ja laitteistopohjainen pakkaus. Ohjelmistopohjaisessa pakkauksessa käytetään prosessorin suorituskykyä pakkaamiseen. H.264-standardin mukaiseen pakkaukseen OBS:ssä käytössä on avoimen lähdekoodin x264-kooderi. Laitteistopohjaisessa pakkaamisessa käytetään tietokoneessa olevia piirejä, jotka ovat suunniteltu tätä varten. OBS:ssä on mahdollista käyttää laitteistosta riippuen esimerkiksi Intelin prosessoriin integroitujen näytönohjaimien Quick Sync Video -kooderia ja Nvidian näytönohjaimien NVENC-kooderia. Kun käytetään laitteistopohjaista enkoodausta, ei tarvita tehokasta prosessoria ja lisäksi erikseen enkoodaamiseen suunniteltu laitteisto kuluttaa vähemmän virtaa kuin ohjelmistopohjainen enkoodaus. Toisaalta taas ohjelmistopohjaisella enkoodauksella saavutetaan parempi kuvanlaatu kuin laitteistopohjaisella enkoodauksella.

OBS:lle on kehitetty erilaisia lisäosia, joiden kautta ohjelmaan saa uusia ominaisuuksia. Yksi useamman kameran valvomiseen soveltuva lisäosa on Advanced Scene Switcher.

Sen avulla voidaan vaihtaa videolähdettä automaattisesti, jolloin voidaan esimerkiksi vuorotellen näyttää samassa lähetyksessä eri kameroiden kuvaa.

3.3 Etäyhteyden muodostaminen VPN:n avulla

VPN:ää eli virtuaalista erillisverkkoa käyttämällä voi muodostaa salatun yhteyden internetin yli ja käyttää etäyhteydellä sisäverkon palveluita niin kuin oikeasti olisi sisäverkkoon kytketyllä tietokoneella. Yksi suosituimmista ilmaisista VPN-ohjelmistoista on ilmainen avoimen lähdekoodin openVPN. OpenVPN-palvelimen voi asentaa esimerkiksi open-WRT- ja DD-WRT-ohjelmistoilla varustettuihin reitittimiin ja pfSense-palomuuriohjelmistolla varustettuihin tietokoneisiin. Yksi helpoimmista tavoista asentaa openVPN-palvelin jo olemassa olevaan verkkoon ilman reitittimien ohjelmistojen vaihtamista on PiVPN, jossa Raspberry Pi -korttitietokoneelle asennetaan skriptin avulla openVPN-palvelin. Tämä asennustapa on helpompi sellaisille käyttäjille, jotka eivät ole ennen olleet tekemisissä openVPN:n tai Linuxin kanssa.

3.4 Ohjelmat kameroiden etäkäyttöön

Valvontakameroiden valmistajat ovat yleensä tehneet omat älypuhelinsovellukset kameroiden ja tallentimien etäkäyttöä varten. Lisäksi tarjolla on muitakin vaihtoehtoja, jotka eivät ole sidonnaisia käytettyjen kameroiden merkkiin. Valmistajan omista ohjelmissa on yleensä paremmat säätömahdollisuudet kameroihin ja muissa ohjelmissa tuki rajoittuu ONVIF-standardin tarjoamiin mahdollisuuksiin.

ONVIF eli Open Network Video Interface Forum on vuonna 2008 Axiksen, Boschin ja Sonyn perustama avoin teollisuusfoorumi, jonka tarkoituksena on luoda avoin standardi IP-valvontalaitteiden väliseen kommunikaatioon. Se mahdollistaa eri valmistajien laitteiden ja ohjelmistojen toimimisen toistensa kanssa. ONVIF-profiilit määrittelevät ominaisuudet, joita laitteiden täytyy tukea saadakseen virallisen merkinnän vaatimustenmukaisuudesta ONVIF-tuoteluetteloon (ONVIF 2020). Yleisimpiä tuettuja profiileja IP-valvontakameroissa ovat G ja S. Profiili G määrittelee videon tallennusta ja profiili S videon suoratoistoa ja kameran asetuksia. Suurin osa kameravalvontaohjelmistoista tukee pelkästään profiilia S eikä profiilia G, joten yleensä valvontakameroiden suoraa videokuvaa ja osaa asetuksista pystyy muokkaamaan, mutta esimerkiksi muistikortille tallennettua videokuvaa ei yleensä pysty katsomaan muiden kuin kameravalmistajan omaa ohjelmistoa käyttäen.

4 KAMERAVALVONTAJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Viljankuivaamossa on kaksi erillistä eri paikoissa sijaitsevaa ohjauskeskusta, joten kameran tarviin niiden valvomiseksi kaksi. Ohjauskeskusten edestä täytyy päästä vapaasti kulkemaan, joten kamerat täytyy asentaa tarpeeksi kauas niistä. Tätä varten tarvitaan optisella zoomilla varustetut kamerat.

4.1 Laitteiston valinta

Kameravalvontalaitteiston valinnassa viljankuivaamoon olennaisimpia asioita ovat laitteiden pölytiiviyys ja vakaa toiminta. Kaikki muut laitteet paitsi kamerat sijoitetaan pölytiiviseen koteloon ja siksi ne eivät saa lämmitä liikaa, joten niiden lämmöntuotto tulee olla mahdollisimman pieni. Koska kamerat eivät tule pölysuojattuun koteloon, niiden täytyy itsessään olla mahdollisimman pölytiivisiä

Langattomien verkkojen signaalissa saattaa esiintyä aina esiintyä ongelmia, joten vaakan yhteyden takia päätettiin, että kameroiden tulee olla langallisella yhteydellä varustettuja. Tästä syystä päätettiin, että kameroiden täytyy olla PoE-virransyöttöä tukevat IP-kameroita, jotka voidaan kaapeloida pelkän verkkokaapelin avulla. Lisäksi kameroiden pitää olla myös muistikorttipaikalla varustettuja, jotta erillisen tallentimen aiheuttamalta lisäkustannukselta ja ylimääräiseltä lämmöntuotolta suljetussa kotelossa vältytään.

4.1.1 IP-kameroiden valinta

Kamerajärjestelmän toteuttamista suunniteltaessa testattiin aluksi vanhaa bullet-tyyppistä kameramallia, jossa kuvataajuudeksi pystyi valitsemaan joko 15 tai 30 kuvaa sekunnissa ja suljinaikaa ei pystynyt säätämään itse. Tämä aiheutti kuvattavissa digitaalisissa 7-osaisissa LED-näytöillä varustetuissa numeronäytöissä numeroiden välkkymistä. Suomessa sähkövirran taajuus on 50 Hz. Tällöin joko kuvataajuuden pitäisi olla 25 tai 50 kuvaa sekunnissa tai suljinajan olla esimerkiksi 1/50 tai 1/100 sekuntia, jotta sähkövirran taajuuden aiheuttamaa välkyntää ei näkyisi kuvassa.

Kun vanhaa IP-kameraa ei saatu toimimaan väärän kuvataajuuden ja suljinajan takia, alettiin testaamaan riistakameroiden soveltuvuutta valvontakohteeseen. Riistakameroissa ongelmana oli, ettei niissä ole optista zoomausta, jolloin ne olisi täytynyt sijoittaa keskelle kulkuväylää, jotta kuva-alue olisi saatu rajattua sopivaksi. Kamerat sijoitettiin

kuitenkin kauemmaksi, etteivät ne olisi kulkemisen tiellä. Kameroiden lähettämät noin 200 kt:n kokoon pakatut 1280x960-resoluution eli 1,3 megapikselin kuvat olivat tällöin tarkkuudeltaan juuri ja juuri riittäviä siihen että värikuvasta sai luettua lämpömittarien lukemat. Kamerat eivät aina kuitenkaan suostuneet ottamaan värikuvia, vaan ne siirtyivät toisinaan automaattisesti yöasetuksille ottamaan mustavalkoisia kuvia infrapunasalaman kanssa. Tällöin kuvasta oli vaikeampaa saada selvää lämpömittareiden näytöistä, eikä merkkivalojen väriä pystynyt mustavalkoisesta kuvasta näkemään. Kameroissa ei ollut asetusta siihen, että ne olisi voitu manuaalisesti laittaa ottamaan värikuvia. Ratkaisuna tähän ongelmaan jouduttiin valvottavalle alueelle lisäämään tehokkaita valaisimia, mutta tämäkään ei vielä riittänyt siihen, että kamerat olisivat aina ottaneet pelkästään värikuvia. Riistakameroiden käytössä todettujen ongelmien jälkeen päädyttiin uusien IP-valvontakameroiden hankintaan.

IP-kameroiden valinnassa käytettiin apuna keskustelufoorumeilta saatuja käyttäjäkokemuksia, pääasiassa TechBBS- ja IP Cam Talk -foorumeilta. Lisäksi Youtube-videoiden avulla pystyttiin vertailemaan eri kameroiden kuvanlaatua. Kaikilla foorumeilla keskusteluissa yleiseksi mielipisteeksi oli muodostunut se, että Hikvision ja Dahua ovat hintalaa-tusuhteeltaan parhaita IP-kameroiden valmistajia.

Videonpakkausstandardien osalta vaatimuksena oli, että kameran tulisi tukea H.265-standardia, jolloin tallennustilan tarve olisi mahdollisimman pieni ja videokuvan katselu onnistuisi matalan bittinopeuden ansiosta tarvittaessa myös heikossa verkossa 3G-yhteyden avulla. Lisäksi pieni kaistan tarve olisi hyödyllistä silloin kun katsojia on useita yhtä aikaa, jotta internetyhteyden lähetysnopeus riittäisi videokuvan lähettämiseksi kaikille vastaanottajille. H.264-standardin tuki on myös tarpeellinen, jotta videokuva voidaan lähettää Youtube-liveen suoraan ilman, että sitä täytyy purkaa ja pakata uudelleen eri muotoon. Lisäksi mp3- tai AAC-muotoinen ääni on hyvä saada suoraan kamerasta samasta syystä. Huomattiin Hikvisionin ja Dahuan kameroiden teknisiä tietoja vertailemalla, että vain Dahuan kameroissa ääni voidaan pakata suoraan AAC-muodossa. Tästä syystä kameravalmistajista valittiin Dahua.

IP-kameroiden valinnassa määriteltiin vaatimuksiksi, että niissä täytyy olla optinen zoomaus helpon sijoittelun mahdollistamiseksi. Lisäksi kameran täytyy pystyä tallentamaan ääntä. Todettiin, että useissa kameroissa, joissa on mikrofoniilientä, tarvitaan lisäksi erillinen virransyöttö mikrofoniille. Tämän toteuttamiseksi tarvittaisiin joko erillinen verkkovirtalähde mikrofoniille tai PoE-jakaja verkkokaapelia syötetyn virran jakamiseksi sekä mikrofoniille että kameralle. Tämä vaikeuttaisi asennusta ja tästä syystä päädyttiin siihen lopputulokseen, että kamerassa täytyy olla integroitu mikrofoni, jolloin pelkkä yksi

verkkokaapeli riittää virransyöttöön. Integroidulla mikrofonilla ja optisella zoomauksella varustettuja kameroita on tarjolla vain muutamia. Dahuan kansainvälisestä mallistosta vain turret-mallisissa kameroissa on sisäänrakennettu mikrofoni. Testikäyttöön valittiin tästä syystä Dahuan ePoE Pro -sarjan malli HDW-5231R-ZE, joka oli halvin mahdollinen vaatimukset täyttävä kamera.

Kameraa testattiin molempien ohjauskeskusten kuvaamisessa erikseen ja todettiin, että 2 megapikselin kameran kuvanlaatu riittää toisessa näistä hyvin, sillä valvottavat asiat ovat kapealle alueelle sijoitettuna. Toisen valvontakohteen osalta huomattiin, että paremmalla resoluutiolla varustettu kamera olisi tarpeen, sillä kuvattava alue oli laajempi. Päätettiin, että valittaisiin jokin 4K- eli 8 MP-resoluutiolla varustettu kamera, koska sitä tarkempien kameroiden hinnat ovat jo huomattavasti kalliimpia kuin 4K-kamerat.

Dahuan valikoimassa oli optisella zoomilla ja muistikortilla varustettuja 4K-kameramalleina bullet-vaihtoehtona HFW2831T-ZS, mikrofoniliitännällä varustettu HFW2831T-ZAS ja turret-malli HDW-5831R-ZE, jossa oli integroitu mikrofoni.

Kesäkuussa 2019 Youtubeen ilmestyi video, jossa vertailtiin Dahuan 4K-kameramalleja (Intermit.Tech 2019). Sen perusteella todettiin, että HDW5831R-ZE-kamerassa on terävin kuva vertailluista kameroista, joten kyseinen kameramalli valittiin toiseksi kameraksi.

4.1.2 Internetyhteys ja verkkolaitteet

Kameravalvontaa etäyhteydellä käytettäessä internetyhteyden lähetysnopeus ja yhteyden vakaus ovat tärkeimpiä huomioon otettavia asioita. Kiinteät kupari- ja valokuituyhteydet ovat pääsääntöisesti vakaammin toimivia kuin langattomat yhteydet. Valvontakohteeseen ei kuitenkaan ollut saatavilla valokuitua ja kupariyhteyksistä tarjolla oli vain ADSL, jonka lähetysnopeus ei ole riittävän hyvä kameravalvontakäyttöön. Ylipäätään kiinteää internetyhteyttä ei ollut korkeasta hinnasta johtuen järkevää ottaa käyttöön, koska käyttötarve viljankuivaamon kameravalvonnassa on ainoastaan muutamia viikkoja vuodessa.

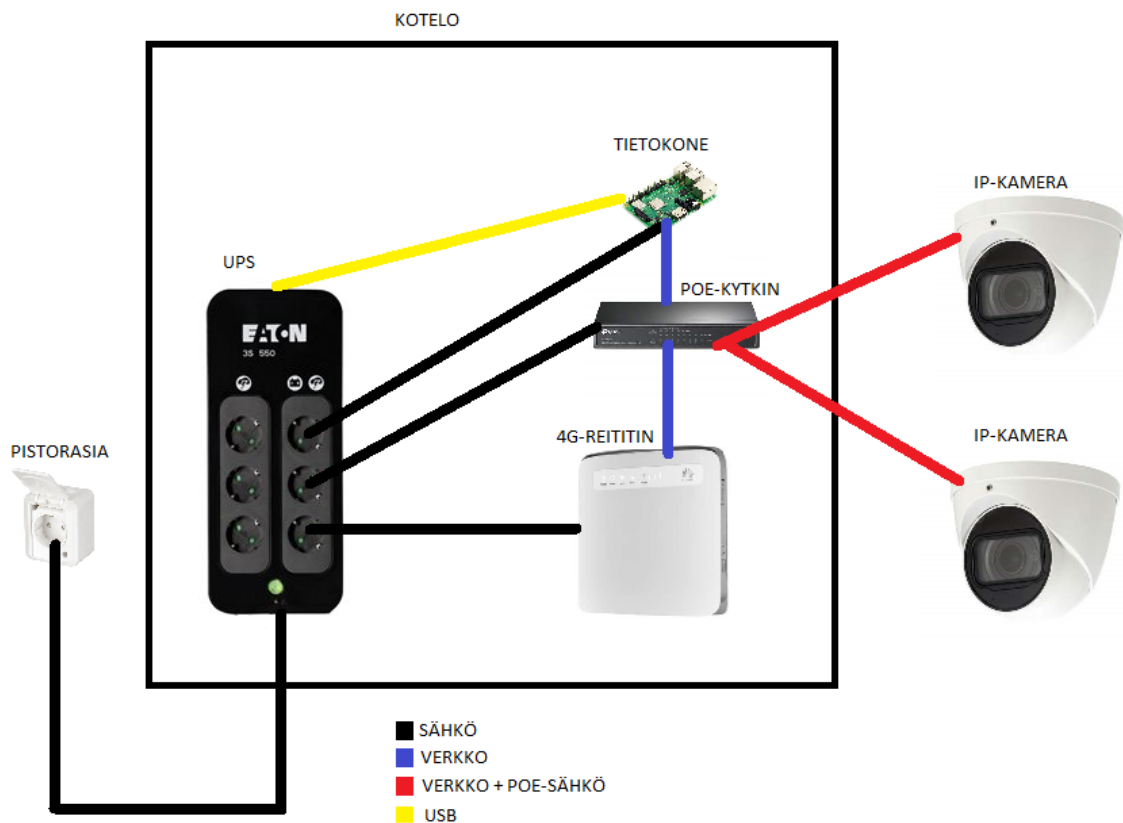
Langattomista mobiiliverkoista alueella oli 4G-kuuluvuus kaikkien kolmen suuren operaattorin verkoissa. Cellmapper-sovelluksen avulla todettiin, että ainoastaan Teliällä on 4G-tukiasema, johon on suora näköyhteys valvontakohteesta. Yhteysnopeuksia mitattiin Speedtest-sovelluksella ja todettiin, että Telian verkossa päästään jopa yli 40 Mbit/s lähetysnopeuksiin, kun taas DNA:n verkossa lähetysnopeudet olivat alle 10 Mbit/s. Elisan

verkkoa ei testattu, mutta Cellmapper-sovelluksessa näkyvien tukiasemien sijainnin perusteella Elisan 4G ei olisi toiminut läheskään yhtä hyvin kuin Telian.

4G-reitittimeksi valittiin Huawei E5186s-22a, joka oli jo aiemmin ollut käytössä muissa kohteissa. Se oli todettu toiminnaltaan vakaaksi ja lähetyksenopeuksiltaan muutamia muita testattuja 4G-laitteita paremmaksi.

PoE-kytkimeksi valittiin TP-Linkin TL-SG1008P, jossa on 8 kappaletta 1000 Mbit/s RJ-45-portteja, joista 4 tukee 802.3af-standardin mukaista PoE-virransyöttöä. PoE-portteja tarvittiin vain 2, mutta tulevaisuutta varten siihen voidaan liittää vielä 2 PoE-virransyöttöä käyttävää laitetta. Mahdollisuuksia käyttötarkoituksia kameroiden lisäksi on esimerkiksi langattoman verkon kuuluvuuden laajentaminen PoE-Wifi-tukiasemalla sekä PoE-virransyöttöä käyttävän 4G-modeemin asentaminen ulos. Myös osaa Raspberry Pi -tietokoneista voidaan käyttää PoE-virralla erillisen lisäosan avulla.

Kameroille vedettiin asennuskaapelit käyttäen suojattua Cat 6A U/FTP -kaapelia. Tietokone, PoE-kytkin ja 4G-reititin yhdistettiin toisiinsa käyttäen suojaamattomia Cat 5e U-UTP ja Cat 6 U-UTP -laitekaapeleita. Kuvassa 2 on esitetty sisäverkon kaapelointia sähkö- verkko- ja USB-kaapeleiden osalta.



Kuva 2. Kamerajärjestelmä.

4.1.3 UPS-virransyöttö

UPS-laitteeksi valittiin line-interactive -topologiaa käyttävä Eaton 3S 550 DIN. Siinä on 3 akkuvarmennettua Schuko-pistorasiaa, joten siihen voitiin suoraan ilman ylimääräisiä jatkojohtoja tai adaptoreita liittää kerralla kaikki kamerajärjestelmään tarvittavat laitteet eli 4G-reititin, tietokone ja PoE-kytkin. Line-interactive -topologiaa käyttävässä UPS-laitteessa virransyöttöön tulee muutamien millisekuntien häiriö sähkön katketessa, joten UPS:n toimivuutta testattiin irrottamalla se verkkovirrasta. Testissä todettiin, että UPS-laitteeseen kytketyt kameravalvontajärjestelmän laitteet pysyivät päällä tämän jälkeenkään. UPS:n todettiin olevan riittävän suuri akkukapasiteetiltaan, sillä akkuvirralla kamerajärjestelmää käytettäessä 26 minuutin jälkeen varaustaso oli vielä 50 prosenttia. Laitteiden yhteenlaskettu maksimitehontarve oli alle 50 W, joten Eaton 3S:n ilmoitettuun 330 W:n maksimikuormitukseen nähden UPS oli riittävän suuri.

4.1.4 Tietokoneen valinta

Tietokoneen hankintavaiheessa käyttötarkoitukseksi oli suunniteltu toiminta VPN-palvelimena, videonkuvan lähetys Youtube Liveen FFmpeg-ohjelmiston avulla sekä kuvien lähetys Google Driveen. Tietokoneen oli tarkoitus olla mahdollisimman halpa, mutta kuitenkin riittävän tehokas ja lisäksi siihen tuli olla helposti asennettavissa VPN-palvelinohjelmisto, joten tietokoneeksi valittiin hankintahetkellä keväällä 2019 uusin julkaistu Raspberry Pi -korttitietokone eli Raspberry Pi 3 Model B+.

Muutamaa kuukautta myöhemmin kesällä 2019 Raspberry Pi -tietokoneesta julkaistiin uusi malli, Model 4 B. Tässä mallissa oli kuitenkin virransyöttö USB type C -liitintä käyttäen ja tämän lisäksi tehontarve oli suurempi, joten sitä varten olisi joutunut hankkimaan uuden virtalähteen sekä USB-kaapelin, kun taas vanhaa mallia käytettäessä voitiin hyödyntää vanhojen älypuhelimien käytössä olleita Micro-USB-kaapeleita ja pienempitehoisia virtalähteitä. Lisäksi vanhemmassa mallissa prosessorin lämpötila oli rajoitettu 60 Celsius-asteeseen kun taas uudemmassa mallissa lämpötila olisi voinut kohota jopa 85 asteeseen, joten vanha malli oli parempi suljetussa kotelossa ilman tuuletinta käytettäväksi.

4.2 Ohjelmiston valinta

Ensisijaisesti tarkoituksena oli, että kameroiden kuvaa voidaan katsoa mahdollisimman helposti Android-laitteilla. Niissä on valmiiksi esiasennettuna suoran videolähetyksen katselemiseen Youtube-sovellus ja tiedostojen, kuten kuvien ja videoiden katseluun so-piva Google Drive. Jos näitä sovelluksia pystyttäisiin käyttämään, ei laitteille tarvitsisi asentaa yhtäkään ylimääräistä sovellusta. Useille käyttäjille saisi lisättyä helposti oikeudet Google Driven kansioihin ja käyttäjien hallinta olisi erittäin helppoa. Myös esimerkiksi tietokoneella pääsisi suoraan katsomaan kuvia pelkästään kirjautumalla selaimella Google-tilille.

4.2.1 Youtube Live

Useimmissa IP-valvontakameroissa suora videokuva on RTSP-muodossa, kun taas Youtube Live vastaanottaa videokuvaa vain RTMP-protokollan mukaisessa muodossa. Käytössä olleissa Dahuan IP-kameroissa oli kuitenkin käytössä uusi ohjelmistoversio, jossa oli mahdollista lähettää videokuvaa suoraan kamerasta ilman erillistä ohjelmaa Youtube Liveen. RTMP-asetukset olivat niin uusi ominaisuus Dahuan kameroissa, ettei sitä oltu dokumentoitu mitenkään eikä myöskään keskustelufoorumeilla ollut mainintaa asiasta. Tämän takia RTMP-lähetystä ei saatu toimimaan aluksi kamerassa, sillä se olisi vaatinut oletusasetuksena olevan H.264H-pakkauksen vaihtamisen tavalliseen H.264-muotoon. Kameran webkäyttöliittymä ei anna minkäänlaista virheilmoitusta, kun suoratoistolähetys epäonnistuu, joten suoratoistoa ei saatu toimimaan ennen kuin keskustelufoorumeilla oli kerrottu oikea asetusarvo videonpakkaukseen. Sen jälkeen suoratoistoa Youtube Liveen testattiin kahden viikon ajan, eikä lähetys katkennut tänä aikana.

Koska RTMP-lähetystä ei saatu aluksi toimimaan suoraan kamerasta, kokeiltiin RTSP-lähetyksen muuttamista RTMP-muotoon FFmpeg-ohjelmiston avulla Raspberry Pi -tietokoneella. Tämä onnistui, mutta ongelmana oli lähetyksen epävakaas. Lähetys katkesi aina itsestään ja pisimmilläänkin se saatiin toimimaan noin 14 tunnin ajan.

Sekä FFmpeg:ssä ja suoraan kameran ohjelmiston avulla tehdyssä lähetyksessä ongelmana oli, että kuva ja ääni eivät olleet synkronoituna keskenään. Vähitellen pidemmissä suorissa lähetyksissä ääni jäi jälkeen videokuvasta ja kahden viikon jälkeen eroa oli jo yli puoli minuuttia. Lisäksi suorasta lähetyksestä Youtubeen jäävä tallenne ei ollut yhtenäinen, vaan se katkesi hetken kuluttua siitä, kun kukaan ei katsonut lähetystä. Tästä syystä olisi täytynyt pitää lähetystä jatkuvasti auki jollakin laitteella, jotta Youtubessa olisi

säilynyt tallenne, josta olisi voinut katsoa jälkikäteen, mitä oli tapahtunut sinä aikana, kun lähetystä ei katsottu.

Suurin ongelma suoran Youtube-lähetyksen käytössä valvontakäyttöön oli se, että lähetyks voisi katketa milloin tahansa. FFmpeg-ohjelmistoa käytettäessä Raspberry Pi -tietokoneella olisi voinut luoda skriptin, jolla suora lähetyks olisi alkanut uudelleen, mutta pilotetun Youtube Live -lähetyksen internetosoite olisi vaihtunut joka kerta uuden lähetyksen alkaessa ja se olisi pitänyt jakaa kaikkien käyttäjien kesken uudestaan. Julkisessa lähetyksessä ei olisi ollut samanlaista ongelmaa, sillä käyttäjille olisi voinut kertoa vain Youtube-kanavan nimen ja lähetyksen internetosoitteella ei olisi ollut merkitystä. Youtube-kanavia olisi kuitenkin tarvinnut luoda kaksi, sillä yhdellä Youtube-kanavalla voi olla ainoastaan yksi suora lähetyks kerrallaan.

Kameravalvontakäytössä kuvan suurentaminen erityisesti puhelimen pienellä näytöllä on tärkeää. Youtuben Android-sovelluksessa ei ole suoraan tätä mahdollisuutta, mutta Androidin helppokäyttötoimintojen avulla kaikkea puhelimen näytöllä näkyvää sisältöä pystytään suurentamaan kolmoisnapauttamalla näyttöä. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin se, että Youtuben Android-sovelluksessa videolle ei voi valita tarkempaa resoluutiota kuin se, mitä laitteen näytön resoluutio on. Esimerkiksi 1280x720-resoluution näytöllä varustelulla laitteella ei voida katsoa 4K-lähetystä edes siitä suurentamalla valittua osaa kuvasta sen täydellä tarkkuudella, vaan suurennoksessakin on käytössä sama matalampi kuvanlaatu, eikä kuvanlaatu tällöin ole yhtään parempi.

4.2.2 Google Drive

Dahuan valvontakameroiden ohjelmistossa ei ole mahdollisuutta yhdistää kameraa suoraan mihinkään pilvipalveluun, joka tallentaisi kuvia tai videokuvaa, joten tätä tarkoitusta varten tarvitaan samassa lähiverkossa oleva tietokone, jonka avulla kuvat saadaan siirtymään Google Driveen. Tätä tarkoitusta varten asennettiin Raspberry Pi -tietokoneelle Motioneye-ohjelma. Se on tarkoitettu kameroiden liikkeentunnistusta varten, mutta sillä on mahdollista tallentaa kuvia myös ilman liikkeentunnistusta ennalta määritetyllä aikavälillä Google Driveen.

Motioneye asetettiin ottamaan kuvia kahden minuutin välein ja tallentamaan aina yhtenä päivänä otetut kuvat omaan kansioonsa. Motioneye-ohjelmaa käytettäessä todettiin, ettei sitä ole suunniteltu käytettäväksi pelkästään yksittäisten kuvien lähettämiseksi

Google Driveen mahdollisimman pienellä prosessorin kuormituksella. Motioneye-ohjelma purkaa kaikkien kameroiden videokuvaa jatkuvasti, vaikka kukaan ei katsoisi sitä ja tällöin tietokoneelta vaaditaan huomattavasti enemmän suorituskykyä kuin mitä tarvittaisiin yksittäisten kuvien kaappaamiseen satunnaisesti. Ohjelmiston haluttuun käyttötarkoitukseen soveltumattomuuden takia Raspberry Pi -tietokoneen teho ei riittänyt kameroiden parasta kuvanlaatua käytettäessä ja siksi jouduttiin käyttämään kameroiden matalamman tarkkuuden alilähetyksiä. Resoluutio näissä oli 720x576 pikseliä ja kuva-
taajuutena yksi kuva sekunnissa. Matalammasta resoluutiosta johtuen kuvasta ei pystynyt lukemaan lämpömittarien lukemaa vaan ainoastaan merkkivalot pystyi erottamaan kuvasta. Ongelmana oli lisäksi Androidin Google Drive -sovelluksen hitaus kuvia ladattaessa johtuen suuresta kuvamäärästä samassa kansiossa.

Kuvia olisi mahdollista saada Google Driveen myös esimerkiksi tallentamalla kuvat Raspberry Pi -tietokoneeseen tai johonkin pilvipalveluun FTP-palveluille ja synkronoimalla ne sieltä Google Driveen. Linuxille ei kuitenkaan ole olemassa mitään virallista Googlen tarjoamaa sovellusta tähän tarkoitukseen. Monet muut ohjelmat taas eivät toimi reaaliaikaisesti, jolloin niistä ei ole hyötyä kameravalvontakäytössä.

4.2.3 Dahuan sovellukset

Kameravalmistaja Dahua on tehnyt omat sovelluksensa kameroiden käyttöä tietokoneita, tabletteja ja puhelimia varten. Sovelluksiin ei voi liittää suoraan muita kuin Dahuan valmistamia kameroita. Jos kuitenkin käyttää Dahuan tallenninta, voi siihen liittää myös muiden valmistajien ONVIF-standardia tukevia kameroita ja liittämällä tallentimen sovellukseen saa myös erimerkkiset kamerrat näkymään sovelluksessa.

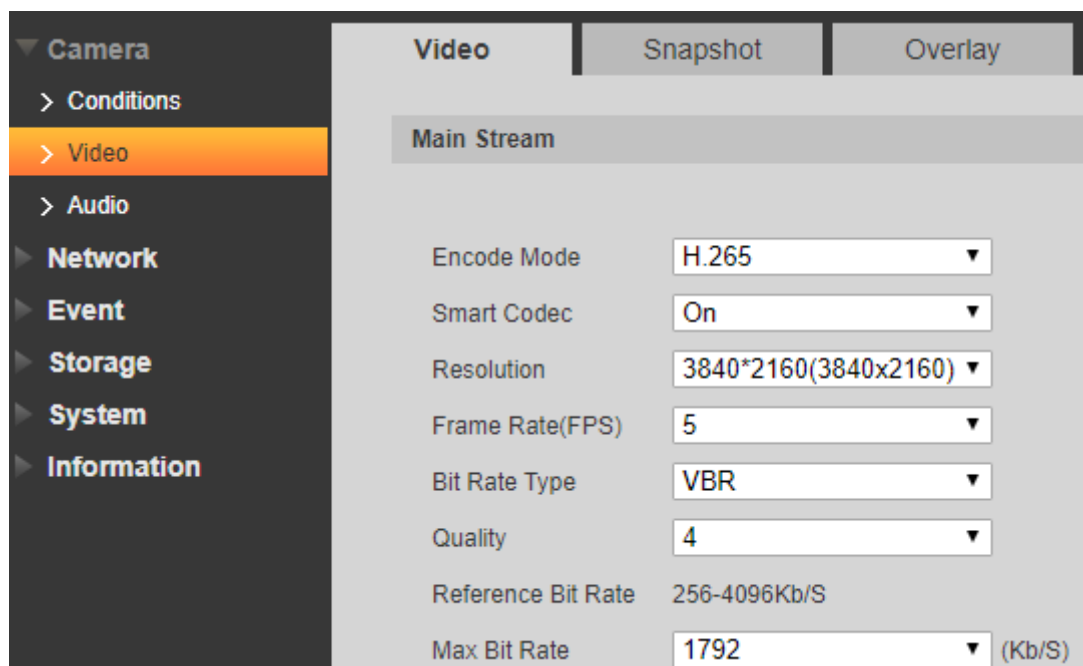
Windows-sovellus on nimeltään SmartPSS ja Androidille on tarjolla neljä eri vaihtoehtoa: puhelimia varten suunnitellut gDMSS ja gDMSS Plus sekä tabletteja varten tehdyt gDMSS HD ja gDMSS HD Plus. Plus-versioihin on tavalliseen versioon verrattuna lisätty push-ilmoitukset. Plus-versiot olivat aiemmin maksullisia, mutta nykyisin nekin ovat ilmaisia kilpailutilanteesta johtuen, sillä muutkin kameravalmistajat tarjoavat vastaavia ilmoitusominaisuuksia ilmaisissa ohjelmissaan.

Imou on Dahuan kuluttajakäyttöön tarkoitettujen kameroiden tuotemerkki. Imou-sovellus on ulkoasultaan melko samankaltainen kuin gDMSS, mutta siitä on karsittu pois ominaisuuksia, esimerkiksi kameranäkymää ei voi tallentaa lähiverkon asetuksilla vaan pelkästään P2P-palvelun kautta.

Android-sovelluksista päädyttiin käyttämään kaikissa puhelimissa ja tableteissa gDMSS Plus-versiota, koska tabletteja varten tehdyissä HD-versioissa ei ollut mahdollista saada kameran kuvaa näkymää koko näytölle, vaan siihen jäi aina painikkeita reunoille. Puhelinversiossa taas kaikki painikkeet on mahdollista piilottaa ja käyttää koko näyttöä videokuvan katsomiseen. Puhelinversion käytön haittapuolena tabletissa oli se, että tabletti piti kääntää pystyasentoon, jos halusi esimerkiksi muuttaa asetuksia tai selata valikoita.

Kamerat yhdistettiin sovellukseen P2P-yhteydellä, koska julkista IP-osoitetta ei ollut ilmaiseksi saatavilla käytössä olleeseen Telian 4G-liitymään. Jos julkinen IP-osoite olisi ollut käytössä, olisi kamerat voitu lisätä sovellukseen tavallisina lähiverkon kameroina omilla IP-osoitteillaan. Tällöin katselulaitteista olisi muodostettu ensin VPN-yhteys samaan verkkoon kameroiden kanssa ja sen jälkeen avattu kamerasovellus.

Suoran videokuvan katselu toimi pääsääntöisesti hyvin Android-laitteilla käyttäen gDMSS Plus -sovellusta ja tietokoneella SmartPSS-ohjelmalla. Osa vanhemmista Android-laitteista ei tukenut H.265-pakatun videon laitteistopohjaista purkua, joten kyseisissä laitteissa videokuva täytyi purkaa ohjelmistopohjaisesti eli prosessoria käyttäen. Kun kuvassa esiintyi enemmän liikettä, tämä johti kuvan pätkimiseen, mutta pääsääntöisesti videokuvaa katsottiin vain silloin, kun siinä ei ollut merkittävää liikettä ja tällöin videokuvan katselu toimi hyvin. Kuvassa 3 näkyy Dahua HDW-5831R-ZE -kamerassa käytetyt videoasetukset.



Kuva 3. Videoasetukset.

Aina videokuvaa ei saatu heti toimimaan, vaan sovellus antoi huomautuksen, ettei videokuvaa ole saatavilla. Tämä korjaantui yrittämällä avaamista uudestaan. Ongelmia esiintyi jostain syystä enemmän, kun käytössä oli 4G-yhteys suoraan mobiililaitteesta ja erityisesti 4K-resoluution kameraan yhdistettäessä. WLAN-yhteydellä sovellusta käytettäessä ongelmia ei ollut juuri koskaan, vaikka käytetty WLAN-verkko olisi käyttänyt internetyhteytenään 4G-verkkoa.

Muistikortin tallenteiden katselussa esiintyi huomattavasti enemmän ongelmia. SmartPSS-ohjelmaa ei saatu toistamaan tallenteita kunnolla ja myös gDMSS Plus -sovelluksen kanssa tallenteisiin pääsy kesti kauan.

Kameran ääniasetuksissa käytöstä poistettiin mikrofonin kohinanvaimennus, jotta kaikki äänet saataisiin paremmin kuuluviin. Myös katselusovelluksessa oli erikseen kohinanvaimennus, joka piti ottaa pois käytöstä, jotta äänenvoimakkuus saataisiin mahdollisimman suureksi.

Puhelimita ja tableteissa äänestä oli vaikeaa kuulla selkeästi mitään yksityiskohtia kaiuttimien heikon äänenlaadun takia. Äänen yksityiskohtien kuulemiseen tarvittaisiin aina joko kuulokkeet tai erillinen kaiutin. Myöskään valvontakameroiden mikrofoneista saatava äänenlaatu ei ole välttämättä tarpeeksi hyvä. Koska viljankuivaamossa monesta eri laitteesta kuuluu erilaisia ääniä ja ne sekoittuvat keskenään, tarvittaisiin useita suunnattuja mikrofoneja, jotta eri laitteiden ääniä pystyttäisiin kuuntelemaan paremmin.

4.2.4 Etäyhteysohjelmat

Raspberry Pi -tietokoneelle asennettiin OpenVPN-palvelin PiVPN-skriptin avulla. Lisäksi 4G-reitittimelle tehtiin porttiohjaus UDP-liikenteelle OpenVPN-palvelimen käyttämään porttiin 1194. Koska DNA:n 4G-liittymässä oli dynaaminen julkinen IP-osoite, tarvittiin tämän lisäksi vielä DDNS-asiakasohjelma. Tähän tarkoitukseen valittiin NoIP:n Dynamic Update Client, joka asennettiin myös Raspberry Pi -tietokoneelle. VPN-yhteyttä testattiin kolmen viikon ajan ja todettiin, että se toimii hyvin ja kamerajärjestelmään saadaan muodostettua etäyhteys sen avulla. Lopulta VPN-yhteyttä ei kuitenkaan käytetty, koska Telian 4G-liittymä valittiin käyttöön paremman kuuluvuuden ja nopeuksien takia ja Telian liittymässä julkisesta IP-osoitteesta olisi joutunut maksamaan erikseen kuukausimaksua.

VPN-testin jälkeen päätettiin valita käyttöön RealVNC:n VNC Connect -etätyöpöytäyhteysohjelma, joka oli jo esiasennettuna Rasbian-käyttöjärjestelmässä. Se ei tarvinnut jul-

kista IP-osoitetta, joten sen sai toimimaan suoraan kirjautumalla palveluun ja asentamalla VNC Viewer -ohjelma katselulaitteille. VNC-yhteyden avulla ei käytetty suoraan kamerajärjestelmää, vaan se oli pelkästään Raspberry Pi -tietokoneen hallintaa sekä kameroiden ja reitittimen webkäyttöliittymien asetusten muokkaamista varten.

4.2.5 UPS:n valvontaohjelma

Eaton 3S -UPS-laitteessa oli käytössä USB-portti sen hallintaa varten. Raspberry Pi -tietokoneelle asennettiin Network UPS Tools -valvontaohjelma ja tietokone kytkettiin USB-kaapelilla UPS-laitteeseen. Ajourina käytössä oli usbhid-ups. Ohjelmaan konfiguroitiin asetuksia siten, että se lähettää sähköpostia, kun UPS-laite alkaa toimia akkuvirralla ja kun sen palautuu verkkovirtakäyttöön. UPS-laitteen tilaa monitoroitiin sekunnin välein. Toimintaa testattiin irrottamalla UPS-laite verkkovirrasta mahdollisimman lyhyeksi ajaksi. Testissä sähköpostin lähetys toimi luotettavasti. Kameravalvontajärjestelmän ollessa kytkettynä UPS-laitteelta tuli tieto vain yhdestä lyhyestä sähkökatkosta kuukauden aikana. Silloinkaan viljankuivaamossa ei ollut mitään laitteita käynnissä tai valaisimia päällä, joten ei saatu tarkempaa tietoa siitä, toimiiko järjestelmä esimerkiksi ukkosen aiheuttaman lyhyen sähkökatkon aikana.

5 YHTEENVETO

Kameroiden valinta oli lopulta helppoa, koska vaatimukset optisesta zoomauksesta ja sisäänrakennetusta mikrofonia rajasivat suuren osan kameroista pois. IP-valvontakamerat olivat käytännössä ainoa mahdollinen vaihtoehto, sillä niitä voitiin käyttää myös ilman erillistä tallenninta. Lisäksi on olemassa muistikorttipaikalla varustettuja IP-kameroita, jolloin myös paikallinen tallennus saadaan toteutettua kustannustehokkaasti ilman erillistä tallenninta.

Kameravalvontaohjelmistojen osalta ONVIF-standardi mahdollistaa videokuvan katsomisen eri valmistajien ohjelmistoilla. Kameroiden ja ohjelmistojen yhteensopivuudessa on kuitenkin vielä paljon kehitettävää. Esimerkiksi kameroiden muistikorteilla olevia tallenteita eikä suurta osaa asetuksista pysty käyttämään kuin kameravalmistajan omia sovelluksia käyttämällä. Myöskään etäyhteyttä pilvipalveluun ei voi muodostaa ilman erillistä tietokonetta tätä tarkoitusta varten.

Kameravalmistajat ovat jatkokehittäneet tavanomaisten videonpakkausstandardien pohjalta älykkäitä koodekkeja. Kamerat eivät tällöin ole täysin yhteensopivia muiden valmistajien ohjelmistojen kanssa. Älykkäiden koodekkien avulla saadaan kuitenkin tuotettua kohtalaisen hyvälaatuista videokuvaa hyvin pienellä bittinopeudella verrattuna standardinmukaisiin vaihtoehtoihin. Tästä on paljon hyötyä vähentyneenä tallennustilan tarpeena ja myös videokuvan lähetys internettiin ja katselu etäyhteydellä on mahdollista hitaammallakin yhteydellä.

Valvontakameravalmistajat tekevät usein omat ilmaiset ohjelmansa vain omille laitteilleen ja muiden ohjelmistojen käyttö ja erityisesti pilvitallennus aiheuttaa lisäkustannuksia. Jatkokehitysmahdollisuutena kameravalvontaan voisi kehittää pilvipalvelun, johon olisi mahdollista liittää eri valmistajien kameroita ja katsella etäyhteydellä omia paikallisia tallenteita ja hallita kaikkia kameroiden ominaisuuksia.

LÄHTEET

Eisen, M. 2009. Introduction to PoE and the IEEE802.3af and 802.3at Standards. [Viitattu 6.3.2019]. Saatavissa: https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs/introduction_to_poe_802.3af_802.3at.pdf

FFmpeg. 2019. About FFMpeg. [Viitattu 10.4.2019]. Saatavissa: <https://www.ffmpeg.org/about.html>

Intermit.Tech 2019. IPcam: Testing new 4K (8MP) "2019" IP camera models from Dahua (lots of demo footage). [Viitattu 21.1.2020]. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=8iSqwUSjMOU>.

IPVM 2020. 2020 Security Camera Basics. [Viitattu 21.1.2020]. Saatavissa: <https://ipvm.com/book/book>.

ONVIF 2020. ONVIF Profiles. [Viitattu 27.2.2020]. Saatavissa: <https://www.onvif.org/profiles/>.

Sallinen, P. 2011. Kameravalvontaopas. Turva-alan yrittäjät ry. Espoo. [Viitattu 10. huhtikuuta 2019]. ISBN 978-952-231-048-4 (sähköinen). Saatavissa: <http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/Kameravalvontaopas.pdf>.

Wikipedia. 2019. Youtube. [Viitattu 10.4.2019]. Saatavissa: <https://en.wikipedia.org/wiki/YouTube>