

Jere Kuusela

AURINKOVOIMALAN VIDEOVALVON- NAN SUUNNITTELU JA TOTEUTTAMI- NEN

Opinnäytetyö

Tietotekniikka

2017



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät Jere Kuusela	Tutkinto Insinööri (AMK)	Aika Toukokuu 2017
Opinnäytetyön nimi Aurinkovoimalan videovalvonnan suunnittelu ja toteuttaminen		38 sivua
Toimeksiantaja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK		
Ohjaaja Yliopettaja Martti Kettunen		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva videovalvonta Mäkelänkankaalla sijaitsevalle aurinkovoimalalle sekä tutkia eri verkkotekniikoita, joita käytettäisiin hypoteettisissa skenaarioissa. Tavoitteena oli myös saavuttaa reaaliaikaisen videokuvan toisto etänä.</p> <p>Työssä suunniteltiin aurinkovoimalan videovalvonnalle kaksi versiota, joista toisessa kameroiden ja kameratallentimen välinen yhteys olisi langaton ja toinen versio olisi langallinen, jossa kameroiden ja kameratallentimen välillä kulkisi kaapeleita. Näistä jälkimmäinen toteutettiin sen helpon asennuksen ja toimivuuden luotettavuuden takia. Laitteiden tarvittavat ominaisuudet selvitettiin ja laitteiden osto kilpailutettiin viidellä yrityksellä. Laitteet asennettiin ensin Xamkin tiloihin toimivuuden kokeilemiseksi ja sen jälkeen paikan päälle aurinkovoimalaan. Työssä tutkitaan myös langattomia verkkotekniikoita ja niiden mahdollista käyttöä videovalvonnassa skenaarioiden avulla.</p> <p>Työ tehtiin onnistuneesti, sillä kameroiden videokuvan reaaliaikainen etäkatselu saavutettiin ja valvonta on kattava sekä toimiva. Kaikki työn aikana ilmenneet ongelmat selvitettiin ja mitään ei jäänyt tekemättä. Tämän opinnäytetyön videovalvontaa voidaan soveltaa paikoissa joissa ei ole kiinteää internetyhteyttä saatavilla. Kameroiden lukumäärää voidaan lisätä internet-yhteyden nopeudesta ja videokuvan laadun tarpeellisuudesta riippuen</p>		
Asiasanat videovalvonta, langaton videovalvonta, IEEE 802.11, langaton mesh-verkko		

Author (authors)	Degree	Time
Jere Kuusela	Bachelor of Engineering	May 2017
Thesis Title		
Solar power plant video surveillance design and implementation		38 pages
Commissioned by		
South-Eastern Finland University of Applied Sciences XAMK		
Supervisor		
Martti Kettunen, Principal Lecturer		
Abstract		
<p>The goal of this thesis was to design and implement a working video surveillance system for a solar power plant located in Mäkelänkangas and to research different network technologies which would be used in hypothetical scenarios. The goal was also to achieve remote real time video surveillance.</p> <p>Two video surveillance plans were designed for the solar power plant, one of which would be a wireless design where the connection between the network video recorder and the cameras would be wireless. The other design would be implemented with cables running between the network video recorder and the cameras. The latter one was selected for its ease of installation and reliability. Required features for the equipment were researched and the equipment was put out to tender between five companies. The equipment was first installed at XAMK to test their functionality and after that at the solar power plant. In this thesis wireless network technologies are researched and their possible use in video surveillance is investigated with scenarios.</p> <p>The thesis work was a success because the solar power plant video surveillance was sufficient and working. Also remote real time video surveillance was achieved. All the problems faced during the thesis work were solved and nothing was left undone. The video surveillance of this thesis can be applied in locations with no fixed internet connection available. The number of cameras can be increased depending on the speed of the internet connection and the necessity of the video image quality.</p>		
Keywords		
video surveillance, wireless video surveillance, IEEE 802.11, wireless mesh network		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Sijainti.....	7
1.2	Yritykset.....	8
2	STANDARDIPERHE - IEEE 802.11.....	9
2.1	Standardit.....	9
2.2	Kanavat.....	11
3	LANGATON MESH-VERKKO.....	15
3.1	Verkon arkkitehtuuri.....	16
3.2	Käyttösovellukset.....	17
3.3	Turvallisuus.....	17
3.4	Hyökkäykset mesh-verkkoon.....	18
3.5	Vastatoimet.....	19
4	SUUNNITELMAN VALINTAPROSESSI.....	20
4.1	Skenaario langattomalla 802.11 yhteydellä.....	20
4.2	Skenaario langattomalla mesh-verkolla.....	21
4.3	Valittu toteutus.....	22
5	TOTEUTUS.....	23
5.1	Laitteiden valintaprosessi.....	24
5.2	Valitut laitteet.....	25
5.3	Asennus.....	26
5.4	Asennus aurinkopuistoon.....	32
5.5	Projektin nettisivut.....	35
6	YHTEENVETO.....	37
	LÄHTEET.....	38

LYHENTEET

4G	A collection of fourth generation cellular data technologies
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
DARPA	Defense Advanced Research Project Agency
DDNS	Dynamic Domain Name Server
DNS	Domain Name Server
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communications Commission
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LAN	Local Area Network
LTE	Long term evolution
MAC	Media Access Control
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
MU-MIMO	Multi-user MIMO
OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing
PoE	Power over Ethernet
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RTSP	Real Time Streaming Protocol

U-NII	Unlicensed National Information Infrastructure
Wi-Fi	Technology for wireless local area networking
WLAN	Wireless Local Area Network
WMN	Wireless Mesh Network

1 JOHDANTO

Aihe tuli Kalle Suoniemeltä, joka toimi XAMK:n puolelta projektivastaavana aurinko- ja tuulivoiman koulutus- ja tutkimuskeskittymäprojektissa. Projektin kohteena olevat aurinko- ja tuulipuisto sijaitsevat Mäkelänkankaalla, Haminassa. Projektin tavoitteena on luoda Kymenlaakson alueelle aurinko- ja tuulivoiman tutkimus- ja koulutuskeskittymä, jolla edistetään alueen yritysten ja koulujen välistä tutkimus- ja koulutusyhteistyötä sekä kasvatetaan osaamista uusiutuvasta energiasta, erityisesti aurinko- ja tuulivoimasta sekä niiden yhteiskäytöstä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa toimiva videovalvonta aurinkopuistoon, perehtyä tarvittaviin osaamisalueisiin, kuten videovalvontaan ja tarvittaviin verkkotekniikoihin, suunnitella tarvittava verkko erilaisten langattomien ja langallisten vaihtoehtojen välillä, valita laitteet sekä toteuttaa etävalvonta ja saada reaaliaikaista videokuva projektin verkkosivuille. Tavoitteena oli myös tuoda puisto lähemmäksi käyttäjiä, parantaa huoltoa ja kunnossapidon luotettavuutta, sekä estää paikan ilkeilyä. Keskeisinä menetelminä oli käytännön toteutus ja testaus sekä teoreettisen viitekehyksen tutkiminen.

Aiheesta aikaisemmin tehtyjä opinnäytetöitä on esimerkiksi Matti Miettisen kameravalvontajärjestelmän suunnittelu- ja käyttöönotto biolämpölaitokselle 2014 ja Jani Anttilan tallentavan kameravalvonnan suunnittelu ja toteutus 2012.

1.1 Sijainti

Aurinkovoimala sijaitsee Haminassa Mäkelänkankaalla ja se koostuu 2 784 aurinkopaneelistä. Aurinkovoimala otettiin käyttöön 18.8.2016. Etelä-Savon Energia Oy vastasi voimalan kokonaistoimituksesta ja paneelien valmistaja on Hyundai Heavy Industries. Paneelien yhteisteho on noin 745 kW ja vuodessa ne tuottavat noin 680 000 kWh energiaa. Se vastaa yli 300 kerrostaloasunnon sähkönkulutusta. Voimalan toteutuskustannus on noin 1 miljoonaa euroa. Voimala eroaa muista Suomen voimaloista sillä, että se kytketään suoraan yleiseen sähköverkkoon eikä minkään kiinteistön sähköverkkoon. Kaikki tuotettu sähköenergia syötetään Suomen kantaverkkoon. Hankkeeseen osallistivat Suomen Voiman osakkaista Haminan Energia Oy, Porvoon Energia Oy,

Keravan Energia Oy, Sallila Energia Oy, Köyliön-Säkylän Sähkö Oy, Kokemäen Sähkö Oy, KSS Energia Oy ja VSV-Energia Oy. Aurinkovoimalan tuottamaa energiaa myydään aurinkosähkönä ja asiakkaille vuokrataan nimikkopaneelleja. Hanke toteutettiin mahdollisimman vähän luontoa kuormittaen. VR:n vanhoja käytöstä poistettuja ratapölkkyjä käytettiin aurinkopaneelien telineinä. Paneelirivit seuraavat maanmuotoja, jotta turhia maansiirtotöitä ei tarvitsisi tehdä. Kuvasta 1 nähdään Mäkelänkankaan aurinkovoimala ja tuulipuisto. (Suomen Voima Oy 2017.)



Kuva 1. Mäkelänkankaan aurinkovoimala ja tuulipuisto (Suomen Voima Oy 2017.)

1.2 Yritykset

Projektissa mukana olleet yhtiöt, jotka olivat vahvasti osallisina. Suomen Voima rakennutti aurinkovoimalan ja myös omistaa sen. Empowerilta saadaan mittausdataa aurinkovoimalasta ja tuulivoimalasta, joka näytetään www.webseuranta.xamk.fi-nettisivuilla. XAMK on projektin vetäjä ja projektiin osallistuvat henkilöt ovat XAMKin opiskelijoita ja työntekijöitä.

Suomen voima on osakeyhtiö, joka on perustettu kuudentoista suomalaisen sähköyhtiön johdosta. Yhtiön tavoitteena on tuottaa osakkailleen uusiutuvaa ja vähäpäästöistä energiaa. Yhtiön osakkailla on noin 300 000 asiakasta ja säh-

könhankinta on yli 3 TWh. Haminan Mäkelänkankaan tuulipuisto ja aurinkovoimala ovat Suomen Voiman omistuksessa. Yhtiöllä on myös omistuksissaan osuuksia muista sähköntuotantolaitoksista. (Suomen Voima Oy 2017.)

XAMK on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu johon kuuluvat Mikkelin, Savonlinnan, Kouvolan ja Kotkan kampukset. XAMKissa opiskelee 9 000 opiskelijaa ja työskentelee 750 työntekijää. Vuosittain aloittaa 2 500 opiskelijaa ja valmistuu 1 700. XAMKilla on 60 AMK-tutkintoon johtavaa koulutusta ja 23 ylempään AMK-tutkintoon johtavaa koulutusta. XAMKin koulutusalat ovat tekniikka, sosiaali- ja terveysala, kulttuuri, ICT-ala, liiketalous, logistiikka ja merenkulku, matkailu- ja ravitsemisala, metsätalous sekä nuorisokasvatus. (Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy 2017.)

Empower on monikansallinen palveluyritys, joka rakentaa, asentaa, huoltaa ja korjaa sähkö- ja televerkkoja, pitää kunnossa voimalaitoksia ja tehtaita sekä toimittaa ICT-ratkaisuja. Yhtiö palvelee Itämeren alueella sekä Norjassa. Empowerin toimintaperiaatteena on tarjota palveluja, jotka auttavat asiakkaita kehittämään liiketoimintaansa. Empowerin tavoitteena on parantaa palvelujensa ympäristöystävällisyyttä etsimällä aktiivisia keinoja vähentää ympäristölle haitallisia vaikutuksia. (Empower Oy 2017.)

2 STANDARDIPERHE - IEEE 802.11

IEEE 802.11 WLAN on mahdollistanut langattoman yhteyden luomisen internetiin LAN-ympäristöissä ympäri maailmaa. 802.11 on IEEE:n suunnittelema standardien kokoelma, joka suorittaa langatonta kommunikaatiota näitä standardeja noudattavien laitteiden välillä 2.4 GHz:n, 3.6 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueilla.

2.1 Standardit

On olemassa viisi 802.11-päästandardia, jotka pääasiassa keskittyvät parantamaan kaistaleveyttä ja kanavan allokaatiota. Nämä standardit ovat 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n ja 802.11ac. Ensimmäinen 802.11-standardi toimii 2.4 GHz:n lisensoimattomalla taajuusalueella yhden ja kahden Mbps:n no-

peudella käyttäen FHSS:ää ja DSSS:ää. Tämä standardi julkaistiin vuonna 1997. (Wei ym. 2013, 139.)

Standardi 802.11a julkaistiin vuonna 1999 ja se toimii 5 GHz:n taajuusalueella. Se julkaistiin sunnilleen samoihin aikoihin 802.11b-standardin kanssa, mutta ei saavuttanut paljon kaupallista onnistumista. Korkeampi taajuus vaatii enemmän virtaa ja sillä on lyhyempi kantama sisätiloissa, koska sen signaalit absorboituvat esteisiin helpommin. Tämän standardin siirtonopeus on 54 Mbps:n ja sillä on vähemmän häiriölähteitä kuin 2.4 GHz:n tietoverkoilla, koska se toimii 5 GHz:n taajuusalueella. (Tomsho 2015, 128.)

Standardi 802.11b toimii 2.4 GHz:n taajuudella ja oli kenties kaikista laajimmin hyväksytty Wi-Fi-standardi sen halpuuden ja hyvän sisätilakantaman takia. Se kuitenkin toimii vain 11 Mbps:n siirtonopeudella, jonka seurauksena uudet korkeamman siirtonopeuden omaavat standardit 802.11g ja 802.11n nopeasti korvasivat sen. Bluetooth-laitteet, langattomat puhelimet ja mikroaaltouunit ruuhkauttavat 2.4 GHz:n taajuusalueita ja aiheuttavat häiriötä siellä toimiviin tietoverkkoihin. (Tomsho 2015, 128.)

Standardi 802.11g toimii 2.4 GHz:n taajuudella ja 54 Mbps:n siirtonopeudella. Se on taaksepäin yhteensopiva 802.11b:n kanssa, joten ihmiset pystyvät helposti päivittämään yhteytensä vaihtamatta kaikkia laitteitaan. Se kuitenkin kärsii samoista häiriötekijöistä kuin 802.11b-tietoverkot. (Tomsho 2015, 129.)

Standardi 802.11n käyttää paljon edeltävien standardien hyviä puolia ja parantelee niitä lisäämällä Multiple-Input/Multiple-Output eli MIMO antennia. Standardi 802.11n voi käyttää jopa neljää antennia ja saavuttaa 600 Mbps:n siirtonopeuden. Se voi toimia 2.4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueilla, mutta 2.4 GHz:n taajuusalue on yleisemmin käytössä. (Tomsho 2015, 129.)

Standardi 802.11ac julkaistiin joulukuussa 2013 ja on standardiin 802.11n perustuva muunnos 5 GHz:n taajuusalueella. Siinä on useita uusia kehittyneitä teknologioita edeltävään 802.11n standardiin nähden. Aikaisempi 40 MHz:n kanavan kaistaleveys on noussut 80 MHz:iin tai 160 MHz:iin ja se tukee jopa kahdeksaa spatiaalista virtaa neljän sijaan. Se käyttää 256-QAM:n modulaatiota, jolla on korkeampi järjestys kuin alkuperäisellä 64-QAM:n modulaatiolla. Standardi myös esittelee monen käyttäjän MIMO:n (MU-MIMO). Nykyisellä 80 MHz:n kanavan kaistaleveydellä, 256-QAM:n modulaatiolla ja kolmella spati-

aalisella virralla on saavutettu 1.3 Gbps:n siirtonopeus. Sen oletetaan tukevan 160 MHz:n kanavan kaistaleveyttä, neljää spatiaalista virtaa ja MU-MIMO:a vuonna 2015. Kyseisellä implementaatiolla voidaan saavuttaa monen gigabitin siirtonopeus. (Zhang ym. 2016, 15.)

Kutsumanimeltään ”WiGig” eli standardi 802.11ad mahdollistaa 7 Gbps:n siirtonopeuden 2.4 GHz:n, 5 GHz:n ja 60 GHz:n taajuusalueilla. Vuonna 2016 TP-Link julkaisi ensimmäisen langattoman reitittimen, joka tukee 802.11ad laatuvaatimusta. (Simpson & Antill 2016, 310.) Kuvasta 2 nähdään eri IEEE 802.11-standardien julkaisuvuodet, taajuusalueet ja siirtonopeudet.

Standard	IEEE 802.11	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac	IEEE 802.11ad
<i>Year of publication</i>	1997	2003	2009	2009	2013	2013
<i>Band</i>	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	5.8 GHz	60 GHz
<i>Maximum data rate</i>	2 Mbps	54 Mbps	150 Mbps	600 Mbps	7 Gbps	7 Gbps
<i>Remarks</i>	obsolete	–	–	multiple antennas	multiple antennas	expected

Kuva 2. IEEE 802.11-standardien maksimi siirtonopeudet (Nawrocki 2016, 224.)

Perimmältään Wi-Fi:llä ja 802.11-standardeilla ei ole mitään eroa. Wi-Fi on markkinointitermi, joka ilmoittaa että jokin tuote on Wi-Fi Alliancen sertifioima. Wi-Fi Alliance on monen valmistajan ja palveluntarjoajan vuonna 2009 luoma kauppayhdistys, joka mainostaa 802.11-standardeja ja sertifioi laitteita varmistakseen eri valmistajien laitteiden yhteentoimivuuden. (Wei ym. 2013, 140.)

2.2 Kanavat

Taajuusalue 2.4 GHz:n ISM-aallonpituusalueella on jaettu 14 kanavaan, jotka ovat 5 MHz erossa toisistaan kanavaa 14 lukuunottamatta. Standardiperhe 802.11 hyväksyy joko DSSS- tai OFDM-modulaation sekä koodausrakenteen käytön 2.4 GHz:n taajuusalueella. DSSS-radio vaatii jokaisen kanavan olevan 22 MHz leveä ja OFDM vaatii 20 MHz levyisen kanavan. Näin ollen 5 MHz:n

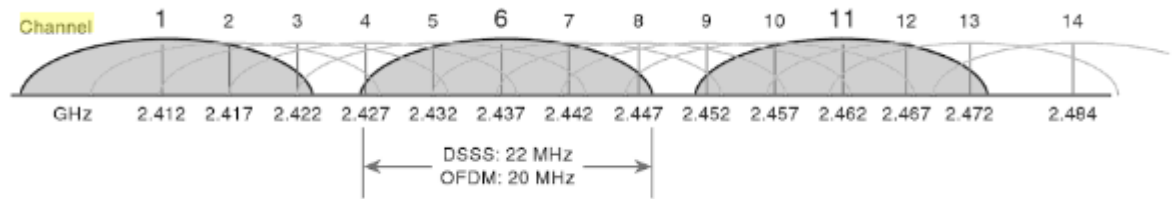
levyiset kanavat väistämättäkin lomittuvat ja häiritsevät toisiaan. Kuvasta 3 nähdään kanavien 1-14 taajuusalueet.

Table 2-5 *IEEE 802.11 Channel Layout in the 2.4-GHz Band*

Channel	Frequency (GHz)
1	2.412
2	2.417
3	2.422
4	2.427
5	2.432
6	2.437
7	2.442
8	2.447
9	2.452
10	2.457
11	2.462
12	2.467
13	2.472
14	2.484

Kuva 3. IEEE 802.11-kanavien 1 - 14 taajuusalueet (Hucaby 2014, 48.)

Aallonpituusalue koostuu 14 kanavasta, mutta kaikkia kanavia ei voida käyttää kaikissa maissa. Esimerkiksi FCC rajoittaa aallonpituusalueen kanaviin 1 - 11 ja ETSI kanaviin 1 - 13. Japani sallii kaikki 14 kanavaa, mutta kanavassa 14 on joitain rajoituksia. IEEE 802.11-signaalit voivat mennä päällekkäin vierekkäisten kanavien kesken. Ainoa tapa estää lähekkäisillä kanavilla olevia lähetimiä häiritsemästä toisiaan on asettaa ne kanaville, jotka ovat kauempana toisistaan. Yleisin asetelma on käyttää vain kanavia 1, 6 ja 11, jotka eivät lomitu keskenään. (Hucaby 2014, 48.) Kuvasta 4 nähdään kanavien asettelu 2.4 GHz:n taajuusalueella ja miten ne lomittuvat päällekkäin.



Kuva 4. IEEE 802.11-kanavien asettelu 2.4 GHz:n taajuusalueella (Hucaby 2014, 49.)

Suurempi 5 GHz:n taajuusalue koostuu neljästä erillisestä taajuusalueesta. Nämä ovat U-NII-1, U-NII-2, U-NII-2 Extended ja U-NII-3. Kyseiset taajuusalueet on jaettu 20 MHz toisistaan erossa oleviin kanaviin. (Hucaby 2014, 49.) Kuvasta 5 nähdään 5 GHz:n taajuusalueen kanavat ja niiden taajuudet.

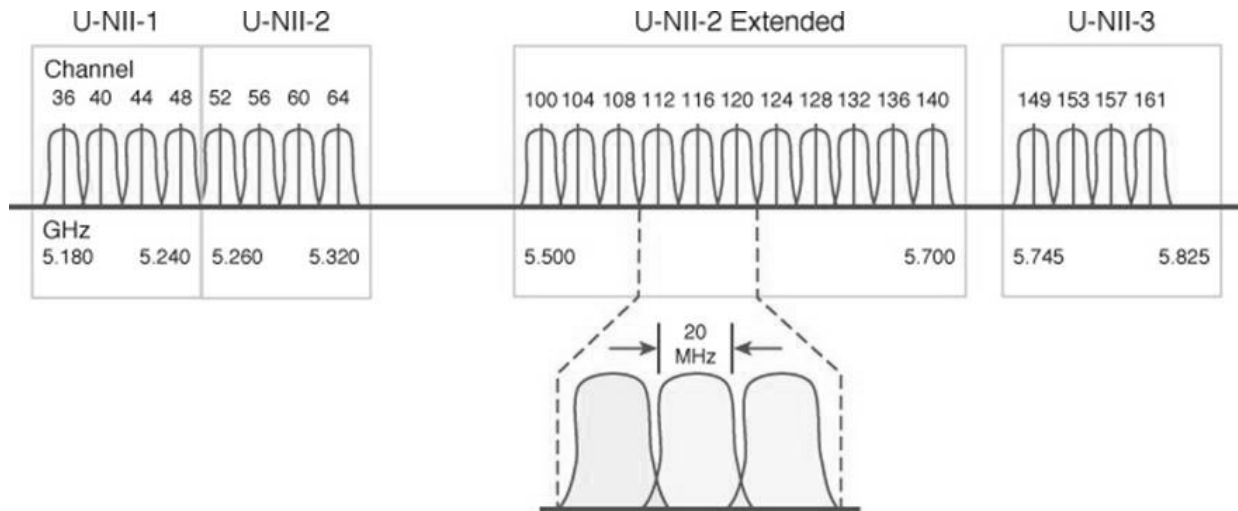
Table 2-6 IEEE 802.11 Channel Layout in the 5-GHz Bands

Band	Channel	Frequency (GHz)
U-NII-1	36	5.180
	40	5.200
	44	5.220
	48	5.240
U-NII-2	52	5.260
	56	5.380
	60	5.300
	64	5.320
U-NII-2Extended	100	5.500
	104	5.520
	108	5.540
	112	5.560
	116	5.580
	120	5.600
	124	5.620
	128	5.640
	132	5.660
	136	5.680
	140	5.700
U-NII-3	149	5.745
	153	5.765
	157	5.785
	161	5.805

Kuva 5. IEEE 802.11-kanavat 5 GHz:n taajuusalueella (Hucaby 2014, 49-50.)

Standardiperhe 802.11 sallii vain OFDM-modulaation sekä koodausrakenteen käytön U-NII taajuusalueilla. OFDM vaatii 20 MHz:n kanavanleveyden, joka sopii täydellisesti U-NII:n 20 MHz:n kanavien väleille. Toisin sanoen naapurikanavia voidaan käyttää samalla alueella ilman lomittumista tai häiriötä. Neljää U-NII taajuusaluetta käyttäen saadaan kokonaisuudessaan 23 lomittumattonta kanavaa. Tämä antaa kontrastia 2.4 GHz:n kolmeen lomittumattomaan kanavaan. Näin monta lomittumattonta kanavaa antaa paljon enemmän jous-

tavuutta ruuhkaisissa ympäristöissä. (Hucaby 2014, 51.) Kuvasta 6 nähdään 5 GHz:n taajuusalueen kanavien asetelma.



Kuva 6. IEEE 802.11-kanavien asetelma 5 GHz:n taajuusalueella (Hucaby 2014, 51.)

3 LANGATON MESH-VERKKO

Yhdysvaltojen asevoimien organisaatio DARPA esitteli 1970-luvun lopulla mesh-tietoverkkojen käytön ARPANETissa. Armeija aloitti ensimmäisenä langattomien mesh-verkkojen käyttöönoton yhdistämällä kentällä liikkeessä olevia tietokoneita keskenään. Vasta 2000-luvun alussa WLANit otettiin kohteeksi mesh-verkkojen rakennuttamisessa yleisille markkinoille. Vuoden 2004 jälkeen Wi-Fi mesh-tietoverkkoja on ollut käytössä useissa kaupungeissa kunnallisessa käytössä sekä armeija että ensihätä sovelluksissa. Suurimmat syyt mesh-tietoverkkojen käyttöön ovat olleet niiden nopea ja helppo käyttöönotto, laajentunut kuuluvuusalue, luotettavuus, joustavuus, suoritusteho ja hinta-yhtäsuhte. (Wei ym. 2013, 149.)

Langattomassa mesh-verkossa nodet koostuvat mesh-reitittimistä ja mesh-asiakkaista. Jokainen node toimii isäntänä ja reitittimenä, reitittäen paketteja toisten nodejen puolesta, jotka eivät ole langattoman lähetyksen ulottuvuudessa. Langaton mesh-verkko dynaamisesti organisoituu ja konfiguroituu itse itsensä. Nodet automaattisesti luovat ja huoltavat mesh-verkon yhdistyneisyyttä. Tämä tuo monia etuja, kuten alhaiset perustamismaksut, helpon verkon huollon ja luotettavan palvelun. Verkkoa voidaan myös helposti laajentaa ja tuoda

luotettavuutta lisäämällä nodeja. Verkon suoritusteho kuitenkin laskee huomattavasti, kun nodejen ja hyppyjen määrä kasvaa. (Akyildiz & Wang 2009, 1.)

3.1 Verkon arkkitehtuuri

Langaton mesh-verkko koostuu kahdentyyppisistä nodeista. Mesh-reitittimistä ja mesh-asiakkaista. Mesh-reititin eroaa normaalista reitittimestä sen ylimääräisillä ominaisuuksilla tukea mesh-verkkoa. Normaaliin langattomaan reitittimeen verrattuna se myös vaatii vähemmän lähetystehoa hyödyntämällä multihop-yhteyksiä. Mesh-reitittimessä on yleensä monta langatonta käyttöliittymää sisäänrakennettuna. Mesh-asiakkailla on vaadittavat toiminnot mesh-verkkotyöskentelyyn, joten ne voivat toimia myös reitittiminä. Asiakkailla ei kuitenkaan ole gateway- tai bridge-ominaisuuksia ja niissä on yleensä vain yksi langaton käyttöliittymä. Asiakas voi olla esimerkiksi kannettava tietokone/pöytäkone, älypuhelin tai RFID-lukija. Langattomien mesh-verkkojen arkkitehtuuri voidaan määrittää kolmeen pääryhmään nodejen toimintojen mukaan. (Akyildiz & Wang 2009, 2.)

Langaton mesh-infrastruktuuri / runkoverkko sisältää mesh-reitittimiä, jotka luovat infrastruktuurin verkkoon yhdistyville asiakkaille. Verkko on itse konfiguroituva ja korjautuva. Gateway-toimivuudella WMN-reitittimet voidaan yhdistää internetiin. Tämä tarjoaa runkoverkon perinteisille asiakkaille ja jo olemassa olevien langattomien verkkojen integroinnin langattomaan mesh-verkkoon. Käyttäen gateway/bridge-toimivuuksilla varustettuja WMN-reitittimiä. (Akyildiz & Wang 2009, 2-4.)

Langaton mesh-asiakasverkko tarjoaa peer-to-peer-verkkoja asiakaslaitteiden välillä. Tämän tyyppisessä arkkitehtuurissa asiakasnodet toteuttavat reitityksen ja konfiguroinnin itse, joten WMN-reitittimiä ei tarvita ollenkaan. Asiakailta kuitenkin vaaditaan enemmän ominaisuuksia korvataksaan reitittimien poissaolon. (Akyildiz & Wang 2009, 4.)

Langaton hybridi mesh-verkko on infrastruktuuriverkon ja asiakasverkon yhdistelmä. Asiakkaat voivat yhdistää verkkoon WMN-reitittimien kautta tai toisten mesh-asiakkaiden kautta. (Akyildiz & Wang 2009, 4.)

3.2 Käyttösovellukset

Tällä hetkellä kotitalouksien laajakaistayhteyttä hyödynnetään langattomasti käyttäen IEEE 802.11 WLANeja. Ilman sijainnin kartoitusta kodeissa on monesti useita alueita joihin langaton signaali ei kuulu. Mesh-verkkotyöskentelyn hyödyntäminen voi korjata tämän asian. Mesh-reitittimien lisäämisellä, paikkojen vaihtamisella ja voimakkuuksien automaattisella säätämisellä voidaan saavuttaa kuuluvuus koko alueelle. Kotien väliset mesh-yhteydet voivat mahdollistaa erilaisia sovelluksia, kuten tietojen jakamista ja tallentamista sekä videon suoratoistoa. (Akyildiz & Wang 2009, 9.)

Yrityksien verkkotyöskentelyyn käytetyt langattomat mesh-tietoverkot ovat monimutkaisempia kuin kotikäytössä käytetyt, koska nodeja on enemmän ja käytössä on monimutkaisempia verkon topologioita. Yrityksien mesh-verkkotyöskentelyn toimintamallia voidaan myös soveltaa moniin muihin julkisiin ja kaupallisiin verkkotyöskentelymalleihin, kuten lentokentille, hotelleihin, ostoskeskuksiin ja urheilukeskuksiin. (Akyildiz & Wang 2009, 9-10.)

Langattomat mesh-verkot soveltuvat metropolialueille erinomaisesti niiden ominaisuuksilla reitittää näköesteiden ohi. Monessa kaupungissa on paljon julkisia WiFi-yhteyspisteitä, jotka voidaan mesh-verkkojen avulla liittää yhtenäiseksi verkoksi kattamaan suurempia alueita kohtalaisen pienin kustannuksin. Suuret laitokset, kuten kampukset, koulut ja sairaalat säästävät kaapelointikuluja käyttämällä langattomia mesh-verkkoja. Langattomat mesh-verkot voivat tarjota infrastruktuurin älykkäille ja integroiduille tulevaisuuden metropolialueiden tietoverkoille, kuten ilmainen best-effort-internetyhteys kansalaisille, sähköinen hallinnointi ja yhteys kunnallisilla sijainneilla, runkoyhteys valvonta sovelluksille sekä yleiselle turvallisuudelle, liikenteenvalvonta ja sensoriverkot. (Loo ym. 2016.)

3.3 Turvallisuus

Langattomissa verkoissa turvallisuus on aina varteenotettava huolenaihe. Käyttäjät saattavat vältellä langattomia verkkoja ollessaan tyytymättömiä nii-

den turvallisuuteen. Langattomissa mesh-verkoissa turvallisuus on vielä kriittisempää seuraavista syistä. (Akyildiz & Wang 2009, 137.)

Monen hypyn langattoman verkon turvallisuus on heikompi. Tämä johtuu siitä, että suuri osa turvallisuus rakenteista on suunniteltu yhden hypyn kommunikaatiolle. Langattomat mesh-verkot hyödyntävät monen hypyn arkkitehtuuria. (Akyildiz & Wang 2009, 137.)

Langattomissa mesh-verkoissa tulee esille **monen tason turvallisuus**. Langattomissa mesh-verkoissa turvallisuutta vaaditaan asiakkaiden pääsyssä mesh-reitittimiin sekä mesh-reitittimien keskinäisessä langattomassa yhteydessä. Mesh-reitittimet kuuluvat yleensä palveluntarjoajalle, kun taas asiakkaana voi toimia kuka tahansa käyttäjä. Turvallisuusmekanismi mesh-reitittimien välisessä kommunikaatiossa on oltava erilainen, kuin langattoman pääsyn puolella. (Akyildiz & Wang 2009, 137.)

Monen systeemin turvallisuus korostuu, sillä mesh-verkoissa on käytössä useita langattomien verkkojen standardeja, kuten IEEE 802.1, IEEE 802.16 ja IEEE 802.15. Nämä standardit ovat mesh-verkoissa yhteentoimivia verkon toimivuuden ja käytännöllisyyden takia. Eri standardeilla on kuitenkin erilaiset turvallisuus arkkitehtuurit ja rakenteet. (Akyildiz & Wang 2009, 137.)

3.4 Hyökkäykset mesh-verkkoon

Kanavan häirintä keskittää hyökkäyksen verkon fyysiseen kerrokseen. Se on tehokas väsytyshyökkäys, joka on helposti havaittavissa. Kanavan häirintä on laissa kiellettyä. (Akyildiz & Wang 2009, 138.)

Luvattomassa pääsyssä langattomaan mesh-verkkoon liitytään todentamisen ja auktorisoinnin epäonnistuttua. Tämä yleensä tapahtuu MAC-protokollan hallintotasolla. Tämäntyyppinen hyökkäys ei vaikuta verkon turvallisuuteen vaan tiedon turvallisuuteen. (Akyildiz & Wang 2009, 138.)

Salakuuntelu on hyvin yleistä, kun tietoa ei ole salattu kunnolla. Salakuuntelun voi välttää suurimmaksi osaksi käyttämällä tarpeeksi vahvaa salausta. (Akyildiz & Wang 2009, 138.)

Liikenteen analysointi on hyökkäys tietoturvaan, eikä se vaikuta verkon turvallisuuteen. Liikenteen analysointi tapahtuu yleensä fyysisellä tasolla sekä MAC-tasoilla. Hyökkäystä on vaikea havaita sillä se on passiivista eikä se ole mukana mesh-verkon toiminnoissa. (Akyildiz & Wang 2009, 138.)

Viestin väärentäminen on langattoman verkon tietoturva-aukkoa hyödyntävä hyökkäys, jossa injektoidaan väärennettyjä viestejä. Päämääränä on aiheuttaa vikatiloja protokollissa eri kerroksilla. Viestin väärentäminen on siis hyökkäys verkon turvallisuutta vastaan ja se tapahtuu protokolla kerroksilla, kuten MAC- ja reititys kerroksissa. (Akyildiz & Wang 2009, 138.)

Viestin toistoa käytetään, kun viestin yhtenäisyys ja turvallisuus on kunnossa. Hyökkääjä voi silti aiheuttaa harmia toistamalla auktorisoituja viestejä. Tämä hyökkäys voi myös tapahtua MAC- ja reitityskerroksilla ja aiheuttaa niiden vikatiloja. (Akyildiz & Wang 2009, 138.)

Välimieshyökkäyksessä uhkantekijä asettuu mesh-asiakkaan ja mesh-reitittimen välille ja yrittää siepata tai manipuloida näiden kahden välistä kommunikaatiota. Hyökkäys voi myös tapahtua kahden mesh-reitittimen välillä. Esimerkkinä hyökkääjä voi asettaa valvomattoman reitittimen, jonka kanssa muut verkon reitittimet ja asiakkaat kommunikoivat. Välimieshyökkäys on hyvin kriittinen hyökkäys sillä siinä altistuvat sekä verkon turvallisuus sekä tietoturva. (Akyildiz & Wang 2009, 138.)

3.5 Vastatoimet

Salaus ja kryptograafiset protokollat vahvistavat tietoturvaa. Turvallisuuden varmistamiseksi verkossa kulkevan tiedon tulee olla salattua. Salaamisessa turva-avaimen pitää vaihtaa omistajaa lähettäjän ja vastaanottajan välillä, joten avaimen hallinta on myös tärkeää. Kryptograafiset protokollat, jotka ovat yleensä applikaatio- tai kuljetustasolla, voidaan suunnitella salattavan tiedon mukaan. Näin saavutetaan luotettavuutta, voidaan suorittaa valtuutus ja todentaminen sekä viestin yhtenäisyyden tarkastus. (Akyildiz & Wang 2009, 139.)

Turvallisuuden valvominen ja vastatoimisysteemit ovat tarpeellisia hyökkäysten tunnistamiseksi, palvelun häirinnän tunnistamiseksi ja hyökkäysten

nopean torjunnan saavuttamiseksi. Hyökkäykset on tärkeä tunnistaa nopeasti turvallisuusriskin tai lisävahingon estämiseksi. Vaikka mitä turvallisuussuunnitelmia käytetään, niin aina on mahdollisuus haavoittua. Langattomat mesh-verkot ovat alttiita niin monelle hyökkäykselle, että hyökkäyksen sattuessa sen etenemiseen tulisi valmistautua. (Akyildiz & Wang 2009, 139.)

4 SUUNNITELMAN VALINTAPROSESSI

Tässä luvussa käsitellään Mäkelänkankaan aurinkopuiston valvomiseen sopivia ratkaisuja sekä pinta-alaltaan huomattavasti suuremman hypoteettisen aurinkovoimalan langatonta mesh-verkkoa käyttävä ratkaisu. Erilaisia verkko-työskentelyn tekniikoita on valittu alueen koon ja laitteiden määrän mukaan. Myös ratkaisujen skaalautuvuutta pohditaan.

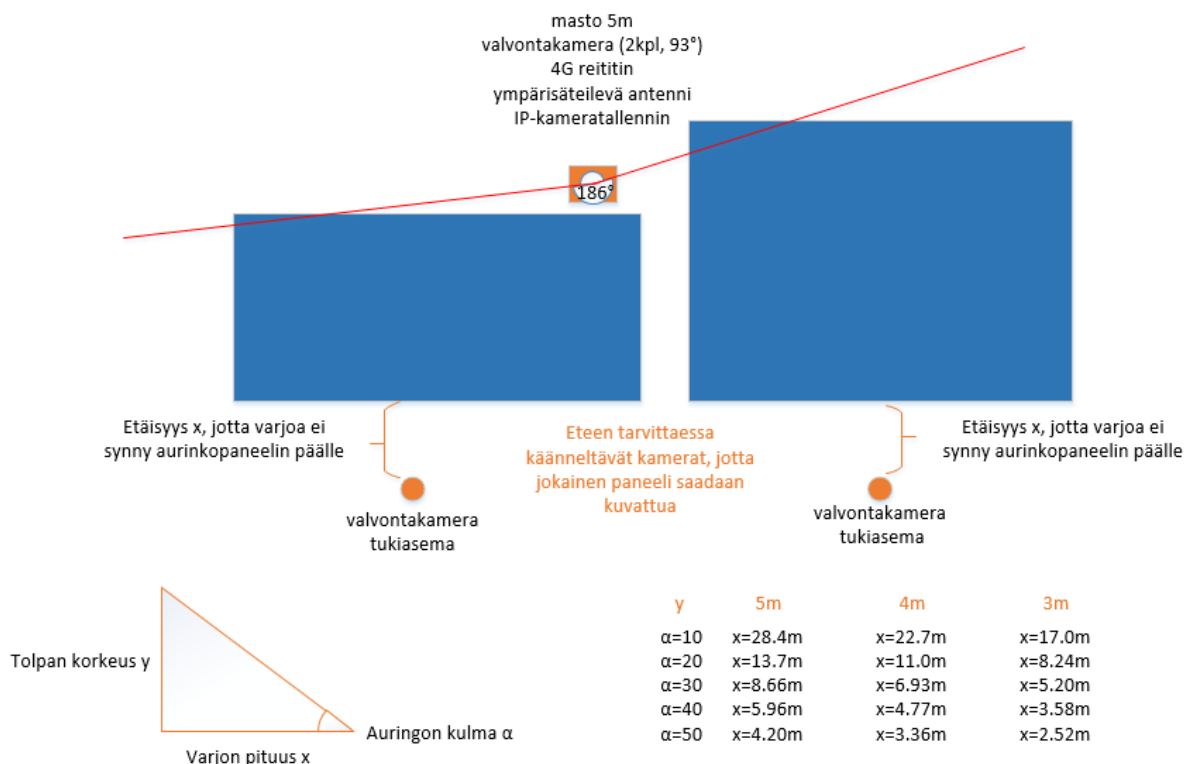
4.1 Skenaario langattomalla 802.11 yhteydellä

Aurinkopuistoon suunniteltiin alun perin langatonta videovalvontaa johtuen maaston ominaisuuksien tuottamasta hankaluudesta kaivaa ethernet kaapeleita maan alle. Suunnitelma kuitenkin hylättiin, kun kameroiden kauaksi asettelu todettiin tarpeettomaksi ja kameroiden tolppia ei pystyttäisi asettamaan riittävän kauaksi aurinkopaneeleista aitauksen sisäpuolelle. Tolpat olisivat aiheuttaneet varjoja aurinkopaneelien päälle tolppien ollessa aurinkopuiston aidatun alueen sisäpuolella.

Valvontakameroita olisi neljä, joista kaksi asennettaisiin kontin viereen maastoon Ethernet-kaapeleita käyttäen ja toiset kaksi aurinkopaneelien eteen tolppiin kiinnitettyinä langatonta yhteyttä käyttäen. Etumaastossa olevat kamerat olisivat varustettuna langattomilla ominaisuuksilla tai niihin liitettäisiin erillinen tukiasema Wi-Fi-ominaisuuksilla. Kamerat olisivat yhteydessä kontissa olevaan 4G-reitittimeen Wi-Fi-yhteydellä. Kyseisessä skenaariossa esteetöntä etäisyyttä kameroiden ja reitittimen välillä olisi alle 100 metriä, joten pelkällä Wi-Fi-yhteydellä selvittäisiin.

Valvottavaa aluetta voidaan laajentaa lisäämällä valvontakameroita reitittimen langattoman kantaman etäisyydelle, mutta suunnitelma ei ole kovin skaalautuva. Yhtä radiotaajuutta käyttäen taajuusalue herkästi tukkeutuu ja aiheut-

taa häiriötä kameroiden ja reitittimen väliseen liikenteeseen. Langattoman signaalin vahvuuteen vaikuttaa myös sääolosuhteet, kuten rankkasade. Kuvasta 7 nähdään maston kameroiden kattama kuvakulma punaisella viivalla, kameroiden sijainnit sekä tolppien luomien varjojen pituudet eri auringon kulmilla ja tolpan pituuksilla.



Kuva 7. Aurinkopuiston langaton suunnitelma

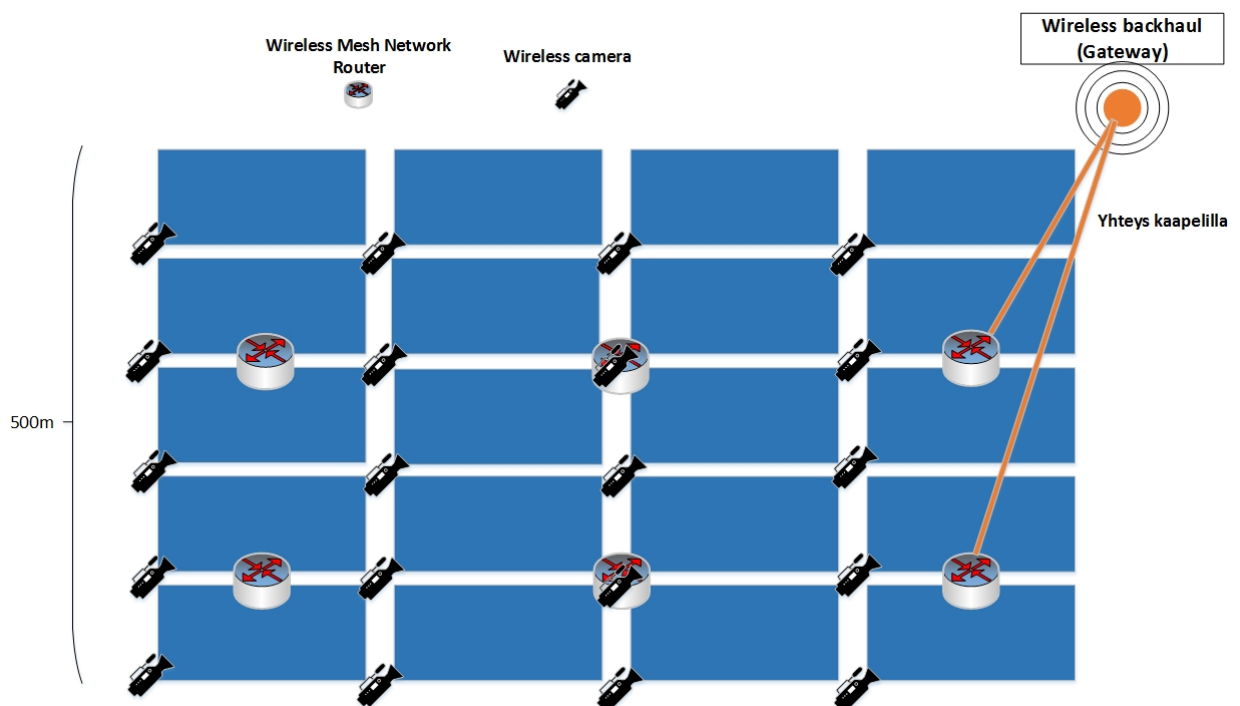
4.2 Skenaario langattomalla mesh-verkolla

Valvottavan alueen kasvaessa ja kameroiden lisääntyessä valvontatoteutuksessa voitaisiin hyödyntää langatonta mesh-verkkoa. Mesh-verkossa suoritus-teho laskee huomattavasti nodejen välisten hyppyjen lisääntyessä, joten vaaditaan suoritus-tehoiset laitteet sekä tarpeeksi suuri kaistaleveys.

Valvottavan alueen vaatiessa langatonta yhteyttä internetiin ei yhden 4G-liittymän tarjoama kaistaleveys riitä. Verkko voidaan muodostaa useasta 4G-reitittimestä, jotka aseteltaisiin tasaisin välein valvonta-alueen kattamiseksi. Jokaisessa reitittimessä olisi oma 4G-liittymä. Toisena mahdollisuutena on ra-

kentää langaton point-to-point-runkoyhteys. Tämänlainen yhteys voi kantaa yli sata kilometriä yli yhden gigabitin sekunnissa siirtonopeudella. Yhteys vaatii valvonta-alueelle oman radioantennin ja sen point-to-point parin on oltava yhteydessä internetiin. Antennien on oltava tarpeeksi korkealla, jotta maan kaartuminen sekä muut esteet eivät aiheuttaisi ongelmia.

Mesh-verkon luomiseen käytettäisiin langattomia mesh-reitittämiä 2.4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuualueilla. Reitittimet hoitaisivat kameroiden aiheuttaman liikenteen 2.4 GHz:n taajuualueella ja reititystehtävät hoidettaisiin 5 GHz:n taajuualueella. Verkon luomiseen käytettäisiin myös valvontakameroita, joissa on langattomat ominaisuudet tai mahdollisuus liittää langaton tukiasema. Kuvassa 8 siniset suorakaiteet kuvaavat aurinkopaneelien muodostamaa aluetta. Kamerat on aseteltu, jotta koko alue tulee valvottua ja reitittimet on aseteltu muodostamaan koko alueen kattava mesh-verkko. Kuvan suunnitelmassa on käytetty langatonta point-to-point runkoverkkoa.



Kuva 8. Langaton valvontasuunnitelma mesh-verkkoa käyttäen

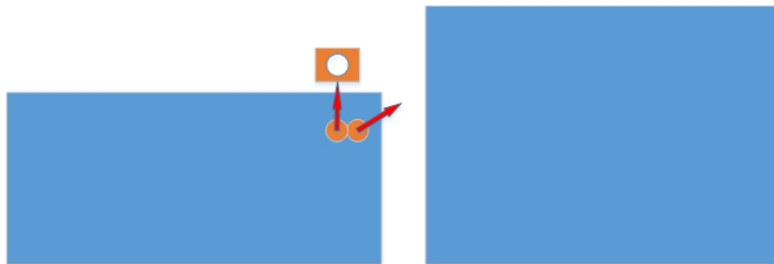
4.3 Valittu toteutus

Aurinkopuistoon päätettiin asentaa kuusi valvontakameraa, joista neljä on mastossa noin viiden metrin korkeudessa valvoen ympäröivää aluetta ja kaksi on asennettu aurinkopaneelin alle antaen yleistä maisemakuvaa sekä lähikuvaa aurinkopaneelistä. Kameroiden katselukulma on 84° , joten neljällä kame-

ralla saavutetaan 336:n asteen kokonaiskatselukulma. Tämä kattaa lähestulkoon koko aurinkopuiston alueen. Asennuksessa on käytössä myös IP-kameratallennin, 4G-reititin sekä CAT-6-kaapeleita.

Kuvasta 9 nähdään kontin, maston ja kameroiden sijainti aurinkopuistossa. Sininen alue kuvastaa aurinkopaneeleja, valkoinen pallo kuvastaa mastoa, oranssi suorakaide kuvastaa konttia ja oranssit pallot kuvastavat valvontakameroita aurinkopaneelin alla. Kuvasta nähdään myös alhaalla olevien kameroiden kuvakulmat.

Masto 5m+ kontin kylkeen
 Valvontakamerat mastoon (4 kpl, 84° = 336°)
 4g LTE reititin
 Ympärisäteilevä antenni kontin päälle
 IP-Kameratallennin
 2 kpl kameroita aurinkopaneelin alle



Kuva 9. Toteutussuunnitelma

5 TOTEUTUS

Toteutuksessa käydään läpi laitteiden asennus koulun tiloihin ja lopullinen asennus aurinkopuistoon. Laitteet asennettiin ensiksi koulun tiloihin toimivuuden testaamisen takia. Myöskin aurinkopuistoon saatiin vasta myöhään asennukseen vaadittava masto.

5.1 Laitteiden valintaprosessi

Laitteiden vaadittavat ominaisuudet selvitettiin ja listattiin. Valvontakameroissa tärkeimpiin vaatimukseen kuuluu Suomen vaativien sääolosuhteiden kestäminen sekä videokuvan riittävä tarkkuus, jotta alueen valvonta olisi tehokasta. Asentamisen helpottamiseksi PoE-liitäntä nostettiin esille tärkeänä ominaisuutena. Kameratallentimessa tärkeimpiä ominaisuuksia ovat riittävä määrä PoE-portteja valvontakameroille, etäkatselumahdollisuus ja riittävä kovalevytila, jotta saavutettaisiin muutaman päivän mittainen videovalvonnan tallennus. Reitittimen keskeiset ominaisuudet ovat SIM-korttipaikka, 4G-yhteys ja ulkoisen antennin kiinnitysmahdollisuus. Ulkoisen antennin vaatimuksena on lähinnä sääolosuhteiden kestäminen ja pienehkö kuuluvuuden parantaminen.

Laitteiden hankinta kilpailutettiin viidellä kotimaisella yhtiöllä. Kilpailutuksen tuloksena valittiin espoolainen valvontakameroihin ja valvontaan liittyviin laitteisiin erikoistuva yhtiö nimeltä Wintel. Valinnan perusteena toimi halvempi hinta muihin kilpailijoihin verrattuna sekä laitevaatimuksia eniten vastaavat laitteet. Kuvassa 10 nähdään alkuperäinen laitteiden vaatimuslista, joka lähetettiin kilpailutettavaksi.

Aurinkopuiston laitevaatimukset

Noin 10 metrisiä CAT6 kaapeleita RJ-45 liittimillä kameroiden määrän mukaan (Pitää kestää ulkona ja -30 °C Lämpötila)

Valvontakamerat

- 4 Mpx tai suurempi
- ulkokäyttöön soveltuva (-30 °C lämpötilan kestävä)
- PoE (power over Ethernet)
- IR-LEDillä varustettu

IP-kameratallennin

- vähintään 8 sisäänmenoa, ethernet
- vähintään 2 TB kovalevytilaa mukana tai laajennettavissa (2 TB riittää noin neljän päivän mittaiseen tallennukseen)
- ominaisuudet että kuvan saa strimattua livenä serverille

4G LTE reititin

- vähintään 2x Ethernet porttia
- mahdollisuus liittää ulkoinen antenni

Suuntaava ulkoantenni (noin 100e)

Kuva 10. Laitevaatimukset

5.2 Valitut laitteet

Dahua HFW4421E-036-kamerassa on 84° katselukulma. Niissä on 4 Megapikselin tarkkuus ja 2 688 x 1 520 resoluutio. Kamera kestää -30 °C ~ +60 °C lämpötilan, joten Suomen vaativat sääolosuhteet eivät tuota ongelmia. Kamerassa on IP-ominaisuudet ja PoE-liitäntä. Kamerassa on ”smart detection”-ominaisuudet, jotka mahdollistavat muun muassa liiketunnistuksen. (Dahua 2017b.)

Dahua DHI-NVR4108/4116-8P-kameratallentimessa on 8 PoE-porttia ja se tukee 16 kameran suoratoistoa. Laite toimii -10 °C ~ +55 °C lämpötiloissa. Laitteessa on muun muassa liiketunnistin ominaisuus. Laitteessa on kolme terabitia tallennustilaa. Laitteessa on dynaaminen DNS-tuki. (Dahua 2017a.)

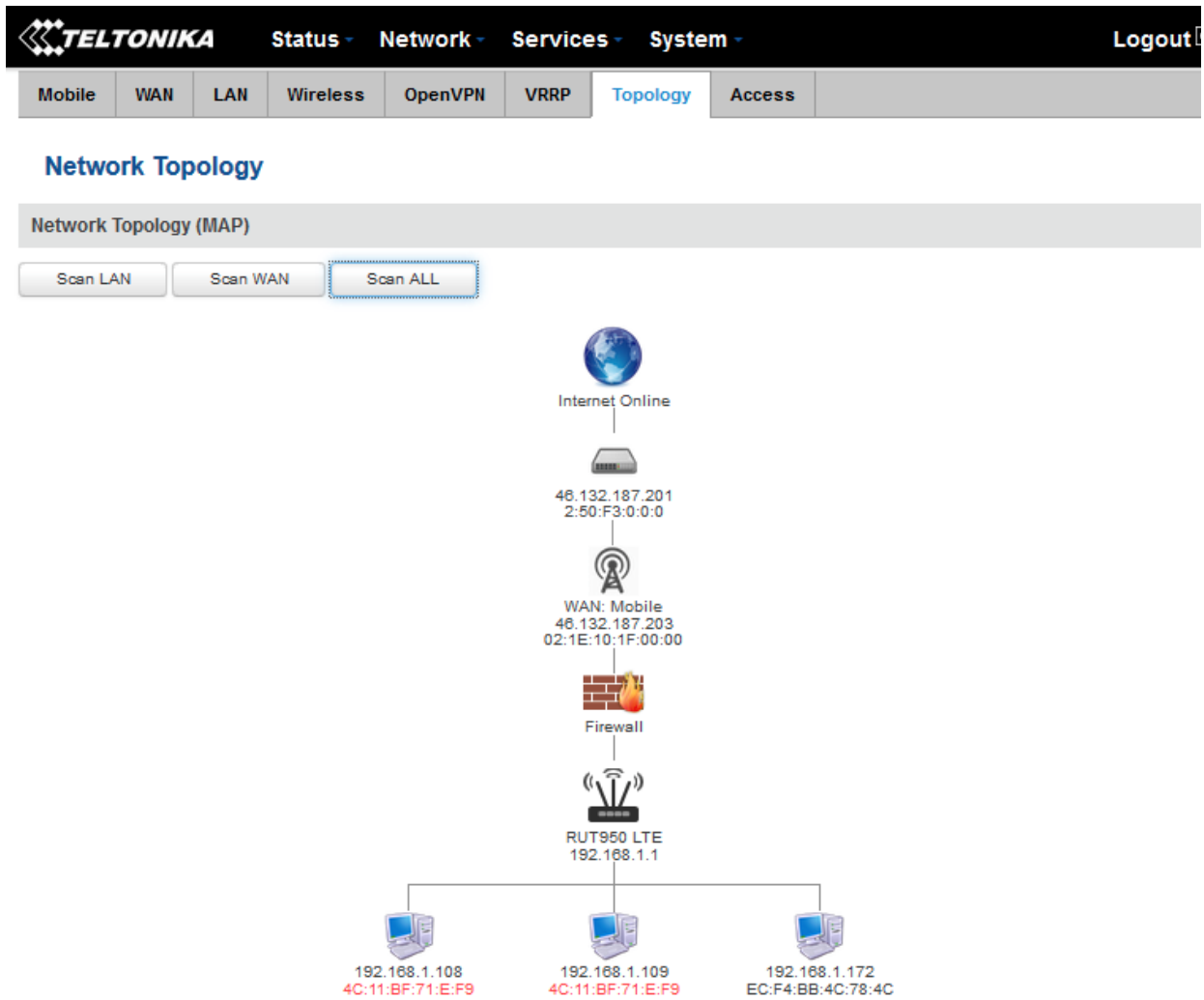
Teltonika RUT950 101030 on luotettava ja turvallinen LTE-reititin ammattikäyttöön. LTE-yhteydellä saavutetaan 100 Mbps:n latausnopeus ja 50 Mbps:n

lähetyksenopeus. Laitteen käyttölämpötila on $-40\text{ °C} \sim +75\text{ °C}$. Laitteessa on IEEE 802.11b/g/n Wi-Fi ominaisuudet. Laitteessa on kaksi paikkaa SIM-korteille. Laitteessa on neljä Ethernet porttia. Laitteessa on dynaaminen DNS-tuki. (Teltonika 2017.)

A-OMNI-0121-V3 on ympärisäteilevä GSM/LTE-ulkoantenni. Se kattaa suurimman osan kansainvälisistä GSM- ja LTE-taajuusalueista. Antenni kestää 44m/s tuulen nopeuden sekä $-40\text{ °C} \sim +70\text{ °C}$ lämpötilan. Antenni antaa maksimissaan 6 dBi:n vahvistuksen 1 710 - 2 170 MHz taajuusalueella ja 7 dBi:n vahvistuksen 2 500 – 2 700 MHz taajuusalueella. (Poynting s.a.)

5.3 Asennus

Valvontakamerat kytkettiin videotallentimeen Ethernet-kaapeleilla PoE-yhteyttä käyttäen. Videotallennin kytkettiin reitittimeen Ethernet-kaapelilla. Reitittimeen liitettiin ulkoinen antenni ja SIM-kortti. Lopuksi reititin kytkettiin kannettavaan tietokoneeseen Ethernet-kaapelilla laitteiden hallinnoimista varten. Fyysisen asennuksen jälkeen siirryttiin konfiguroimaan videotallentimeen ja reitittimeen tarvittavat asetukset. Kuvassa 11 nähdään verkon topologia reitintä käyttäen.



Kuva 11. Verkon topologia

Reitittimessä otettiin käyttöön 4G-liittymä muuttamalla yhteysasetukset soneran palvelun mukaan. Kuvasta 12 nähdään mobiili liittymän yhteysasetukset reitittimessä.

TELTONIKA Status - Network - Services - System - Logout

General SIM Management Network Operators Mobile Data Limit SIM Idle Protection

Mobile Configuration

Mobile Configuration

SIM 1 SIM 2

Connection type NDIS

Mode NAT

APN opengate

PIN number 0000

Dialing number *99#

Authentication method None

Service mode Automatic

Deny data roaming

Use IPv4 only

Mobile Data On Demand

Enable

No data timeout (sec) 10

Force LTE network

Enable

Kuva 12. mobiiliyhteyden yhteysasetukset reitittimessä

Reitittimen portin ohjaus listaan lisättiin kaksi porttia videotallentimen paikalliseen IP-osoitteeseen. Kuvasta 13 nähdään reitittimen asetukset portin ohjauksesta.

TELTONIKA Status Network Services System Logout

General Settings Port Forwarding Traffic Rules Custom Rules DDOS Prevention Port Scan Prevention

Firewall - Port Forwarding

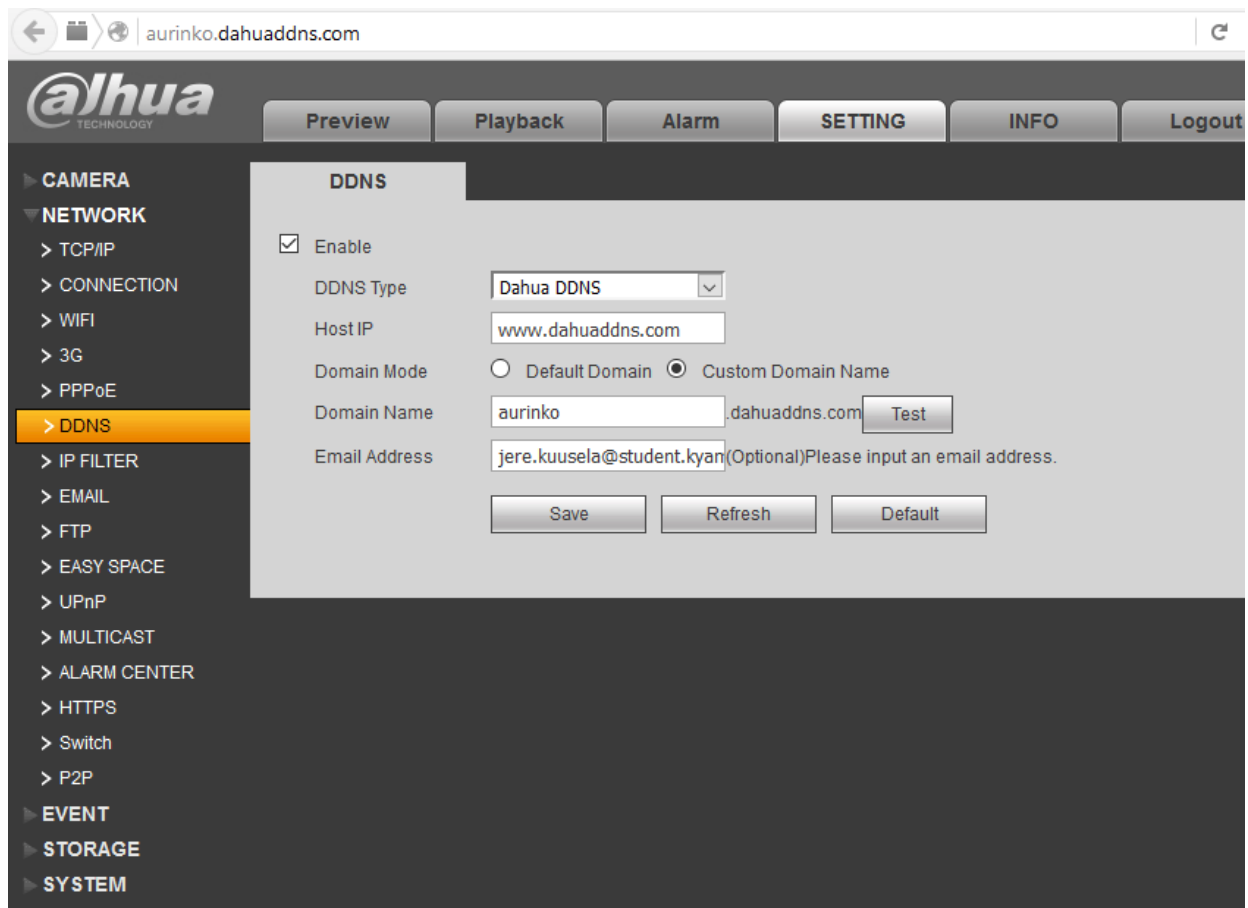
Port forwarding allows remote computers on the Internet to connect to a specific computer or service within the private LAN.

Port Forwarding Rules

Name	Protocol	Source	Via	Destination	Enable	Sort	
37777	TCP, UDP	From any host in wan	To any router IP at port 37777	Forward to IP 192.168.1.108, port 37777 in lan	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Delete"/>
80	TCP, UDP	From any host in wan	To any router IP at port 80	Forward to IP 192.168.1.108, port 80 in lan	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Delete"/>

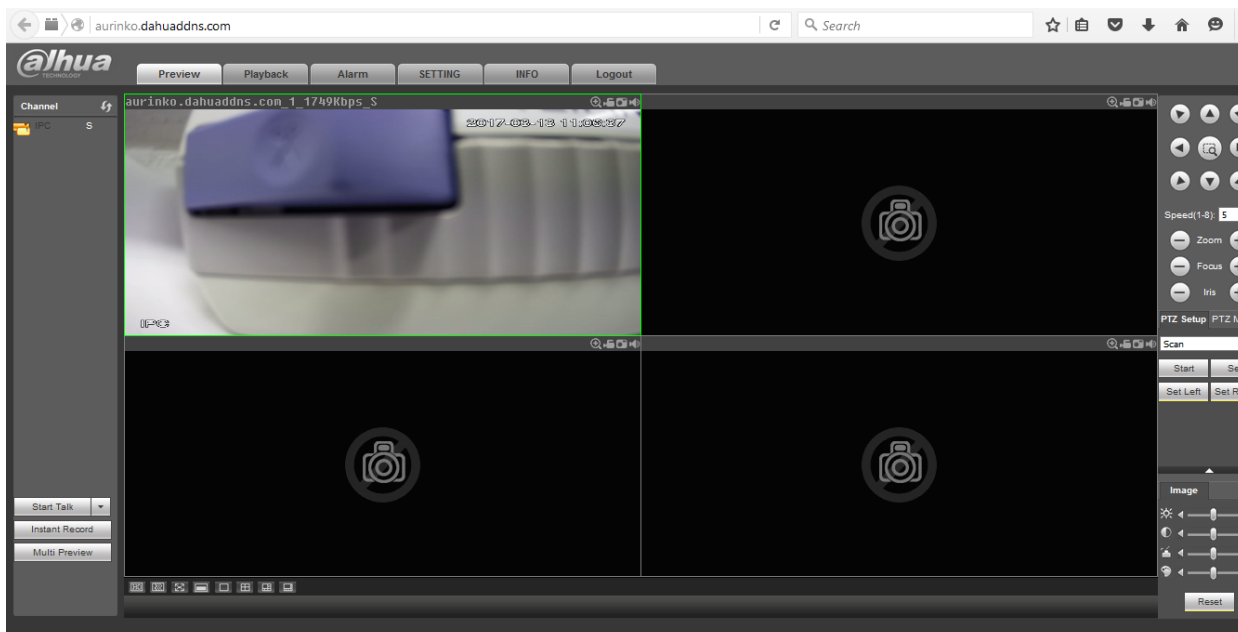
Kuva 13. portin ohjaus asetukset reitittimessä

Tarkistettiin HTTP-liikennettä käyttävän portin 80 avoimuus asiakkaalle näkyvällä IP-osoitteella www.canyouseeme.org-nettisivua käyttäen. Portti oli kiinni ja kaikki mahdolliset asetukset käytiin läpi reitittimestä sekä videotallentimesta ratkaisua saamatta. Päädyttiin johtopäätökseen, että Soneran puolella portit oli suljettu. Asiaa tutkittiin ja ainoa ratkaisu oli tilata maksullinen Sonera Open Gate –palvelu, joka avaisi portit. Palvelun toiminnan aloittamiseksi reitittimen yhteysosoitteeksi (APN) muutettiin ”opengate”. Portin avoimuus kokeiltiin uudestaan ja se oli auki. Nyt päästiin suorittamaan asennus loppuun. Videotallentimeen saatiin yhteys sen paikallista IP-osoitetta käyttäen. Web Servive liitännäinen ladattiin Google Chromeen, mutta se ei toiminut, joten kokeiltiin Firefoxia ja tällä saavutettiin toimivuus. Kirjaututtiin sisään laitteeseen ja asetuksiin lisättiin valmiiksi luotu dynaaminen isäntänimipalvelu, jotta etäyhteys saavutettaisiin. Kuvasta 14 nähdään DDNS:n asetukset kameratallentimessa.



Kuva 14. DDNS:n asetukset kameratallentimessa

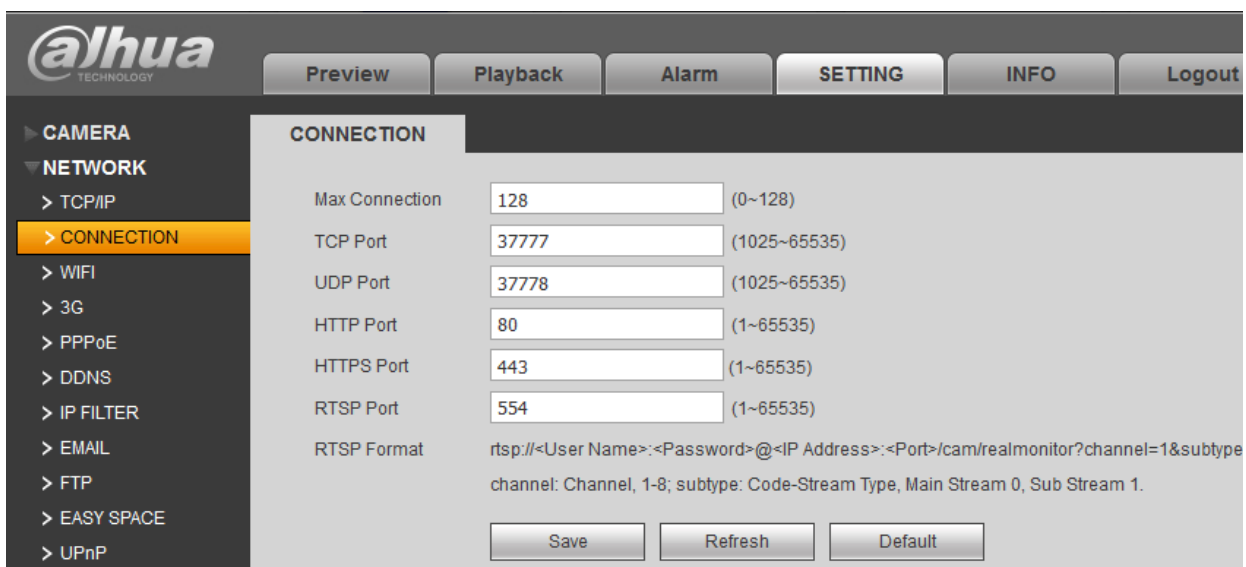
Laitteeseen saatiin yhteys www.aurinko.dahuaddns.com osoitetta käyttäen. Yhteys muodostettiin ja kameroiden etäkatsominen saavutettiin. Kuvasta 15 nähdään onnistunut valvontakuvan etäkatsominen www.dahuaddns.com sivua käyttäen.



Kuva 15. Valvontakuvan etäkatselu

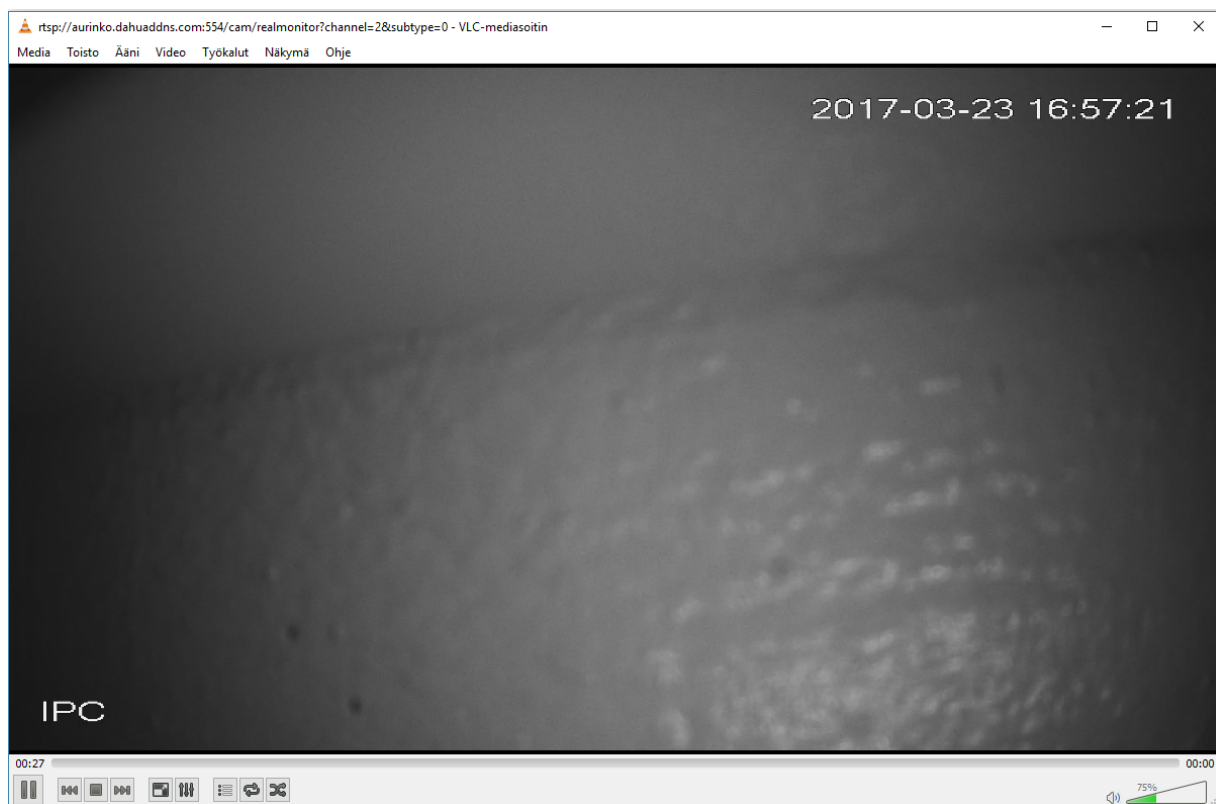
Kameratallentimen RTSP-yhteys muodostettiin, jotta saataisiin videokuva toistettua reaaliajassa etänä mediasoittimella. Kameratallentimeen asetettiin RTSP-liikennettä varten portti 554 ja reitittimen portin ohjaukseen lisättiin kyseinen portti.

Kameratallentimesta katsottiin tarvittavan linkin parametrit, jolla RTSP-yhteys saadaan muodostettua. Kuvasta 16 nähdään kameratallentimen RTSP:n liikennettä varten tarvittavan linkin parametrit sekä RTSP:n portti.



Kuva 16. Kameratallentimen RTSP-linkin parametrit ja RTSP:n portti.

VLC-mediasoittimella avattiin suoratoisto verkosta ja kirjoitettiin verkkokohteen osoite verkkoprotokollan palkkiin. Tämän jälkeen saatiin suoraa videokuvaa valvontakameroista. Kuvasta 17 nähdään VLC-mediasoittimella saavutettu suorakuvan toisto RTSP:n linkkiä käyttäen.

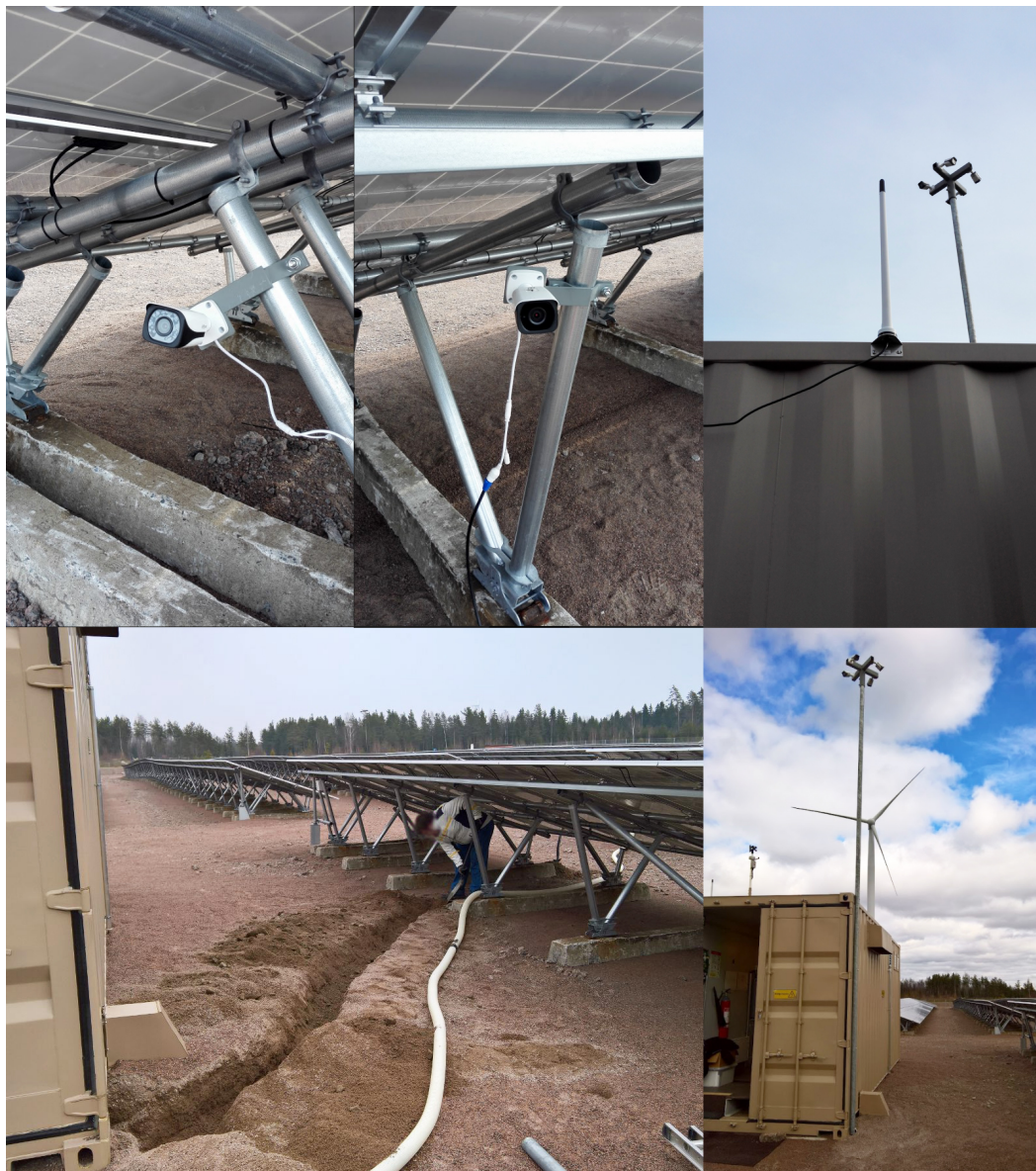


Kuva 17. Valvontakameran suoran videokuvan katselu VLC mediasoittimella.

5.4 Asennus aurinkopuistoon

Aurinkovoimalan invertteri konttiin vietiin kameratallennin ja reititin. Kontilta kaivettiin oja aurinkopaneelien luo, joiden tukirakenteisiin kiinnitettiin kaksi valvontakameraa. Ethernet-kaapelit pujotettiin putken sisään ja vedettiin ojaa pitkin kontin ja kameroiden välille. Noin viisi metriä korkea masto pystytettiin ojan päälle konttiin kiinni. Mastoon asennettiin neljä kameraa, joiden kaapelit pujotettiin maston sisään, josta ne pujotettiin putkeen, joka johti kontin sisälle. Oja haudattiin ja laitteiden väliset kytkennät suoritettiin. Reitittimeen liitettiin ulkoinen ympärisäteilevä antenni, joka kiinnitettiin kontin päälle. Metallinen kontti toimii Faradayn häkkinä estäen radiosignaalien kulun, joten ulkoinen antenni on ehdoton. Antennin kaapeli oli vain 8 m pitkä eikä se yltänyt mastoon kiinnitettäväksi. Pidempi kaapeli olisi syönyt antennin antamaa vahvistusta. Kuvassa

ta 18 nähdään kameroiden asennuspaikat, kaapeliojan sijainti ja antennin kiinnityspaikka.



Kuva 18. Aurinkopuistossa kameroiden asennuspaikat, ojan sijainti ja antennin sijainti

Kaupungissa reitittimen 4G-liittymällä saavutettiin noin 45 megabitin lataus- ja lähetyksenopeus, mutta aurinkopuistossa saavutettiin vain noin 4 megabitin lataus- ja lähetyksenopeus. Tämän vuoksi kameroiden videokuvan laatua jouduttiin pienentämään ja kuvia per sekunti vähentämään, jotta kameroiden yhteinen datanlähetykset pysyisi lähetyksenopeuden rajoissa. Kuvista 19 ja 20 nähdään kameroiden videokuvan asetukset. Alhaalla olevat kamerat 5-6 tallentavat kameratallentimen kovalevyille 18 kuvaa sekunnissa (Main Stream) ja lähettävät nettisivulle 15 kuvaa sekunnissa (Sub Stream). Ylhäällä mastossa sijaitse-

vat kamerat 1-4 tallentavat kameratallentimen kovalevylle 7 kuvaa sekunnissa (Main Stream) ja lähettävät nettisivulle 1 kuvaa sekunnissa (Sub Stream).

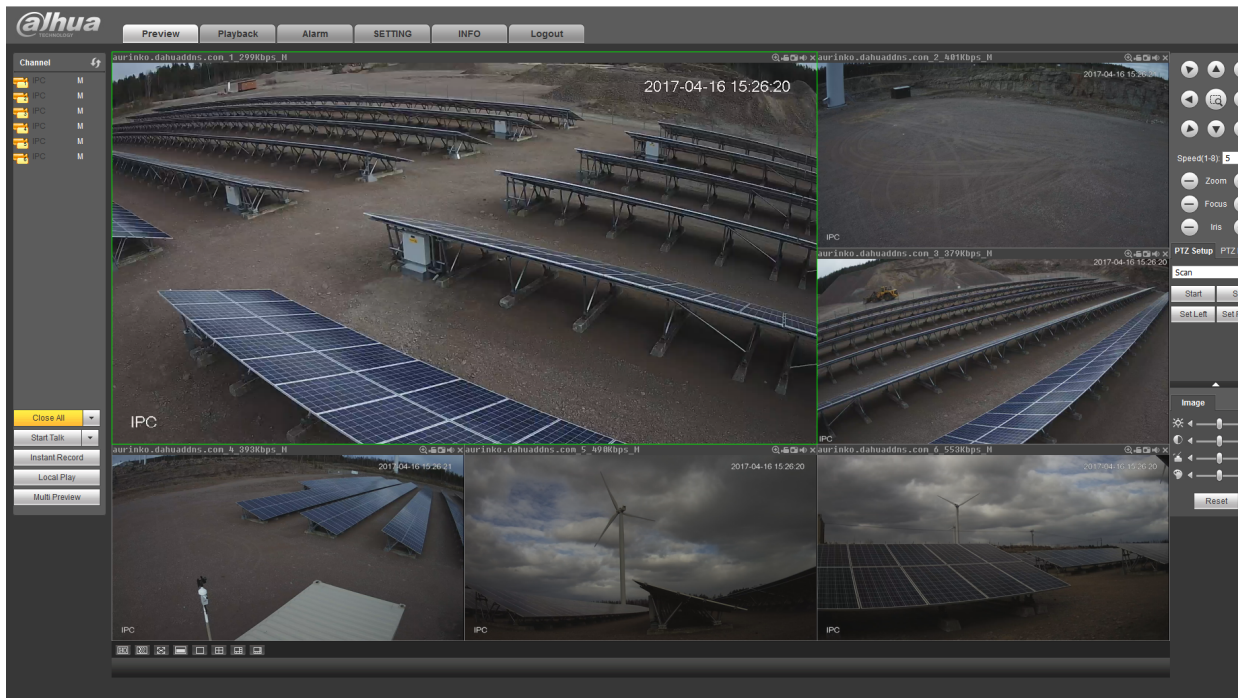
Encode	Snapshot	Overlay	Path
Channel	6		
Main Stream		Sub Stream	
Code-Stream Type	Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Video Enable	
Compression	H.264	Compression	H.264H
Smart Codec	Stop	Resolution	704x576(D1)
Resolution	1280x720(720P)	Frame Rate(FPS)	15
Frame Rate(FPS)	18	Bit Rate Type	CBR
Bit Rate Type	CBR	Bit Rate	256 Kb/S
Bit Rate	512 Kb/S	Reference Bit Rate	128-2560Kb/S
Reference Bit Rate	320-7168Kb/S		

Kuva 19. Ylhäällä sijaitsevien kameroiden videokuvan asetukset

Encode	Snapshot	Overlay	Path
Channel	1		
Main Stream		Sub Stream	
Code-Stream Type	Regular	<input checked="" type="checkbox"/> Video Enable	
Compression	H.264H	Compression	H.264H
Smart Codec	Stop	Resolution	704x576(D1)
Resolution	1280x720(720P)	Frame Rate(FPS)	1
Frame Rate(FPS)	7	Bit Rate Type	CBR
Bit Rate Type	CBR	Bit Rate	192 Kb/S
Bit Rate	448 Kb/S	Reference Bit Rate	16-320Kb/S
Reference Bit Rate	160-3072Kb/S		

Kuva 20. Alhaalla sijaitsevien kameroiden videokuvan asetukset

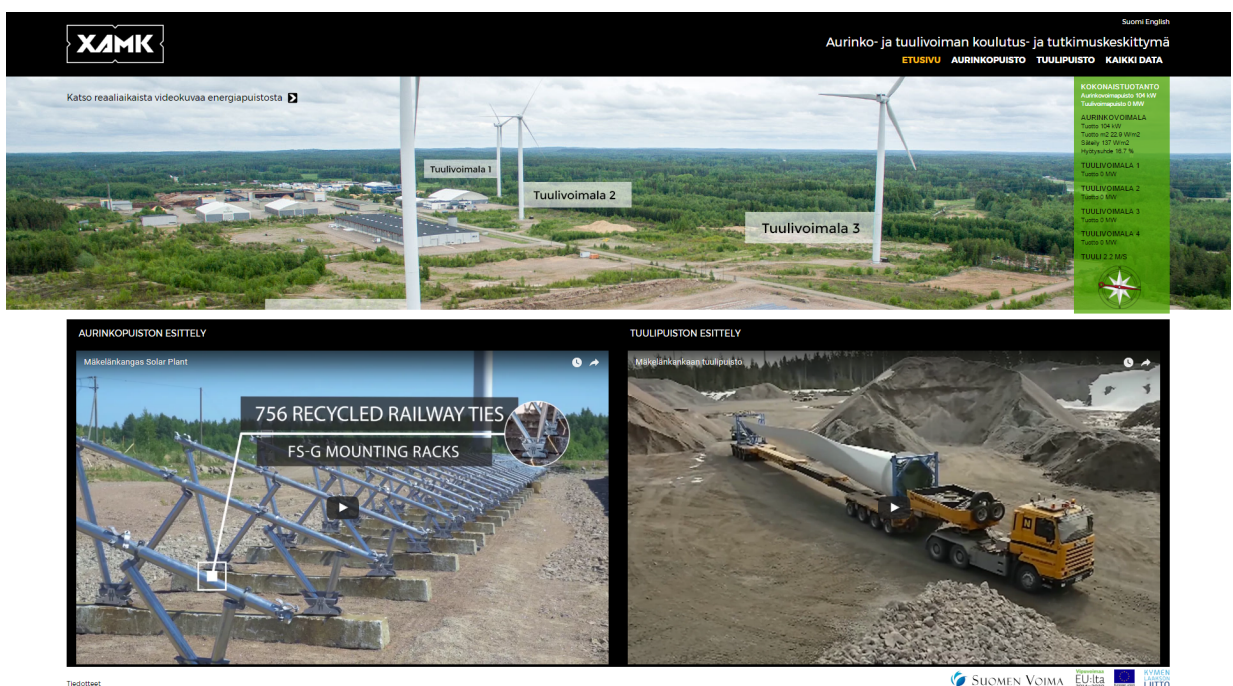
Kyseisillä videokuvan asetuksilla kameroiden yhteinen lähetysopeus pysyy tarpeeksi alhaalla, jotta saavutetaan sulavaa videokuvaa alhaalla olevien kameroiden etälähetykseen. Kameratallentimen kovalevylle voidaan tallentaa noin 30 vuorokautta videokuvaa, jonka jälkeen laite alkaa tallentamaan vanhan videokuvan päälle. Kuvasta 21 nähdään asennettujen kameroiden kuvaamaa kuvaa.



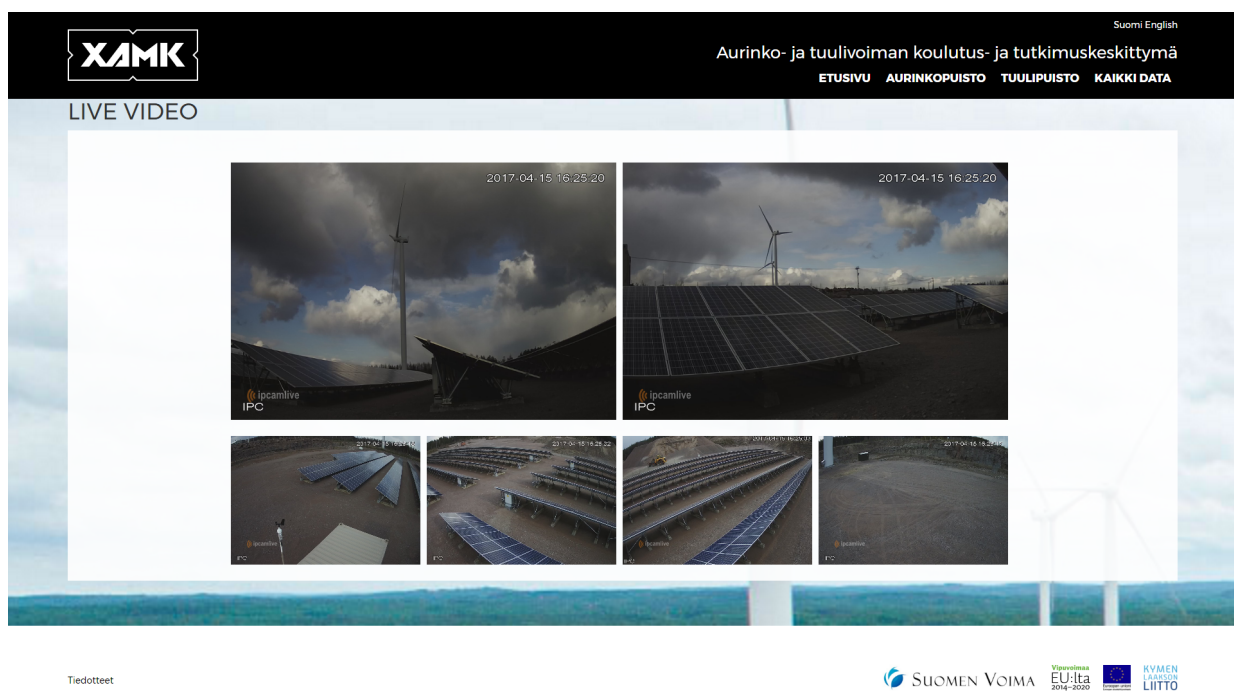
Kuva 21. Aurinkopuistoon asennettujen valvontakameroiden kuvaa

5.5 Projektin nettisivut

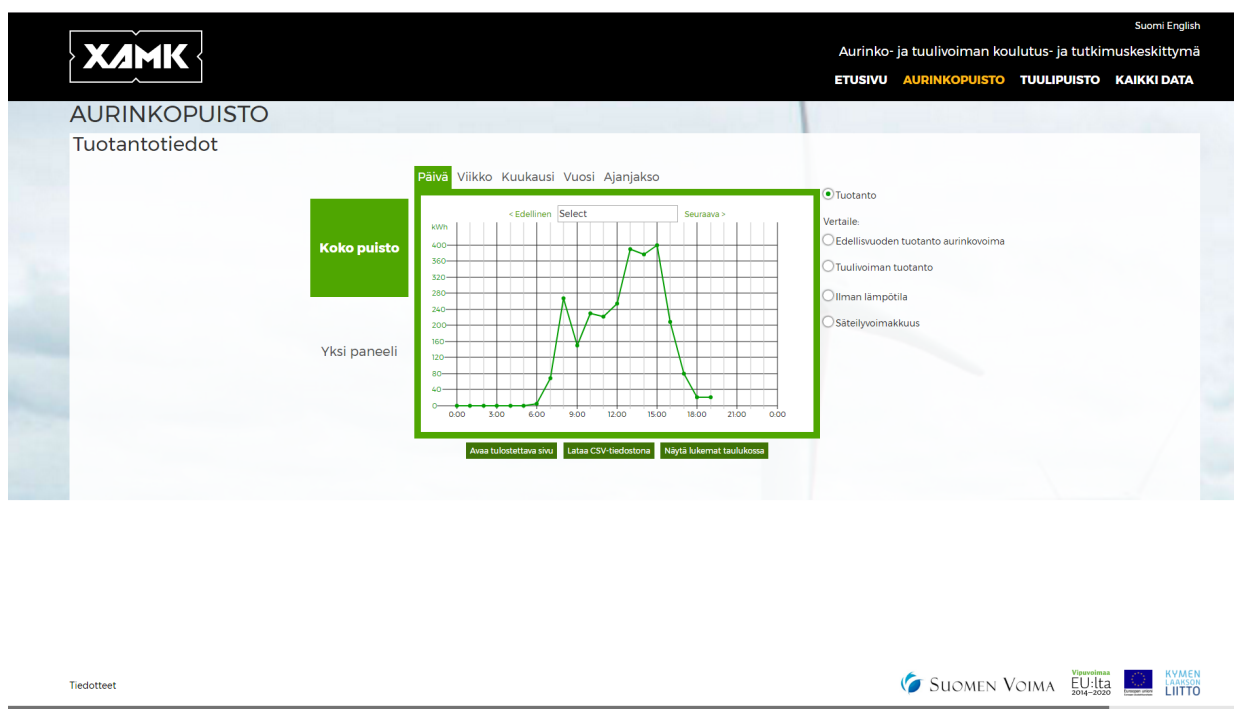
Projektissa luodun nettisivun tarkoituksena on antaa aurinko- ja tuulipuistosta tietoa, mittaustietoja ja suoraa videokuvaa yleisölle. Nettisivun osoite on webseuranta.xamk.fi. Kuvista 22, 23 ja 24 nähdään etusivu, jossa on esittelyvideot aurinko- ja tuulipuistosta, suoraa videokuvaa aurinkopuistosta näytävä sivu ja aurinkopuiston mittausdataa näytävä sivu.



Kuva 22. Projektin nettisivun etusivu



Kuva 23. Projektin nettisivu, josta nähdään suoraa videokuvaa aurinkopuistosta



Kuva 24. Projektin nettisivu, josta nähdään aurinkovoimalan mittaustietoja

6 YHTEENVETO

Projekti oli opettavainen kokemus valvonnan suunnittelun, laitteiden valitsemisen sekä konfiguroimisen, etävalvonnan toteuttamisen ja kokonaisuuden asentamisen kannalta. Myös langattomien tekniikoiden tutkiminen ja eri skenaarioiden suunnittelu oli opettavainen kokemus, vaikka niitä ei päästy toteuttamaan käytännössä.

Projektissa oli kolme varteenotettavaa ongelmaa, joiden selvittämisen ansiosta ongelman mahdollisiin aiheuttajiin saatiin perusteellista näkemystä. Ensimmäinen ongelma oli portin 80 kiinnioleminen, jonka selvitettiin laitteiden asetusten tutkimisen jälkeen olevan palveluntarjoajan ominaisuus. Toinen ongelma oli RTSP-yhteyden saavuttaminen, joka ratkaistiin porttien ja portinohjauksen muokkauksella. Kolmas ongelma ilmeni asennuksessa paikan päällä kun osasta kameroista hävisi kuva. Mahdollisia ongelman aiheuttajia tutkittiin ja ratkaisu löytyi laitteiden uudelleenkäynnistämällä ja kaapeleiden uudelleenkiinnityksellä.

Projekti onnistui kokonaisuudessaan ja kaikki tavoitteet saavutettiin. Toimiva, luotettava ja kattava videovalvonta ja sen etäkatselu saavutettiin. Projektin nettisivuilta (<https://webseuranta.xamk.fi>) voidaan katsella reaaliaikaista videokuva aurinkopuistosta. Ainoa harmillinen asia opinnäytetyössä oli 4G-liittymän huono kuuluvuus aurinkopuistossa ja sen seurauksena kameroiden videokuvan laadun madaltaminen.

Opinnäytetyön videovalvontaa voidaan soveltaa paikoissa, joissa ei ole kiinteää internet-yhteyttä saatavilla. Kameroiden lukumäärää voidaan lisätä internet-yhteyden nopeudesta ja videokuvan laadun tarpeellisuudesta riippuen.

LÄHTEET

- Akyildiz, I. & Wang, X. 2009. Advanced Texts in Communications and Networking Ser.: Wireless Mesh Networks. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Dahua Technology Co., Ltd. 2017a. IPC-HFW4421E. Saatavissa: <http://www1.dahuasecurity.com/au/products/ipc-hfw4421e-1010.html> [viitattu 3.3.2017].
- Dahua Technology Co., Ltd. 2017b. NVR4108/4116-8P. Saatavissa: <http://www.dahuasecurity.com/products/nvr41084116-8p-4741.html> [viitattu 3.3.2017].
- Empower Oy 2017. Empower. Saatavissa: <https://www.empower.eu/web/fi/fi> [viitattu 27.4.2017].
- Hucaby, D. 2014. CCNA Wireless 640-722 Official Cert Guide. Cisco Press.
- Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy 2017. XAMK. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/> [viitattu 27.4.2017].
- Loo, J. Mauri, J.L. Ortiz, J.S. 2016. Mobile Ad Hoc Networks: Current Status and Future Trends. CRC Press.
- Nawrocki, W. 2016. Measurement Systems and Sensors, Second Edition. Artech House.
- Poynting GmbH s.a. All Band GSM/LTE Omnidirectional Antenna. Saatavissa: <https://www.wimo.com/download/60057%20OMNI-A01211.pdf> [viitattu 3.3.2017].
- Simpson, M, T. Antill, N. 2016. Hands-On Ethical Hacking and Network Defense. Cengage Learning.
- Suomen Voima Oy 2017. Suomen Voima. Saatavissa: <http://www.suomenvoima.fi/fi/etusivu> [viitattu 1.4.2017].
- Teltonika 2017. Rut 950. saatavissa: <http://www.teltonika.lt/product/rut950/> [viitattu 3.3.2017].
- Tomsho, G. 2015. Guide to Networking Essentials. Cengage Learning.
- Wei, H. Rykowski, J. & Dixit, S. 2013. WiFi, WiMAX and LTE multi-hop mesh networks: basic communication protocols and application areas. Hoboken, NJ: Wiley cop.
- Zhang, R. Cai, L. & Pan, J. 2016. Resource Management for Multimedia Services in High Data Rate Wireless Networks. Springer.

