



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuomas Nurmela

TAPAHTUMAN

TIETOLIIKENNEVERKON TOTEUTUS

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuomas Nurmela
Opinnäytetyön nimi	Tapahtuman tietoliikenneverkon toteutus
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	34
Ohjaaja	Antti Virtanen

Tämä opinnäytetyö on projektityö, jossa kuvataan kuinka luodaan tietoliikenneverkko Suomen suurimpaan kaksipäiväiseen tapahtumaan lentokenttäalueella. Projektin suunnitelma on karkea ja se tulee muuttumaan toteutusvaiheessa. Projektissa rakennettava tietoliikenneverkko rakennetaan tuotantoyhtiön toimintaa, lippulukua ja maksuliikennettä varten.

Työn teoriassa käsitellään komponentteja, jotka ovat oleellisia tietoliikenneverkon rakentamisessa. Aktiivilaitteet kuten palomuri, kytkin ja langaton tukiasema ovat tärkeitä tietoliikenneverkon osia.

Projektin tuotoksena on toimiva ja vakaa tietoliikenneverkko. Johtopäätöksissä huomataan kuinka lyhyt suunnittelu-aika vaikuttaa suuren tapahtuman tietoliikenneverkon rakentamiseen. Johtopäätöksissä otetaan myös kantaa siihen mitä seuraavassa projektissa pitäisi tehdä toisin.

ABSTRACT

Author	Tuomas Nurmela
Title	Implementation of the Event Telecommunication Network
Year	2020
Language	Finnish
Pages	34
Name of Supervisor	Antti Virtanen

This thesis is a project work, which describes how to create a telecommunications network for the biggest two-day concert in Finland, which is held in an airfield. The plan of the project is rough, and it will change in the implementation phase. The telecommunication network will be used by production company, ticket readers and payment terminals.

The thesis introduces components, which are in a key role in building the telecommunications network. Active devices, such as Firewall, Switch and Wireless Access Points are key components in a telecommunications network.

The result of this thesis is a reliable telecommunications network for a two-day event. Suggestions are also given for a future projects.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITTEET JA LYHENTEET

KUVA JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	PROJEKTIN TAUSTA JA TARKOITUS	10
3	TIETOLIIKENNEVERKKO	11
	3.1 Lähiverkko	11
	3.2 Kaapeli	12
	3.2.1 Valokaapeli	13
	3.2.2 Symmetriset kaapelit eli parikaapelit	14
	3.3 Verkon aktiivilaitteet	14
	3.3.1 Palomuri	14
	3.3.2 Reititin.....	15
	3.3.3 Kytkin.....	15
	3.4 Uninterruptible Power Supply	16
	3.5 Dynamic Host Configuration Protocol	17
	3.6 Reititys	17
4	PROJEKTIN LÄHESTYMISTAPA JA TOTEUTUS	18
	4.1 Projektin suunnittelu	18
	4.1.1 Tapahtuma-alueen kuvailu	19
	4.1.2 Laitevalinnat.....	19
	4.1.3 Runkoverkko	20
	4.1.4 Pääsyverkko	21
	4.2 Projektin toteutus	22
	4.2.1 IP-alueet	22
	4.2.2 Tapahtuma-alue.....	23
	4.2.3 Runkoverkko	24
	4.2.4 Pääsyverkko	25
	4.2.5 Toimet tapahtuman aikana	26

5	PROJEKTIN TUOTOKSET	27
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	30
6.1	Arviointi projektin vaiheista ja resurssien hallinnasta	30
6.2	Aikataulu.....	30
6.3	Projektin jatkuminen	30
6.4	Huomioitavat asiat suunnittelussa.....	30
6.5	Verkot ja laitteet.....	31
6.6	Kommunikointi	32
6.7	Vertailu aikaisempiin projekteihin.....	32
	LÄHTEET.....	33

KÄSITTEET JA LYHENTEET

ACK	Acknowledgement, kuittausviesti
AP	Access Point, tukiasema
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, verkkoprotokolla joka jakaa tarvittavat verkkoasetukset päätelaitteille.
DNS	Domain Name System, nimipalvelin.
F/FTP	Foiled Twisted Pairs, foliosuojattu parikaapeli
HA	High Availability, korkean tavoitettavuuden järjestelmä.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol, TCP/IP-mallin verkkokerros
LAN	Local Area Network, lähiverkko
OFDMA	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access, modulaatio, jossa tiedonsiirto toteutetaan usealla taajuuskanavalla yhtä aikaa
Ping	testi laitteen vastaanottavuuden määrittämiseen.
PoE	Power over Ethernet, tekniikka, jolla virta ja data siirretään parikaapelia pitkin.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation, modulointitekniikka, joka yhdistää vaihe- ja amplitudimodulaation
SFP	Small Form Pluggable, SFP-moduuli
SFP+	Small Form Pluggable +, SFP+-moduuli
S/FTP	Shielded with Foiled Twisted Pairs, palmikkosuojattu parikaapeli
SF/FTP	Shielded and Foiled With Foiled Twisted Pairs, folio- ja palmikkosuojattu parikaapeli

SSID	Service Set Identifier, langattoman lähiverkon verkkotunnus.
U/FTP	Unshielded with Foiled Twisted Pairs, suojaamaton parikaapeli
UPS	Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön virransyöttö
VLAN	Virtual Local Area Network, virtuaalinen lähiverkko.
Wi-Fi	Wireless Fidelity, langattoman lähiverkon toteutus.
WLAN	Wireless Local Area Network, standardiperheen 802.11 mukainen langaton lähiverkko.

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. PoE-injektori.....	12
Kuva 2. Kytkin.	15
Kuva 3. SFP-moduuliin asennettu kytkentäkuitu.....	16
Kuva 4. Projektin rajapinnat.....	18
Kuva 5. Runkoverkko.....	21
Kuva 6. IP-alueet ja SSID:t.	23
Kuva 7. Verkon aktiivilaitteet.	25
Kuva 8. Aktiiviset päätelaitteet langattomassa verkossa.....	27
Kuva 9. Tukiasemien määrä ja tilannetieto	27
Kuva 10. Verkon nopeustesti kiinteästä verkosta.	28
Kuva 11. Verkon nopeustesti langattomasta verkosta.....	28
Kuva 12. IP-asetukset ja vasteajan mittaus langattomassa verkossa.....	29
Taulukko 1. Projektin aikataulu.....	19

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on projektityö, jossa kuvataan kuinka luodaan tietoliikenneverkko Suomen suurimpaan kaksipäiväiseen tapahtumaan lentokenttäalueella. Projektin tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa toimiva tietoliikenneverkko. Projektin suunnitelma on karkea ja se tulee muuttumaan toteutusvaiheessa. Opinnäytetyö on tehty Opsec Oy:lle dokumentaatioksi projektin eri vaiheista ja niiden onnistumisesta. Projektissa oli lyhyt suunnittelu-aika verrattuna yhtiön aikaisempiin pienemmän mittakaavan projekteihin.

Tietoliikenne ja tietotekniikka ovat olennaisessa osassa tapahtuman infrastruktuuria. Lisäksi ne ovat tärkeässä roolissa, kun luodaan menestyksekkästä tapahtumaa. Tapahtuma oli kaksipäiväinen ja tapahtumassa kävi yli 100 000 katsojaa. Projekti on jaettu neljään eri vaiheeseen: suunnitteluun, toteutukseen, ylläpitoon ja purkamiseen. Projektissa rakennettava tietoliikenneverkko rakennetaan tuotantoyhtiön toimintaa, lippulukua ja maksuliikennettä varten.

Opsec Oy on vuonna 2009 perustettu IT-alan yritys, joka työllistää 12 työntekijää tällä hetkellä. Yrityksen kotipaikka on Seinäjoki. Yritys tuottaa tietoturvan, tietosuojaan ja tietohallinnon johtamis- ja asiantuntijapalveluita sekä IT-toimintojen ylläpito- ja tukipalveluita. /12/

2 PROJEKTIN TAUSTA JA TARKOITUS

Projektin tilaaja on suomalainen tuotantoyhtiö. Projektin tarkoituksena on luoda tuotantoyhtiön järjestämään tapahtumaan toimiva tietoliikenneverkko. Tietoliikenneverkko rakennetaan tuotannon sekä maksuliikenteen tarpeisiin. Tapahtumassa olleiden esiintymislavan tietoliikennetarpeet eivät kuulu projektiin.

Projektin lähtötilanteessa tapahtuma-alueella ei ole valmiina mitään tarvittavia yhteyksiä eikä laitteita. Projektissa rakennetaan tietoliikenneverkko alusta loppuun tapahtuma-alueelle. Projektiin kuuluu myös tarvittavien laitteiden hankinta.

Päätelaitteita verkossa tulee olemaan 500-700 yhtäaikaisesti, joista suurin osa on langattomassa verkossa. Päätelaitteet ovat suurimmaksi osaksi lippulukijoita ja maksupäätteitä, mutta joukosta löytyy myös tietokoneita. Operaattorilta palomuurille tulevan pääyhteyden nopeus on 2 Gbit/s. Linkkinopeus palomuurilta langattomille tukiasemille tulee olemaan 1 Gbit/s. Maksupäätteiden ja lippulukijoiden tarvitsema kaistanleveys tulee olemaan pieni, noin 5-10 % tilatun yhteyden maksimi kapasiteetista. Tietokoneiden käyttämä kaistanleveys tulee käyttämään noin 60 % tilatun yhteyden kapasiteetista.

3 TIETOLIIKENNEVERKKO

3.1 Lähiverkko

Tietoliikenteessä käsite lähiverkko eli LAN (Local Area Network) tarkoittaa maantieteellisesti rajatun alueen sisäistä tietoliikennettä toteuttavaa ja suuren siirtokapasiteetin omaavaa verkkoa. Verkko koostuu kaapeleista, verkkolaitteista, palvelimista ja työasemista. Lähiverkko voi olla osittain tai kokonaan langaton WLAN (Wireless Local Area Network) /8/. Yleisin suomalaisten käyttämä langaton lähiverkko on IEEE 802.11 -standardeihin perustuva WiFi (Wireless Fidelity)-ratkaisu /6/.

WLAN-tukiasema (WLAN Access Point) toimii rajapintana lankaverkon ja langattoman verkon välillä /2/. Tukiasema on langattoman lähiverkon laitteista keskeisin laite. Tukiasemaa valittaessa ensisijaisena valintakriteerinä voidaan pitää sen tuke-
maa WLAN-standardia /7/.

Langattomassa lähiverkossa eli WLANissa verkon siirtotienä käytetään radioaaltoja. WLAN toimii 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueella ja tällöin langattomassa tiedonsiirrossa puhutaan mikroaalloista. Suunnitteluvaiheessa kannattaa kiinnittää huomiota tukiasemien sijoitteluun, sillä mikroaallot eivät läpäise kovin hyvin kiinteitä esteitä ja ne heijastuvat helposti erilaisista rakennuksen pinnoista. Lisäksi useista tukiasemista koostuvaa suurempaa langatonta lähiverkkoa suunniteltaessa on mietittävä taajuusalueet, joita kanavissa käytetään. /6/

Tällä hetkellä uusin standardi on IEEE 802.11ax, joka tunnetaan myös nimellä Wi-Fi 6. Standardi on suunniteltu erityisesti julkisille alueille, kuten juna-asemille ja lentokentille. Standardi lisää lähes 40 prosenttia suorituskykyä verraten edelliseen standardiin. Tämän mahdollistaa suurempi QAM1024-modulaatio, jolloin datapaketeissa voidaan kuljettaa enemmän dataa. 802.11ax käyttää laajempia kanava-alueita, jotka se jakaa pienemmiksi alikanaviksi. Alikanavien luomiseen käytetään OFDMA-tekniikkaa. Kun kanavia on saatavilla enemmän, päätelaitteiden on helpompaa kommunikoida tukiaseman kanssa. Standardi mahdollistaa tiedonsiirron 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueilla samanaikaisesti. /5, 17/.

Ethernet on 1970 -luvulla lähiverkkoa varten kehitetty, mutta nykyisin muissakin verkoissa sovellettu nopean tiedonsiirron kilpakäytännön määrittelevä standardiperhe IEEE 802.3, joka vuonna 2000 sisälsi määrittelyt nopeuksille 10 ja 100 Mbit/s sekä 1 ja 10 Gbits/s. /2/.

Pienjännitelaitteet voidaan sähköistää IEEE802.3af-suosituksen mukaisesti syöttämällä käyttöjännite Ethernet-kaapelia pitkin. PoE-tekniikan tärkein idea on vähentää päätekohtaisia virtalähteitä ja saada jännitteensyöttö keskitettyä esim. kerrosjakamoihin. Kuvassa 1 on PoE-injektori, jolla data ja sähkö voidaan syöttää laitteelle Ethernet-kaapelilla. /8/.



Kuva 1. PoE-injektori.

3.2 Kaapeli

Kaapelit ovat yleiskaapelointijärjestelmän tärkeimpiä ja keskeisimpiä rakennusosia. Niiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat siirtotekninen suorituskyky, asennusominaisuudet, soveltuvuus käyttöympäristöön ja käyttöikä. Ominaisuuksiin vaikuttavat kaapeleiden rakenne ja materiaalit./1/.

Kaapelit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin, joita ovat valokaapelit, symmetriset kaapelit eli parikaapelit ja koaksiaalikaapelit. Tässä työssä käsitellään valo- ja parikaapeleita, sillä ne ovat projektin kannalta oleelliset kaapeleiden päätyypit./1/.

3.2.1 Valokaapeli

Valokaapeli koostuu useista valokuiduista. Tyypillisesti valokaapelissa on 4-192 yksittäistä valokuitua /3/. Valokuitu on optinen kuitu, jonka toiminnan perustana on valon taittumis- ja heijastuslait kahden aineen rajapinnassa. Kuidut jaotellaan eri tyyppeihin sen perusteella, millainen taitekerroinprofiili kuidussa on ja miten valo sen perusteella etenee. Pääjako on yksimuotokuidut ja monimuotokuidut. Tämän jaottelun lisäksi kuidut voidaan jakaa sisä- ja ulkokaapeleihin. Sisäkaapelit ovat metallittomia ja kuivia. Vaippa on itsesammuvaa, vähän savua muodostavaa ja halogeenitonta muovia. Sisäkaapelit ovat helppoja asentaa ahtaisiin paikkoihin. Ulkokaapelit ovat mekaanisesti vahvempia kuin sisäkaapelit. Ne kestävät ulkona vallitsevia olosuhteita ja lisäksi niiden on kestävä käsittelyä ulko-olosuhteissa.

Valokaapelirakenne suojaa kuituja rasituksilta valmistuksen, kuljetuksen, varastoinnin, asennuksen ja käytön aikana /11/. Valokaapelilla on kolme päärakennetta:

1. Kerrattu rakenne
2. Ontelorakenne eli keskiputkirakenne
3. Urarunkorakenne /10/.

Kerratussa rakenteessa toisiopäällystetyt kuidut tai kuituryhmät on kerrattu keskielementin ympärille samankeskisesti, sen mukaan onko kuitujen toisiopäällyste tiukka vai väljä.

Ontelorakenne eli keskiputkirakenne muodostuu yhdestä putkesta, jonka sisällä on ensiöpäällystetyt kuidut väljästi. Kuidut on ryhmitelty sopivasti niiden tunnistamiseksi. Ontelorakenne on tyypillinen runkoverkon kaapelirakenne. Sitä käytetään myös liityntäverkon eri osissa, kun sen mahdollistama kuitumäärä riittää. Ontelorakenteella saavutettava kuitumäärä on rajoitettu, tyypillisesti 96 kuitua /10/.

Urarunkorakenteessa kaapelin sydän muodostuu muovitangosta, jossa on uria pituussuunnassa. Yleensä urat kiertävät rungon ympäri vaihtosuuntaisesti. Urarunkorakenteen käyttö optisessa liityntäverkossa rajoittuu talokaapeleihin ja sisäverkon kaapeleihin /10/.

3.2.2 Symmetriset kaapelit eli parikaapelit

Symmetrisen kaapelin peruselementtinä on pari, joka koostuu kahdesta eristetystä ja yhteen kierretystä johtimesta. Symmetrinen kaapeli koostuu yhdestä tai useammasta parista. Yleiskaapeloinnin parikaapelit ovat usein 4-parisia. Parikaapeleita käytetään yleiskaapeloinnissa tiedonsiirtoon ja laitteiden tasavirtasyöttöön. Metallijohtimisissa kaapeleissa yleisin johdinmateriaali on kupari, sillä se johtaa hyvin sähköä. /1/.

Parikaapeli voi olla suojattu tai suojaamaton. Parisuojatussa kaapelissa jokainen pari on suojattu metallinahasuojalla. Jokaisella suojalla on yhteinen maadoituslanka. Parisuojien lisäksi kaapelissa voi olla yhteinen suoja. Se voi olla metallinauha (F/FTP), palmikko (S/FTP) tai niiden yhdistelmä (SF/FTP). Parisuojattu kaapeli voi olla myös ilman yhteistä suojaa (U/FTP). Suojaamattomassa kaapelissa eli U/UTP, suojaus perustuu parien symmetriaan ja mitään metallisuoja ei ole. Ethernet-parikaapelin maksimipituus on standardin mukaan 100 m /16/.

3.3 Verkon aktiivilaitteet

Aktiivilaitteiden tehtävänä on tietoliikenteen eli tiedonsiirron mahdollistaminen fyysisellä tasolla /13/. Aktiivilaitteita ovat mm. palomuuuri, reititin, kytkin ja WLAN-tukiasema.

3.3.1 Palomuuuri

Palomuuuri (Firewall) sijaitsee yleensä sisäverkon ja julkisen verkon rajalla. Palomuurin tehtäviin kuuluu mm. sallia liikennöinti ulkoverkosta sisäverkkoon ja päinvastoin sekä estää asiattomien pääsyn joihinkin lähiverkon osiin /9/. Palomuurit voidaan jakaa kolmeen perustyyppiin toimintansa puolesta: pakettisuodattimiin, välityspalvelimiin ja sovellustason yhdyskäytäviin. Pakettisuodattimet hylkäävät liikennettä lähde- ja kohdeosoitteiden sekä sovellusten porttinumeroiden perusteella. Välityspalvelimet avaavat käyttäjän puolesta yhteyden johonkin palveluun. Sovellustason yhdyskäytävä on tietoturvamielessä tehokkain palomuuuri, sillä se toimii virustentorjuntaohjelmiston tavoin /7/. Palomuuuri toimii usein myös reitittimenä /9/.

3.3.2 Reititin

Reititin (Router) on verkon solmussa oleva laite tai ohjelmisto, joka ohjaa verkossa liikkuvaa dataa osoitteen perusteella samassa verkossa tai mahdollisesti toiseen verkkoon. /2/. Reititin on lähiverkon laite, joka yhdistää tai eristää lähiverkon aliverkot toisiinsa. Reititin reitittää datapaketit IP-osoitteen osoittamille vastaanottajille. /2, 8/.

3.3.3 Kytkin

Kytkin (Switch) on fyysisen tai loogisen yhteyden muodostava ohjattu laite tai ohjelman osa /2/. Kytkin pystyy välittämään eri lähdeporteista menevää liikennettä eri kohdeportteihin useiden liityntöjensä välillä samanaikaisesti /9/. Kytkin toimii perustoimintojen osalta ilman konfiguraatiota. Hallittaviin kytkimiin tehdään usein lisäasetuksia, jotta kytkin saadaan mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön /8/. Kytkimissä oleellista on liikenteen jonkinasteinen suodatus, joka perustuu kytkinten tietoon siitä, mitkä laitteet ovat kytkeytyneet mihinkin kytkimen porttiin /9/. Kuvassa 2 näkyy kytkin.

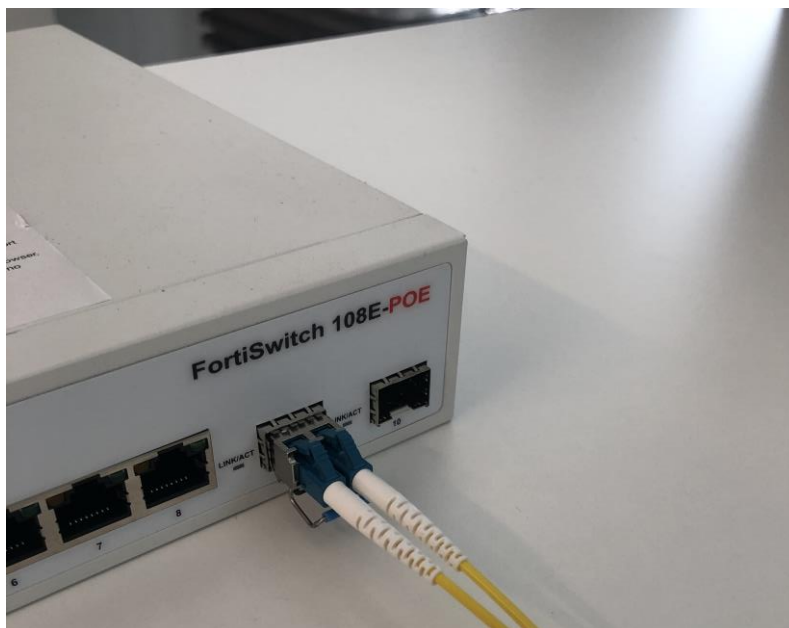


Kuva 2. Kytkin.

Kytкимиä tarvitaan silloin, kun jaetulla medialla ei enää tulla toimeen. Kytkimen yhden portin kapasiteetti on kullekin päälaitteelle liitännönopeuden verran. Kytkin

rajoittaa liikenteen koskemaan ainoastaan liikennöiviä portteja ja ehkäisee näin virheellisen liikenteen vaikutuksen muihin yhteyksiin. Kytkimen avulla voidaan tarjota kapasiteettia kullekin päätelaitteelle riittävä määrä. /8/.

SFP- ja SFP+-moduulit (Small Form Pluggable Module) muuttavat sähköisen signaalin optiseksi. SFP-moduuli toimii maksimissaan 1 Gbit/s linkkinopeudella ja SFP+-moduuli jopa 10 Gbit/s linkkinopeudella. /4/. Kuvassa 3 moduuli on asennettu kytkimeen. Moduuliin on asennettu myös kytkentäkuitu.



Kuva 3. SFP-moduuliin asennettu kytkentäkuitu.

3.4 Uninterruptible Power Supply

UPS (Uninterruptible Power Supply) suojaa IT-laitteita ja muita sähkölaitteita sähkösyöttöön liittyviltä ongelmilta. UPSin kolme perustehtävää on:

1. Suojata laitteistoa ali- ja ylijännitteiden aiheuttamilta vaurioilta. Useat UPS-mallit säätelevät jatkuvasti tulovirtaa, jotta laitteiden saama sähkö olisi laadukasta.
2. Estää tietojen turmeltumisen ja häviämisen. Sähkökatkon aikana äkkinäisen alasajon alttiiksi joutuvien laitteiden tiedot voivat turmeltua tai hävitä kokonaan ilman UPSia.

3. Mahdollistaa verkkojen ja muiden sovellusten korkean käytettävyyden ja estää laite- ja palveluseisokit. UPSeja voidaan käyttää yhdessä generaattoreiden kanssa antamaan generaattoreille aikaa sähkön syöttämiseen sähkökatkon aikana.

UPSeja käytetään moniin eri käyttösovelluksiin, joten niitä on tyypiltään ja toimintoiltaan hyvin erilaisia. /15/.

3.5 Dynamic Host Configuration Protocol

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) mahdollistaa automaattisen IP-osoitteiden ja muiden verkkoasetusten konfiguroinnin. Verkkoasetukset sisältävät oletusyhdyksikäytävän, aliverkon maskin sekä DNS-palvelimen (Domain Name System) IP-osoitteen. DHCP-protokollaa käyttävä päätelaite alkaa käynnistyessään etsimään DHCP-palvelinta lähettämällä sille Discover-viestin. Discover-viestin kuuluvat kaikki verkossa olevat DHCP-palvelimet, koska se lähetetään Broadcast-viestinä, toisin sanoen yleislähetysviestinä. Palvelin vastaa tarjoamalla päätelaitteelle IP-osoitetta ja muita verkkoasetuksia Offer-viestillä. Päätelaitteen saatua Offer-viestin, se joko hyväksyy tai hylkää tarjouksen. Hyväksyntä tapahtuu Request-viestillä ja hylkäys Decline-viestillä. Päätelaitteen lähettäessä hyväksymisviestin, palvelin kuittaa pyynnön ACK (Acknowledgement)-viestillä. Kun tämä prosessi on suoritettu, päätelaite saa verkkoasetukset. /9/.

3.6 Reititys

Reititys on prosessi, jolla IP-paketti löytää määränpään paketista löytyvien osoitetietojen perusteella. IP-reititys voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: IP-pakettien mekaaniseen välitykseen reitittimen sisääntuloliitännästä oikeaan ulosmenevään liityntään reititystaulun perusteella (forwarding) sekä protokoliin, joilla reititystaulujen tietoja välitetään reitittimien kesken (routing). /9/.

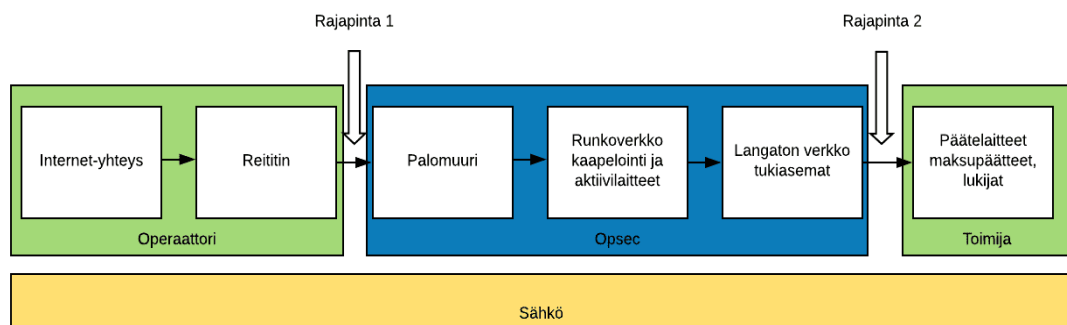
IP-pakettien reitittäminen tapahtuu ”hyppy hypyltä”. Reititin on kiinnostunut vain siitä mihin suuntaan IP-paketti pitää lähettää seuraavaksi, jotta se pääsisi oikeaan paikkaan. Reititystaulussa ei siis ole koskaan tietoa paketin koko reitistä lähteestä kohteeseen. /9/.

4 PROJEKTIN LÄHESTYMISTAPA JA TOTEUTUS

Tässä osassa kuvataan projektin suunnittelua ja toteutusta. Suunnittelu on yksi kokonaisuus ja toteutus on jaettu kolmeen osaan, rakentamiseen, ylläpitoon ja purkamiseen.

4.1 Projektin suunnittelu

Toimeksianto projektityöstä tuli heinäkuun alussa. Asiakas tilasi Opsec Oy:ltä tietoliikenneverkon järjestämäänsä tapahtumaan. Kuvassa 4 on nähtävissä projektissa olevat rajapinnat Opsec Oy:n ja kolmansien osapuolien välillä. Opsec Oy:n vastuulla on palomuuuri, runkoverkon kaapelointi ja aktiivilaitteet sekä langattoman verkon tukiasemat.



Kuva 4. Projektin rajapinnat.

Ensimmäisenä arvioitiin tarvittavat henkilöresurssit. Kun riittävä henkilöstömäärä oli varmistunut, projektin suunnittelu lähti kunnolla käyntiin. Toimeksiannosta toteutukseen oli aikaa kaksi viikkoa, joten suunnitteluvaihe toteutettiin lyhyellä aikataululla. Taulukossa 1 on kuvattu projektin aikataulu päivä päivältä.

Taulukko 1. Projektin aikataulu.

Työvaihe	Päivät
Suunnittelu	1-7
Eσίαςennukset	5-16
Auton pakkaus	16
Matkustus ja tapahtuma-alueeseen tutustuminen	17
Rakennus	18-23
Päivystys	23-24
Purku	24-25

4.1.1 Tapahtuma-alueen kuvailu

Suunnittelun alkuvaiheessa tutustuttiin lentokenttäalueeseen, jossa tapahtuma tul-taisiin järjestämään. Samalla kartoitettiin mahdollisia haasteita ja rajoitteita tietoliik-kenverkon toteuttamiseksi, joita on muun muassa tapahtuma-alueen suuri pinta-ala ja odotettavissa oleva suuri ihmismäärä. Tapahtuma-alue rajataan aidoilla, joi-hin tulee tietty määrä kulkuväyliä ja hätäpoistumisteitä. Alueella tulee olemaan myös paljon rakennelmia, kuten esiintymislava, konttikylä ja suuri määrä myynti-kojuja. Suunnittelussa hätäpoistumisteille ja kulkuväylille tuli varata kaapeli-kourua, jotta kaapelit eivät olisi tiellä ja ne kestäisivät liikenteen.

4.1.2 Laitevalinnat

Asiakkaalta saatujen ennakkotietojen perusteella arvioitiin tarvittavien palomuu-rien, kytkimien ja langattomien tukiasemien lukumäärä. Asiakas ja kolmannet osa-puolet ilmoittivat, että päätelaitteita tulee olemaan yhtäaikaisesti langattomassa ver-kossa noin 400-600 kappaletta.

Projektin toteutukseen valittiin Fortinetin valmistamat laitteet, sillä ne on todettu luotettaviksi vastaavanlaisessa pienemmän mittakaavan projektissa. Palomuureiksi valittiin kaksi Fortinetin Fortigate 500E -laitetta, koska niissä on tarvittava määrä SFP- ja SFP+ portteja runkoverkon ja operaattoreiden yhteyksien kytkemiseen. Porttien määrää selvitetään tarkemmin kappaleessa 4.1.3 Runkoverkko. Fortigate

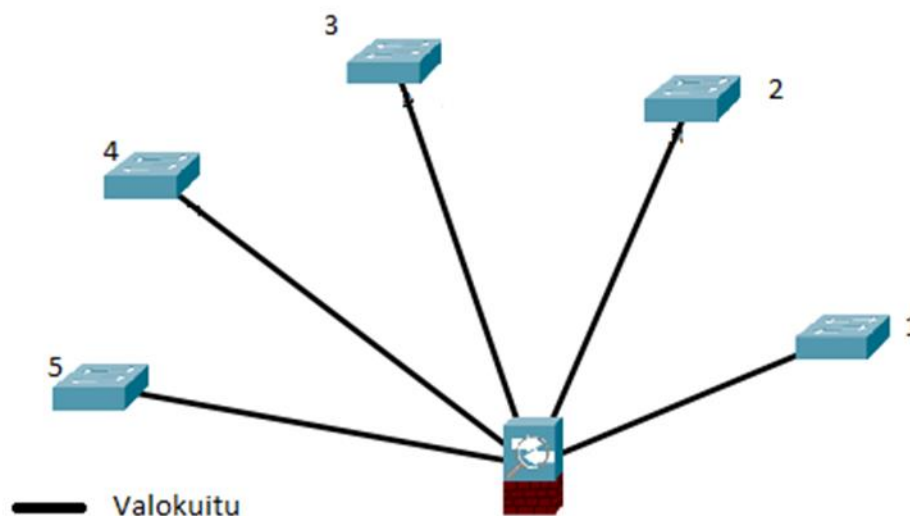
500E toimii myös langattomien tukiasemien kontrollerina. Lisäksi samanlaisten laitteiden valinta mahdollisti konfiguraation kopioinnin palomuurista toiseen.

Kytкимиä hankittiin useampaa mallia, sillä kytkinporttien tarve vaihteli kytkentäpisteestä riippuen. Kytkimien tarkkaa määrää ei pystytty suunnitteluvaiheessa arvioimaan, koska tukiasemien tarkkoja sijoituspaikkoja ei tiedetty. Kytkimiä päädyttiin hankkimaan 20 kappaletta. Valitut laitteet olivat Fortinet FortiSwitch 108E-POE ja Fortinet FortiSwitch 124E-POE. PoE-mallin kytkimillä pystytään syöttämään sähkövirtaa langattomille tukiasemille, mikä vähentää tapahtuma-alueella tarvittavia virtalähteitä ja PoE-injektoreita. Kytkimien konfigurointia ei suoritettu, koska haluttiin saada mahdollisimman nopeasti vaihdettavissa olevia laitteita laiterikon sattuessa.

Langattomia tukiasemia otettiin sekä sisä- että ulkokäyttöön. Langattomien tukiasemien tarpeeksi arvioitiin 55 kappaletta. Arvio perustui päätelaitteiden ennakoituun määrään sekä alueella olevien myyntikojujen, lipunlukupaikkojen ja tuotantoyhtön toimistopisteiden määrään. Arvioidusta määrästä jouduttiin karsimaan tukiasemia kustannussyistä. Tukiasemien lopullinen määrä suunnitteluvaiheessa oli 45 kappaletta. Sisälle sijoitetut tukiasemat olivat Fortinet FortiAP 221E ja ulkokäytössä olleet tukiasemat Fortinet FortiAP 222E. Tukiasemia valittaessa tärkeää oli, että laitteet tukevat IEEE 802.11ac -standardia ja niihin voidaan syöttää virta PoE:n kautta.

4.1.3 Runkoverkko

Suunnitteluvaiheessa tapahtuma-alue jaettiin viiteen osaan kuvan 5 mukaisesti. Jokaiseen osaan (1-5) suunniteltiin runkoverkkoyhteys jakamosta. Runkoverkon pisteiden 4-5 välille suunniteltiin varareitti, mikäli jokin viidestä runkoverkon valokuitukaapelista rikkoutuu. Varareitin kautta pystytään uudelleenohjaamaan verkko-liikenne toista reittiä, mikäli vikatilanne ilmenee.



Kuva 5. Runkoverkko.

Tapahtuma-alueen jakoa tehdessä otettiin huomioon palomureissa olevien SFP-porttien määrä. Jokainen runkoverkon yhteys vie yhden SFP-portin. Lisäksi operaattoreiden yhteydet vievät yhden SFP+-portin per yhteys. Käytössä olevien SFP-porttien määräksi tulee tällöin viisi. Palomuurissa on yhteensä kahdeksan SFP-porttia ja kaksi SFP+-porttia.

Tapahtuma-alueen laajan pinta-alan vuoksi arvioitiin, toteutetaanko runkoverkko Ethernet- vai valokuitukaapelilla. Pitkien etäisyyksien ja suuren tapahtuma-alueen vuoksi, runkoverkon kaapeleiden pituudet tulevat olemaan useita satoja metrejä. Valokuitukaapeli todettiin paremmaksi vaihtoehdoksi, sillä sen ominaisuudet soveltuvat pitkille etäisyyksille paremmin kuin Ethernet-kaapelin. Valokuiduksi valittiin Nestor Cablesin FYO2PMU 4xSML, joka on keskiputkirakenteinen maakaapeli neljällä yksimuotokuidulla. Kaapeli soveltuu ulkokäyttöön ja sen kuitumäärä on riittävä projektin toteuttamiseen. Valokuitukaapelilla saadaan huomattavasti nopeampi ja vakaampi internetyhteys kuin kuparikaapelilla.

4.1.4 Pääsverkko

Kytkimiltä WLAN-tukiasemille tulevaksi Ethernet-kaapeliksi valittiin Excel Networkingin Cat6A (U/FTP) suojattu parikaapeli. Ethernet-kaapelin RJ45-

naarasliittimiksi valittiin Cat6A STP suojattu liitin. Suojatut liittimet ja kaapelit vähentävät mahdollisia häiriöitä kaapelissa, joten yhteyden laatu pysyy hyvänä reititimeltä päätelaitteelle asti.

Suunnitteluvaiheessa arvioitiin myös, pystytäänkö laitteita konfiguroimaan etukäteen vai pitääkö kaikki työ tehdä tapahtuma-alueella rakentamisen yhteydessä. Laitteiden etukäteen konfigurointi säästää aikaa tapahtuma-alueen rakentamiseen.

4.2 Projektin toteutus

Projektin toteutus aloitettiin läpikäymällä projektisuunnitelma, aikataulu ja vastuualueet projektipalaverissa. Projektin vastuualueiksi muodostuivat hallinnolliset asiat, suunnittelu sekä toteutus. Tämän jälkeen hankittiin tarvittava määrä aktiivilaitteita ja tarvikkeita tietoliikenneverkon rakentamiseksi.

4.2.1 IP-alueet

Esivalmisteluissa verkkoalueet jaettiin hallinta-, tuotanto-, maksuliikenne- ja lippuluverkkoihin. Verkkoalueille määritettiin IP-alueet, oletusyhdyskäytävät ja aliverkon maskit. Palomuurilta määritettiin DHCP päälle kaikkiin verkkoihin, jotta päätelaitteet saavat IP-osoitteen. Lisäksi luotiin langattomat verkot valmiiksi. Määrityksien pohjalta aloitettiin palomuurin konfiguraatio. Kuvassa 6 näkyy kaikki määritetyt verkot ja niiden SSID:t (Service Set Identifier).

runko			
🟢	port5	10.100.5.1 255.255.255.0	22/235 Clients 10.100.5.20-10.100.5.254
🔴	port6	10.100.6.1 255.255.255.0	11/235 Clients 10.100.6.20-10.100.6.254
🟢	port7	10.100.7.1 255.255.255.0	1/235 Clients 10.100.7.20-10.100.7.254
🟢	port9	10.100.9.1 255.255.255.0	13/235 Clients 10.100.9.20-10.100.9.254
🟢	port10	10.100.10.1 255.255.255.0	3/235 Clients 10.100.10.20-10.100.10.254
🔴	port11	10.100.11.1 255.255.255.0	0/235 Clients 10.100.11.20-10.100.11.254
🔴	port12	10.100.12.1 255.255.255.0	0/235 Clients 10.100.12.20-10.100.12.254
🔴	port3	10.100.3.1 255.255.255.0	0/235 Clients 10.100.3.20-10.100.3.254
🔴	port4	10.100.4.1 255.255.255.0	0/235 Clients 10.100.4.20-10.100.4.254
wifi backstage			
	artisti_wlan	0.0.0.0 0.0.0.0	
	backstage1 (🔴)	10.220.12.1 255.255.252.0	34/1021 Clients 10.220.12.2-10.220.15.254
	backstage2 (🔴) SSID: ProductionW)	10.220.20.1 255.255.252.0	32/1021 Clients 10.220.20.2-10.220.23.254
	backstage3 (🔴) SSID: ArtistW)	10.220.32.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.220.32.2-10.220.35.254
	media (🔴) SSID: MediaW)	10.220.40.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.220.40.2-10.220.43.254
	backstage5 (🔴)	10.220.52.1 255.255.252.0	10/1021 Clients 10.220.52.2-10.220.55.254
	opsec (🔴) SSID: network_crew)	10.220.60.1 255.255.255.0	1/253 Clients 10.220.60.2-10.220.60.254
	tike (🔴)	10.220.72.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.220.72.2-10.220.75.254
wifi cash			
	cash2 (🔴)	10.210.20.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.20.2-10.210.23.254
	cash3 (🔴)	10.210.32.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.32.2-10.210.35.254
	cash4 (🔴)	10.210.40.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.40.2-10.210.43.254
	cash5 (🔴)	10.210.52.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.52.2-10.210.55.254
	cash6 (🔴) SSID: cash6)	10.210.60.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.60.2-10.210.63.254
	cash7 (🔴) SSID: cash7)	10.210.72.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.72.2-10.210.75.254
	cash8 (🔴) SSID: cash8)	10.210.80.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.80.2-10.210.83.254
	cash1 (🔴)	10.210.12.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.210.12.2-10.210.15.254
wifi ticket			
	ticket1 (🔴) SSID: ticket1)	10.200.12.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.200.12.2-10.200.15.254
	ticket2 (🔴) SSID: ticket2)	10.200.20.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.200.20.2-10.200.23.254
	ticket3 (🔴) SSID: ticket3)	10.200.32.1 255.255.252.0	1/1021 Clients 10.200.32.2-10.200.35.254
	ticket4 (🔴) SSID: ticket4)	10.200.40.1 255.255.252.0	0/1021 Clients 10.200.40.2-10.200.43.254

Kuva 6. IP-alueet ja SSID:t.

4.2.2 Tapahtuma-alue

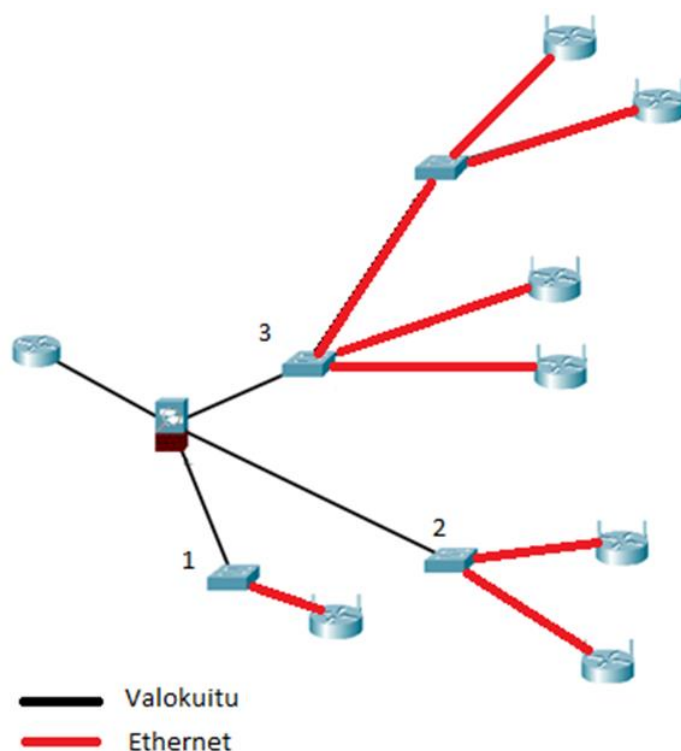
Paikan päällä tutustuttiin ensiksi tapahtuma-alueeseen projektin tilaajan kanssa ja käytiin läpi suunniteltu aikataulu. Aikataulun tarkastamisen jälkeen aloitettiin runkoverkon rakentaminen. Tietoliikenneverkon toiminnan takaamiseksi tapahtuma-alueen jakamoon tilattiin kahdelta operaattorilta valokuituyhteys. Operaattoreiden yhteyksiin otettiin myös priorisoitu viankorjaus, koska yhteyden toiminta on tapahtuman onnistumisen kannalta elintärkeää. Priorisoitu viankorjaus tarkoittaa, että mikäli operaattorien yhteydet menevät vikatilaan ne korjataan mahdollisimman nopeasti operaattorin puolesta. Projektissa haluttiin varmistaa, että operaattoreiden internetyhteydet toimivat, joten operaattorilta oli oma henkilö päivystämässä tapahtuma-alueella.

4.2.3 Runkoverkko

Operaattoreiden toimittamista reitittimistä vedettiin kytkentäkuidut palomuurin SFP+-portteihin, jotta reitittimien ja palomuurin välillä saadaan 10 Gbit/s linkkinopeus. Tämä linkkinopeus mahdollistaa operaattorilta tilatun 2 Gbit/s käytön koko kapasiteetiltä. Palomuurin konfiguraatioon määritettiin prioriteetit operaattoreiden yhteyksille. Palomuuriin määritettiin kaksi yhteyttä, joista toinen on pääyhteys ja toinen varayhteys. Määrittäminen varatoimena, mikäli pääyhteytenä käytetty operaattoriyhteys katkeaa. Palomuureja ei konfiguroitu HA-pariksi (High Availability), koska yhteyksien siirtäminen palomuurista toiseen veisi hyvin vähän aikaa. Reitittimet ja palomuuri kytkettiin UPS-virtalähteeseen. UPS-virtalähde suojaa laitteita mahdolliselta sähkökatkolta tai virtapiikiltä.

Tapahtuma-alueen jakamosta vedettiin valokuitukaapelia viiteen ennalta määritettyyn kohteeseen. Valokuitukaapelia varattiin kaksi kela, joiden yhteenlaskettu pituus on neljä kilometriä. Valokuitukaapeleiden jokaiseen neljään kuituun hitsattiin häntäkuidut, jotka sijoitettiin päätetekotelon sisään. Kaksi kuituista tulee pääyhteyden eli runkoverkon käyttöön ja kaksi muuta kuitua jäävät varalle, mikäli käytössä olevat kuidut vioittuvat.

Päätetekelosta asennettiin kytkentäkuitu SFP-moduuliin, joka kiinnitettiin kytkimeen. Kytkimelle syötettiin sähkövirta UPS-virtalähteestä. Pääjakamossa oleva UPS-laite oli Eaton 5S. Kuvassa 7 esitetään kuinka verkon aktiivilaitteet ovat kytkettynä. Kuvan numerot ovat samoja kuin kuvassa 5. Kuvassa on vain pieni osa aktiivilaitteista, mutta kaikkien laitteiden kytkentä noudattaa samoja periaatteita.



Kuva 7. Verkon aktiivilaitteet.

4.2.4 Pääsverkko

Ethernet-kaapelin asentaminen aloitettiin, kun runkoverkon kytkennät oli saatu valmiiksi. Ethernet-kaapelit asennettiin langattomille tukiasemille. Virta tukiasemille syötettiin joko kytkimen PoE-portista tai PoE-injektorista. Tukiasemat, kytkimet ja UPSit suojattiin mahdollisimman hyvin roiskeilta ja sateelta. Aktiivilaitteet, joita ei voitu asentaa sisätiloihin, sijoitettiin laatikoihin. Laatikoihin tehtiin reikiä, jotta aktiivilaitteet eivät ylikuumene.

Kun tukiasema kytkettiin ensimmäisen kerran verkkoon, se täytyi ottaa käyttöön. Palomuurilta määritettiin WLAN-asetukset tukiasemalle. Lopuksi langattomien verkkojen toiminta ja suorituskyky testattiin. Tietokone yhdistettiin langattomaan verkkoon, jonka jälkeen tehtiin nopeustesti sekä käytettiin ping-komentoa testaamaan yhteyden vasteaikaa. Testien tulokset dokumentoitiin.

4.2.5 Toimet tapahtuman aikana

Tietoliikenneverkon valmistuttua tapahtuma-alueelle aloitettiin ylläpito- ja päivystysvaihe. Päivystäjille jaettiin radiopuhelimet, jotta kommunikointi tapahtuma-alueella olisi mahdollisimman helppoa. Kolmansien osapuolien vikatilanteiden ilmoittamiseen käytettiin puhelimen pikaviestintäsovellusta.

Vikatilanteiden korjaus suoritettiin laitevaihdoilla tai laitteen uudelleensijoituksella. Yleisin vikatilanteen aiheuttaja oli suunnitelmasta poikennut rakennelmien sijoittelu. Esimerkiksi langattomien tukiasemien lähettämät mikroaallot, eivät kyenneet läpäisemään suuria metallisia rakennelmia.

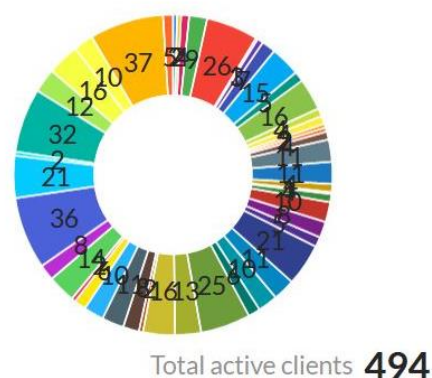
Tapahtuman järjestäjän pyynnöstä yksi myyntipiste tehtiin langattomasti. Toteutuksessa kaksi tukiasemaa muodostaa linkin toistensa väliin. Kiinteässä verkossa oleva tukiasema välittää toiselta tukiasemalta tulevan liikenteen palomuurille. Tämän myyntipisteen kohdalla oli ongelmia langattoman linkin vuoksi ja siksi se vaihdettiin kiinteään verkkoon. Myyntipisteelle rakennettiin kaapelikouru, jotta kaapelit pysyvät ehjinä eivätkä ole ihmisten tiellä. Muutoksen jälkeen päätelaitteet toimivat moitteetta.

Purkaminen aloitettiin samana iltana kun tapahtuma loppui. Tietoliikenneverkon purkaminen ei vaikuttanut alueella muiden purkutöiden etenemiseen. Purkutöiden valmistuttua aktiivilaitteet sekä muut tarvikkeet inventoitiin ja varastoitiin.

5 PROJEKTIN TUOTOKSET

Projektin tuotoksena oli toimiva ja luotettava tietoliikenneverkko tapahtuman ajaksi. Kuvassa 8 näkyy aktiivisten päätelaitteiden määrä tapahtuman aikana. Suuresta laitemäärästä huolimatta, langaton verkko toimi luotettavasti. Tapahtuman aikana dataliikenteessä oli 1,2 Gbit/s piikki.

Active Clients



Kuva 8. Aktiiviset päätelaitteet langattomassa verkossa

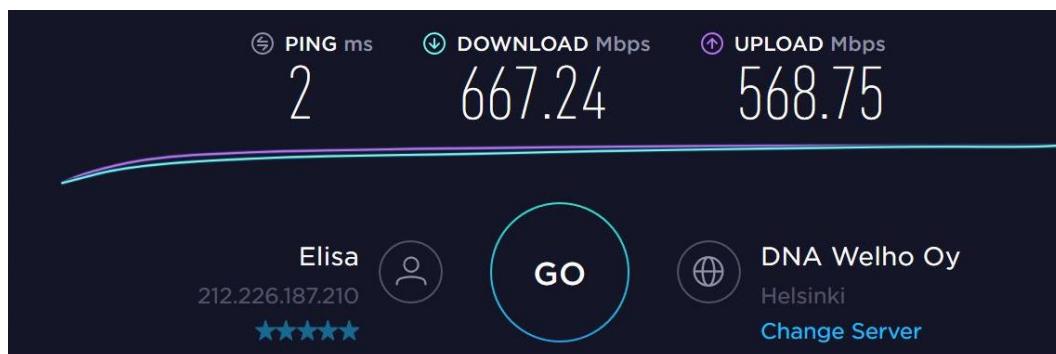
Kuvassa 9 näkyy langattomien tukiasemien määrät ja tilannetiedot. Vihreällä sekä keltaisella näkyvät 54 tukiasemaa olivat käytössä ja yksi punaisella oleva tukiasema oli varalaitteena. Tukiasemamäärää jouduttiin nostamaan alkuperäisessä suunnitelmassa olleeseen 55 kappaleeseen.

AP Status



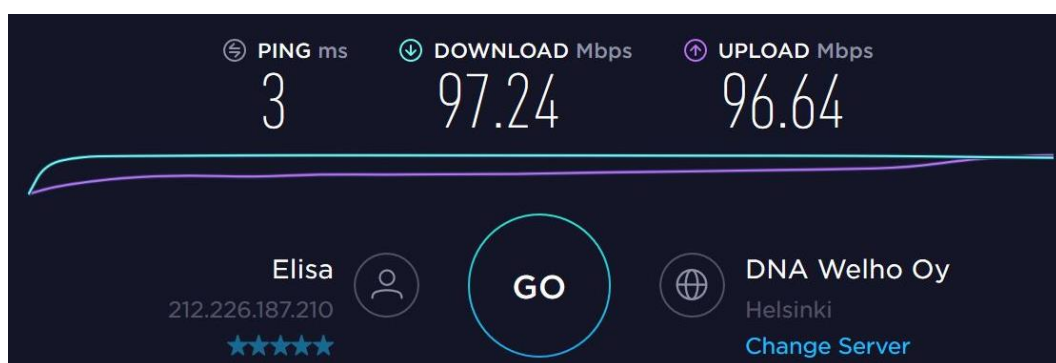
Kuva 9. Tukiasemien määrä ja tilannetieto

Verkossa olleet liityntäpisteet testattiin kiinteästä sekä langattomasta verkosta. Testauksissa laitteena on käytetty kannettavaa tietokonetta. Kuvassa 10 testaukseen on käytetty kannettavaa tietokonetta kiinteällä yhteydellä.



Kuva 10. Verkon nopeustesti kiinteästä verkosta.

Kuvassa 11 testaukseen on käytetty langatonta verkkoa.



Kuva 11. Verkon nopeustesti langattomasta verkosta.

Kuvassa 12 näkyy langattoman verkkokortin IP-asetukset sekä mitattu vasteaika langattomassa verkossa.

```
Wireless LAN adapter WLAN:

Connection-specific DNS Suffix . . . : 
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::40bf:59a2:c56:1b72%30
IPv4 Address. . . . . : 10.210.32.103
Subnet Mask . . . . . : 255.255.252.0
Default Gateway . . . . . : 10.210.32.1

Ethernet adapter Bluetooth-verkkoyhteys:

Media State . . . . . : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . . : 

C:\Users\Tuomas Nurmela>ping 10.210.32.1 -t

Pinging 10.210.32.1 with 32 bytes of data:
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=4ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=6ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=45ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=7ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 10.210.32.1: bytes=32 time=3ms TTL=255

Ping statistics for 10.210.32.1:
    Packets: Sent = 169, Received = 168, Lost = 1 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 99ms, Average = 7ms
```

Kuva 12. IP-asetukset ja vasteajan mittaus langattomassa verkossa.

Nämä tulokset dokumentoitiin, jotta verkon toiminta voitiin esittää tilaajalle.

Aikataulun osalta Opsecin toiminta vastasi tarvetta ja ennakkoon suunniteltua. Vaiheistuksia jouduttiin hieman muuttamaan johtuen rakentamisen edistymisestä. Muutokset eivät vaikuttaneet toteutuksen onnistumiseen vaan ainoastaan Opsecin sisäiseen toimintaan ja työjärjestykseen. Toteutuksen etenemisestä tiedotettiin tuotantoyhtiön henkilölle päivittäin.

Kokonaisuudessaan projekti oli menestys. Ensimmäisenä päivänä esiintyneet verkko-ongelmat olivat hyvin pieni osa toimivasta kokonaisuudesta. Tuotantoyhtiöltä saatu palaute toteutuksesta oli myös positiivista.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

6.1 Arviointi projektin vaiheista ja resurssien hallinnasta

Projekti oli jaettu neljään eri vaiheeseen: suunnitteluun, toteutukseen, ylläpitoon ja purkamiseen. Suunnitteluvaihe oli projektin laajuuteen nähden erittäin lyhyt ja saimme luotua hyvän suunnitelman lyhyessä ajassa. Kaksi henkilöä suunnitteli teknistä toteutusta ja kolmas käytännön asioita.

Rakennusvaiheessa käsipareja olisi saanut olla enemmän. Alkuperäisen suunnitelman mukaan olisimme ehtineet pitää yhden vapaapäivän ennen kuin ylläpitovaihe alkaa. Jouduimme kuitenkin tekemään useita normaalia pidempiä työpäiviä ja saimme verkon rakennuksen valmiiksi juuri ajoissa. Ylläpitovaiheessa ei juurikaan ilmennyt ongelmia. Neljä päivystäjää olivat sijoittuneet tapahtuma-alueelle niin, että vasteajat mahdollisiin vikoihin pysyi lyhyinä.

6.2 Aikataulu

Projekti oli Suomen suurin yksittäinen tapahtuma, joten tähän nähden aikataulu oli erittäin tiukka. Tapahtuman suunnittelun olisi voinut aloittaa jo useampaa kuu-kautta ennen järjestämispäiviä, mutta tässä tapauksessa se oli mahdotonta. Opsec sai toimeksiannon tietoliikenneverkon rakentamisesta ja samana päivänä aloitettiin tapahtuman suunnittelu.

6.3 Projektin jatkuminen

Projekti oli kertaluontoinen ja vastaavan kokoista projektia Opsec ei tule näillä näkymin tekemään. Opsec tulee toteuttamaan pienemmän mittakaavan tapahtumien tietoliikenneverkkoja myös jatkossa. Vastaavanlaiset projektit eivät kuulu Opsecin pääliiketoimintaan.

6.4 Huomioitavat asiat suunnittelussa

Projektin aikana huomattiin kuinka langattoman verkon suunnittelussa tulee huomioida monta erilaista asiaa. Ympäristö ja rakennettava infra sekä mistä kaapelit voidaan viedä niin etteivät ne ole suuren ihmisjoukon tiellä. Lisäksi kaapelit on

sijoitettava niin, että ne ovat vaihdettavissa ja purettavissa helposti. Tukiasemien käyttämät kanavat tulee huomioida niitä sijoitellessa. Viereiset tukiasemat eivät saisi käyttää samoja kanavia, jotta verkossa ei tulisi häiriöitä. Projektissa olleet tukiasemat osasivat kommunikoida toistensa kanssa ja näin kanavien päällekkäisyyksiltä vältyttiin. Päätelaitteet ovat verkon ”tyhmimpiä” laitteita. Päätelaitteiden langattomat ominaisuudet vaihtelevat todella paljon. Esimerkiksi kannettava tietokone voi toimia 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuuksilla, kun maksupäätte toimii vain 2,4 GHz:n taajuudella. Lisäksi kannettavassa tietokoneessa on paremmat antennit kuin maksupäätteessä. Näin ollen verkko tulee rakentaa niin hyväksi, että huonoinkin päätelaite pystyy toimimaan siinä moitteetta.

6.5 Verkot ja laitteet

Ennakkotietojen perusteella oli vaikeaa arvioida millainen yhteys operaattoreilta tulisi tilata. Maksu- ja lippuverkkojen liikenne oli hyvin pientä, mutta yhteyksiä ulkomaailmaan tuli paljon. Dataliikenteessä ollut 1,2 Gbit/s piikki kertoo siitä, että yhteyden mitoitus osoittautui oikeaksi.

IP-verkot oltaisiin voitu toteuttaa myös VLAN-ratkaisuina, mutta työssä päädyttiin jakamaan verkot omiin C-luokan verkkoihin. VLANit olisivat vaatineet lisää konfigurointia kaikilta aktiivilaitteilta. Työssä haluttiin pitää aktiivilaitteiden konfiguraatiot mahdollisimman yksinkertaisina, jotta laitevaihdot tapahtuman aikana tapahtuisivat mahdollisimman nopeasti. Tuotannolle tehtyjen C-luokan verkkojen välillä oli vain yksi palomuurisääntö tulostamista varten, kaikki muu liikenne ohjautui sisäverkosta ulospäin. Maksupäätteiden ja lippulukijoiden C-luokan verkoista liikenne ohjautui suoraan ulkoverkkoon.

Langattomien verkkojen suunnittelussa olisi pitänyt huomioida tarkemmin päätelaitteiden rajoitteet. Päätelaitteissa ei ollut roamingmahdollisuutta ja SSID:t oli luotu suurille alueille. Tämän seurauksena päätelaite saattoi yhdistää itsestään kauimmaiseen tukiasemaan. Tämä olisi voitu välttää tekemällä jokaiselle myyntipisteelle oma SSID, jolloin olisi pystytty varmistamaan, että laite liittyy lähimpään mahdolliseen tukiasemaan. Kanvasuunnittelu olisi ollut myös hyödyllinen, vaikka tukiasemat osasivat kommunikoida toisilleen käyttämistään kanavista.

Kanavasuunnittelussa olisi varmistettu, etteivät samat kanavat ole käytössä vierekkäisillä tukiasemilla. Kanavasuunnittelu olisi taannut vapaamman kommunikointiyhteyden päätelaitteen ja tukiaseman välillä. /14/.

Projektissa käytettiin kahta palomuuria, jolloin olisi ollut järkevää konfiguroida laitteet HA-pariksi. HA-parin muodostavat palomuurit toimivat vaikka toinen palomuuuri tai toinen operaattoriyhteys katkeaisi. HA-parin konfigurointi olisi syönyt rajallista aikaa projektin aikana, joten se jätettiin tietoisesti pois. Tulevissa projekteissa HA-parin konfigurointi lisää varmuutta ja vähentää päivystäjän tarvetta.

6.6 Kommunikointi

Kommunikoinnin toiminta Opsecin ja kolmansien osapuolien välillä olisi voinut toimia paremmin. Yhteiset palaverit jäivät vähiin projektin tiukan aikarajoitteen vuoksi. Kolmansilla osapuolilla ja Opsecilla olisi pitänyt olla yhteinen kartta, jossa tapahtuma-alueen kohteet olisi olleet merkittynä. Projektissa muodostui ongelmaksi se, että Opsec ja kolmannet osapuolet puhuivat tapahtuma-alueen osa-alueista eri nimillä. Tapahtuma-alueella toteutetut muutokset rakentamisen aikana tulivat myös heikosti tietoon Opsecille.

6.7 Vertailu aikaisempiin projekteihin

Opsec on tehnyt aikaisemmin vastaavanlaisia projekteja pienemmässä mittakavassa, ja aikataulu ei ole ollut yhtä tiukka. Tässä projektissa suunnittelu oli tärkeässä roolissa, koska aikataulu oli tiukka, jolloin testaukselle ja muutosten tekemiselle ei riittänyt aikaa. Suunnittelu jouduttiin tekemään kokonaan karttojen perusteella. Aikaisemmissa projekteissa suunnitelmat on pystytty tekemään paikanpäällä. Alueen kartoittaminen paikanpäällä helpottaa suunnittelua.

LÄHTEET

/1/ Koivisto, P & Annanpalo, J .2014. Yleiskaapelointijärjestelmät 4 uud. painos. Espoo. Sähköinfo

/2/ ATK-sanakirja. Tietotekniikan liitto ry. 2004. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy

/3/ BCC Solutions. Yritys. Verkkosivu Viitattu 15.1.2020

<https://www.bccsolutions.fi/teknologiat/valokaapeli/>

/4/BCC Solutions. Yritys. Verkkosivu Viitattu 15.1.2020

<https://www.bccsolutions.fi/teknologiat/sfp-transceiver/>

/5/ Burtica, A 2016 802.11ax - High Efficiency Wireless. Viitattu 20.1.2020

<https://search-proquest-com.ezproxy.puv.fi/docview/1829462831/>

[fulltextPDF/A59E3A2A0F874DC9PQ/1?accountid=27304](https://search-proquest-com.ezproxy.puv.fi/fulltextPDF/A59E3A2A0F874DC9PQ/1?accountid=27304)

/6/ Granlund, J. 2007. Tietoliikenne 1. painos. Jyväskylä. Docendo

/7/ Hakala, M & Vainio, M. 2005. Tietoverkon rakentaminen. 1.painos. Jyväskylä. Docendo.

/8/ Jaakohuhta, J. 2005. Lähiverkot-Ethernet. Ethernet-tekniikan soveltaminen käytännössä. 4. uud. painos. Helsinki. Edita.

/9/ Kaario, K. 2002. TCP/IP-verkot. 1. painos. Jyväskylä. Docendo.

/10/ Koivisto, P. 2011. Optiset liityntäverkot. Suunnitelu, asennus ja testaus. Espoo. Sähköinfo.

/11/ Nestor Cables. 2015. FTTX - Optiset liityntäverkot. Viitattu 15.1.2020
https://issuu.com/nestorcables/docs/fttx_optiset_liityntaverkot

/12/ Opsec Oy. Yritys. Verkkosivu. Viitattu 29.12.2019.
<https://www.opsec.fi/fi/yritys/>

/13/ Sisäverkko-ohje Valtiovarainministeriö. 2010 Viitattu 20.1.2020

https://www.vahtiohje.fi/c/document_library/

get_file?uuid=5084ce47-32bf-4025-bcc1-73fc2de4edad&groupId=10229

/14/ Törmä, J. Tietohallintopäällikkö. Opsec Oy. Haastattelu 13.2.2020

/15/ UPS-Käsikirja. Eaton 2012. Viitattu 22.1.2020 http://lit.power-ware.com/ll_download.asp?file=UPS-kasikirja.pdf&ctry=79

/16/ Watkins, N. Cable Distance Limits – Data. Verkkosivu Viitattu 20.3.2020.

<https://www.showmecables.com/blog/post/cable-distance-limits-data>

/17/ Weinberg, N 2018. What is 802.11ax (Wi-Fi 6), and what will it mean for 802. 11ac. Verkkosivu. Viitattu 20.1.2020 <https://www.networkworld.com/>

[article/3258807/what-is-80211ax-wi-fi-6-and-what-will-it-mean-for-80211ac.html](https://www.networkworld.com/article/3258807/what-is-80211ax-wi-fi-6-and-what-will-it-mean-for-80211ac.html)