



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Markus Kuisma

Esitysteknisten järjestelmien luotettavuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi

Esitys- ja teatteritekniikka

19.5.2023

Tekijä(t) Otsikko	Markus Kuisma Esitysteknisten järjestelmien luotettavuus
Sivumäärä Aika	30 sivua + 2 liitettä 19.5.2023
Tutkinto	Medianomi
Tutkinto-ohjelma	Esitys- ja teatteritekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Mikko Pirinen
<p>Opinnäyte käsittelee esitystekniikassa käytettävien laitteiden ja järjestelmien luotettavuuden arviointia. Työssä käsitellään laitteistoon kohdistuvia riskitekijöitä ja arviointikriteerejä. Tavoitteena on ymmärtää tekijöitä, jotka vaikuttavat laitteiston luotettavuuteen. Miten vikatilanteisiin voisi varautua tai miten vikaantuneen laitteen häiriö voidaan välttää.</p> <p>Käsiteltäviä kohteita ovat laitteiston eri ominaisuudet, ulkoiset vaikutteet ja vikatilanteisiin varautuminen. Työssä tarkastellaan laitteiston fyysisten ominaisuuksien vaikutuksia, huollon merkitystä, suunnittelun toimintatapoja ja kahdentamista vikatilanteisiin varautumisena.</p> <p>Työssä on käytetty lähteinä tietotekniikasta tuttua High availability periaatetta, jossa käsitellään kahdentamista, vikatilanteisiin varautumista ja eri riskitekijöiden vaikutusta. Haastatteluissa on pyritty löytämään yksittäisten laitteiden luotettavuuden arviointikriteereitä sekä järjestelmän suunnittelun toimintatapoja.</p> <p>Opinnäytteen lopputuloksena on, että vikatilanteisiin pitää osata varautua. Suunnitelmallisuudella ja varautumisella saadaan häiriöaika mahdollisimman pieneksi. Riskitekijät tiedostamalla niihin osataan kiinnittää huomiota ja riskit voidaan välttää. Varalaitteilla ja kahdentamisella pystytään minimoimaan virhetilanne, eikä se välttämättä edes välity yleisölle tai häiriöaika on mahdollisimman pieni.</p>	
Avainsanat	Esitystekniikka, luotettavuus

Author(s) Title	Markus Kuisma Reliability of event technology systems
Number of Pages Date	30 pages + 1 appendix 19.5.2023
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Live Performance Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Mikko Pirinen, Senior Lecturer
<p>The thesis examines the evaluation of the reliability of equipment and systems used in live performance technology. The thesis examines risk factors and evaluation criteria related to hardware. The aim is to understand the factors that affect the reliability of the equipment, how to prepare for error situations, or how to avoid disruption of a faulty device.</p> <p>The theoretical section explores various characteristics of equipment, external influences and preparation for error situations. The thesis examines the impact of physical characteristics of equipment, importance of maintenance, design practices and redundancy as a means of preparing for error situations.</p> <p>The thesis references High Availability principle from IT industry which discusses redundancy and preparation for error situations and the impact of various risk factors. Interviews were conducted to find criteria for evaluating the reliability of individual devices and design practices for the systems.</p> <p>The conclusion of the thesis is that preparation for error situations is necessary. With careful planning and preparation downtime can be minimized. By being aware of risk factors attention can be paid to avoid them. Backup equipment and redundancy can minimize errors and it may not even be noticed by the audience or downtime is kept to a minimum.</p>	
Keywords	Entertainment, Reliability

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Esitystekninen järjestelmä	2
2.1	Pohjustus	2
2.2	Järjestelmän lähtökohdat	2
2.3	Järjestelmän rajapinnat	4
2.4	Ohjelmistot	4
2.5	Liittimet	6
2.6	Hardware	7
2.7	Sähkö	8
2.8	Ihmiset	8
3	Järjestelmien luotettavuus lähteiden perusteella	10
3.1	High availabilityn määrittely	10
3.2	Riskien arviointitapoja	11
3.3	Kahdentaminen	12
4	Esitysteknisten laitteiden luotettavuuden arviointi	16
4.1	Laitteiden luotettavuuden arvioinnin lähtökohdat	16
4.1.1	Fyysiset ominaisuudet	17
4.1.2	Laitevalmistaja	19
4.1.3	Testaus	19
4.1.4	Huoltovarmuus	20
5	Korkea saavutettavuus esitystekniikassa	22
5.1	High availability esitystekniikassa	22
5.2	Ethernet verkot	22
5.3	Kaapelointi	23
5.4	Esimerkkejä kahdentamisesta	24
5.5	Milloin olisi syytä kahdentaa?	25
6	Johtopäätökset	27
	Lähteet	31

1 Johdanto

Tämän opinnäytteen tavoitteena on löytää ratkaisuja ja menetelmiä arvioida esitysteknisten järjestelmien luotettavuutta ja vikatilanteista elpymistä. Opinnäytteessä käsitellään ongelmatilanteita ja mahdollisia riskin aiheuttajia ja sitä, miten näihin tulisi mahdollisesti varautua tai miten ne voisi välttää. Tarkastelun kohteena on niin laitteisto kuin ihmisen toiminta ja muut ulkoiset vaikuttajat.

Opinnäytteen tiedot perustuvat voimakkaasti kokemuksiini tapahtumatekniikasta ja asiantuntijahaastatteluihin. Kirjallisuutta ja lähteitä työlle on haettu tietotekniikasta ja sen keinoista arvioida riskitekijöitä.

Opinnäytteessä käytetään hyödyksi tietotekniikassa tuttua *high availability* -periaatetta, jolla arvioidaan, millä todennäköisyydellä laitteisto saattaa vikaantua tai mitkä ulkoiset tekijät voivat vaikuttaa mahdollisiin häiriöihin toiminnassa. Tietotekniikassa ja korkean saavutettavuuden järjestelmissä on tehty tutkimustyötä ja dokumentaatiota mahdollisista haavoittuvuuksista ja pyritty optimoimaan järjestelmät toimimaan lähes missä tahansa tapauksessa. Opinnäytteessä viitataan tietotekniikan kirjallisuuteen ja verrataan sitä esitystekniikkaan.

Esitystekniikassa järjestelmät ovat olleet jatkuvasti muutoksessa uusien tekniikoiden tai vaateiden takia. Esitystekniikkaan on kehitelty alkujaan hyvin vähän signaalinsiirtoa, tai vähintäänkin liittimet on lainattu jo jostain olemassa olevasta tuotannosta. Teollisuuden ja tietotekniikan alueilta on tullut jatkuvasti uusia standardeja siirtää dataa kahden tai useamman pisteen välillä. Esitystekniikassa valmistajat ovat ottaneet näistä hyödyn ja jatkaneet kehitystyötä parannellakseen tuotteen soveltuvuutta esitystekniikan tarpeisiin. Korkean saavutettavuuden järjestelmät ovat vakiinnuttaneet asemansa teollisuudessa, ja siihen pohjautuvat mahdollisuudet heijastuvat nykypäivän esitystekniikkaan.

Opinnäytteen sisältö on tarkoitettu jo esitystekniikasta jotain tietävälle. Kaikkia liitäntöjä tai signaalin selitteitä tutkielmassa ei tulla selittämään, koska se ei ole opinnäytteen kannalta olennaista. Tarkoituksena ei ole selittää eri protokollia, vaan arvioida esimerkiksi liittimen riskiä irrota tai laitteiston vikatilanteiden varautumista.

2 Esitystekninen järjestelmä

2.1 Pohjustus

Esitystekniikalla pyritään välittämään informaatiota tai luomaan audiovisuaalisia elementtejä esiintyjän tueksi. Parhaimmillaan tekniikalla saadaan tavoitettua jokainen kuulija tai välittämään jokaiselle tilassa olevalle tietynlainen ilmapiiri. Hyvällä tekniikalla voidaan brändätä yritystä tai esiintyjää, luoda lähestyttävä tuntemus tai vaivuttaa transsin omaiseen horrokseen musiikin tahtiin. Tekniikka voi olla oma visuaalinen elementtinsä taideteoksessa tai kiinteässä installaatioissa yritysten toimitiloissa. Yhtenevää kaikissa tapauksissa on, että yleisölle tai muulle kuulijajoukolle tulee koko ajan saada syötettyä audiovisuaalista sisältöä jatkuvalla syötöllä. Esityksen tulee olla sujuvaa ja kaikin puolin kiinnostavan näköistä ja kuuloista. Keskeytys tai selvästi poikkeava häiriö häiritsee kokonaisuutta, saattaa aiheuttaa huonoa julkisuutta ja mahdollisesti aiheuttaa taloudellisia haittoja.

Esityksissä on jouduttu pitämään teknisiä taukoja, keskeyttämään niitä tai jopa perumaan kokonaan teknisen vian takia. Kansallisteatterissa jouduttiin perumaan näytös marraskuussa 2022. Esitykseen kuuluvaa videotekniikkaa ei saatu toimimaan, ja 20 minuutin kuluttua esitys jouduttiin perumaan. (Vanhala 2022, 1.) Artistien kiertäessä kesän festivaaleja ei ole erikoista, että keikka saattaisi alkaa muutamia kymmeniäkin minuutteja myöhässä. Tiukoissa vaihtoajoissa ei välttämättä ole tarpeeksi aikaa selvittää mahdollisia vikatilanteita. Mahdollisesti jokin kaapeleista on saattanut mennä rikki, laitteistoa ei tunneta riittävän hyvin, kun muutoksia pitää tehdä, tai ohjelmistoissa on voinut käydä jotain, joka aiheuttaa vikatilanteen. Provinssirockissa 2015 Pink Stage –telttalavalla esiintyneen Tygan keikan piti alkaa kello 22.45, mutta artisti pääsi aloittamaan keikkansa noin puolisen tuntia myöhässä. Provinssin tiedottaja Johannes Kinnusen mukaan syynä viivästykselle oli artistin laitteissa aivan hetki ennen keikan alkua ilmennyt tekninen vika. Laite vaihdettiin korvaavaan, ja kärsivällisesti odottanut yleisö pääsi seuraamaan keikkaa. (Koski 2015, 1.)

2.2 Järjestelmän lähtökohdat

Esitysteknisiä järjestelmiä on lähes yhtä monta erilaista kuin on tapahtumiakin. Tarvittavat laitteistot tulee määritellä asiakkaan tarpeiden ja käyttäjän mukaisesti. Joissain tapauksissa järjestelmään pitäisi syttyä heti virtojen palauduttua. Paikan päällä ei

välttämättä ole ketään, joka vastaisi laitteiston toiminnasta tai ketään, joka tuntisi kasattua järjestelmää. Tilaisuuden luonne ja asiakkaan käytettävissä oleva varallisuus ovat tässä avainasemassa. Osassa tapauksissa riittää, että ääni kuuluu, tai toisissa tapauksissa halutaan varmistaa tilaisuuden häiriötön jatkuminen ja järjestelmiä kahdennetaan varautumaan lähes kaikkiin mahdollisiin vikatilanteisiin.

Tässä työssä tehtyjen haastatteluiden pohjalta järjestelmän luotettavuus on tullut yhä tärkeämmäksi osaksi tapahtumia ja niiden suunnittelua. Rakennettavan tapahtuman teknisen toteutuksen luotettavuuteen on monia tekijöitä, ja suunnittelutöissä tulee tiedostaa mahdollisten alueiden riskitekijät. Pienemmässä ja suoraviivaisessa järjestelmässä on vähemmän riskitekijöitä, jolloin se voi olla luotettavampi ratkaisu monesti. Laitteiston tunteville kyseinen järjestely saattaa kuitenkin hidastaa vianetsintää, tai mahdolliset muutostyöt aiheuttavat epäluotettavia viritelmiä muutoin hyviin järjestelmiin.

Heti alkumetreillä tulee määrittellä, kuinka kriittistä on, jos jotain käykin. Hyviä varautumisen kohteita on olla vähintään jonkin asteinen suunnitelma mahdollisten ongelmatilanteiden varalle ja miten viat voitaisiin korjata. Toinen määrittelyn kohta on, että milloin järjestelmä pitää olla stabiili. Voiko esimerkiksi harjoituksissa olla jokin asia vielä kesken-eräinen? Usein harjoituksissa päästään todentamaan järjestelmä ja laitteisto niin kuin ne esityksessä tulisivatkin olemaan. Mikäli puutteita havaitaan, on niihin vielä aikaa reagoida ja antaa pientä pelivaraa aikataulujen venymiselle.

Mahdollisia varalaitteita voidaan tuoda tapahtumapaikoille mukana, mutta myös niiden käyttöönoton ongelmatilanteissa pitää olla helposti mahdollista. Vioittuneen laitteen tai kaapelin pitää olla vaihdettavissa ilman, että muutostöistä aiheutuu lisävahinkoa. Vioittunut laite saattaa toimia osittain, tai siitä lähtee kaapeleita linkissä eteenpäin. Pitää tiedostaa riskit mitä tapahtuu, kun kyseinen laite otetaan irti järjestelmästä ja uusi tuodaan tilalle. (Köykkä 2021) Haastatteluiden perusteella yleisimpiä ongelmia laitteiston kanssa on ihmisestä johtuva toiminta. Mahdollisilla vikatilanteiden korjauksilla voidaan kriittisillä hetkillä saada aikaan lisää vahinkoa.

Kahdennetut järjestelmät ovat vikasietoisempia ongelmatilanteiden varalle, mutta tämä tarkoittaisi kyseisten komponenttien kaksinkertaisen määrän. Lisääntynyt laitemäärä näkyy heti tapahtuman budjetissa ja jää helposti toteuttamatta. Kustannustehokasta on miettiä kriittisiä osa-alueita kahdennettavaksi tai olisiko joitain halvempia laitteita tai ratkaisuja, joilla tapahtuman pystyisi viemään loppuun.

2.3 Järjestelmän rajapinnat

Esitysteknistä laitteistoa tulee tarkastella kokonaisuutena, mutta sen hahmottamiseksi voidaan järjestelmää pilkkoa pienemmiksi palasiksi luotettavuuden arvioimiseksi. Osia voivat olla valaisimet, ohjaimet, signaalin siirto, teknikat tai pelkästään sähkökin. Listaa voisi jatkaa pidemmällekin aivan laite- ja komponenttitasolle, jolloin laite- tai komponenttivalmistajilta voi olla mahdollista löytää laskelmia sekä testituloksia, millä todennäköisyydellä vikaantumisia voi ilmetä. ”Netgear-valmistajalla on av-alalle suunniteltuja verkotuotteita, ja näistä m4300-sarjan kytkimille on ilmoitettu keskimääräiseksi vikaantumisväliksi 22 vuodesta 150 vuoteen mallin mukaan.” (Netgear 2020, 38) Pienemmäksi pilkotuissa osissa voidaan tarkastella eri komponentteja, niiden luotettavuutta ja järjestelmälle tärkeiksi muodostuneita kohteita. Seuraavissa kappaleissa on pohdintaa karkealla leikkauksella esitystekniikan eri osa-alueista ja niiden heikkouksista tai vahvuuksista tapahtumatuotannossa.

Yksittäisille esitystekniikan alueille tai laitteille on hyvin vaikea antaa mitään numeraalista arvoa luotettavuudesta, mikäli laitevalmistajat eivät näitä ole antaneet. Todellista dataa laitteistosta saadaan vain huoltohistorian avulla tai mahdollisella tiedonkeruulla laitteiston päällä olleesta ajasta. Osassa mikseriä, valaisimia tai päätevahvistimista on esimerkiksi kello, joka kertoo laitteelle kertyneet käyttötunnit. Saadun tiedon avulla voidaan muodostaa mielipiteitä laitevalmistajan kyvystä luoda kestäviä ja luotettavia tuotteita, sekä missä vaiheessa tuotteesta tulisi luopua esitystekniikan käytössä korkean vikaantumisriskin tai työlään huollettavuuden suhteen.

Esimerkiksi Martin Mac Viper heittimessä on yhteensä kuusi eri aikamittaria. Mittareista puolet ovat resetoitavia ja puolet jatkuvasti nousevia. Heittimestä voidaan tarkastella päällä olo aika, polttimon tunnit ja montako kertaa polttin on käynnistetty. Resetoitavia mittareita voidaan käyttää huoltovälien tarkistamiseksi tai polttimon odotetun eliniän seuraamiseen. (Martin 2018, 14.)

2.4 Ohjelmistot

Esitystekniikassa toimitaan hyvin tiiviisti eri ohjelmistojen ja laitteiden rajapinnassa. Jokaisen osion tulee olla tarpeeksi laadukas häiriöttömään toimintaan. Yksinkertaisimpiinkin laitteisiin on alkanut tulla muutamia, hallintaominaisuuksia ja kaikkien laitteiden

ohjelmistojen tulee olla sujuvia käyttää. Vaikka tuote olisi fyysisesti todella hyvä ja soveltuva, voidaan huonosti käytettävällä tai kaatuilevalla ohjelmistolla pilata koko tuote.

Laitteiston käyttäminen on muuttunut yhä enemmän ohjelmoinniksi, ja haltuun otettavia ominaisuuksia on alkanut tulemaan todella paljon. Lisääntyneet ominaisuudet ovat hyvästä laitteen monipuolisen käytön varmistamiseksi ja hallitsemiseksi. Yksittäisissä signaalimuuntimissakin on jo USB-pistokkeita, ja niihinkin voidaan tehdä päivityksiä tai asetuksia jälkikäteen. Näistä esimerkiksi Blackmagic Designilla on Micro Converter -sarja, jossa tietokoneella voidaan päivittää ohjelmisto tai vaihtaa sdi a- ja b -standardien välillä. Hyvinkin pienellä ja yksinkertaisella vaikuttavalla muunninpurkillä ei ensisilmäyksellä uskoisi olevan mitään hallittavuutta, mutta pienikin asetus saattaa aiheuttaa, ettei vastaanottava laite osaa käsitellä tulevaa signaalia muuntimesta tai, että se on jotenkin erikoisen näköinen.

Laittevalmistajien ohjelmoijatkin tekevät virheitä, ja lähes jokaisen laitteistopäivityksen mukana saatekentässä on kerrottu edeltävien ominaisuuksien korjaamisesta ja uusien ominaisuuksien mukaan tuomisesta. Vanhalla ohjelmistolla tehty ohjelmointi tai yleisesti sanottu "showfile" ei välttämättä toimikaan uudessa ohjelmistossa tai päinvastoin. Osa valmistajista on pystynyt ratkaisemaan nämä ongelmat ja muuntaa ohjelmiston suoraan ilman sen suurempaa ongelmia, mutta kesken esityskauden päivittäminen voi tulla aikaa vieväksi ja isoksikin ongelmaksi. Disguise valmistaa mediaservereitä ja käyttää omaa d3 ohjelmistoansa niissä. Viimeisimmälle r24 versiolle on opinnäytettä kirjoittaessa tullut 11 päivitystä, joissa kussakin keskimäärin 3,8 korjausta ohjelmiston toimivuuteen.

Ohjelmistot voivat olla laadukkaita toimijoilta, mutta jos laitteisto ei jaksaa pyörittää sovelutusta, ei hyvä ohjelmisto pääse loistonsa. Markkinoilla on etenkin videon toistosovel-luksia, joita voidaan asentaa omille tietokoneille. Ohjelmistokehittäjä ei pysty optimoi-maan omaa tuotettaan parhaalla mahdollisella tavalla, koska joutuu mukautumaan lähes kaikkiin mahdollisiin laitteistokomponenttien konfiguraatioihin. Ohjelmistovalmistajat saattavat suositella jotain laitteistoa tai toimintatapoja takaamaan paras lopputulos. Re-solute on hollantilainen video-ohjelmistojen kehittäjä, joka antaa suosituksia, millaista laitteistoa kullakin ohjelmistoversiolla olisi suositeltavaa käyttää, tai mitkä ovat aivan pie-nimmät mahdolliset vaatimukset toiminnalle. Sivustolla käsitellään tietokoneen keskei-simmät tarvikkeet kuten näyttönohjain, suoritin, käyttöjärjestelmä ja muistin määrä

Laitteistovalmistajat ovat saattaneet tehdä omia järjestelmiä, joissa käyttäjät eivät voi käyttää ohjelmistoja omilla laitteistoillaan. Näitä ratkaisuja kutsutaan suljetuiksi järjestelmiksi. Suljetuissa järjestelmissä laitteistovalmistajan omilla tuotteilla voidaan rajata laaja komponenttikiitos pois ja kehittää ohjelmisto toimimaan luotettavimmalla mahdollisella tavalla kyseiselle laitteelle. Suljetulla laitteistolla voidaan rajata pois kaikki ylimääräiset. Rajoittamalla voidaan minimoida väärinkäytökset laitteistossa ja turvata niiden ehjänä pysyminen.

2.5 Liittimet

Kaapeleiden liitännän luotettavuus voi olla osassa suunnitteluista kynnyksysymyksenä. Liittimien lukittavuus on näistä yleisin. Ongelmana ovat esimerkiksi kuluttajamaailmasta tunnetuksi tulleet HDMI- tai USB-C -liittimet. Liittimet eivät lukitu, vaan pysyvät hentoisesti kiinni, joka saattaa nousta ongelmaksi. Vastaavanlaisia kuluttajaluokan liitännöitä on useita ja tulee varmasti jatkossakin olemaan. Kotona videosignaalin katkeaminen ei ole ongelma, jos elokuva jää hetkeksi katkolle, mutta seminaareissa tai tapahtumissa kyseen voi tulla vakaviakin rahallisia sanktioita kuvan katkeamisen takia.

Liittimet pääsevät ajallaan myös kulumaan. Lähes jokaiselle ammattitason liittimelle annetaan vähintäänkin jokin määrä liitoskertoja, jotka kaapelin tai liittimen tulee kestää. Esimerkiksi Neutrikin valmistaman xlr-liittimen oletettu elinikä on yli 1000 liitoskertaa (Neutrik n.d.) Heikentäviä tekijöitä ovat kaikki liikkuvat osat ja niiden mekaniikka. Erityisesti kuluttajaluokan kaapeleita ei ole suunniteltu kestäväksi rasitusta. Liittimet voivat olla erittäin herkkiä osumille ja naarmuille. Kuitukaapeleissa kaapeli on pyritty suojaamaan mahdollisimman hyvin ja kestäväksi taitoksia, mutta avonaiset päädyt ovat riskialttiita naarmuille ja iskuille. Fluke networksin mukaan likaiset tai vioittuneet kuidun päät ovat yleisimpiä ongelmatilanteita laiteyhteyden muodostamisessa. Lian tai naarmun paikka kaapelissa määrittää paljon, miten valo pystyy läpäisemään liittimen. Valokuituliittimen ytimen ympärille sallitaan IEC 61300-3-35 standardin mukaan korkeintaan 5 µm kokoinen epäpuhtaus, joka on noin kymmenysosa ihmisen hiuksen halkaisijasta. (Fluke networks 2018)



Kuvio 1. Hdmi -liitin.



Kuvio 2. Xlr -liitin.

2.6 Hardware

Laitteistovalinnassa tulee tiedostaa tapahtuman tarpeet ja laitteiston ominaisuudet sekä rajoitteet. Valmistajat suunnittelevat ja optimoivat laitteensa toimimaan parhaiten niille suunnattuun työtehtävään, ja niitä pitäisi pystyä käyttämään niille suunnatulla tavalla. Väärinkäyttötynä käyttökokemus voi olla todella kömpelö tai laitteisto ei yksinkertaisesti suoriudu sille annetusta työtehtävästä.

Äänen, valon ja videon osa-alueilla on muodostunut standardeja tiedonsiirtoon ja dataa voidaan siirtää eri laitevalmistajien välillä. Osassa laitteistoista ei välttämättä ole tukea kaikille protokollille, mutta rajoitteet tulee tiedostaa ja suunnitella toimimaan tai korvata laite, joka ei tue tarvittavia liitäntöjä tai protokollia. Valmistajien ohjekirjoissa kerrotaan hyvinkin seikkaperäisesti laitteiston ominaisuuksista ja rajoitteista. Signaalin rajoitteista esimerkkinä Sony FX9 videokamera. Kuvattaessa fullhd 25p on ulostuloon mahdollista saada vain 50i kuvaa, mutta tallennettaessa 4k resoluutiolla, on ulostuloihin valittavissa progressiivinen tai interlaced versio. (Sony 2022)

Laitteissa on aina joitain kuluvia osia, tai ne voivat rikkoutua kuljetuksen aikana. Vikatilanteisiin pitää pystyä reagoimaan nopeasti, ja huoltovarmuus tai varakoneen saatavuus nousee kriittiseksi. Nopein tapa reagoida on saada korvaava tuote tilalle tai huollettua rikkoutunut tuote. Maahantuoja hoitavat yleensä tuotteille huoltoja tai varaosia, mutta huolloissa voi mennä aikaa tai varaosia ei ole suoraan hyllyssä saatavilla. Robe ilmoittaa iForte valaisimensa ohjekirjassa seitsemän käyttäjän tehtävää huoltotoimenpidettä, kuten gobon ja valonlähteen vaihtamisen. Toimenpiteitä gobon vaihtamiselle on 14 ja valonlähteelle kahdeksan. (Robe n.d.) Käyttäjän huollettavia osia eivät olleet esimerkiksi rajaus veitset tai tuulettimien vaihdot. Mikäli tapahtumapaikalle pitää tuoda varaosia huoltoa varten, on sama tuoda korvaava laite. Uudella laitteella säästytään vianetsinnän viemältä ajalta, mikäli ongelma on jo rajattu itse tuotteeseen.

2.7 Sähkö

Sähkön tarve tapahtumissa lähes poikkeuksetta välttämätöntä. Suomessa sähköverkko on luotettava ja tarkkaan säännelty. Tarkkuuden ja insinööriyön ansiosta sähköpistokeista todennäköisesti on saatavilla standardien mukaisesti ilmoitettu määrä energiaa. Esitystekniikassa sähkön tarve on suhteellisen suurta. Lamppujen tai lediseinien normaali virrankäyttö saattaa olla hyvinkin pientä, mutta käynnistys tai nopeat strobo-efektit aiheuttavat virtapiikin, jolloin tarvitaan paljon sähköä lyhyeksi aikaa. Led seinille ilmoitetaan usein maksimi ja keskiarvoinen kulutus. Black pearl 2v2 lediseinälle ilmoitetaan suurimmaksi virran tarpeeksi 190 wattia ja keskiverroksi 95 wattia. (Roe visual n.d.) Isompia lediseiniä käytettäessä voidaan todeta virrantarpeen olevan melko suurta. Kymmenen metriä leveään ja viisi metriä korkean led seinän virrankulutus voi olla korkeimmillaan noin 38 kilowattia.

Sähkökatko järjestelmissä on aina suuri ongelma. Valot, kuva tai ääni ei todennäköisesti näy tai kuulu, mutta suurempi ongelma on mahdollisesti korruptoitunut ohjelmointi tai osan ohjelmoinnista menettäminen. Ohjelmistoja pyritään ohjelmoimaan palautumaan samaan tilanteeseen kuin sammussa tai tallentamaan useasti. Järjestelmän takaisin päälle saamisessa voi kestää kuitenkin useita minuutteja. Esimerkiksi videoservereillä ja verkkokytkimillä kestää kauan käynnistyä, joten niitä on laitettu varavirtalähteisiin tai kahdennettu virtalähteitä. Keskeisen roolinsa ja hitaan käynnistymisen takia on olennaista, että show voi jatkaa heti virtojen palattua.

2.8 Ihmiset

Tapahtumien suunnittelu, kasaus ja ylläpito vaatii paljon ihmistyötä. Inhimilliset erehdykset tai huolimattomuus ovat mukana koko prosessin läpi. On ammattitaitoista tarkastaa työ ja varautua vikatilanteisiin tai muutoksiin ennen kuin ne ehtivät syntyä. Huono suunnittelu tai valmistautuminen näkyy toteutuksessa ja etenkin häiriötilanteiden syntyessä pidempänä aikana korjaus- tai muutostöissä.

Ihmisen toiminta voi johtaa herkästi laitteiston vikatilaan. Laitteistoon tai ohjelmointiin tehtyjä viime hetken muutoksia ei aina välttämättä ole mahdollisuutta testata, tai omaan ammattitaitoon tulee liikaa luotettua. Näin ollen vikatila saattaa esiintyä vasta esityksessä eikä vahinkoa pystytä enää välttämättä edes korjaamaan. Yleisimpiä syitä

muutoksien tekemiseen on asiakkaan viime hetken toiveet tai yli-innokas teknikko. Ihmisen varomattomuus tai vahingot saattavat aiheuttaa fyysistä vahinkoa laitteistolle.

Inhimilliset virheet korostuvat helposti laitteiston monimutkaistuessa. Useita ohjelmistoja pitäisi ottaa haltuun, ja eri laitevalmistajat saattavat käyttää hieman eri nimiä tietyissä asioissa. Näitä voivat olla esimerkiksi mikseroissa käytetyt nimikkeet uloslähteistä kanavista kuten Bus, Aux tai Mix, jotka tarkoittavat samaa, mutta ovat vain eri valmistajien käyttämiä termejä. Ohjelmoitaessa tapahtuu helposti inhimillisiä erehdyksiä ja kuvitellaan ohjelmiston toimivan halutulla tavalla. Valitettavan usein tähän harhaluuloon on helppo tukeutua ja jälkikäteen tarkasteltuna laitteisto toimi juuri niin kuin niiden pitääkin. Ohjelmiston toiminnassa oli vain tapahtunut virhe. Virhe saattaa olla itse käyttäjän tai laitevalmistajallakin on voinut käydä erhe, tai kyseistä toimintoa ei välttämättä ole edes tarkoitettu mahdolliseksi.

Haastatteluissa esille tulivat laitteiston ja kaapeloinnin sijoittaminen strategisesti järkeviin paikkoihin. (Pellikka 2021) Mikäli laitteistoa joudutaan siirtämään tai kaapeleiden päältä joudutaan kulkemaan, aiheuttaa se turhaa räsitystä liittimiin, kaapeleihin tai kytkentöihin. Tilassa kaapeleita pyritään kuljettamaan ovien ylitse tai sijoittamaan tekniikkaa rauhallisemmalle alueelle. Kaapelointien sekaan meneminen saattaa aiheuttaa huomaamatta liitännöiden irtoamisen ja järjestelmän vikatilaa. Ihmisen toiminnaksi voidaan katsoa myös tekemättä jättäminen.

Mikäli vaaratilanne tai riskitekijä tunnistetaan, mutta sille ei tehdä mitään, on sekin inhimillinen päätös jättää korjaamatta. Ihmisen toimintaa voidaan tarkastella myös sotkuisena toimintana tai dokumentoinnin puutteena. Vianetsintää hidastavat tekijät vaikuttavat vikatilaa kesto. Vaikka vikatila ei olisi suoranaisesti ihmisen aiheuttama, vaikuttaa ennakkotyö ja ihmisen toiminta tätä kautta käyttövarmuuteen. Laitteiston vioittumisessa huoltamatta jättäminenkin voidaan katsoa ihmisen toiminnaksi.

3 Järjestelmien luotettavuus lähteiden perusteella

3.1 High availabilityn määrittely

High availability eli korkean saavutettavuuden järjestelmä on tietojärjestelmissä käytetty termi, ja sillä tarkoitetaan järjestelmiä, jotka on tarkoitettu pysymään päällä ja toimintakuntoisena erittäin pitkään ilman häiriöitä tai suunnitelmista poikkeavia palvelukatkoja (IBM n.d.). Korkean saavutettavuuden järjestelmien periaate on käännettävissä esitystekniikkaan lähes sellaisenaan ilman suurempia kompromisseja. Periaatteella arvioidaan samanlaisia haasteita, joita esitystekniikassa kohdataan. Ongelmia voivat olla sähkö, ihmiset, jotka laitteistoa käyttävät, tai laiterikko. Arvioitavia perusteita ovat myös tukihenkilöstön saatavuus tai ongelman vakavuus. (Hawkins & Piedad 2000, luku 2.)

Toimintatapana korkean saavutettavuuden järjestelmissä on eliminoida yhden pisteen virhekohtat, jotta käyttö voisi jatkua, vaikka yksittäinen komponentti hajoaisi (Sios n.d.) Yksittäisillä komponenteilla esitysteknisissä järjestelmissä voidaan tarkoittaa jokaista kohtaa aina mikrofonia kaapelia pitkin lavarasialle ja mikserille tai valopöydästä signaalina lavalle ja lampuille. Mikäli mikä tahansa kohta voidaan signaaliketjussa kahdentaa niin että vikatilanteessa vikaa ei ulospäin huomaa, voidaan järjestelmää kutsua tältä osin korkean saavutettavuuden järjestelmäksi. Mitä useampi kohta signaaliketjusta on kahdennettu, sitä varmatoimisempaa järjestelmää voidaan pitää.

Korkean saavutettavuuden järjestelmiä arvioidaan yleensä tilastoilla, kuinka kauan järjestelmä on sammutettuna tai vikatilassa vuoden aikana. Aikamääreeseen verrattuna on helppoa esittää tilanne prosenttilaskuna, kuinka luotettava järjestelmä on. (Oggerino 2001, luku 2.) Ongelmana esitystekniikassa useissa tapauksissa on lyhyt toiminta-aika. tilastodatan keräämiseksi. Tapahtuman kesto voi olla muutama tunti tai päivä. Tilastointi ja laskelmointi ovat näin ollen vaikeita verrata ja saattavat hankaloittaa päätöksentekoa. Vaikka numeraalista arvoa on vaikea antaa, voidaan kahdentamista tai varalaitteilla varautumista pitää virhetilanteen minimoimisena ja lisääntyneenä toimintavarmuutena ajallisesti katsottuna.

Organisaatorakenteet voivat myös haitata toimintaa. Toimintaa pitäisi pystyä katsomaan kokonaisuuden kannalta, mutta osastojen toiminta voi keskittyä vain omaan alueeseensa ja sen päivittämiseen. Rajapinnat tai osa toimijoista voivat jäädä jälkeen kehityksessä, mikä ei ole kokonaisuuden kannalta järkevää. (Hawkins & Piedad 2000, luku 3.)

Samaa periaatetta voidaan tarkastella tapahtumissa niin äänen, valon kuin videon alueilla. Oma osa-alue on voitu järjestää toimivaksi kokonaisuudeksi, mutta synkronoitu ja yhteneväinen toiminta on voinut jäädä pimentoon muiden toimijoiden kanssa työskennellessä.

3.2 Riskien arviointitapoja

Järjestelmää pitää pystyä arvioimaan kriittisesti ja riskitekijöitä pitää arvioida, jotta niihin pystyy varautumaan. Mahdollisia riskejä arvioitaessa pystytään varautumaan virhetilanteisiin tai mahdollisesti ehkäisemään niitä. Virhetilanteisiin varautumisessa usein joudutaan pohtimaan resursseja, joita on käytettävissä, tai mihin kaikkeen tulee pystyä varautumaan.

Suurten ja monimutkaisten järjestelmien luotettavuusanalyyseissä on lähes mahdotonta käsitellä järjestelmää kokonaisuutena. Looginen lähestymistapa on hajottaa järjestelmä pienempiin toiminnallisiin osiin, jotka koostuvat yksiköistä, laitteista tai komponenteista. Jopa yksikkö voi olla melko määrä laitteita. Yksikkö voidaan edelleen jakaa elementteihin, joista kullakin voi olla vain piiri tai osa. Yleensä hierarkkinen järjestys on: järjestelmä, alijärjestelmät, yksiköt, laitteet, osat ja komponentit. (Chaturvedi 2016, luku 1.)

Soili Martikaisen ja Tiina Rannan teoksessa Turvallinen tapaus käsitellään riskitekijöitä ja riskien tunnistamismenetelmiä. Riskien arviointi muodostuu riskin tunnistamisesta, riskianalyyseistä sekä riskien merkityksen arvioinnista. Jokaisen tapahtuman toteuttamisesta vastaavan henkilön on tiedostettava ja tunnistettava tulevan tapahtuman riskien lähteet, niiden vaikutusalueet, tapahtumat, tilanteet, mahdolliset muutokset olosuhteissa sekä riskien seuraukset.

Teoksessa on esitelty mitä jos -tekniikka. Mitä jos -tekniikka on vaarojen ja riskien tunnistamismenetelmä. Se on standardin SFS-EN 31010: 2011 liitteen B.9 mukainen menetelmä, joka on systemaattinen, ryhmätyöhön perustuva tekniikka. Järjestelmä, menetelmä, tilanne, olosuhde ja/tai sen muutos, kuten esimerkiksi tapahtumaan osallistuva asiakas, tapahtuman esiintyjä, tapahtuman järjestäjä, esiintymislava, auditorio, parkkipaikka, määritellään ja rajataan huolellisesti ennen kuin tutkimus aloitetaan.

Kysymyksiä voivat olla esimerkiksi seuraavanlaisia:

- Mitä jos hälytys epäonnistuu?
- Mitä jos ei ole sähköä?

- Mitä jos henkilö X ei ole paikalla?
- Mitä jos ilmastointia ei saada suljettua?
- Mitä jos tieto X puuttuu?
- Mitä jos ei ole avaimia?
- Mitä jos ovi jää auki?
- Mitä jos ei ole matkapuhelinta käytettävissä?
- Mitä jos tietojärjestelmä ei toimi?
- Mitä jos paikalla on arvovieraita?
- Mitä tapahtuisi, jos kuulutukset eivät toimisi?

(Martikainen ja Ranta 2017, 21)

Martikaisen ja Rannan esittelemää arviointimenetelmää voidaan soveltaa esitysteknisiä järjestelmiä arvioitaessa. Mikäli jokin osa järjestelmässä vikaantuisikin, niin miten se vaikuttaisi lopputulokseen. Vähäisenä häiriönä riskiä voidaan pitää siedettävänä, mutta jos vikatilanne aiheuttaa huomattavan riskin, pitäisi se pyrkiä korjaamaan. Vastaavasti arviointimenetelmällä voidaan päätellä korkean saavutettavuuden järjestelmien toimivuutta. Mikäli järjestelmä pystyy selviytymään yhdestä tai useammista vikatilanteista, voidaan sitä pitää jossain määrin korkean saavutettavuuden järjestelmänä.

3.3 Kahdentaminen

Kahdentaminen on tapa varmistua laiterikoilta ja taata lähes saumaton jatkuminen ongelmatilanteista huolimatta. Kahdennetuissa järjestelmissä kaikille tai edes kriittisimmille ja vikaherkimmille osa-alueille on korvaavat tuotteet, jotka voivat hoitaa tarvittavat toimenpiteet ongelmatilanteen sattuessa. Korvaavan laitteen tullessa automaattisesti mukaan, ei vikatilaa ulospäin edes välttämättä huomaa.

Etuja kahdennetuissa järjestelmissä on niiden luotettavuus. Vikatilanteen sattuessa käyttäjä tai asiakas ei edes huomaa, että jotain on tapahtunut. Korjaaminen on helpompaa ja huomaamattomampaa, koska laitteisto toimii normaalisti koko ajan. (Oggerino 2001, luku 7.)

Esitystekniikan järjestelmissä laitteita joudutaan ketjuttamaan käytännössä jokaisessa mahdollisessa tilanteessa. Yksittäinen laite hyvin harvoin pystyy tekemään kaikkia tarvittavia ominaisuuksia. Esimerkiksi valaisimien data useasti ketjutetaan heittimestä seuraavaan, ja järjestelmää pienemmäksi pilkkomalla voidaan tarkastella yksittäisiä

kaapeliliitoksia tai laitteen komponentteja. Luotettavuutta laskettaessa ketjutettujen järjestelmien voidaan käyttää kuviossa 3 esitettyä kaavaa.

$$SerialAvailability = \prod_{i=1}^n ComponentAvailability_{(i)}$$

i represents the component number
n represents the number of components

Kuvio 3. Sarjaan kytkettyjen komponenttien luotettavuuden kaava (Chris Oggerino 2001, luku 2)

Kaavassa yksittäisten laitteiden luotettavuuden arvot kerrotaan keskenään, jolloin saadaan kokonaisjärjestelmän luotettavuus. (Ks. kuvio 4).

$$\begin{aligned} \text{System Availability} &= \prod_{i=1}^n \text{availability}_{(i)} \\ \text{Power Supply} &= 99.999\% \\ \text{Circuit Board 1} &= 99.994\% \\ \text{Circuite Board 2} &= 99.98\% \\ \\ \text{System Availability} &= \prod_{i=1}^n \text{availability}_{(i)} \\ &= .99999 * .99994 * .9998 \\ &= .99973 \end{aligned}$$

Kuvio 4. Esimerkki lasku (Oggerino 2001, Luku 2)

Esimerkissä on esitetty virtalähteen ja kahden piirilevyn luotettavuus ketjutetussa järjestelmässä. Yksittäisen komponentin vikaantuessa koko järjestelmä menee vikatilaan ja näin ollen kokonaisluotettavuus laskee. Esitystekniikan laitteille on vaikeata antaa numeraalista arvoa laitteiden luotettavuudesta, mutta samat lainalaisuudet pätevät ja luotettavuus laskee ketjutetuissa järjestelmissä, vaikka tarkkoja numeraalisia arvoja yksittäisille komponenteille ei tiedettäisikään.

Kahdennetuissa järjestelmissä mahdollisen vikaantuneen laitteen tilalle on korvaava tuote, jolloin myös vikasietoisuus kasvaa. Kahdennetun järjestelmän laskussa kerrotaan keskenään vikaantumisen todennäköisyyksiä. Esimerkkilaskukaavassa kuvio 5 voidaan todeta järjestelmän luotettavuuden lisääntyneen huomattavasti.

Component 1 = 99.9% availability
 Component 2 = 99.9% availability

$$\begin{aligned} \text{Parallel Availability} &= 1 - \left[\prod_{i=1}^2 (1 - \text{availability}(i)) \right] \\ &= 1 - [(1 - .999) * (1 - .999)] \\ &= 1 - [1 - .000001] \\ &= .999999 \\ \text{Percent Availability} &= .999999 * 100 \\ \text{Percent Availability} &= 99.9999\% \end{aligned}$$

Kuvio 5. Esimerkkilasku kahdennetun järjestelmän laskusta (Oggerino 2001, Luku 2)

Esimerkkilaskuista voidaan todeta järjestelmän luotettavuuden laskevan aina laitteita ketjuttaessa. Vastaavasti mitä enemmän komponentteja on kahdennettu, luotettavuus lisääntyy, mikäli järjestelmän monimutkistumista ei oteta huomioon.

Järjestelmän elementtien toiminnallisen vuorovaikutuksen perusteella osatekijät voidaan jakaa seuraaviin kategorioihin: sarja, rinnakkaiskytkentä tai sarjarinnakkaiskytkentä. Kuitenkin tiettyjen suunnittelunäkökohtien tai monimutkaisten vikatilojen vuoksi järjestelmässä ei välttämättä voida tai ole asianmukaista käyttää puhtaasti rinnakkais- tai sarjayhdistelmää. Yleisesti ottaen lähes kaikki käytännön järjestelmät kuuluvat tähän luokkaan, ja niitä kutsutaan paremmin ei-sarja-rinnakkaisiksi järjestelmiksi. (Chaturvedi 2016, luku 1.)

Viittauksella tarkoitetaan, että kahdennettuja järjestelmiä rakennettaessa on harvoin käytössä täysin toisistaan erillä olevia järjestelmiä. Sarjarinnakkaiskytkennässä järjestelmässä pystytään hyödyntämään ensisijaisen ja varajärjestelmän komponentteja samanaikaisesti ja osittain ristiin. Ensisijaisessa järjestelmässä voi jokin järjestelmän komponentti vikaantua, mutta sen muita kahdennettuja ominaisuuksia pystytään vielä hyödyntämään. Järjestelmän vikasietoisuuden voidaan katsoa olevan suurempi, koska sillä on parempi mahdollisuus selviytyä useampien laitteiden samanaikaisesta vikaantumisesta.

Huntington toteaa Show network & communication system -kirjassaan yksinkertaisuuden olevan aina parempi, mikäli se pystyy toteuttamaan saman lopputuloksen. Yksinkertaiset järjestelmät ovat helpompia suunnitella, toteuttaa ja ratkaista ongelmatapauksia. Isot järjestelmät ovat väistämättä monimutkaisia, mutta niistä ei tulisi tehdä monimutkaisempia kuin on pakko. Mikäli on mahdollista poistaa jotain ilman, että suorituskyky tai joustavuus kärsii, niin siitä tulee hankkiutua eroon. (Huntington 2017, Luku 13) Korkean saavutettavuuden laskelmat pätevät tähän ajatusmalliin poistaa mahdollisia riskitekijöitä

ketjusta laiterikon riskin takia, mutta myös inhimillisten erehdysten välttämiseksi. Mitä vähemmän laitteita tarvitsee konfiguroida tai ongelmatilanteessa käydä lävitse, on se huomattavan paljon nopeampaa ja helpompaa.

4 Esitysteknisten laitteiden luotettavuuden arviointi

4.1 Laitteiden luotettavuuden arvioinnin lähtökohdat

Korkean saavutettavuuden järjestelmien laskennallinen arviointi vaatii tilastodataa, ja laitteelle tulee osoittaa jokin numeraalinen arvio vikaantumisen aikavälistä. Tilastollisena tietona asiaa voidaan kerätä vikatilanteiden määränä, ajallisena toimintana ilman ongelmia tai muutoin määrittelemällä jokin numeraalinen arvo. Tapahtumien lyhyen keston ja valmistajien arvion puuttumisen takia numeraalista järjestystä on todella vaikea saada laskettua. Laskennallisen arvon sijasta luotettavuutta voidaan arvioida tunnistamalla riskitekijät ja arvioimalla samoilla kriteereillä, jotka tulisivat kynnyskysymykseksi korkean saavutettavuuden järjestelmissä.

Yksittäisten laitteiden tapauksessa pitää keskittyä laitteen ominaisuuksiin ja liitännäisiin, miten siinä on ennaltaehkäisty ongelmatilanteita tai miten niihin on varauduttu. Laitteiston historia, mahdolliset ongelmatapaukset testit kertovat paljon laitteistosta ja sen luotettavuudesta kentällä. Järjestelmän luotettavuutta arvioidessa joudutaan ajattelemaan hieman isommalla kuvalla. Riskitekijöiden määrä kasvaa, kun laitteiston määrä kasvaa tai ulkoisia vaikutteita tulee mukaan. Ihmisten toiminta, useat eri osa-alueet tai eri firmojen kommunikaatio nousevat esiin, kun mietitään mahdollisia ongelmatilanteita. Hyvin suuren osan riskeistä pystyy minimoimaan oikeanlaisella toiminnalla tai suunnitelmalla. Kaapelointi voidaan ohjata johonkin, missä ei ole kulkuja ja vähentää näin turhaa rasi-tusta kaapelointiin.

Opinnäytteeseen on käytetty aineistona asiantuntijoiden haastatteluita alan eri yrityksistä ja työtehtävistä. Haastateltavat ovat yrityksessään asemassa, jossa he vaikuttavat laitteistohankintoihin, sekä käyttävät tai suunnittelevat esitysteknisiä järjestelmiä. Haastateltavina olivat:

Jani Pellikka, Tekninen tuottaja, Broadway finland

Olavi Köykkä, Head of sound, Bright Finland

Riku Malin, Tekninen tuottaja, Vantaan kaupunki

Timo Kesonen, Järjestelmätekniikko, Capital Av

Haastattelut toteutettiin yksilö haastatteluina ja haastattelukysymykset löytyvät liitteestä

1. Pellikka ja Köykkä osallistuivat haastatteluihin Zoom etäyhteyden kanssa ja Malinin

sekä Kesosen haastattelut suoritettiin kasvotusten. Haastatteluista ei ole litteroitu. Haastatteluista on tehty muistiinpanot ja etäyhteyksistä tallenteet analysointia varten.

Haastattelukysymyksillä pyrittiin löytämään toimintatapoja arvioida yksittäisiä laitteita, ohjenuoria järjestelmäsuunnitteluun, sekä kahdentamisen yleisyyttä esitystekniikassa. Haastatteluissa Ilmaantui kysymysten perusteella muutamia ydin osa-alueita luotettavuuden ja sen arvioinnin suhteen. Seuraavat kappaleet ovat haastatteluiden perusteella valikoituneet kriteereiksi yksittäisen laitteen luotettavuutta arvioitaviksi tekijöiksi. Haastatteluissa kyseiset asiat nousivat hyvinkin yksiselitteisesti useamman haastateltavan kohdalla esille ja voidaan pienestä otannasta huolimatta pitää relevantteina arviointiperusteina yksittäisille laitteille tai komponenteille.

Haastatteluissa hyvän ja toimivan laitteen ominaisuuksiksi paljastuivat käyttäjäkokemus alalta ja fyysiset ominaisuudet. Laitteen tulisi siis olla ollut jo käytössä tapahtumissa tai vähintäänkin teknologian olla hyväksi todettua. Haastatteluissa tarkentaessa kysymystä fyysisistä ominaisuuksista yllätykseksi tärkeimmäksi osaksi ei paljastunut liitännäiset vaan laitteen ulkoinen olemus. Tukevarakenteinen, painava ja teollisen muodon omaavat laitteistot nousivat tärkeiksi ominaisuuksiksi varsinkin uuden tuotteen hankintapäätöstä harkittaessa.

4.1.1 Fyysiset ominaisuudet

Laitteiden liittimet vaikuttavat laitteiden toimintavarmuuteen. Lukkiutuvilla liittimillä voidaan välttää hieman löysällä olevat liittimet ja vahingossa irtoavat kaapelit. Riskinä lukkiutuvissa liittimissä on mahdollinen fyysinen vahinko laitteelle, mikäli kaapeleita käsitellään väärin ja liittimeen kohdistuu kovaa vetoa. Yleisesti voidaan katsoa lukkiutuvia liittimiä hyväksi ja valmistajat ovat niitä laitteisiinsa implementoineet. Lukkiutuvat liittimet nostavat hieman tuotteen hintaa ja kokoa, joten niitä ei kaikkiin laitteisiin ole ilmaantunut.

Kaapeleita saatetaan käsitellä melko likaisissa olosuhteissa. Osa kaapeleista on melko herkkiä kulutukselle tai lialle. Yleisesti voidaan olettaa, että mitä suurempaa datamäärää kaapelia pitkin pitää kuljettaa, sitä herkempi se on häiriöille. Kuitukaapelit ovat hyviä siirtämään todella suuria datamääriä ja todella pitkiä matkoja, mutta myös erittäin herkkiä häiriöille. Muutaman mikrometrin kokoiset partikkelit eivät välttämättä ole silmällä nähtävissä, mutta saattavat peittää kuidun pään ja häiritsevät valon kulkua. Kuidun päät ja liittimet pitäisi aina puhdistaa ennen kytkemistä. (Cisco n.d) Liittimet ovat melko herkkiä,

mutta mahdolliset viat huomataan todennäköisesti rakennusvaiheessa ja yleensä on vielä aikaa reagoida.

Fyysisten ominaisuuksien joukosta paljastui osittain yllättäviä piirteitä haastatteluissa. Esimerkiksi metallisen ulkokuoren tai laitteen jykevä olemus tuntuu luotettavammalta ja tärkeämmältä, kuin kahdennetut virtalähteet tai liitinporttien lukittavuus. Vastauksia voidaan tarkastella alan luonteeseen nähden. Laitteistoa kuljetetaan paljon eri tapahtumapisteiden välillä ja laitteisto saa paljon tärinää tai äkillisiä kolahduksia. Jotta laite selviäisi enemmän kuin kourallisen tapahtumia, tulee sen kuljetusratkaisun ja fyysinen olemus olla tukeva.

Valmistajat hyvin harvoin ilmoittavat arvioitua vikaväliä laitteistolle. Suurista käyttötunneista voidaan kuitenkin odottaa vikaantumisen riskin olevan suurempi kuin uudemmalla tuotteella. Liikkuvat osat ja pelkästään elektroniikan komponentit kärsivät pitkästä päällä olosta, lämpötilasta ja tärinästä. Organisaatiot tai tutkimuslaitokset ovat määritelleet eri standardeja, joilla voidaan määrittää tärinästä tai lämpötiloista johtuvista tuotteen elinkaaren odotusten heikkenemistä. Tällaisia malleja ovat esimerkiksi MIL-STD-810F, joka on Yhdysvaltain puolustusministeriön ja armeijan standardi määrittämään laitteen kohtaamaa rasitusta ja testausmenetelmiä. "Vaikka standardi on luotu puolustusvoimien käyttöön, on moni kaupallinen toimija ottanut siitä osia ja laskukaavoja omaan käyttöönsä arvioidessaan tuotteidensa kestävyyttä." (Eurolab n.d.) Kyseisestä Atec army (U.S. Army Test and Evaluation Command) -dokumentista löytyy 514.5B-10 kohdasta laskukaava satunnaiselle tärinälle:

$$\frac{W_1}{W_2} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^{\frac{1}{4}}$$

- W_1 = satunnaistärinän taso 1 (g²/Hz)
- W_2 = satunnaistärinän taso 2 (g²/Hz)
- t_1 = altistuksen kesto 1(h)
- t_2 = altistuksen kesto 2 (h)

Esimerkiksi jos oletamme tuotteen kestävän $2 \cdot g$ tärinää 5 vuotta, kestää se $3 \cdot g$ tärinää vain hieman alta vuoden.

$$\frac{2}{3} = \left(\frac{t_2}{5v}\right)^{\frac{1}{4}} \Rightarrow t_2 = 5v \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^4 = \frac{80}{81} \approx 0,9876 \dots$$

4.1.2 Laittevalmistaja

Haastatteluissa ilmeni, että laittevalmistajan brändi lisää huomattavasti odotuksia laitteistoa kohtaan niin hyvässä kuin huonossa mielessä. Laitteistoa, jota oikeastikin käytetään korkean profiilin tapahtumissa toistuvasti ja eri puolilla maailmaa, antaa kuvaa laajasta käyttäjäkokemuksesta ja luotettavuudesta. Yleistä mielipidettä ja laajaa käyttäjäkuntaa voidaan pitää tilastojen kaltaisena periaatteena luotettavuutta arvioitaessa. Mikäli laittevalmistajasta ei ole kokemuksia tai tietoa ei ole saatavilla, alkaa se herättää epäluuloa tuotetta kohtaan.

Haastatteluiden perusteella laitteiston tulisi olla valtavirtaa, tai vähintäänkin tekniikan tutua. Tunnetuilla laittevalmistajilla on laaja käyttäjäkunta ja tukiverkosto, johon voi turvautua ongelmatilanteissa. Tunnetuilla laittevalmistajilla on laajemmin edustuksia useissa eri maissa, ja laitehuolto tai varalaitteita onnistuvat saada todennäköisesti nopeammin.

4.1.3 Testaus

Haastatteluissa mahdolliseen laitteiston ostopäätökseen vaikutti suuresti, pääseekö laitetta itse kokeilemaan ja vertaamaan. Kaikki vastattavat sanoivat suorittavansa laitteistolle pitkäkestoisen rasitustestin, jossa laitteiston ominaisuudet joutuvat koetukselle. Muutaman päivän mittaisilla kokeiluilla voidaan itse todentaa laitteiston luotettavuutta ja todentaa mahdollisia virhetilanteita tai laitteiston ominaisuuksia omissa käyttötarkoituksissaan. Yhteensopivuus oman käytössä olevan laitteiston kanssa pystytään todentamaan ja integrointi olemassa olevaan kalustoon pystytään varmistamaan. Hyvinkin normaalina ja itsestään selvänä pidetyissä asioissa laittevalmistaja on voinutkin käyttää eri standardia tai optimoida järjestelmän toisen maan preferensseihin sopivaksi, eikä välttämättä sovellu tai pysty sopeutumaan tarvittaviin vaateisiin. Varsinkin arvokkaiden ja isojen ostopäätösten kanssa halutaan olla varmoja laitteiston soveltuvuudesta.

4.1.4 Huoltovarmuus

Laitteisto pitää olla huollettavissa ja huollettu. Laitteisto joutuu rasitukselle tapahtumissa eivätkä ne kestä ikuisesti. Pölyinen ympäristö kuten ulkoilma tai savukoneen usva ke-
räävät likaa laitteiden tuulettimiin ja sisuksiin. Liikkuvien osien kanssa kaikki ylimääräi-
nen lika kuluttaa, tai saattaa jumittaa liikkuvia osia. Tuulettimien jumittuessa laitteisto
ylikuumenee ja saattaa rikkoa elektroniikan komponentteja, pahimmassa tapauksessa
tulipalon riskin. Kuviossa 6 on esitetty Martin Mac Viper Profilen huoltoväli. Kuviossa käy
ilmi, että polttimon lisäksi tulisi puhdistaa säännöllisesti ilmansuodattimet ja useampi mo-
duuli kokonaisuus heittimen sisällä.

Part description		Total lamp hours																													
		750 hrs	1500 hrs	2250 hrs	3000 hrs	3750 hrs	4500 hrs	5250 hrs	6000 hrs	6750 hrs	7500 hrs	8250 hrs	9000 hrs	9750 hrs	10500 hrs	11250 hrs	12000 hrs	12750 hrs	13500 hrs	14250 hrs	15000 hrs	15750 hrs	16500 hrs	17250 hrs	18000 hrs						
F I X T U R E	Head - general	C	C	C	Contact Martin Professional A/S			C	C	C	Contact Martin Professional A/S			C	C	C	Contact Martin Professional A/S			C	C	C	Contact Martin Professional A/S			C	C	C			
	Lamp	R/A	R/A	R/A	R/A	R/A	R/A	Contact Martin Professional A/S			R/A	R/A	R/A	Contact Martin Professional A/S			R/A	R/A	R/A	Contact Martin Professional A/S			R/A	R/A	R/A	Contact Martin Professional A/S			R/A	R/A	R/A
	Air Filters	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Color mixing module	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Projection module	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Zoom focus module	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
B A S E	Base - general	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	Base air filter		C		C			C			C			C			C			C			C			C			C		
Technician skill level		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Conditions	
Ambient temperature	40 °C
Voltage / frequency	Within specified range for the product

Code	
I	Inspect
R	Replace
C	Clean
L	Lubricate
A	Adjust
U	Update

Kuvio 6. Valaisimen huoltoväli

Haastateltavat pitivät laitteiston huoltamista ja kunnan tarkkailua tärkeänä osana rutiini-
omaista toimintaa. Nopea reagointi varaosiin tai korvaaviin laitteisiin katsottiin suureksi
eduksi. Varaosia tai korvaavia laitteita voi olla maahantuojuilla tai muilla alan firmoilla,
kunhan niitä on saatavilla. Säännöllisellä puhdistuksella ja tarkistuksilla voidaan pidentää
laitteiston elinkaarta ja välttyä ikäviltä sattumilta tapahtumissa. Laitteiston huoltotoimien
yhteydessä voidaan huomata löystyneitä tai lähes rikkoutuneita osia, jotka voidaan kor-
jata ennen kuin mitään menee rikki tai vahingoittaa mahdollisesti muita laitteiston kom-
ponentteja.

Laitteiston rikkoutuessa uusien komponenttien saamisen tulisi olla mahdollisimman help-
poa. Laitevalmistajat harvemmin lähettelevät yksittäisiä komponentteja kuluttajille tai

kaikille yrityksille. Tuotemerkeillä voi olla tarkkaankin säännelty korjauspolitiikka laadunvalvonnan varmistamiseksi myös huollon tai korjauksen tapauksessa. Näissä tapauksissa maahantuojan rooli korostuu. Yrityksillä saattaa olla joitain varaosia hyllyssä tai varalaitteita lainaan huollon ajaksi.

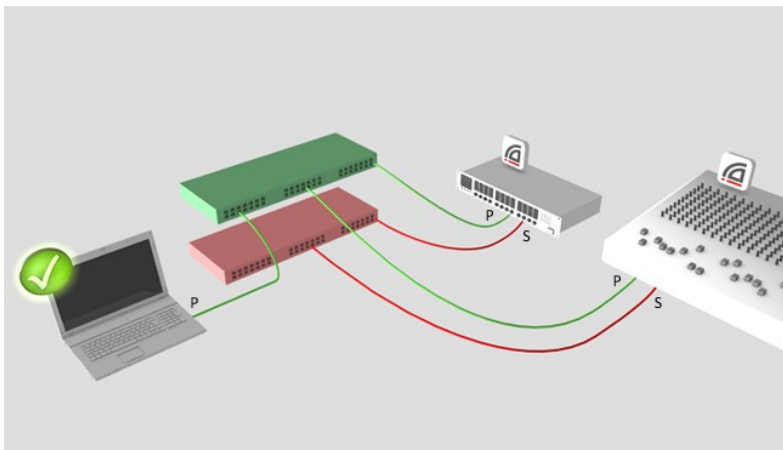
5 Korkea saavutettavuus esitystekniikassa

5.1 High availability esitystekniikassa

esitystekniikassa luotettavuutta lisääviä tekijöitä on pyritty jatkuvasti kehittämään ja lisäämään. Laitteiston ominaisuudet ovat muovautuneet kestävämmäksi kovempaa fyysistä rasitusta ja laitteistoa on mahdollista kahdentaa. Videoservereitä lähes poikkeuksetta ohjataan etäältä, joten samaa ohjaussignaalia voidaan käyttää useamman laitteen samanaikaisen kuvan toistamiseen. Mahdollisessa videoserverin vikatilanteessa voidaan kuvanlähde vaihtaa videomatriisissa varalaitteeseen. Laitteiden lisääminen signaaliketjuun lisää vikaantumisen riskiä, mutta kuvakytkimiä tai matriiseja pidetään toistaiseksi luotettavampina kuin servereitä. Hyödyt videoservereiden kahdentamisesta koetaan olevan suurempia, kuin lisääntyneiden laitteiden aiheuttama rasite signaaliketjussa.

5.2 Ethernet verkot

Verkkoteknologia alkaa olla hyvinkin monipuolisesti integroitu esitystekniikan laitteisiin. Sen lisäksi, että hallinta on helpompaa yhdestä pisteestä, myös itse informaation siirto on siirtynyt voimakkaasti ip pohjaisiin ratkaisuihin. Etuna verkkopohjaisissa siirtoprotokollissa on signaalin siirron helppo kahdentaminen ja jakelu. Verkkoinfrassa on vuosikymmeniä kehitelty mahdollisimman monipuolisia ja luotettavia tapoja siirtää dataa ja varmistaa mahdollisimman häiriötön käyttö lähes kaikissa vikatilanteissa. Verkkokytkimissä on standardoituja protokollia siirtää dataa useamman pisteen välillä kahdennettuna juuri vikasietoisuuden tai datamäärän lisäämisen vuoksi. LACP:ssa eli Link Aggregation Control Protocollassa kytkimet jakavat datan useampaan fyysiseen kaapeliin yhdeksi virtuaaliseksi datavirraksi. (Cisco networks n.d.) Kaapelirikon sattuessa siirrytään käyttämään toisia signaaliiteitä automaattisesti. Kaapeloinnin lisäksi myös kytkimiä voidaan kahdentaa ja jopa kytkimen vikatilanne ei välttämättä edes vaikuta lopputulokseen. Audinaten kehittämä Dante -protokolla on yksi yleisimpiä verkkopohjaisia audionsiirtotavoista. Dante -verkkoa hyödyntävissä laitteissa on vähintään primary portti, mutta secondary portilla voidaan kahdentaa signaalinsiirto. Kuviossa 7 on esitetty audioverkko, joka on kahdennettu kahdennetulla kaapeloinnilla ja erillisillä kytkimillä primary- ja secondary-verkkoihin.



Kuvio 7. Audinaten ohjekirjasta verkkoesimerkki 2

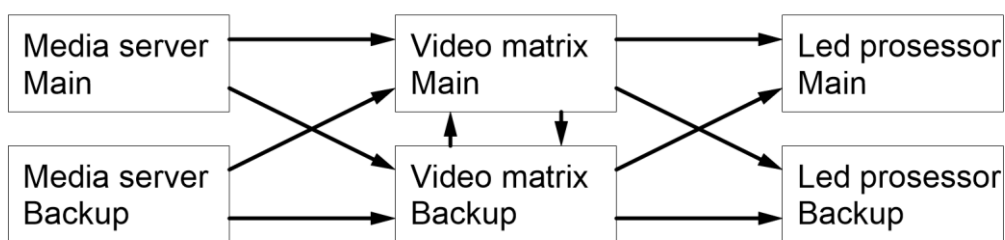
5.3 Kaapelointi

Kaapeloinnissa liittimen tulee pysyä kiinni ja kaapelointiin voi kohdistua paikoittain suuria rasituksia. Mikä kiinteässä asennuksessa voi toimia ja olla kustannustehokas ratkaisu voi esitystekniikassa aiheutua ikäväksi ongelmaksi. Cat -kaapeloinnissa rj-45-liittimien lukitusklipsit ovat hauraita ja kestävät vain rajallisen määrän liitoksia. Etenkin purkutilanteissa kaapelia keriyessä klipsi jää herkästi kiinni ja murtuu. Kuluttajaliittimiin on ollut jo alku metreiltä asti tarjolla klipsien suojilla varustettuja kaapeleita, mutta esitysteknisiin liittimiin ja alan standardiksi muodostunut Neutrikin valmistama Ethercon -liitin on metalliseen suojavaippaan tehty liitin kestävämmän kovaa kulutusta. Liittimille on saatavilla suojarahuppuja estämään pölyn ja lian pääsyä pienille datapiikeille. Virtaliittimiin on olemassa lukkiutuvia ja kosteutta kestäviä liittimiä. Samaisen valmistajan kehittämä PowerCON -sarjan tuotteet on suunniteltu pysymään kiinni, vaikka liittimeen kohdistuisi suurtakin fyysistä rasitusta. Laitteistoa voidaan joutua sijoittamaan paikkoihin, joissa ihmiset liikkuvat ja virtakaapeli saattaa vahingossa irrota tai laiteräkin sisälle tehty valmis kaapelointi saattaa irrota kuljetuksen aikana. Ahtaasti kalustetun räkin sisällä irronnutta piuhaa voi olla todella vaikea saada takaisin paikalleen ilman suurempaa purkamista ja uudelleen kasaamista. Myös etukäteen valmistellun laitteiston kuljetuksessa säästytään suurelta vaivalta, jos tapahtumapaikalla ei tarvitse lähteä tarkistamaan virtaliittimiä. Huonosti kiinni oleva virtaliitin saattaa aiheuttaa valokaaren pistokkeessa ja vahingoittaa kaapelia sekä laitetta.

5.4 Esimerkkejä kahdentamisesta

Kahdennettuja järjestelmiä on tuotu teollisuudesta sekä tietotekniikasta ja niitä on kehitelty soveltumaan esitystekniikassa mahdollisimman hyvin. Esitystekniikan valmistajat ovat ottaneet suoraan jo olemassa olevia järjestelmiä ja hyödyntäneet niitä omassa tuotekehityksessään. Esimerkkinä kahdennetut virtalähteet kriittisiin kohteisiin, ovat tulleet suoraan tietotekniikasta ja servereiden kahdennetuista virtalähteistä. Kriittisiä kohteita voivat olla äänipöydät, lavarasiat, kuvamatriisit, ethernet kytkimet ja datansiirto yleisestikin voi hyödyntää kahdennettuja virtalähteitä. Laite pystyy toimimaan, vaikka toinen virtalähteistä tai syötöstä sammuisikin.

Ethernet verkoissa datan liikuttelu kahdennettuna tai eri reittejä pitkin on luotu todella monipuoliseksi. Tietotekniikassa aihe on jo suhteellisen vanha, mutta tärkeä kysymys tänäkin päivänäkin, joten sille on pitkälle viety standardi ja laitteisto siirtää dataa pitkiä matkoja turvallisesti. Verkkoliikenteenä liikkuu esitystekniikassa monipuolisesti ohjausjärjestelmät niin laitteiston hallinnan, valon ohjauksen kuin äänenkin signaalin siirron osalta. Valolla yleisimpiä protokollia ovat Art-net, sACN ja valmistajien omat suljetut järjestelmät, kuten ma-net. Äänessä laajasti implementoitu standardi on esimerkiksi Audinaten kehittämä dante verkko, mutta myös eri laitevalmistajilta löytyy omia verkkopohjaisia ratkaisuja tai laajennuskortteja. Tapahtumissa videon toisto verkossa on vielä toislaiseksi hyvin pientä. Signaalin pakkaaminen pienemmäksi tuo viivettä ja pakkaamaton kuvavirta on tiedostokooltaan hyvin suurta ja saattaa ruuhkauttaa kytkinverkon.



Kuvio 8. Järjestelmäkuva kahdennetusta videojärjestelmän reitistä

Esimerkin kuvajärjestelmässä koko kaapelointi ja laitteisto on kahdennettuna. Vikatilanteessa signaalireitti pystytään aina reitittämään toissijaista kautta ja ohittamaan ongelmalliset kohteet. Nykypäivän edistyneisimmissä järjestelmissä eri komponentit voidaan verkottaa keskenään, jolloin yksittäisten laitteiden mennessä vikatilaan voi

järjestelmän automaatio ohittaa ongelmakohdan ilman käyttäjän erillisiä toimia. Media-serverin havaitessa toisen laitteen olevan poissa verkosta, se lähettää videomatriiseille käskyn laukaista tietyn esiohjelmoidun tilanteen, jossa vara serverin kuva näytetään ulostuloissa. Kuvamatriisin hävitessä ledi prosessorit osaavat käyttää toista kuvalähdettä, ja ledi prosessorin vikatilanteessa yksittäiset ledimoduulit käyttävät varaprosessoria.

Vikatilanteessa automaatio voi pelastaa paljon ja olla hyvin paljon ihmistä nopeampi ongelman ratkaisussa. Ongelmatilanteita vain on määrättömän paljon hyvin erilaisia. Laite voi mennä eräänlaiseen vikatilaan ja osa sen toiminnoista vielä säilyy. Voi olla, että kuvasignaali on vielä päällä, mutta kuva jähmettyntä tai siinä on häiriöitä. Näissä tilanteissa laitteisto ei välttämättä osaa mennä vikatilaan ja käyttää varajärjestelmiä. Ainakin vielä toistaiseksi esitystekniikan järjestelmät tarvitsevat ihmistyötä valvontaan ja vikatilanteiden ratkaisuun, mikäli häiriöitä tai niiden kestoa halutaan minimoida tapahtumissa.

Laitteen vikasietoisuutta voidaan lisätä kriittisten ominaisuuksien kahdentamisella tai liittimen lukkiutumisella. Se ei kuitenkaan poista riskitekijää laitteen yksinäisten komponenttien rikkoutumiselta tai ulkoisilta vahingoilta. Vain toisella vastaavanlaisella laitteella tai kokonaan eri kaapelointireitillä voidaan tehdä todellinen kahdennus.

5.5 Milloin olisi syytä kahdentaa?

Osa laitteistoista ja ohjelmista on suunniteltu helposti kahdennettaviksi ja vikasietoisiksi järjestelmiksi. Osa esimerkiksi tietotekniikan alalta, osa suoraan esitystekniikan tarpeisiin. Osittain järjestelmän kahdentaminen on helppoa luotujen protokollien tai laitteistojen ominaisuuksien ansiosta. Kaikkein herkimpien ja esityksen sujumisen kannalta tärkeisiin kohteisiin on luotu helposti kahdennettavia järjestelmiä. Verkkokytkeä, mediaservereitä tai valopöytiä voidaan tuoda samaan esitykseen toimimaan rinnakkain. Minkä tahansa näistä kaatuminen saattaisi keskeyttää koko tapahtuman, mutta kahdennetuissa järjestelmissä kyseistä ongelmaa ei edes välttämättä huomaa kukaan ulkopuolinen. Kahdentamisen ei tarvitse olla edes kallista. Ledi tauluille on tyypillistä kaapeloida pää- ja varasignaali. Paneeli osaa itse vaihtaa signaalin tarvittaessa ja kuvassa näkyy korkeintaan pieni räpsähdys. Haastatteluissa saadun lausunnon perusteella: ”On vain tyhmää olla kahdentamatta, mikäli se on helppoa.”

Koko järjestelmän kahdentaminen on melko haastavaa. Vähintäänkin rahallinen paine koko laitteiston kahdentamiseen on todella kova. Valaisimien määrän voi lisätä kaksinkertaiseksi tai projektoreita voidaan laittaa päällekkäin mahdollisen sähkö, kaapeli, tai laiterikon varalle. Tilaisuuden luonne tai asiakkaan toiveet vaikuttavat varauduttaviin toimenpiteisiin. Lähtökohtaisesti kriittisten alueiden kahdentaminen riittää ja on kustannustehokasta. Catering -huoneen tarkkailukuvan pätkiminen ei juurikaan haittaa tilaisuuden sujuvuutta, eikä sen takia kannata välttämättä laittaa toista televisiota ja kaapelointia. Mikäli yleisön pääalueen kaiuttimista ei kuulukaan ääntä on tilanne hieman erilainen. Kaiuttimien kaapeloinnin hajauttamisella vain osa kaiuttimista saattaa pimentyä, mutta suurin osa yleisöstä ei välttämättä edes huomaa ja tapahtumaa voidaan todennäköisesti jatkaa pienistä ongelmista huolimatta.

6 Johtopäätökset

Opinnäytteen tarkoituksena on lisätä tietoisuutta yksittäisten laitteiden ja järjestelmien heikoista kohdista, sekä kertoa, mitä eri muuttuvia tekijöitä tulisi osata ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa ja tapahtumapaikalla. Näin voidaan viedä omia toimintatapoja kohti varmempaa ja sujuvampaa esitysteknistä ratkaisua. Opinnäytteessä määritellään yleisimmät riskit ja kerrotaan, miten ongelmatilanteilta sekä esityksen katkeamiselta voitaisiin mahdollisesti välttyä. Yksittäistä oikeaa toimintatapaa on mahdotonta sanoa, koska tapahtumia, laitteita ja käyttäjiä on todella erilaisia.

Esitystekniikan määrä on jatkuvasti tapahtumissa kasvussa. Eri osa-alueiden hallintaan ja sujuvan esityksen aikaan saamiseksi vaaditaan taustalle järkevä ja hyvin suunniteltu infrastruktuuri. Esityksen tarpeet, laitteet ja muut toimijat tulee tiedostaa, jotta tekniikka voitaisiin suunnitella ja valmistautua hyvinkin tarkasti. Hyvin suunniteltu toteutus on kaikille sujuvampaa, vähentää väärinymmärryksiä, lisää tyotehokkuutta ja ennen kaikkea toimitusvarmuutta. Selkeät dokumentit tapahtuman rakennusvaiheessa kertovat kaikille työntekijöille mihin mitäkin kuuluu sijoittaa, tai miten kaapeloinnit tulee kytkeä. Vianetsintätilanteessa selkeästä dokumentista voi lähes kuka tahansa lähteä seuraamaan kaapelointia tai testaamaan yksittäisiä laitteita linkissä. Selkeässä suunnittelussa tapahtuman kulku tulisi olla jo selkeä ja tapahtumaan pystytään mahdollisesti tekemään ennakkotyönä valo, video tai ääni ohjelmointeja ja säätöjä laitteisiin sekä todentamaan järjestelmän toimivuus. Varastolla vianetsintä on huomattavasti mukavampaa ja testausmahdollisuuksia tai varalaitteita löytyy todennäköisesti huomattavasti helpommin. Esiohjelmoitua ja testattua laitteistoa vähentävät tapahtumapaikalla käytettävää aikaa, joka hyvin usein on melko rajallista.

Käytettävissä oleva laitteisto tulee olla riittävän laadukasta toimiakseen luotettavasti tapahtumissa. Laitteiston komponenttien ja ominaisuuksien tulee kestää kovaakin kuluusta tapahtumaympäristössä, jossa laitteistoa liikutellaan useasti. Toimivaksi todettuja laitteita ja laitevalmistajia voidaan pitää luotettavuuden parantajina, muttei takaajina. Kaikki laitteet kuluvat ja osat vanhenevat.

Laitteistoa pitää huoltaa ja varmistaa niiden toimintakyky ennen kuin ne rikkoutuvat. Laitteistoa saattaa rikkoutua tai mennä vikatilaan huollosta riippumatta, kuten huolimattomuuden tai erityisen kovan kulutuksen takia. Varalaitteita tulee olla saatavilla korvaamaan järjestelmän rikkoutuneet kohdat. Laitteistolla voidaan olla varauduttu

vikatilanteisiin ja laitteiston luotettavuuden olevan näin korkeampi. Kahdennettavilla osilla voidaan varautua laitteiston sisäisiin vaurioihin tai ulkoisiin vaikuttajiin. Ulkoisia vaikuttajia voidaan laitteistossa ennakoida myös kahdennetulla kaapeloinnilla tai lukkiutuvilla liittimillä.

Laitteistossa ohjelmistot vaikuttavat nykypäivänä suuresti laitteen toimintaan. Ohjelmisto voi mennä vikatilaan siinä missä laite fyysisestikin rikkoutua. Ohjelmistojen luotettavuutta voi olla vaikea arvioida, mutta käyttäjäkokemus tapahtumista ja valmistajan aktiivinen kehitystyö antaa luotettavuutta mahdollisten ongelmien korjaamiselle. Käyttäjän tietokoneille asennettavat ohjelmat saattavat luottaa suuresti tietokoneen käyttöjärjestelmän ominaisuuksiin tai muokata sitä hieman. Ongelmaksi voi syntyä useampien ohjelmistojen käyttäminen samalla tietokoneella. Tiedostorakenteessa voi olla muutoksia tai käyttöjärjestelmäpäivitys voi saada osan ohjelmistoista vikatilaan. Tietokoneita voidaan käyttää vain yhteen käyttötarkoitukseen ja välttyä joiltain ongelmilta, joita normaalissa käytössä olevilla koneilla voidaan havaita. Erikseen määrättyjen koneiden lisäksi ohjelmistovalmistajat ovat voineet tehdä tuotteita vain kyseisen ohjelmiston käyttämiseen. Valmistajien omassa suljetussa ekosysteemissä ohjelmiston kehitys on kokonaan yhden toimijan hallinnassa, eikä ulkopuoliset toimijat pääse siihen vaikuttamaan.

Ihmisen toiminta pitää pystyä arvioimaan koko tapahtumaprosessin ajan. Jo heti alkuvaiheessa on hyvä miettiä mahdolliset vaarat, jotka ovat ihmisen aiheuttamia. Kaapelointi, laitteiston sijoitus ja muut toimijat. Kaapelointi, joka joutuu kulutukselle alttiiksi kuten kulkujen tai ovien läheisyydessä, tulee suojata mahdollisimman hyvin. Ihmisen kulku tai tavaroiden liikuttelu saattaa osua tai puristaa kaapelointia ja rikkoa sen.

Yllättäviä muutoksia voi tulla lyhyelläkin varoitusajalla. Muutokset voivat olla pieniä tai melko suuriakin. Järjestelmäsuunnittelussa pitää varautua joustavuuteen, mikäli alkuperäinen malli ei toimikkaan tai järjestelmään pitää lisätä laitteita. Ihmisen toimintaa on muutosten tekeminen, mutta muuttuvat olosuhteet saattavat aiheuttaa virhetilanteita. Laitteita on voitu kytkeä väärin tai vaarallisesti. Laitteisto pitää pystyä testaamaan ennen esitystä, ja vialla olevat kohteet korjata. Vikojen korjaaminen tapahtumapaikalla voi jälkikäteen olla huomattavankin vaikeata. Laitteistoa ripustetaan korkealle ja alle saattaa rakentua muuta tekniikkaa, lavasteita tai esiintyjän rekvisiittaa. Laitteiston luokse pääseminen voi vaatia henkilönostinta tai kiipeilyvarustusta. Nämä pitäisi olla saatavilla vähintään koko rakennuksen tai purkamisen aikana, mieluiten koko tapahtuman ajan. Kiireellisten aikataulujen takia suuret muutokset voivat olla todella vaikeita toteuttaa.

Ihmisen toiminnassa ratkaisukeskeisyys on keskiössä muutos ja vikatilanteissa. Tapah-
tumapaikalla käytettävissä on yleensä melko rajalliset resurssit. Laitteistoa pitää olla
osattu varata tarpeeksi vikaantumisten varalle ja niiden tulee olla tarpeeksi monipuolisia
muutostilanteisiin. Ohjelmistojen kanssa toimiessa laitteisto tulee osata ohjelmoida toi-
mimaan halutulla tavalla ja tarvittavat säädöt ohjelmoida. Ohjelmistojen kanssa toi-
miessa laite ei aina käyttäydy halutulla tavalla ja ongelmatilanne pitää osata ratkaista.
Ensiksi tulee määrittää, onko kyseessä inhimillinen virhe teknikon suorittamissa sää-
döissä, laitevalmistajan ohjelmistovirheestä vai useamman laitteen eroavaisuudesta
kommunikaatiossa. Tiedonsiirrossa samoista standardeista voi olla eri versioita ja ne ei-
vät välttämättä ole keskenään yhteensopivia. Myös ohjelmistojen kehittäjät voivat tehdä
inhimillisiä virheitä tai laitetta ei ole suunniteltu toimimaan käyttäjän haluamalla tavalla.

Luotettavat, testatut ja hyväksi todetut laitteistot helpottavat työskentelyä. Tutuissa lait-
teissa tiedostetaan mahdolliset rajoitteet tai heikkoudet ja osataan käyttää niitä oikean-
laiseen käyttöön. Laitteiston kanssa, jolla voidaan varautua eri uhkakuviin ja välttää niitä
on käytännössä aina hyvä asia. Fyysisten ominaisuuksien monipuolisuus kuten lukkiu-
tuvat liittimet tai kahdennettu virtalähde antavat turvaa järjestelmälle. Lukkiutuvilla liitti-
millä voidaan välttyä ulkoisilta tekijöiltä kuten vahingossa ohikulkemalla nykäistessä piu-
haa tai kahdennetulla virtalähteellä virran sammussa. Kahdennettu virtalähteen ei tar-
vitse pelkästään suojella siltä, että itse laitteen virtalähde rikkoutuisi. Todennäköisempää
on, että virran syöttöön saattaa vaikuttaa jokin muu asia kuten oikosulku jatkojohdossa,
kaapelin irtoaminen tai vioittunut toinen laite samassa virtalenkissä. Kaikki laitteet voivat
mennä rikki ja UPS (uninterruptible power supply) eli varavirtalähdekin voi mennä rikki
tai ulostulon virtakaapeli irrota, jolloin kaikki tässä virrassa olevat laitteet sammuvat, ellei
niillä ole toista virtalähdettä jostain muusta virrasta tai akusta.

Tiedon etsiminen eri laitteista tai laitevalmistajista on nykypäivänä hyvinkin helppoa ja
vaivatonta. Laitevalmistajat kertovat tuotteistaan nettisivuillaan paljonkin ja nostavat
esiin uusia ominaisuuksia tai korostavat kuinka hyvä ja monipuolinen tuote on. Tiedon
jakamisessa on vaihteluita valmistajien tai pelkästään tuotteiden kesken ja kriittisellä lu-
kemisella voi analysoida tuotetta jo paljon pelkän nettisivun perusteella. Geneerisem-
missä tuotteissa pääpointteina voivat olla liittimet, koko tai suuri teho. Mikäli tuotteen
laadukkuutta tai todellisia ominaisuuksia halutaan esitellä, olisi jaettuna todennäköisesti
mittaustuloksia, tuettuja standardeja ja esimerkkejä miksi kyseinen ratkaisu helpottaa
työskentelyä juuri kyseisen laitteen kanssa.

Järjestelmissä selkeän ja vaatimuksiin pystyvän toiminnan lisäksi pitäisi pystyä varautumaan vikatilanteisiin. Mitä nopeammin ja vaativimmista tilanteista laitteisto pystyy selviytymään, sitä luotettavampana sitä voidaan pitää. Vain kahdentamalla voidaan saada järjestelmään lisää luotettavuutta vikatilanteita kohtaan, muilla keinoilla ainoastaan pienentää riskiä.

Kahdentamisella voidaan varautua äkillisiin vikaantumisiin ja ohittaa ongelmakohdat tarpeen vaatiessa. Kahdentamiseen tulisi pyrkiä niin, että laitteiston käyttämisestä tai hallinnoimisesta ei tule liian monimutkaista. Yksinkertaiset järjestelmät ovat helpommin hahmotettavissa ja näin ollen vikatilanteet voivat olla helpommin tunnistettavissa. Kahdennettaessa usein joudutaan joustamaan yksinkertaisuudesta. Järjestelmää halutaan useimmiten hallita yhtenä kokonaisuutena, joten rinnalle ei voida rakentaa toista erillistä järjestelmää, vaan laitteistojen tulee toimia keskenään ja osata vaihtaa käyttämään toimivaa signaalireittiä vikatilanteessa.

Kahdennettaessa järjestelmää, selkeyttää hyvinkin paljon, jos käytettävissä on toinen identtinen laite. Samanlaisella laitteella käy sama ohjelmointi ja toiminnasta voidaan olla varmoja, että laitteiden tulisi suoriutua samalla tavalla. Kahdennusta voidaan tehdä myös hieman eri laitteilla tai täysin eri laitevalmistajan tuotteilla. Lopputuote voi olla käytännössä sama kuin identtisillä laitteilla kahdennettaessa, mutta järjestelmän hallinta todennäköisesti muuttuu haastavammaksi. Haastavampi hallinta lisää vikaantumisen mahdollisuutta ja pidentää vianetsinnän aikaa, ollen käyttövarmuudeltaan alhaisempi kuin identtisillä laitteilla tehty kahdennus.

Laitevalmistajat ovat tehneet töitä, jotta laitteiston vikasietoisuutta voitaisiin parantaa ja kahdentamisen olisi mahdollisimman helppoa. Laitteisto saattaa tukea kahdennettua kaapelointia tai -virtaa. Koko järjestelmää ei ole välttämätöntä tai aina edes mahdollista kahdentaa. Kaikella kahdentamisella saadaan vikasietoisuutta kasvatettua ja edes kriittiset kohteet olisivat vähintäänkin suotavaa kahdentaa. Vähintäänkin jos laitevalmistaja on tarjonnut yksinkertaisen ja tehokkaan tavan, kahdentaa kannattaa se aina käyttää.

Lähteet

Atec 2000. Department of defence test method standard for environmental engineering considerations and laboratory test

<https://www.atec.army.mil/publications/mil-std-810f/milstd810f.pdf>

(luettu 21.1.2023)

Blackmagic Design n.d.

<https://www.blackmagicdesign.com/products/microconverters>

(Luettu 8.4.2023)

Chaturvedi Sanjay K. 2016. Network Reliability. e-kirja. Massachusetts, Yhdysvallat: Scrivener Publishing LLC. https://learning.oreilly.com/library/view/network-reliability/9781119223566/?sso_link=yes&sso_link_from=metropolia-university (Viitattu 18.5.2023). Rajoitettu käyttöoikeus.

Cisco n.d. Inspection and Cleaning Procedures for Fiber-Optic Connections.

<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/optical/synchronous-digital-hierarchy-sdh/51834-cleanfiber2.html>

(Luettu 25.2.2023)

Cisco n.d. Link Aggregation Control Protocol (LACP) (802.3ad) for Gigabit Interface.

https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2sb/feature/guide/gigeth.html

(Luettu 22.4.2023)

Disguise n.d. Release notes for r24.4

<https://download.disguise.one/>

(Luettu 15.5.2023)

Eurolab.net n.d. MIL-STD-810F sotilasvarustetestit.

<https://www.eurolab.net/fi/testler/askeri-testler/mil-std-810f-askeri-ekipman-testleri/>

(Luettu 21.1.2023)

Fluke networks 2018. Is Your Fiber End Face Up to Scratch?

<https://www.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles/your-fiber-end-face-scratch>

(Luettu 18.5.2023)

Hawkins Michael & Piedad Floyd 2000. High Availability: Design, Techniques, and Processes. [e-kirja]. New Jersey, Yhdysvallat. Prentice Hall.

Huntington John 2017. Show network & control system second edition. Brooklyn, Yhdysvallat: Zircon Design Press

IBM n.d. High availability overview.

[https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/ssw_ibm_i_73/rzari/rzarigetstar-
ted.htm](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/ssw_ibm_i_73/rzari/rzarigetstar-
ted.htm)

(Luettu 24.10.2019)

Koski, Paula 2015. Rap-artisti Tygan keikka alkoi myöhässä. Verkkoartikkeli. Iltalehti. 27.6.2015

<https://www.iltalehti.fi/viihde/a/2015062719940954>

(Luettu 15.5.2023)

Martikainen Soili, Ranta Tiina 2016

Turvallinen tapahtuma – opas oppilaitosten ja korkeakoulujen tapahtumajärjestäjälle

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-799-438-5>

Martin 18.5.2018

<https://www.martin.com/en/products/mac-viper-profile>

User guide, Saety and installation manual

Netgear 2020, 38

<https://www.downloads.netgear.com/files/GDC/datasheet/en/M4300.pdf>

Neutrik n.d.

<https://www.neutrik.com/en/product/nc3fxx?c=audio>

(Luettu 21.4.2023)

Roe visual n.d.

<https://www.roevisual.com/en/products/black-pearl-2v2>

(Luettu 18.5.2023)

Oggerino Chris 2001. High Availability Network Fundamentals. [e-kirja]. Indianapolis, Yhdysvallat: Cisco Press.

Resolume n.d.

<https://resolume.com/support/en/7.13.2/tech-specs>

(Luettu 15.5.2023)

Robe n.d. 10, 50, 56

<https://www.robe.cz/iforte#downloads-58>

(Luettu 18.5.2023)

Seaman Mick 1999. Link Aggregation Control Protocol.

https://www.ieee802.org/3/ad/public/mar99/seaman_1_0399.pdf

(Luettu 22.4.2023)

Sios n.d. High availability.

<https://us.sios.com/resource/high-availability/>

(Luettu 9.4.2023)

Sony 2022, 130

https://pro.sony/en_GB/support-resources/pxw-fx9/manual

Vanhala, Akseli 2022. Kansallisteatteri joutui perumaan loppunmyydyt näytöksen kesken kaiken – yleisöltä poikkeuksellinen reaktio. Verkkoartikkeli. Ilta-sanomat. 26.11.2022.

<https://www.is.fi/kotimaa/art-2000009229177.html>

(Luettu 4.4.2023)

Haastattelut

Kesonen Timo. Järjestelmätekniikko, Capital Av. 28.4.2021

Köykkä Olavi. Head of sound, Bright finland. 3.5.2021

Malinen Riku. Tekninen tuottaja, Vantaan kulttuuripalvelut. 3.5.2021

Pellikka Jani. Tekninen tuottaja, Broadway finland. 20.4.2021

Haastattelukysymykset

Miten arvioit omissa suunnitelmissa esitystekniikan laitteiston tai järjestelmän luotettavuutta?

Mikä määrittelee hyvän tai luotettavan laitteen?

Kuinka suuri tekijä ihmisellä tai sen toiminnalla on häiriötekijöiden syntymiselle?

Pitäisikö pyrkiä kahdentamiseen eli Main/Backup ratkaisuihin? Onko tälle aina tarvetta?

Mikä tai mitkä ovat yleisimpiä ongelmatilanteita tekniikan kanssa?