



Miika Ärväs

# Esitysteknisen verkon perusteita

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi

Esitys- ja teatteriteknikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

5.5.2022

## Tiivistelmä

Tekijä(t):	Miika Ärväs
Otsikko:	Esitysteknisen verkon perusteita
Sivumäärä:	54 sivua
Aika:	5.5.2022
Tutkinto:	Medianomi (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Esitys- ja teatteritekniikan tutkinto
Suuntautumisvaihtoehto:	
Ohjaaja(t):	Lehtori, Timo Hiekkänen. Lehtori Mikko Pirinen.

---

Avainsanat: teatteritekniikka, verkot, verkko-ohjaus, esitystekniikka, av-ala

Opinnäytetyö avaa esitysteknisen verkon perusteita alan teknikoille ja siitä kiinnostuneille. Siinä käydään läpi esitysteknisen verkon toimintoja sanallisesti, teknisesti ja esimerkkikuvia tarkastellen. Sen tarkoitus on avata yleisellä tasolla, kuinka esitystekniset verkot rakentuvat, miten data verkossa kulkee ja mitä asioita on syytä ottaa huomioon. Se antaa perustiedot alan teknikoille, jotka suunnittelevat tai toteuttavat esitysteknisiä verkkoja tai työskentelevät niiden parissa.

Aluksi opinnäytetyössä käydään läpi lyhenteet ja symbolit sekä niiden selitteet. Tämän jälkeen luvuissa kolme ja neljä käydään läpi esitysteknisen verkon perusasioita, sen laitteistoa ja yleisimmät kaapelivaihtoehdot sekä niiden ominaisuudet. Syvällisemmin esitysteknisen verkon tiettyjä ominaisuuksia ja käsitteitä käydään läpi luvussa viisi. Lopuksi opinnäytetyössä esitellään Espoon kulttuurikeskuksen keskisuuri esitystekninen verkko, sen lähtökohdat ja kuinka se on toteutettu.

Käytetyt kuvat, IP-osoitteet ja muu dokumentointi Espoon kulttuurikeskuksen esitysteknisestä verkosta ovat käytössä sellaisenaan.

## Abstract

Author(s): Miika Ärväs  
Title: Basics of an AV Network  
Number of Pages: 54 pages  
Date: 5 May 2022

Degree: Bachelor of Culture and Arts  
Degree Programme: Live Performance Engineering  
Instructor(s): Timo Hiekkanen, Senior Lecturer  
Mikko Pirinen Senior Lecturer

---

Keywords: AV network, show network, technical theatre, entertainment technology

The purpose of this thesis is to provide basic information for industry technicians who design, implement, maintain, or work with AV-networks. Different functions of an AV network are examined verbally, technically and with sample images. This thesis opens at a general level how AV networks are built, how data flows online and what aspects need to be considered when designing or implementing AV networks.

Initially, the thesis goes through the abbreviations and symbols. Chapters three and four discuss the basics of an AV network, its hardware, and the most common Ethernet cable options and their features. Some features and concepts of the AV network are explained in more detail in chapter five. Finally, the thesis presents the medium-sized AV network of the Espoo Cultural Centre, its starting points and how it has been implemented.

The images, IP addresses and other documentation presented in chapter six are in active use at the Espoo Cultural Centre.

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lyhenteet ja symbolit	2
3	Verkko, datapakettien jakaminen ja verkkotopologiat	4
3.1	Verkko	4
3.2	Lähiverkko LAN	4
3.3	Laajaverkko WAN	5
3.4	Internet, WWW (World Wide Web)	5
3.5	Datapakettien jakelu	6
3.5.1	Unicast	6
3.5.2	Multicast	7
3.5.3	Broadcast	8
3.6	Yleisimmät verkkotopologiat	9
4	Lähiverkon kaapelit ja laitteet	12
4.1	Kategoria kaapelit TIA	12
4.2	Kuitukaapelit	14
4.3	Verkkokytkimet	16
4.3.1	Ei-ohjelmoitavat	17
4.3.2	Ohjelmoitavat	17
4.3.3	Energiansäästö	17
4.4	Reitittimet	17
4.4.1	Esimerkki reitittimen käytöstä esitysteknisessä verkossa	18
4.5	Palomuurit	19
4.6	IEEE802.11. WiFi ja tukiasemat	20
4.6.1	Service Set Identifier (SSID)	21
4.6.2	Langattomien verkkojen suojaus (WEP ja WPA/WPA2)	22
4.6.3	WiFi esitysteknisessä verkossa	23
5	Verkon käsitteitä ja toimintoja	23
5.1	Virtuaalilähiverkko VLAN	23
5.2	Bittinopeus ja kaistanleveys	27
5.3	Linkkien yhdistäminen	28
5.4	Broadcaststorm ja Vurityspuu, spanning tree STP	29

5.5	Kahdennettu verkko, redundant network	31
5.6	Power over Ethernet POE	31
5.7	OSI- ja TCP/IP-kerrokset	32
5.7.1	OSI-kerrokset	32
5.7.2	TCP/IP-kerrokset	33
5.8	Internet protocol IP	35
5.9	Dynamic host configuration protocol DHCP	37
6	Case-esimerkki Espoon kulttuurikeskuksen EKK esitystekninen verkko	37
6.1	Kytöntopologia	38
6.2	VLAN ja DHCP	41
6.3	Langattomat tukiasemat	43
6.4	Louhisalin valo- ja ääniverkon kytkentäkaaviot	46
6.5	IP-taulukko	49
6.6	Verkkokytkimen tiedot	51
6.7	Esitysteknisen verkon kehitysideoita	51
7	Yhteenveto ja kiitokset	52
	Lähteet	54

# 1 Johdanto

Esitustekniikan ala kehittyy valtavaa vauhtia, ja yhä suuremmissa määrin uudet ja jo olemassa olevat esitustekniset laitteet ja järjestelmät hyödyntävät tai toimivat verkon välityksellä tai sekä että. Teknikot, jotka toimivat alalla, eivät voi nykyäivänä ohittaa tätä aihetta. Tietoa kootusti esitusteknisistä verkoista, kuinka ne rakentuvat ja toimivat, löytyy suomen kielellä erittäin niukasti. Itse olen ollut kiinnostunut esitusteknisistä verkoista ja niiden tuomista hyödyistä jo vuosia. Näistä syistä olen valinnut opinnäytetyöni aiheeksi ”Esitusteknisen verkon perusteita”.

Opinnäytetyöni toinen luku koostuu symboli ja verbaalisanoista. Tämän jälkeen luvuissa kolme ja neljä käydään läpi esitusteknisen verkon perusasioita, sen laitteistoa ja yleisimmät kaapelivaihtoehdot sekä niiden ominaisuudet. Syvämmämin esitusteknisen verkon tiettyjä ominaisuuksia ja käsitteitä käydään läpi luvussa viisi. Luku kuusi pitää sisällään esimerkin keskisuuresta esitusteknisestä verkosta: sen lähtökohdista ja kuinka se on toteutettu. Esimerkki esitusteknisestä verkosta on Espoon kulttuurikeskukselta.

Käytetyt kuvat, IP-osoitteet ja muu dokumentointi Espoon kulttuurikeskuksen esitusteknisestä verkosta ovat käytössä sellaisenaan.

Opinnäytetyöni tarkoitus on avata esitusteknistä verkkoa alan tekniikoille ja siitä kiinnostuneille. Se ei kerro tarkasti, kuinka esitustekninen verkko tulisi rakentaa tai konfiguroida. Työni ei kerro tietoliikenteen yksityiskohtia esimerkiksi bittitasolla. Se ei myöskään kerro sitä, miten Dante-, MA-net-, Shownet- tai AVB-protokollat toimivat verkossa ja millä tavalla ne pitäisi huomioida verkkoa konfiguroitaessa.

Opinnäytetyöni tarkoitus on avata yleisesti, miten esitustekniset verkot rakentuvat, kuinka data verkossa kulkee ja mitä asioita on syytä ottaa huomioon. Sen

tarkoitus on antaa perustietoja alan tekniikoille, jotka suunnittelevat tai toteuttavat esitysteknisiä verkkoja tai työskentelevät niiden parissa.

Opinnäytetyö on tarkoitettu alan tekniikoille tai aiheesta kiinnostuneille, joilla on jo valmiiksi hieman tietoa tietoliikenneverkkoista.

## 2 Lyhenteet ja symbolit



= Verkkokytkin (engl: switch)



= Reititin (engl: router)



= Langaton tukiasema (engl: wireless access point)



= Palomuuuri (engl: firewall)

WAN = Laajaverkko (engl: Wide Area Network)

LAN = Lähiverkko (engl: local area network)

WAP = Tukiasema (engl: wireless access point)

ESS = Extended service set

Cat = Kategoria (engl: category)

IP = Internet-protokolla, (engl: internet protocol)

UDP = User datagram protocol

TCP = Transmission control protocol

MAC = Media access control

POE = Power over ethernet

VOIP = Voice over IP

STP = Spanning tree protocol

RSTP = Rapid spanning tree protocol

VPN = Virtuaalinen erillisverkko (eng: virtual private network)

SFP = Small form-factor pluggable

DHCP = Dynamic host configuration protocol

TIA = Telecommunications Industry Association

WEP = Wired equivalent privacy

WPA = Wi-Fi protected access

AVB = Audio video bridging

AV = AudioVisual

sACN = Streaming-ACN

Kehys = Frame

## 3 Verkko, datapakettien jakaminen ja verkkotopologiat

### 3.1 Verkko

Järjestelmästä, jossa kaksi tai useampi tietokonelaitetta käyttää samaa fyysistä infrastruktuuria ja joka mahdollistaa niiden kommunikoinnin keskenään, käytetään nimitystä verkko (kuva 1).

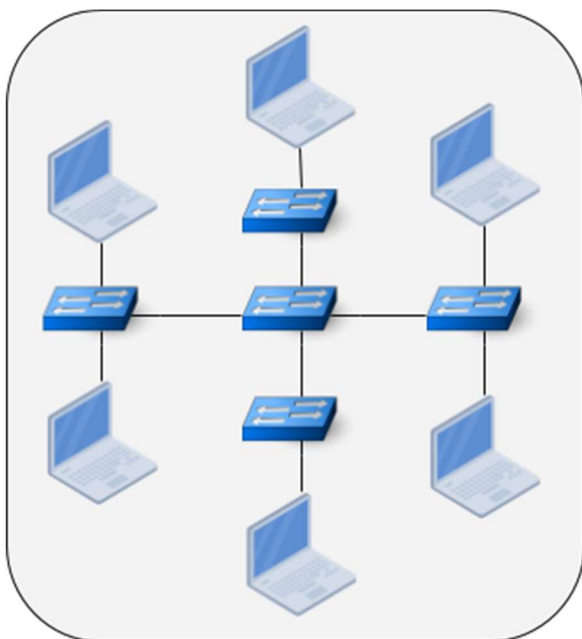


Kuva 1. Verkko.

Esitysteknisessä käytössä verkkoa hyödynnetään esimerkiksi ohjausdatan, videodatan ja äänidatan siirrossa. Sen avulla voidaan hallita ja ohjata ääni-, valo- ja videolaitteita. Verkkoa voidaan käyttää myös ääni- ja videodatan striimaamiseen. (Huntington 2020, 1; Jaakohuhta 2005, 4.)

### 3.2 Lähiverkko LAN

Lähiverkko LAN (Local Area Network) toteuttaa pienen rajatun alueen sisällä tapahtuvaa tietoliikennettä. Yleensä nämä verkot ovat yhden organisaation hallinnassa (kuva 2).



Kuva 2. LAN-verkko.

Suurin osa esitysteknisessä käytössä olevista verkoista on lähiverkkoja (Huntington 2021, 153; Jaakohuhta 2005, 4.).

### 3.3 Laajaverkko WAN

Laajaverkko WAN (Wide Area Network) kattaa suuria alueita ja pitkiä etäisyyksiä. Laajaverkot yhdistävät lähiverkkoja, ja kyseisen yhdistävän tekniikan toteuttavat yleensä teleoperaattorit. Laajaverkot ovat harvoin yhden organisaation hallinnassa.

Laajaverkkoa käytetään harvoin live-esityksessä (Huntington 2021, 153; Jaakohuhta 2005, 5).

### 3.4 Internet, WWW (World Wide Web)

Internet on tietoliikenneverkosta muodostuva valtavan suuri verkosto. Internet-protokolla (IP) on sen kulmakivi. (Huntington 202, 153-154.)

Esitysteknisiä laitteita ei kannata kytkeä internetiin, ellei niiden toiminta sitä ehdottomasti vaadi. Mikäli laite täytyy päivityksen tai toiminnallisen syyn takia yhdistää Internetiin, on syytä käyttää palomuuria tai muuta tietoturvaratkaisua, joka estää satunnaista hyökkääjää tunkeutumasta esitystekniseen verkkoon. (Huntington 2021, 113.)

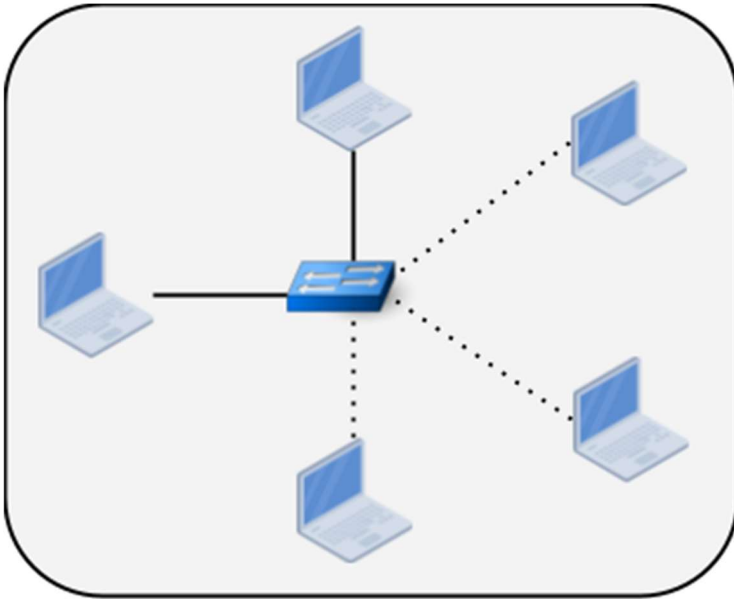
Internetiä on alettu hyödyntämään enemmän tilanteissa, joissa on tarve striimata ääntä (VOIP) ja videota verkkoon. Esimerkiksi seminaarit. Internetin avulla seminaareihin voidaan tuoda ihmisiä puhumaan eri puolilta maailmaa ilman, että heidän täytyy fyysisesti olla läsnä. Se mahdollistaa myös yleisön ja puhujan välisen vuorovaikuttamisen verkon välityksellä. Puhuja ja yleisö voivat käydä keskustelua keskenään, vaikka he fyysistesti olisivat erittäin kaukana toisistaan maantieteellisesti.

### 3.5 Datapakettien jakelu

Verkossa olevat laitteet voivat jakaa datapaketteja joko unicast-, multicast- tai broadcast-jakotavalla. Käytettävä jakotapa riippuu järjestelmän ja käyttäjän tarpeista. Usein laitteet käyttävät kaikkia jakotapoja yhtä aikaa. (Huntington 2020, 8-9.)

#### 3.5.1 Unicast

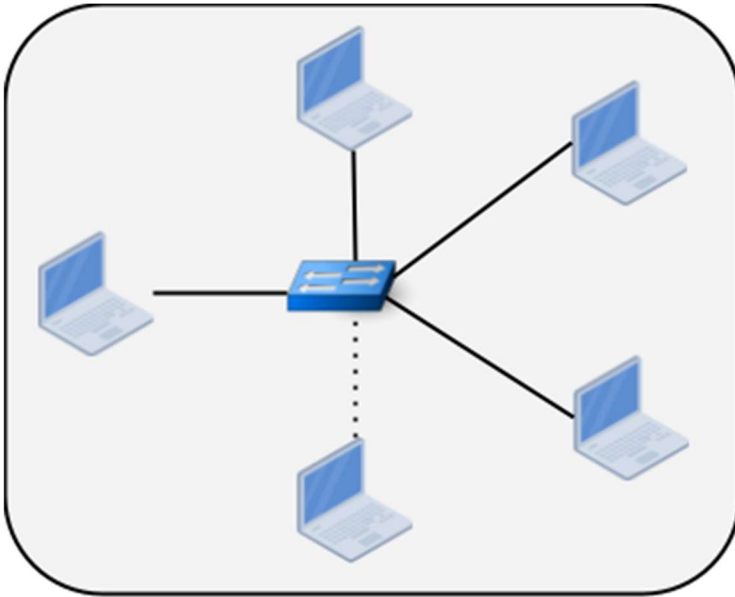
Kun yksi lähettävä laite jakaa datapaketit verkossa yhdelle vastaanottavalle laitteelle, silloin kyseessä on unicast-jakotapa (kuva 3) (Huntington 2020,9).



kuva 3. Unicast -jakotavassa kaksi laitetta keskustelee suoraan toistensa kanssa.

### 3.5.2 Multicast

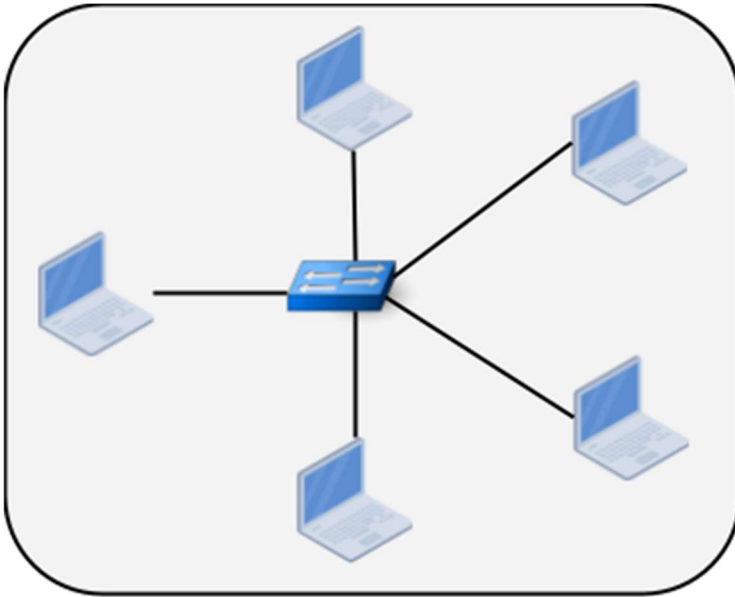
Kun laite lähettää datapaketit usealle verkossa olevalle laitteelle muttei kaikille, silloin kyseessä on multicast-jakotapa (kuva 4). Kun valotiskillä halutaan hallinnoida valoheitinryhmää, joka on kytketty esitystekniseen verkkoon, voitaisiin tällöin käyttää multicast-jakotapaa. Kyseisellä datalla on turha kuormittaa muita verkossa olevia laitteita kuin niitä, joille se on todella tarkoitettu. Multicast-jakotapa käyttää paljon vähemmän kaistanleveyttä kuin unicast-jakotapa. (Howell 2013, 64; Huntington 2020, 9.)



Kuva 4. Multicast-jakotavassa useampi laite verkossa keskustelelee suoraan toistensa kanssa.

### 3.5.3 Broadcast

Kun laite jakaa datapaketit kaikille verkossa oleville laitteille, silloin kyseessä on broadcast-jakotapa (kuva 5). Tämä ratkaisu on erittäin yksinkertainen ja tehokas. Huono puoli broadcast-jakotavassa on se, että datapaketit jaetaan kaikille laitteille verkossa. Ne joutuvat käsittelemään datapaketit, vaikka eivät niitä tarvitsisi. Tästä syystä broadcast-jakotapa voi turhaan kuormittaa verkkoa ja pienentää esimerkiksi käytössä olevaa kaistanleveyttä. (Howell 2013, 34; Huntington 2020, 9-10.)



Kuva 5. Broadcast-jakotavassa kaikki laitteet verkossa keskustelevat suoraan toistensa kanssa.

### 3.6 Yleisimmät verkkotopologiat

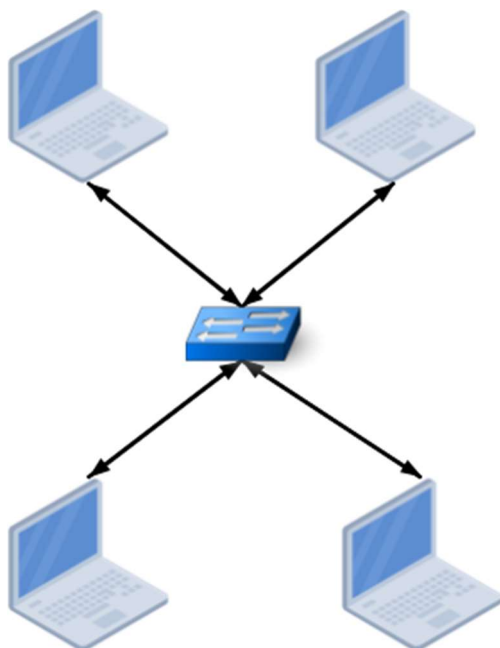
Verkkotopologia kertoo, kuinka järjestelmä on fyysisesti kytketty tai säädetty. Yleisimmät topologiat ovat tähti, väylä ja rinki. (Huntington 2021, 77.)

#### Tähtitopologia

Tähtitopologiassa laitteet ovat kytkettyinä yhteen keskuskytkimeen (kuva 6). Se on yleisin käytetty kytkentätapa.

Tässä kytkentätavassa yksittäinen laite voi hajota ilman, että se haittaa muuta verkon toimintaa, mutta jos tähden keskellä oleva keskuskytkin hajoaa, silloin kaikki kommunikaatio laitteiden välillä estyy.

Keskuskytkin voi toistaa tai lähettää broadcast-jakotavalla sisään tulevan ohjauksen. Se voi myös reitittää tai yhdistää kyseisen sanoman joillekin tiettyille laitteille. (Huntington 2021, 77.)



Kuva 6. Tähtitopologiassa verkon kaikki laitteet ovat kytkettyinä suoraan keskuskytkimeen.

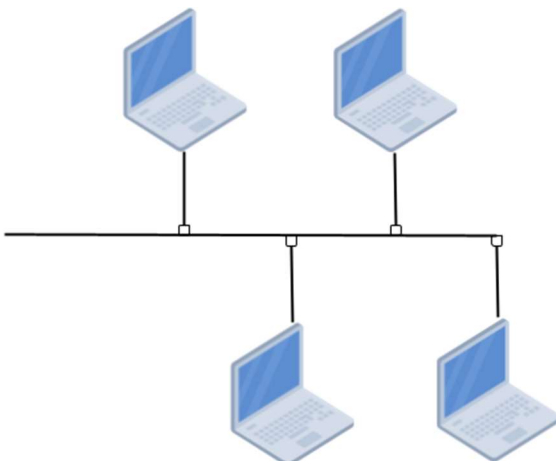
### Väylätopologia

Väylätopologia on hyvin yksinkertainen kytkentätapa, jossa kaikki laitteet ovat kytkettyinä yhteen kaapeliväylään.

Sähköisistä syistä tätä topologiaa käytetään esimerkiksi "daisy-chain"-toimintoa hyödyntävissä laitteissa (DMX), jolloin viimeinen ketjun päässä oleva laite terminoi signaalin.

Väylätopologiaratkaisumallia käytetään esimerkiksi silloin, kun viisi liikkuvaa heitintä on kytkettyinä toisiinsa, jolloin laitteet oikeasti jakavat saman sähköisen siirtotien.

Väylätopologia on helppo kytkeä, mutta sitä ei voida kytkeä pitkiä matkoja kerralla, elleivät ketjussa olevat laitteet osaa vahvistaa ja toistaa signaalia tarvittavalla tavalla. Haittapuoli linjatopologiassa on se, että yksittäisen laitteen vikaantuessa voi koko järjestelmä kaatua. (Kuva 7). (Huntington 2021, 77-78.)



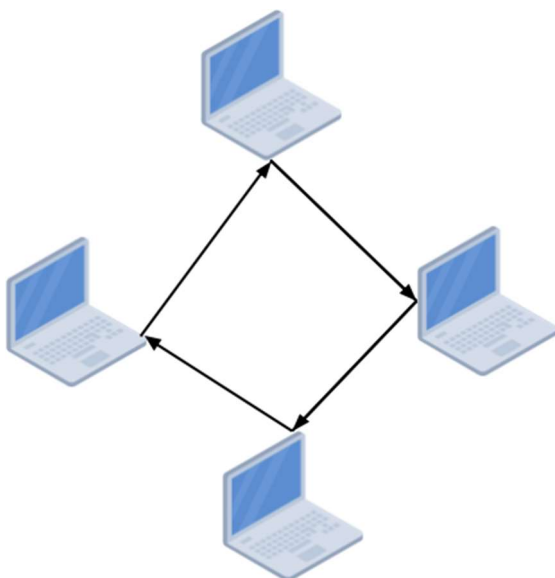
Kuva 7. Väylätopologiassa verkon kaikki laitteet ovat kytkettyinä yhteen yhteiseen verkkoväylään.

### Rinkitopologia

Rinkitopologiassa laitteet ovat kytkettyinä toisiinsa silmukkana. Järjestelmän data ohjataan yhdeltä laitteelta toiselle peräkkäin (kuva 8).

Tässä kytkentätavassa päästään pidempiin välimatkoihin laitteiden kesken, koska data toistetaan ja vahvistetaan sitä mukaa kun se etenee ringissä.

Huono puoli tässä kytkentätavassa on se, että yhden laitteen hajoaminen voi kaataa koko järjestelmän. Tästä syystä yleensä kriittiset rinkitopologiat on turvattu toisella vararingillä järjestelmässä, joka on aktiivinen koko ajan, jos pääringi vikaantuu. (Huntington 2021, 78.)



Kuva 8. Rinkitopologiassa kaikki verkon laitteet ovat kytkettyinä toisiinsa tavalla, joka muodostaa niistä ringin.

Esimerkki siitä, kuinka tähti- ja rinkitopologia kytkentätapoja on käytetty esitysteknisessä verkossa, löytyy luvusta 6.1 Kytkintopologia.

## 4 Lähiverkon kaapelit ja laitteet

### 4.1 Kategoria kaapelit TIA

Esitysteknisessä käytössä on monia eri kaapeleita mutta yksi ryhmä on otettu laajasti käyttöön standardina. Kyseisen ryhmän ominaisuudet on ryhmitelty kategorioihin, englanniksi "categories", TIA-standardin alle televiestintäalan yhdistyksen toimesta (TIA). Yleisin tästä ryhmästä käytetty kaapeli on cat 5e. Alla olevaan taulukkoon on koottu eri kategorioiden ominaisuuksien erot (taulukko 1).

Taulukko 1. Kategoria kaapeleiden ominaisuuksia.

Kategoria	Maksimi lähetysnopeus (100 m)	Maksimi kaistanleveys
Cat 5	10/100 Mbps	100 MHz
Cat 5e	1 Gbps	100 MHz
Cat 6	1 Gbps	250 MHz

Cat 6a	10 Gbps	500 MHz
Cat 7	10 Gbps	600 MHz
Cat 7a	10 Gbps	1000MHz

Cat 5e -kaapeli on eniten käytetty kaapeli esitysteknisellä alalla, koska se tarjoaa tarpeeksi kaistanleveyttä kaikille paitsi vaativimmille ohjaussovelluksille. Cat 6a -kaapelia voidaan käyttää esimerkiksi, kun halutaan kuljettaa videosignaalia pisteeltä A pisteelle B, koska sen kaistanleveys on 10 Gbit/s. Cat 7 -kaapelin kohdalla tilanne on sovelluskohtainen, jolloin on syytä keskustella asiantuntijan kanssa. (Huntington 2021, 131-132.)

Kategoriakaapelin suojauksessa käytetään kolmea eri tyyppiä:

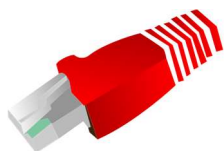
UTP = Suojaamaton parikaapeli, unshielded twisted pair

STP = Suojattu parikaapeli, shielded twisted pair

SFTP = Suojattu ja folioitu parikaapeli, shielded and foiled twisted pair

UTP-kaapeli on halpa, tehokas ja helppo asentaa. STP-kaapelia käytetään esimerkiksi silloin, kun se kulkee lähellä sähkökaapeleita, koska sen sisältämä metallinen foliosuojus antaa suojaa sähkökaapeleista aiheutuvaa sähköistä häiriötä vastaan. SFTP-kaapelin suojaus on paljon pidemmälle viety kuin STP-kaapelin. Tästä syystä se sietää enemmän sähköstä aiheutuvaa häiriötä kuin STP-kaapeli. (Howell 2013, 47; Huntington 2021, 130.)

Kategoriakaapeleiden liittimenä toimii RJ-45 (kuva 9). Esitysteknisellä alalla paljon käytetty Neutrikin valmistama Ethercon-liitin on variaatio normaalista RJ-45 liittimestä (kuva10). (Huntington 2021, 132-133.)



Kuva 9. RJ-45-liitin.



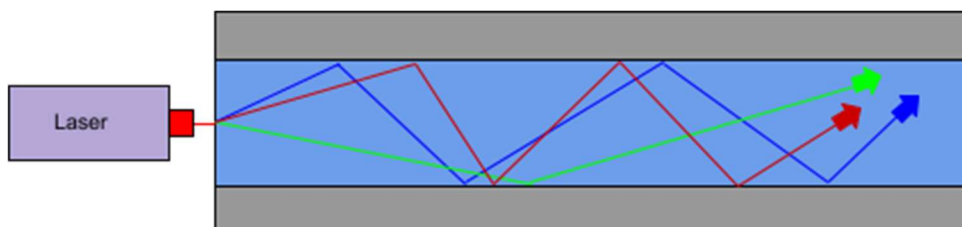
Kuva 10. Neutrik, Ethercon-liitin.

Kaapeliasennuksia suunniteltaessa kaapelien ominaisuudet nousevat merkittävästi asemaan. Samalla pyritään laskemaan kustannuksia ja arvioimaan tulevaa. Pysyville kaapeliasennuksille lasketaan noin kymmenen tai jopa kahdenkymmenen vuoden käyttöikä. (Howell 2013, 45-46; Huntington 2021, 130-132.)

## 4.2 Kuitukaapelit

Kuitukaapelissa valo kulkee joko kimpoillen tai suoraan kuituja peittävän vaipan sisällä.

Kuituja on kahdenlaisia: monimuoto ja yksimuoto (kuvat 11 ja 12).



Kuva 11. Monimuotokuitu.



Kuva 12. Yksimuotokuitu.

Monimuodossa valolla on monta eri reittiä kimpoilla. Yksimuodossa valolla on vähemmän reittejä, jolloin siinä tapahtuu vähemmän kimpoilua ja tästä syystä

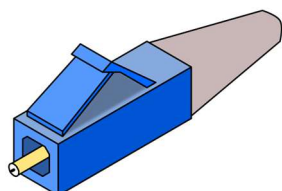
valo ei häviä kaapelin vaippaan. Nämä ominaisuudet mahdollistavat kuidun todella korkean kaistanleveyden.

Yksimuotokuitu on hankalampi päättää. Se vaatii oikeanlaisen ja täsmällisen terminoinnin. Tästä syystä se on kalliimpaa käyttää kuin monimuotokuitu. Kategoria kaapeleihin verrattuna kuitukaapelit ovat paljon kalliimpia ja hankalampia terminoida.

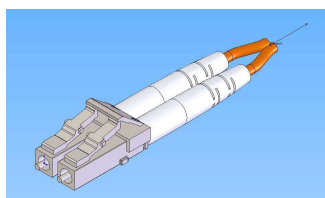
Kuituyhteydet ovat immuuneja sähköisille häiriöille.

Kuitukaapeleita käytetään, kun tarvitaan korkeaa kaistanleveyttä, kaapelivedot ovat pitkiä tai häiriönsietokyvyn täytyy olla erittäin korkea.

Esitysteknisellä alalla yleisin kuitukaapelissa käytetty liitin on LC-liitin (kuva 13). LC-tuplaliitin (kuva 14) on pari LC-liittimestä. Sen voi tarvittaessa kytkeä suoraan small form-factor pluggable (SFP) -lähetin-vastaanottimeen, joka löytyy monista verkkokytkimistä. Neutrik valmistaa raskaaseen käyttöön tarkoitettuja kuituliittimiä, jotka pohjautuvat LC-liittimiin. (Huntington 2021, 136-137.)

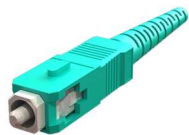


Kuva 13. LC-liitin.



Kuva 14. LC-tuplaliitin.

Kuituliittimistä on olemassa myös SC-liitinversio (kuva 15).



Kuva 15. SC-liitin.

(Elliot, Gilmore, Mike 2002, 116.)

Yksimuotokuitua ei voi taivuttaa niin paljon kuin monimuotokuitua. Kuitukaapelin liiallinen taivuttaminen saa kaapelin keskellä kulkevan lasin murtumaan. Murtuminen johtaa siihen, ettei valo pääse kaapelissa kulkemaan tarvittavalla tavalla ja tietoliikenne estyy. Tästä syystä ahtaissa paikoissa on suositeltavaa käyttää monimuotokuitua, mikäli se on mahdollista. (Elliot, Gilmore, Mike 2002, 249.)

### 4.3 Verkkokytkimet

Verkkokytkin on tietokone, joka on rakennettu välittämään datapaketteja lähdportista kohdeporttiin ohjelmointinsa mukaisesti. Se hyödyntää luvussa 5.7.1 mainituista kerroksista (OSI layers) ensimmäistä ja toista. Näin ollen se kykenee tunnistamaan jokaisen siihen kytketyn laitteen niiden tason 2 MAC-osoitteen (Media Access Control) avulla. Verkkokytkin tietää, mitkä MAC-osoitteen omaavat laitteet ovat kytkettyinä mihinkin fyysiseen porttiin. Liikuttamalla datapaketteja verkkokytkinten porttien välillä verkkokytkin yhdistää tietoliikenteen yksittäisen verkon yhteyden osaksi suurempaa verkkoa. Verkkokytkinten linkitystoiminto perustuu datapaketien siltaamiseen (bridging) Ethernet segmenttien (segments) välillä. Ne kopioivat datapaketit yhden verkkokytkimen portista toiseen pohjautuen MAC-osoitteisiin datapaketeissa. (Huntington 2021, 160-161; Spurgeon & Zimmerman 2013, luku 1.)

### 4.3.1 Ei-ohjelmoitavat

Ei-ohjelmoitavat verkkokytkimet on tehtaalla valmiiksi ohjelmoitu suorittamaan niiden perustehtäviä. Näitä verkkokytkimiä voi hyvin käyttää pienissä yksinkertaisissa esitysteknisissä verkoissa. (Huntington 2021, 162.)

### 4.3.2 Ohjelmoitavat

Ohjelmoitavat verkkokytkimet ovat kehittyneempiä, ja käyttäjällä on mahdollisuus hallita ja konfiguroida niitä. Niiden sisältämiä ominaisuuksia voidaan ottaa käyttöön tai poistaa käytöstä. Esimerkiksi VLAN (Virtual Local Area Network) -ominaisuus. Verkkokytkimen asetuksia muutetaan komentorivikäyttöliittymällä, Internet-selaimella tai valmistajan omalla ohjelmistolla. Useimmat esitysteknisissä verkoissa käytetyt verkkokytkimet ovat ohjelmoitavia verkkokytkimiä. (Huntington 2020, 28.)

### 4.3.3 Energiansäästö

Suurin osa verkkolaitteista suunnitellaan toimisto- tai kotikäyttöön. Tästä syystä valmistajat asentavat verkkokytkimiin ominaisuuksia, jotka ovat järkeviä isossa mittakaavassa, mutta aiheuttavat esitysteknisellä alalla ongelmia. Energiansäästöominaisuuden EEE (Energy Efficient Ethernet) ansiosta voidaan suurissa toimistorakennuksissa säästää energiassa viikonloppuisin, jolloin niissä ei kuukaan työskentele. Tämän ominaisuuden takia voi yhteys kontrolli- tai videostriimauslaitteisiin, jotka eivät viesti säännöllisesti, katketa. Tästä syystä on kannattavaa kytkeä kyseinen ominaisuus verkkokytkimestä pois päältä, jotta verkossa olevat laitteet voivat toimia asianmukaisesti. Joissain edullisissa kytkimissä tätä ominaisuutta ei ole mahdollista saada pois päältä. (Huntington 2020, 28.)

## 4.4 Reitittimet

Verkkokytkimillä pyritään luomaan lähiverkkoja (LAN), kun taas reitittimillä (routers) nämä lähiverkot yhdistetään toisiinsa. Reitittimen avulla luodaan fyysinen linkki laaja- ja lähiverkon välille. Niillä yhdistetään lähiverkkoja tai niiden osia

toisiinsa. Ne voivat toimia myös palomureina, jolloin niissä tapahtuvaa verkko-liikennettä voidaan ohjailla, sallia tai estää tarpeen mukaan. Toisinaan reitittimiä käytetään, kun halutaan kuljettaa dataa eri järjestelmien ja mediatyyppien vä-  
lillä. Datapaketit saapuvat reitittimeen kuitukaapelia pitkin ja lähtevät siitä ulos  
kategoria kaapelia pitkin. Reitittimet hyödyntävät luvussa 5.7.1 mainituista OSI-  
kerroksista kolmatta kerrosta, jolloin niiden toiminta perustuu IP-osoitteisiin,  
MAC-osoitteiden sijaan. (Howell 2013, 67; Jaakohuhta 2005, 108; Huntington,  
28-29.)

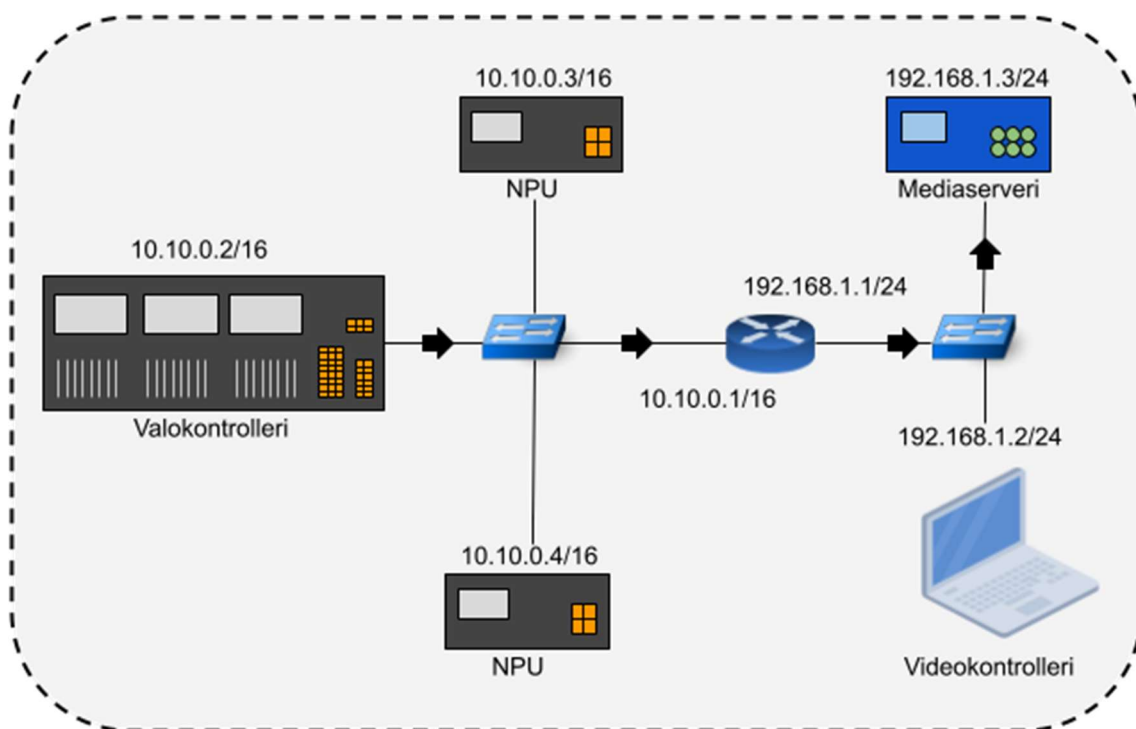
Reitittimen avulla eri lähiverkoissa olevien valo- ja videolaitteiden ohjelmien väli-  
nen kommunikointi on mahdollista. Se voidaan joko sallia tai estää. (Huntington  
2020, 29.)

#### 4.4.1 Esimerkki reitittimen käytöstä esitysteknisessä verkossa

Reitittäminen voi olla hyvin monimutkaista, eikä reitittimiä hirveästi käytetä esi-  
tysteknisellä alalla, mutta niiden perusteet on hyvä ymmärtää (Huntington 2021,  
205).

Tässä reitittämisesimerkissä kaksi eri lähiverkkoa on kytketty fyysisesti reititti-  
men eri portteihin. Porteille on asetettu tarkoituksenmukaiset IP-osoitteet ja ali-  
verkon peitteet (subnet mask). Reititin ylläpitää reititystaulua (routing table),  
joka kertoo mistä mikäkin fyysinen verkkoportti löytyy.

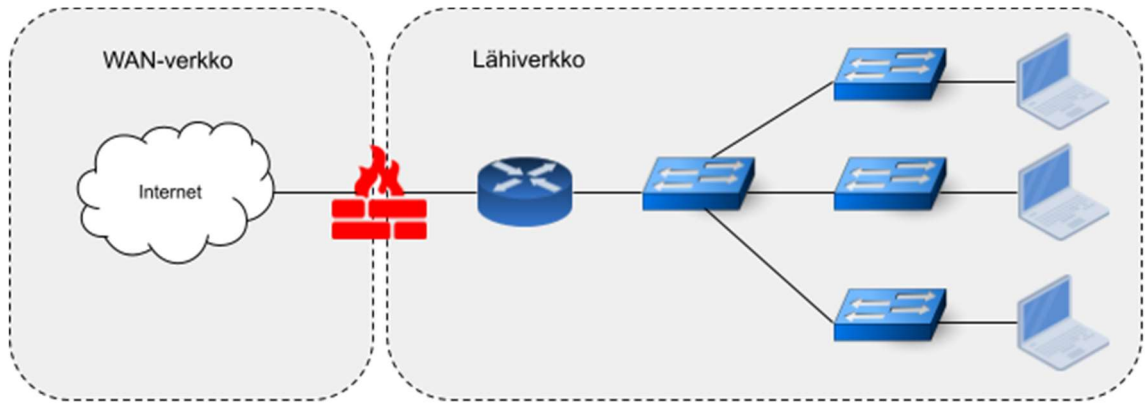
Kun paketti saapuu 10.10.0.1 porttiin, josta sen pitäisi kulkeutua aina  
192.168.1.3 asti, reititin katsoo reititystaulua ja ymmärtää sitten, minne data tu-  
lee ohjata, ja sama toisin päin (kuva 16). (Huntington 2021, 205-206.)



Kuva 16. Reititin voi yhdistää kaksi eri lähiverkkoa toisiinsa.

## 4.5 Palomuurit

Tietotekniikassa palomuurilla tarkoitetaan menetelmiä, ohjelmistoja ja koneita, jotka on asetettu estämään oikeudeton pääsy verkosta toiseen. Pääperiaatteena on, että yhteydenottoja yleisestä verkosta lähiverkkoon ei voi tehdä, mutta toisin päin se on mahdollista. Kehittyneissä palomuuereissa voidaan muodostaa virtuaalisia erillisverkkoyhteyksiä (VPN). Tällöin yhteydenotto voi olla mahdollisia laajaverkosta (internet) lähiverkkoon. Palomuurit kirjoittavat usein myös niin sanottua luetteloa luvattomista tai epäilyttävistä yhteydenotoista. Tämä auttaa seuraamaan palomuurissa tapahtuvaa verkkoliikennettä (kuva 17). (Jaakohuhta 2005, 112, 286, 288.)



Kuva 17. Palomuri estää luvattomat yhteydenotot julkisesta verkosta sisäverkkoon.

#### 4.6 IEEE802.11. WiFi ja tukiasemat

IEEE802.11. on avoin standardi langattomalle verkkoliikenteelle. Se tarjoaa langattoman keinon yhdistää eri mobiililaitteita verkkoon. Suurin osa ihmisistä tuntee sen nimellä Wifi, wireless ethernet.

WiFiä on eri versioita, mutta sen ydin on IEEE802.11. Muut versiot siitä ovat nimeltään muuten samoja mutta ne päättyvät kirjaimiin. Jokainen versio tarjoaa eri kaistanleveyden ja eri modulaatioteknologian. IEEE802.11-standardin päätyypit, maksiminopeudet ja taajuusalueet on listattu taulukkoon 2.

Kaavio 2. Langattomien verkkostandardien ominaisuuksia

IEEE-tyyppi	Maksimi nopeus	Taajuusalue
802.11a	54 Mbit/s	5 GHz
802.11b	11 Mbit/s	2.4 GHz
802.11g	54 Mbit/s	2.4 GHz
802.11n	600 Mbit/s	2.4,5 GHz
802.11ac	6,933 Mbit/s	5 GHz
802.11ax	9,608 Mbit/s	1-6.2.4,5 GHz

Tyypillisessä tilanteessa langaton tukiasema, englanniksi wireless access point (WAP), on kytketty kategoria kaapelilla verkkokyttimeen, joka on osa suurempaa verkkoa ja jonka kautta on pääsy myös internetiin. Tässä tilanteessa langaton tukiasema toimii siltana (bridge) mobiililaitteille, jotka kykenevät liittymään siihen hyödyntäen radiotaajuuksilla tapahtuvaa tiedonsiirtoa (kuva 18).



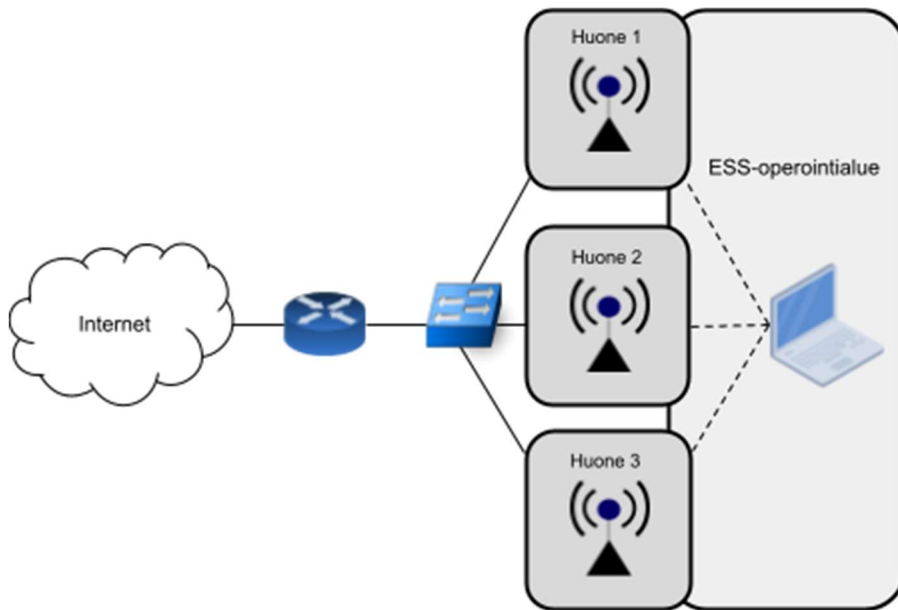
Kuva 18. Havainnointikuva langattoman yhteyden käytöstä ja signaalin kulusta.

Langattomat tukiasemat suorittavat kriittisiä toimintoja. Ne muuntavat langallisia Ethernet-datapaketteja langattomiksi ja päinvastoin sekä vastaavat langattomasta tiedonsiirrosta radioliikenteessä. Langattomien tukiaseman ”jakelujärjestelmä” (distribution system) mahdollistaa niihin yhdistettyjen päätteiden (tietokoneiden) liikkua eri osa-alueilla langattomassa verkossa. (Howell 2013, 89-90; Huntington 2020, 30-31; Huntington 2021, 165.)

#### 4.6.1 Service Set Identifier (SSID)

Jokaisella langattomalla verkolla on oma Service Set Identifier (SSID). Tämä on langattoman verkon nimi, jonka käyttäjät näkevät, kun he käynnistävät mobiililaitteensa ja valitsevat langatonta verkkoa. SSID voidaan ohjelmoida vain yhteen langattomaan tukiasemaan tai useampi langaton tukiasema voi käyttää samaa SSID:tä, jolloin ne muodostavat Extend Service setin (ESS). Turvallisuussyistä jotkut käyttäjät piilottavat SSID:n konfiguroinnin jälkeen, mutta toisinaan näin ei voida tehdä, koska jotkin laitteet eivät toimi piilotetun SSID:n kanssa. (Huntington 2021, 165-166.)

ESS muodostaa laajemman langattoman verkon. Sen ansiosta voi mobiililaitteen kanssa kulkea huoneesta toiseen ja langaton yhteys säilyy (kuva 19).



Kuva 19. ESS-ominaisuuden havainnointikuva.

#### 4.6.2 Langattomien verkkojen suojaus (WEP ja WPA/WPA2)

Langattomilla verkoilla voi olla eri turvatasoja.

Avoin langaton verkko on nimensä mukaisesti avoin kaikille laitteille. Yhteyden muodostamista varten niiden täytyy kuitenkin suorittaa tunnistautumisprosessi, mutta se ei vaadi esimerkiksi salasanaa.

Suojatussa langattomassa verkossa käyttäjän täytyy manuaalisesti syöttää langattoman verkon suojausavaimet langattomalle laitteelle yhteyden muodostamista varten.

Langattomien verkkojen suojaamiseen voidaan käyttää myös tukiasemien reitintä. Reititin konfiguroidaan niin, etteivät langattomien verkkojen SSID-tunnukset näy kaikille käyttäjille, jotka etsivät niitä. Lisäksi langaton verkko voidaan suojata antamalla ainoastaan tiettyjen MAC-osoitteiden muodostaa yhteys siihen. Yleisimmät suojausprotokollat ovat WEP sekä WPA/WPA2. (Penttinen 2016, luku 2.)

Wired equivalent privacy WEP on ensimmäinen langattomille verkoille kehitetty salaus. Hyvin nopeasti kävi kuitenkin ilmi, että sen suojaustaso oli heikko. Tästä syystä WEP:n korvaajaksi alettiin kehittää Wi-Fi protected access WPA. (Penttinen 2016, luku 2.)

WPA on langattoman verkon suojaamiseksi luotu tunnistautumisprotokolla, joka on laajasti käytössä nykypäivänä. Kun käyttäjä liittyy langattomaan verkkoon ja häntä pyydetään syöttämään verkon salasana, silloin kyseessä on WPA-tunnistautuminen. (Huntington 2021, 166-167.)

#### 4.6.3 WiFi esitysteknisessä verkossa

Wifi on erittäin hyödyllinen minkä tahansa projektin ohjelmointivaiheessa. Käyttäjä voi kulkea pitkin tapahtumapaikkaa kannettavan mobiililaitteen kanssa. Se lisää työskentelyyn joustavuutta ja helppokäyttöisyyttä.

Langattomuuteen liittyy kuitenkin turvallisuusuhkia ja epävarmuutta, jotka on hyvä huomioida. Hakkerointi ja mahdollisuus, että joku muu operoi samoilla taajuuksilla samassa tilassa ja näin ollen aiheuttaa viivettä tai jopa tiedonsiirron hukkumista.

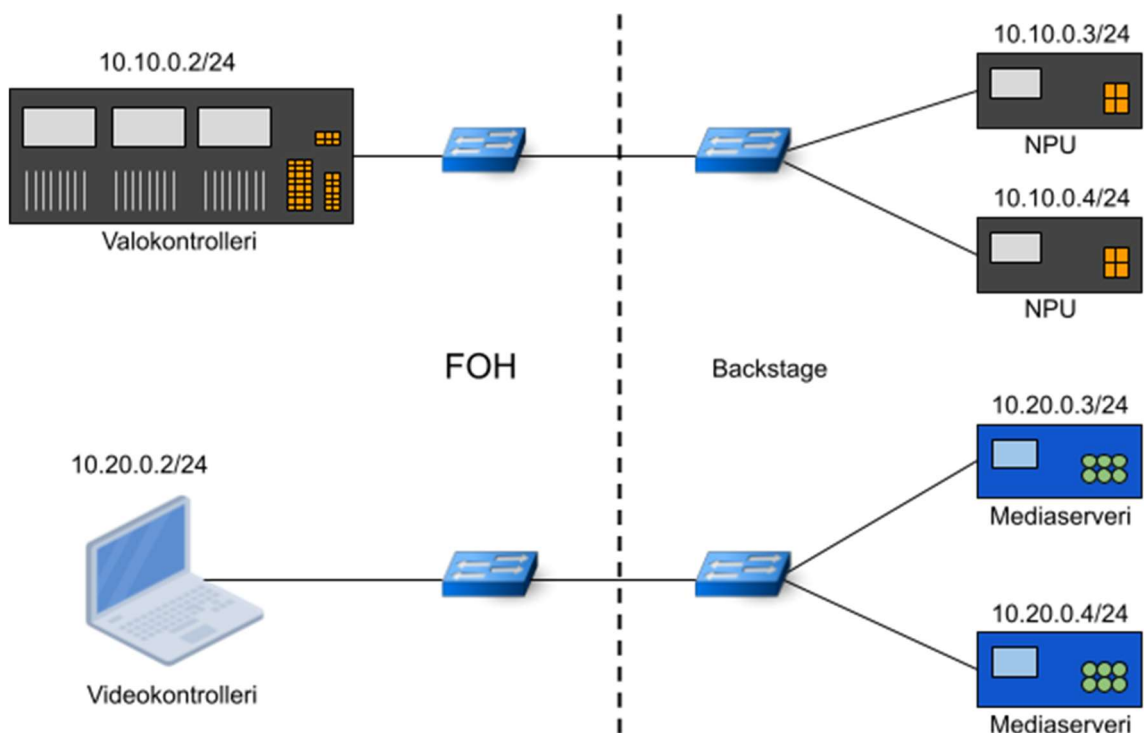
Jos kaapelin käyttö ei ole mahdollista, on suositeltavaa tehdä taustatutkimukset huolella ennen langattoman järjestelmän toteuttamista. Suunnitelman tulisi sisältää jokin keino, jolla käyttäjä voi seurata tietoliikennettä ja häiriöitä. (Huntington 2021, 167.)

## 5 Verkon käsitteitä ja toimintoja

### 5.1 Virtuaalilähiverkko VLAN

Hyvässä tietoliikenneverkossa erityyppiset protokollat ovat yleensä erotettuna toisistaan.

Esimerkki 1. Valo- ja videokontrollerit ovat sijoitettuna tapahtumapaikan etupäähän (FOH). Paikan takapäessä (backstage), sijaitsevat valoille tarkoitetut kaksi Network processor unitia NPU ja videoille tarkoitetut kaksi mediaserveriä. Videojärjestelmä käyttää modernia multicast-jakotapaa datan jakoon, mutta valojärjestelmä käyttää vanhempaa broadcast-jakotapaa. Tietoliikenteet halutaan pitää erillään toisistaan, niin ettei valojärjestelmän broadcast-tietoliikenne pääse sekaantumaan videojärjestelmän multicast-tietoliikenteen kanssa eikä myöskään toisinpäin. Tätä varten voidaan hankkia kaksi settiä verkkokytкимиä ja fyysisesti erottaa ne toisistaan (kuva 20).

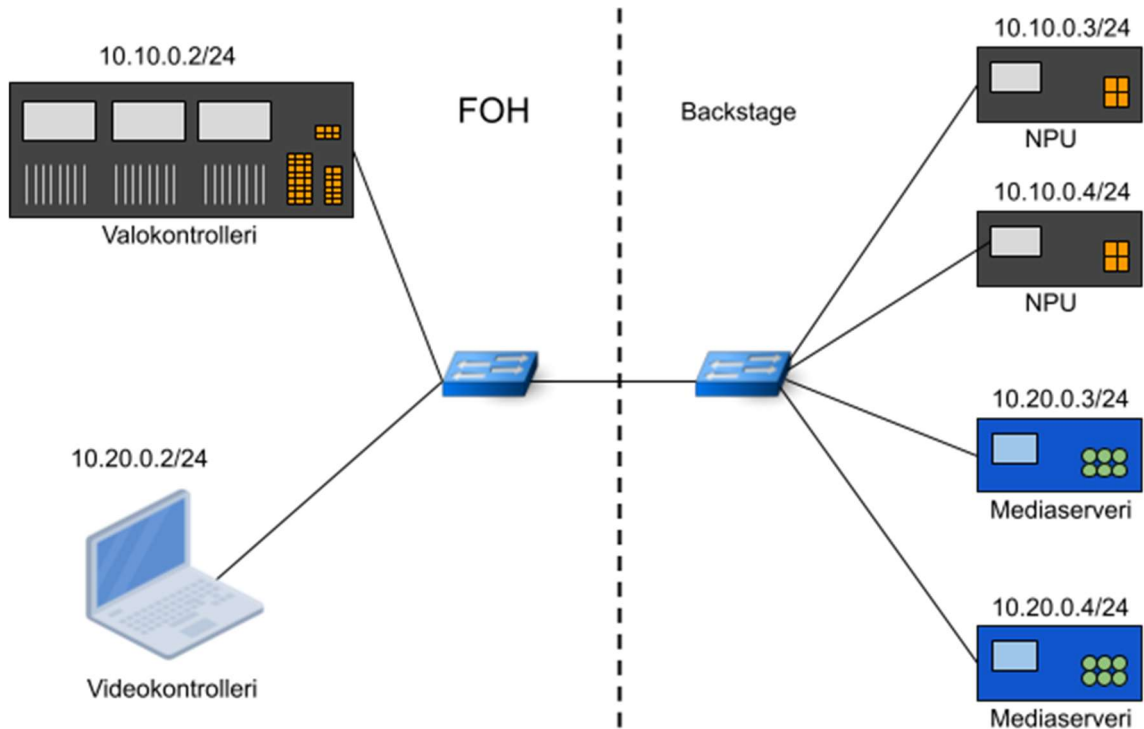


Kuva 20. Kaksi lähiverkkoa, jotka ovat fyysisesti erotettu toisistaan.

Tällaisessa ratkaisussa valojärjestelmä ei näe videojärjestelmän tietoliikennettä ja sama toisinpäin. Tämä vaatii kuitenkin neljä verkkokytкимиä ja kaksi settiä kaapeleita. Tässä ratkaisussa hyvä puoli on myös, että se tarjoaa vikasietoisuutta verkolle. Tämä, fyysisesti toisistaan erotetut lähiverkot, voi olla paras pienemmille suoraviivaisille järjestelmille.

Isommassa mittakaavassa laitteet alkavat maksamaan ja ylläpidosta tulee työllästä, jos samanaikaisesti joutuu huolehtimaan monesta erillisestä fyysisestä lähiverkosta.

Esimerkki 2. Kytetään kaikki laitteet yhteen fyysiseen lähiverkkoon (kuva 21).



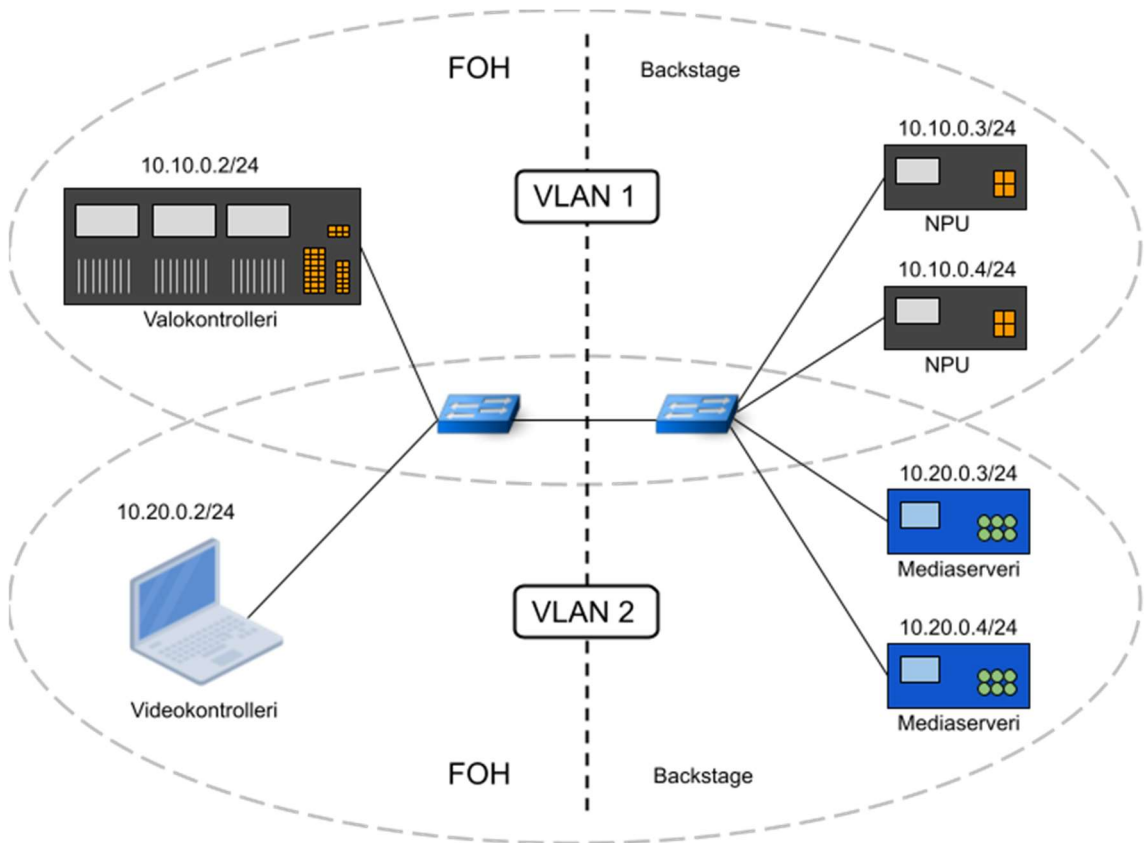
Kuva 21. Kaikki laitteet kytkettyinä yhteen fyysiseen lähiverkkoon.

Tässä ratkaisussa valojärjestelmä ei voi kommunikoida videojärjestelmän kanssa ja toisinpäin, koska ne ovat eri aliverkoissa (luku 5.8). Huono puoli tässä ratkaisussa on se, että valojärjestelmän broadcast-tietoliikenne valuu kaikkialle lähiverkkoon ja jokainen laite, joka on kytketty siihen, joutuu käsittelemään sen. Tästä johtuen lähiverkkoon voi aiheutua viivettä. Videojärjestelmille, jotka käyttävät multicast-jakotapaa ja joidenka pitäisi pysyä tiukasti synkronoituina, se voi aiheuttaa ongelmia.

Virtuaalilähiverkko, englannin kielellä Virtual Local Area Networks (VLANs), käyttää kytkimen omaa laitteistoa erottamaan siihen kytketyt laitteet virtuaalilähiverkoissa omiin erillisiin virtuaalisiin yleislähetysalueisiin (broadcast domain).

Tämä erittäin kustannustehokas ratkaisu mahdollistaa yhden fyysisen verkon palvella useampaa tarkoitusta. Se yhdistää kaapelihallintaa ja konfigurointia.

Esimerkki 3. Kytetään kaikki laitteet yhteen fyysiseen lähiverkkoon ja erotetaan ne käyttämällä virtuaalilähiverkkoja (kuva 22).



Kuva 22. Kaikki laitteet yhdessä fyysisessä lähiverkossa, mutta ne ovat erotettu toisistaan virtuaalilähiverkoilla.

Tässä ratkaisussa verkkokytöiden välillä tapahtuvalle tietoliikenteelle tulee olla varattuna tarpeeksi kaistanleveyttä.

VLAN-tietoliikenne lajitellaan merkitsemällä datapaketit virtuaalilähiverkon tunnistenumeroilla. Merkintä tehdään IEEE 802.1Q-standardin mukaisesti. Kun datapaketeista poistetaan kyseinen tunnistenumero, kulkevat ne tällöin verkkokytöiden paikallisessa virtuaalilähiverkossa. Yllä olevassa kuvassa kahden kytki-

men välillä on muodostettu runkoliitos, jota pitkin kulkee tunnistenumerolla merkityt datapaketit molempiin suuntiin. Datapakettien sisältämän tunnistenumeron ansiosta kytkin kykenee selvittämään tietoliikenteen asianmukaisesti. (Huntington 2021, 206-212.)

Virtuaalilähiverkkoja on perusteltua käyttää kun:

- Verkon tietoturva on puutteellinen.
- Sen tiedonsiirronkapasiteettia halutaan kasvattaa.
- Tarve hallita lähiverkon levitysviestien (broadcast, multicast) käyttäytymistä, helpottaa ylläpitoa, kun käyttäjät siirtyvät lähiverkosta toiseen tai rajoittaa lähiverkkoliikennettä.

(Jaakohuhta 2005, 157.)

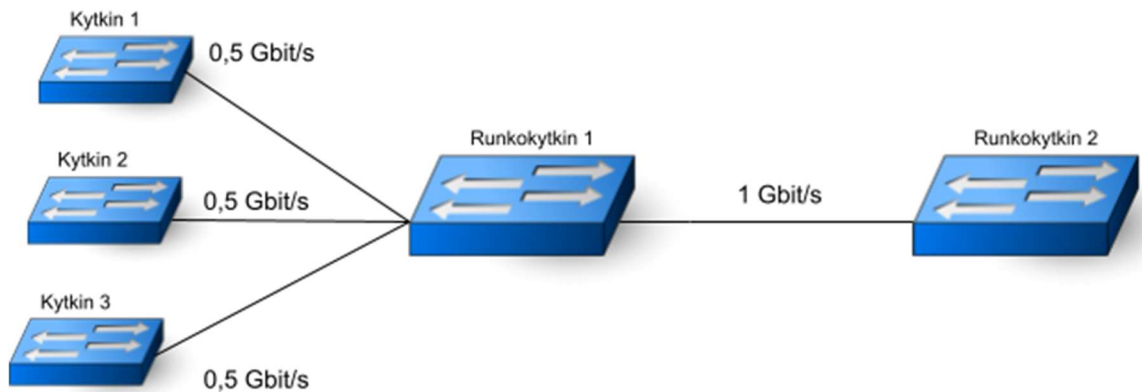
## 5.2 Bittinopeus ja kaistanleveys

Digitaalinen tietoliikenneyhteys kuljettaa datavirtaa, joka koostuu ykkösistä ja nolista. Kuljetuksen nopeus tunnetaan bittinopeutena (bitrate), joka mitataan, bittiä sekunnissa (bit/s). Hyvin yleistä on nähdä merkintöjä kbit/s, joka tarkoittaa tuhat bittiä sekunnissa ja Mbit/s miljoona bittiä sekunnissa.

Siitä, kuinka paljon yksittäinen tietoliikenne yhteys tai kanava kykenee käsittelemään dataa, käytetään nimitystä kaistanleveys (bandwidth). Se mitataan laske-  
malla, kuinka paljon informaatiota voidaan lähettää annetussa ajassa (bit/s).  
Kaistanleveys voidaan myös ilmaista hertseillä (Hz). Korkea kaistanleveys kykenee välittämään enemmän informaatiota kuin matala kaistanleveys. (Howell 2013, 164; Huntington 2021, 121.)

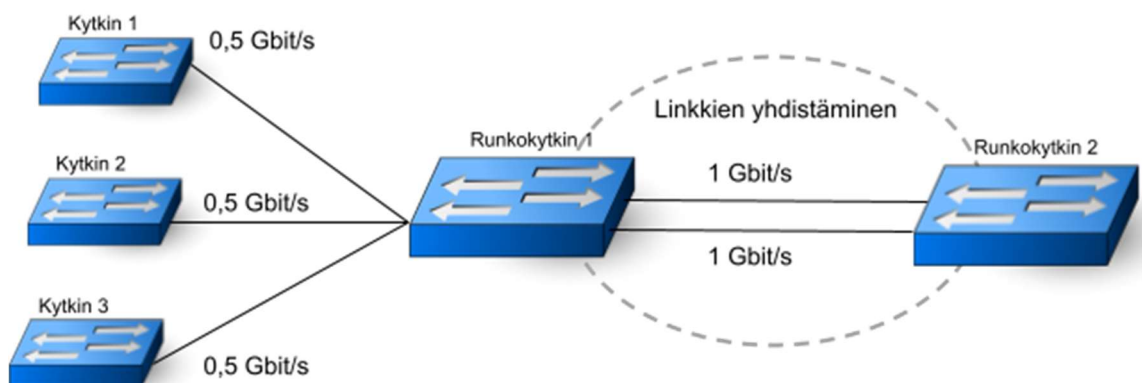
### 5.3 Linkkien yhdistäminen

Kytkemällä monta verkkokytäkintä yhteen runkoverkkokytäkimeen (core switch) saattaa aiheuttaa tilanteen, ettei kaistanleveys runkoverkkokytäkinten välillä riitä (kuva 23). Tämä aiheuttaa tietoliikenneverkon ruuhkautumisen, joka puolestaan luo viivettä verkkoon.



Kuva 23. Havainnointikuva verkon ruuhkautumisesta.

Linkkien yhdistäminen (link aggregation) mahdollistaa usean rinnakkaisen ethernet linkin yhdistämisen, jolloin syntynyt linkki voidaan käyttää yhtenä suurena virtuaalisena kanavana runkokytäkinten välillä (kuva 24).



Kuva 24. Havainnointikuva linkkien yhdistämisestä.

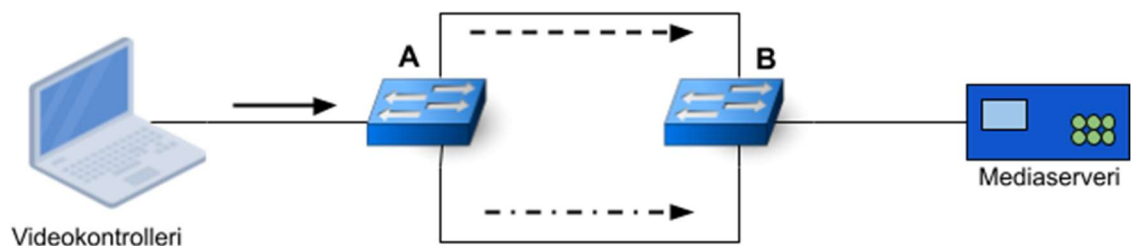
Yhdistämällä yhden gigabitin portteja, päästään kahden, neljän tai kahdeksan gigabitin kaistanleveyksiin. Kymmenen gigabitin porteilla päästään kahden-, neljän- tai kahdeksankymmenen gigabitin kaistanleveyksiin. (Spurgeon & Zimmerman 2013, luku 4.)

#### 5.4 Broadcaststorm ja Virityspuu, spanning tree STP

Esimerkki järjestelmästä, joka koostuu kahdesta ei-ohjelmoitavasta kytkimestä sekä videokontrollerista ja mediaserveristä.

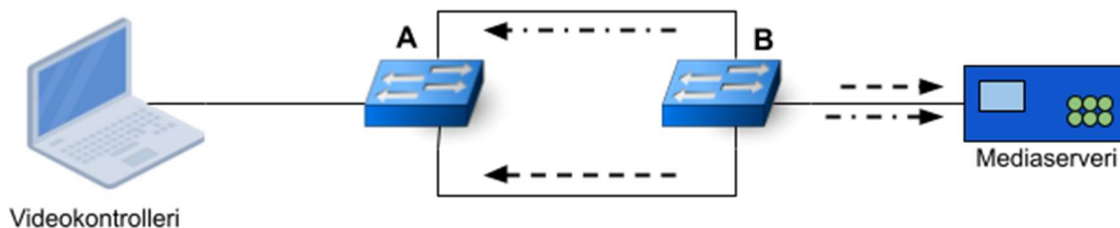
Tapahtumapaikan etupäähän on sijoitettu videokontrolleri sekä verkkokytkin A ja näyttämön takatiloihin mediaserveri sekä verkkokytkin B. Käyttäjän kaistanleveys ei kasva eikä yhteydestä tule redundanttia, mikäli hän kytkee kaksi kategoriä kaapelia kyseisten verkkokytkinten välille. Tämä kytkentätapa aiheuttaa broadcast-myrskyn (broadcaststorm).

Käynnistyessään videokontrolleri yrittää ottaa yhteyttä mediaserveriin. Se lähettää broadcast-kehysten verkkokytkin A:lle, joka tulvii (floods) kyseisen broadcast-kehysten jokaiseen verkkokytkimen porttiin, poisluettuna portti, joka välitti kehysten. Koska verkkokytkimet ovat kytkettyinä toisiinsa kahdella kategoriä kaapelilla, verkkokytkin B vastaanottaa kaksi identtistä broadcast-kehystä (kuva 25).



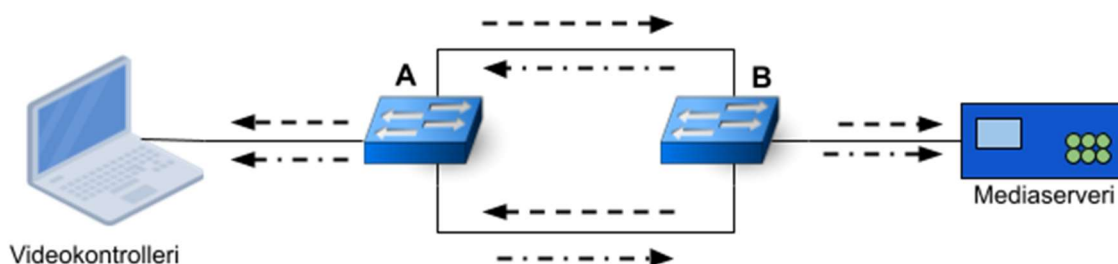
Kuva 25. Signaalin kulku 1.

Verkkokytkin-B tulvii molemmat broadcast-kehukset eteenpäin, koska kyseessä on broadcast-kehys (kuva 26).



Kuva 26. Signaalin kulku 2.

Mediaserveri saa molemmat kehykset ja vastaa niihin kahdesti. Entäpä verkkokytin A? Verkkokytin ei palauta kehyksiä siihen porttiin, mistä ne saapuivat. Mutta, koska käytössä on kaksi kehystä eri porteista, verkkokytin B lähettää kehyksen, joka saapui ylemmän yhteyden kautta ulos alemman yhteyden kautta. Verkkokytin A näkee kaksi broadcast-kehystä tulevan kahteen liittymään, niinpä se ottaa yläpuolelta tulevan kehyksen ja tulvii sen eteenpäin alemman yhteyden kautta, sulkien silmukan kytkimelle B. Sama toisinpäin (kuva 27).



Kuva 27. Broadcastmyrsky.

Tätä kutsutaan broadcast-myrskyksi. Silmukka kestää niin kauan, kunnes yhteys hajoaa tai laitteet sammutetaan. Broadcast-myrsky ylikuormittaa verkon pisteeseen, jolloin se lakkaa toimimasta.

Useissa hallittavissa verkkokytimissä on virityspuu ominaisuus (spanning tree). Se oppii järjestelmän topologian eli tietoverkon perusrakenteen ja varmistaa ettei silmukoita pääse syntymään. Ongelma virityspuu ominaisuudessa on se, että sillä kestää hetki löytää uusi reitti datalle, mikäli verkkotopologia muuttuu tahallisesti tai järjestelmään tulee vika.

Nykyään on käytössä myös Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP). Se nopeuttaa huomattavasti verkkokytkimen kykyä toipua järjestelmävirheestä. Sitä voi jopa ajatella käytettävän redundanttien yhteyksien luomisessa esitysteknisissä verkoissa. (Huntington 2021, 201-203; Spurgeon & Zimmerman 2013, luku 2.)

## 5.5 Kahdennettu verkko, redundant network

Kahdennetussa verkossa (reduant network) jokaisella verkkoa ylläpitävällä laitteella on varalaite (hot-backup).

Esitysteknisessä käytössä tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että käytössäsi on kaksi identtistä verkkokytintä. Molemmat ovat kytkettynä rinnan järjestelmään ja tekevät samoja toimintoja. Pääverkkokytkimen hajotessa backup-verkkokytin jatkaa. Se kuinka hyvin tämä vaihto tapahtuu, riippuu täysin siitä, kuinka hyvin verkko on suunniteltu ja toteutettu. Tästä vaihdosta käytetään nimitystä ”Hot backup”. (Huntington 2021, 109; Jaakohuhta 2005, 200-202.)

## 5.6 Power over Ethernet POE

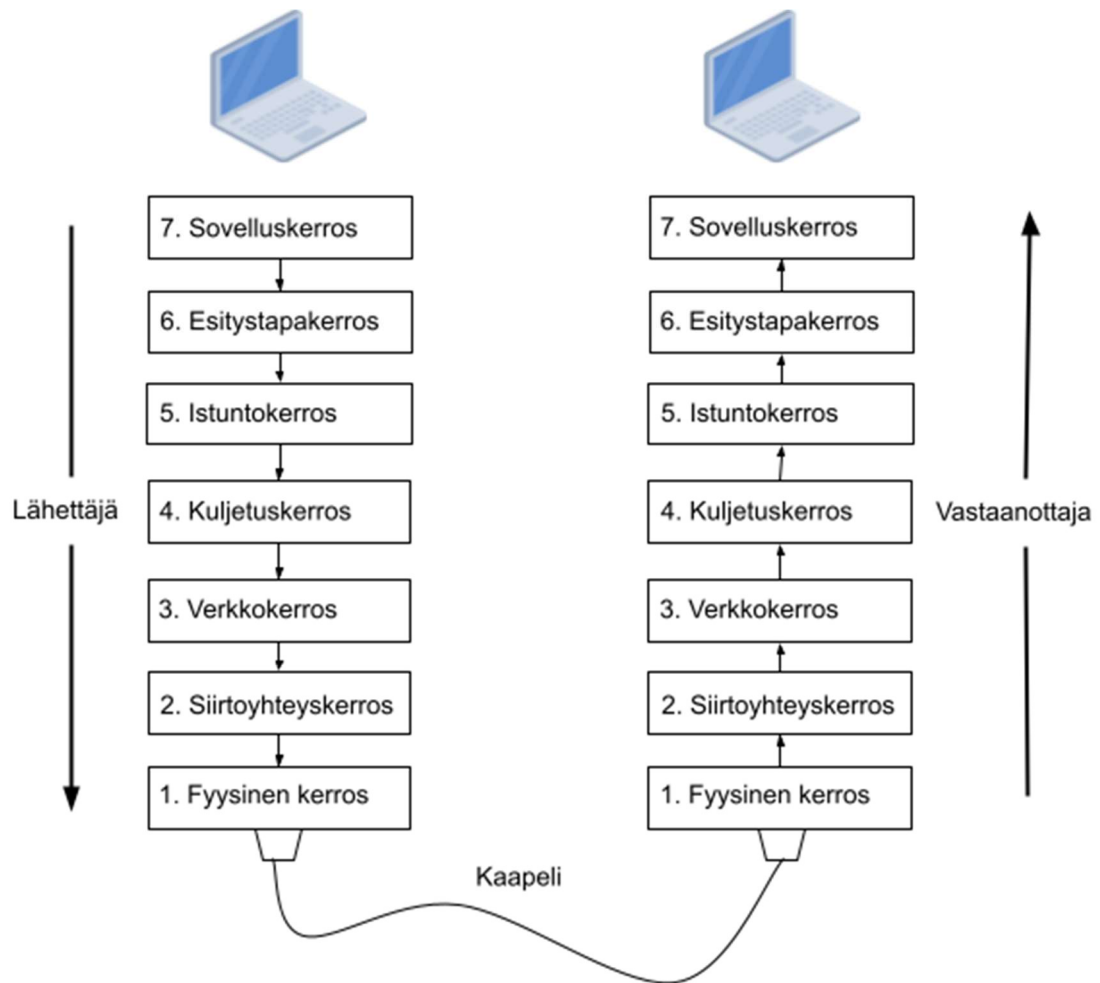
Nykyään monessa laitteessa on Ethernet RJ-45-liitäntä. Tästä syystä IT-ala kehitti ratkaisun Power Over Ethernet POE. Sen avulla kategoria kaapelia pitkin, voidaan kuljettaa datan lisäksi myös sähköä. Alussa POE kykeni jakamaan noin 13 watin tasavirtaa 48V:n jännitteellä, samalla tavalla kuin mikrofoneille välitetään phantom power 48 VDC. 2009 vuonna kehitetty versio kykenee 29 wattiin. Kyseinen versio hyödyntää kaikki neljä paria kategoria kaapelista. Koska käytössä on tasasähkö, se ei häiritse kaapelin dataliikennettä. Usein miten IT-alalla POE:a hyödynnetään Voice Over IP (VOIP) puhelimissa. Yhdellä kaapelilla voidaan kuljettaa puhelimelle sekä data että virta. Esitysteknisellä alalla POE:a voidaan käyttää rajapinnoilla, langattomissa tukiasemissa, kameroissa ja erilaisissa kontrollointi laitteissa. (Huntington 2021, 163.)

## 5.7 OSI- ja TCP/IP-kerrokset

### 5.7.1 OSI-kerrokset

Open Systems Interconnect (OSI)-malli muodostuu seitsemästä erillisestä kerroksesta, joista kukin suorittaa yhtä osaa tietoliikenteen ja verkostoinnin tehtävistä, rakentamalla seuravan alemman kerroksen tarjoamien palvelujen mukaan. Matalin kerros on fyysiseen laitteistoon suuntautunut ja ylempi kerros ohjelmistoon. Toisin sanoen matalin kerros on kaapeli ja ylempi kerros tekee jotakin hyödyllistä datalla.

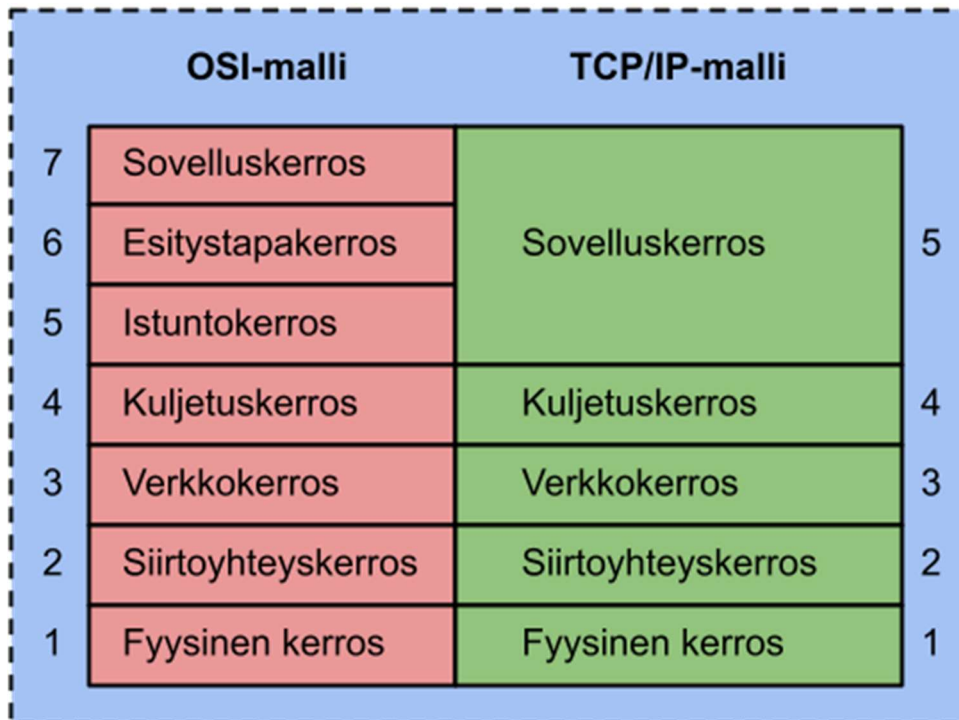
OSI-kerrokset ovat monimutkainen malli, mutta se on hyödyllinen työkalu ymmärtää verkon toimintoja. Datavirta kulkee ylimmästä kerroksesta aina alimpaan saakka, kunnes se saavuttaa kaapelin. Toisessa päässä kaapelia se aloittaa kiipeämisen alimmasta kerroksesta ylimpään (kuva 28). (Howell 2013, 112-113; Huntington 149-150.)



Kuva 28. OSI-kerrokset. (Howell 2013, 112-114; Huntington 2021, 150-151, 155; Jaakohuhta 2005, 97).

### 5.7.2 TCP/IP-kerrokset

TCP/IP-malli on päivitetty versio OSI-mallista. Se on myös yleisin verkkoviestintämalli nykypäivänä. Osa OSI-mallin verkkokerroksista on yhdistetty TCP/IP-mallissa, mutta ne rakentuvat myös hierarkkisen mallin mukaisesti. TCP/IP-mallissa kerroksia on viisi (kuva 29). TCP/IP-malli edustaa realistista näkemystä siitä, kuinka verkkotoimintaa nykyään toteutetaan. (Van Winkle 2019, TCP/IP layer model; Howell 2013, 114.)



Kuva 29. TCP/IP-mallin verkkokerrokset suhteessa OSI-malliin.

#### 1. Fyysinen kerros.

Laitteiston käyttöliittymä eli fyysinen kerros, joka pitää sisällään elektroniikan ja kaapelin.

#### 2. Siirtoyhteyskerros.

Siirtoyhteyskerros on perusteellisesti linkitettyä laitteistoon. Tämä kerros kerää datan ja koostaa sen sellaiseen muotoon, että se voidaan lähettää eteenpäin. Se on myös vastuussa datan eheydestä ja tarkistamisesta.

#### 3. Verkkokerros.

Datan reititys verkon yli on verkkokerroksen vastuulla. TCP/IP ja UDP-protokollat toimivat tällä kerroksella.

#### 4. Kuljetuskerros.

Kuljetuskerros vastaa ja varmistaa, että alemman kerroksen datapaketit kootaan niiden alkuperäiseen muotoon oikeassa järjestyksessä ilman virheitä. TCP- ja UDP-protokolla tekevät tätä työtä.

TCP-protokolla varmistaa datan perille pääsyn sekä sen eheyden. Se kykenee tähän luomalla virtuaalisen piiriyhteyden vastaanottajaan. Se myös tiedottaa, mikäli lähetyks on epäonnistunut. TCP:tä käytetään monissa esitysteknisissä ohjelmissa, joissa tiedon eheys on erittäin tärkeää, esimerkiksi käytön aikana tapahtuva liike tai pyro-käskyt.

UDP-protokolla ei varmista datan perille pääsyä. Monet nykyaikaiset äänilaitteet hyödyntävät sitä. Viive on vähäinen ja se on nopea, koska aikaa ei mene virheidensä tarkistamiseen eikä datan uudelleen lähettämiseen.

## 5. Sovelluskerros

Sovelluskerros vastaa saapuneen datan käyttämisestä. Sinne on sisällytetty esimerkiksi verkkoselainprotokollia. (Van Winkle 2019, TCP/IP layer model; Howell 2013, 114-115; Huntington 2021, 170; Audinate 2016, 3.)

Tosielämässä protokollat toimivat monilla tasoilla, riippumatta siitä minkä verkkomallin käyttäjä valitsee. Alemmat tasot vastaavat korkeampien tasojen tietojen käsittelystä. (Van Winkle 2019, TCP/IP layer model.)

### 5.8 Internet protocol IP

Jokainen datapaketti verkossa tarvitsee uniikin kohdeosoitteen. Tapa, miten Internet Protocol IP käsittelee tätä tietoa, on yksi sen avain toiminnoista. Usein miten versio 4 IP:sta (IPv4) on esitysteknisten verkkojen selkäranka. Se tarjoaa universaalisen osoitusjärjestelmän, joka voi toimia erilaisten verkkojen sisällä tai niiden välillä, ja uniikkeja tunnuksia (ID) verkkoon kytketyille laitteille (host). 32-bittinen IP-osoite on uniikisti osoitettu laitteelle tietyssä verkossa. 32-bittisen järjestelmän ansiosta käytössä on 4,294,967,296 uniikkia osoitetta.

32-bittinen binaarinen *00001010 00000000 00000001 11011110* IP-osoite on hankala käsitellä tai mieltää. Siksi IP-osoitteet ilmaistaan pisteviivadesimaalina, jossa jokainen desimaaliluku edustaa 8 bittiä 32-bittisestä osoitteesta. Esimerkiksi: *00001010 00000000 00000001 11011110* = **10.0.1.222**.

Aliverkon peitettä käytetään luomaan verkolle tunnus. Se kertoo, kuinka monta IP-osoitetta kulloinkin kyseisessä verkossa voi olla. Esimerkiksi: kaksi tietokoneita haluaa jakaa tiedostoja keskenään, niiden aliverkon peitteet ovat samat, mutta IP-osoitteet ovat eriävät keskenään. (kuva 30) (Huntington 2021, 182, 184.)



kuva 30. Kuvan tietokoneet eivät voi jakaa tiedostoja keskenään.

Vaihtamalla molempien tietokoneiden aliverkon peitettä, ne pääsevät jakamaan tiedostoja keskenään (kuva 31).



Kuva 31. Kuvan tietokoneet voivat jakaa tiedostoja keskenään. (Huntington 2021, 182, 184.)

## 5.9 Dynamic host configuration protocol DHCP

Valtaosassa kaupallisten ja kuluttajien verkoissa IP-osoite asetetaan niihin kytkeytyneille laitteille käyttäen Dynamic Host Configuration protokollaa (DHCP).

DHCP-prosessi alkaa, kun laite käynnistyy ja se lähettää verkkoon UDP broadcast-datapaketin, jossa se pyytää IP-osoitetta. Jokainen laite samassa aliverkossa saa kyseisen datapaketin. Verkossa oleva DHCP-palvelin vastaa siihen lähettämällä kyseiselle laitteelle IP-osoitteen. Laitteen hyväksymä IP-osoite on lainaosoite, joka on käytössä vain tietyn ajan. Koko prosessi vie vain noin kaksikymmentä millisekuntia.

DHCP-palveleimia tulisi olla jokaisessa itsenäisessä verkossa vain yksi, koska useampi DHCP-palvelin samassa verkossa saa aikaan vain kaaoksen. (Huntington 2020, 39-40.)

## 6 Case-esimerkki Espoon kulttuurikeskuksen EKK esitystekninen verkko

Olen ollut mukana suunnittelemassa ja toteuttamassa Espoon kulttuurikeskuksen esitysteknistä verkkoa.

Espoon kulttuurikeskukseen oli tarve saada esitystekninen verkko, jossa melkein kaikkien esitysteknisen osa-alueiden ääni-, valo- ja videolaitteiden protokollien ja signaalien olisi mahdollisuus liikennöidä samojen verkkokytkimien kautta. Ajatukselle, että niiden pitäisi käyttää eri verkkokytkimiä ei nähty mitään järkevää selitystä. Näin ollen säästimme verkkokytkinten hankintakustannuksissa jo huomattavasti. Toteutimme suunnitelman paria poikkeusta lukuun ottamatta. Espoon kulttuurikeskuksella on kaksi salia, Tapiolasali ja Louhisali. Niissä molemmissa osana äänijärjestelmää on Avid S6L, jotka syöttävät AVB-protokollaan (audio video bridging) pohjautuvaa äänisignaalia. Tätä signaalia ei ohjata esitystekniseen verkkoon olleenkaan, koska kaikki esitysteknisessä verkossa

olevat verkkokytkimet eivät sitä tue. Kyseessä on oma suljettu verkko kyseisten äänijärjestelmien osalta.

Espoon kulttuurikeskuksen esitystekninen verkko on rakennettu niin, että siinä voidaan kuljettaa ääni-, valo- ja videosignaalia. Lisäksi kaikkien siihen kytkettyjen laitteiden ominaisuuksia ja toimintoja voidaan konfiguroida sekä monitoroida verkon yli. Osaa laitteista voidaan jopa käyttää niin, ettei käyttäjän itse tarvitse edes olla laitteen vieressä operoidakseen sitä, vaan operointi voi tapahtua toisesta paikasta etänä verkon yli langallisesti tai langattomasti. Se kuinka paljon laitteet ja niiden toiminnot verkkoa kuormittavat, on mahdollista seurata ja havainnoida joidenkin verkkokytkinten kohdalla, mutta ei kaikkien, koska ihan jokaisessa kytkimessä tätä ominaisuutta ei ole. Kulttuurikeskuksen esitystekniseen verkkoon on liitetty internet.

## 6.1 Kytkintopologia

Espoon kulttuurikeskuksen esitysteknisen verkon kytkintopologiasta (liite 1) käy ilmi, että palomuri on kytketty Internetiin. Sen tärkein tehtävä on estää ulkopuolelta tulevat tunkeutumisyrietykset esitystekniseen verkkoon ja toisinpäin se antaa tiettyihin virtuaalilähiverkkoihin kytkettyjen esitysteknisten laitteiden ja tietokoneiden liikennöidä internetin ja lähiverkon välillä.

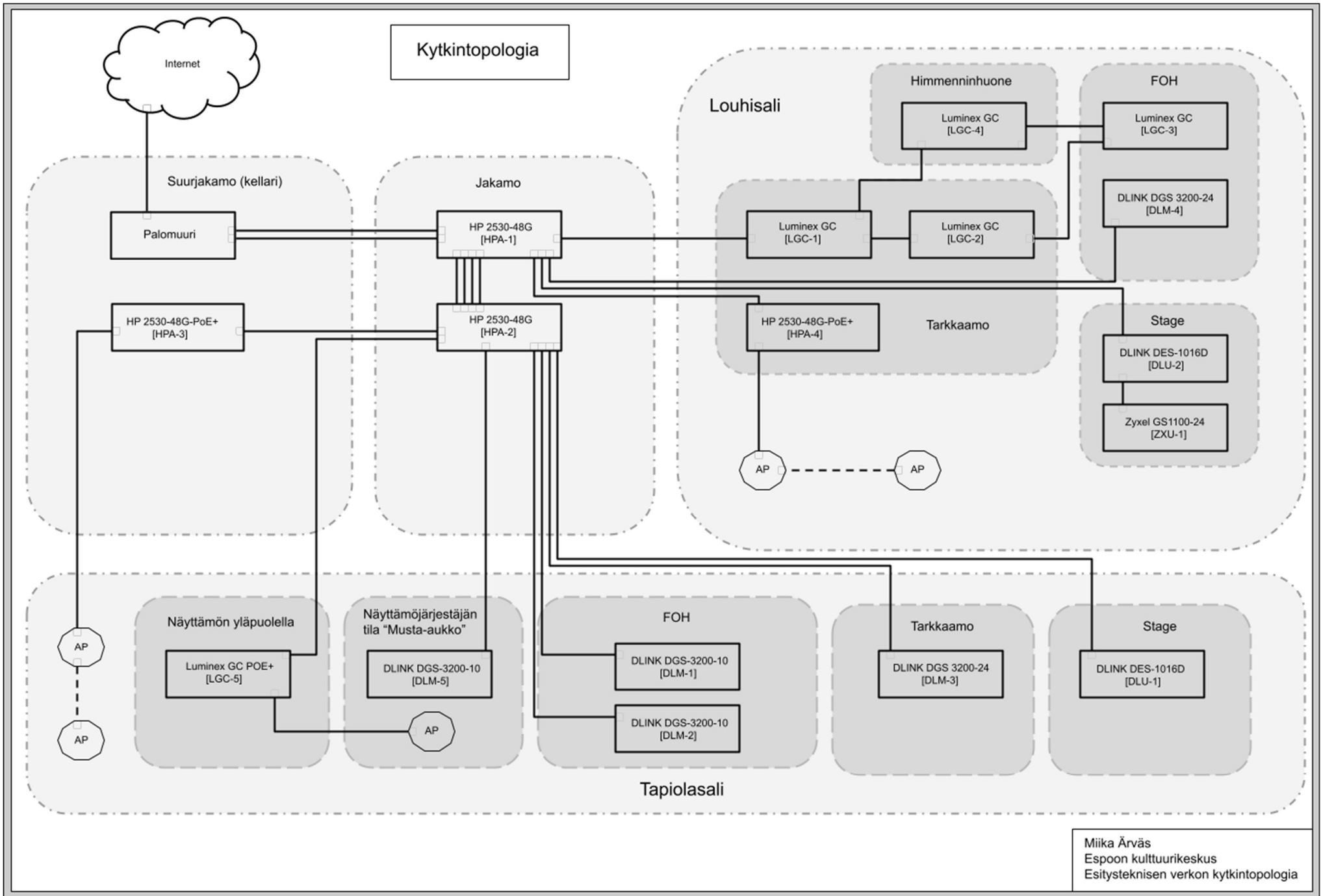
Palomuurilla on myös kaksi muuta tärkeää tehtävää. Se jakaa jokaiselle virtuaalilähiverkkoon kytkettyneelle laitteelle IP-osoitteen, joihin ei ole määritetty kiinteää sellaista, eli se toimii DHCP-palvelimena. Sekä se toimii esitystekniseen verkkoon kytkettyjen langattomien tukiasemien kontrollerina.

Jakamossa sijaitsevat esitysteknisen verkon kaksi HP 2530-48G runkokytkintä. Niiden välille on luotu neljän gigabitin linkki yhteys (link aggregation). Lisäksi niihin on tähtitopologia kytkentämallia käyttäen kytketty kahta poikkeusta lukuun ottamatta kaikki verkkokytkimet.

Ensimmäiseksi Louhisalin puolella stagella olevat kaksi kytkintä Dlink DES-1016D ja Zyxel GS1100-24 on kytkettynä linjaan, koska ne ovat ei-ohjelmoitavia

verkkokytкимиä ja niiden kytkeminen verkkoon oli paljon helpompi toteuttaa näin. Toiseksi Louhisalin puolella olevat neljä Luminex-verkkokytкintä on kytkettynä silmukkaan keskenään, koska niissä on valmistajan itse ohjelmoima ja asettama RlinkX-ominaisuus. Sen ansiosta silmukka on redundantti, eikä kytkinten välille pääse muodostumaan muun muassa broadcast-myrskyä. Jos yksi linkkikaapeli silmukassa vikaantuu, tietoliikenne pääsee silti kulkemaan jokaisen neljän Luminex-verkkokytкimen välillä eikä virityspuu ominaisuudesta tuttua hetkelistä toipumista, jolloin järjestelmä etsii vaihtoehtoisen reitin tietoliikenteelle, pääse tapahtumaan.

Louhisalissa HP 2530-48G-POE+-verkkokytкin on sijoitettu tarkkaamoon, koska siellä sijaitsee koko salin sekä takatilat kattava RJ-45-ristikytкentä. Kyseisen verkkokytкimen POE-ominaisuuden takia, kytkimme siihen Louhisalin langattomat tukiasemat osaksi esitysteknistä verkkoa. Langattomien tukiasemien POE-ominaisuuden johdosta niille ei tarvinnut asentaa erillistä virtakaapelia. Tapiolasalissa samanlainen POE-verkkokytкin sijoitettiin suurjakamoon, jossa on myös riittävä koko salin sekä takatilat kattava RJ-45-ristikytкentä. Poikkeuksena yksi langaton tukiasema kytkettiin näyttämön yläpuolella sijaitsevaan Luminex-verkkokytкimeen, koska kaapelireitit suurjakamosta "Mustaan-aukkoon" loppuivat kesken.



Liite 1. Espoon kulttuurikeskuksen kytkintopologia.

## 6.2 VLAN ja DHCP

Espoon kulttuurikeskuksen esitystekniseen verkkoon halusimme virtuaalilähi-verkot sen mukaan mitä protokollia niissä käytetään, verkon hallintaa sekä ylläpitoa ja vierailijoiden internetiä varten. 10.x.x.x IP-osoiteavaruuksiin päädyttiin, koska ne ovat yleisesti lähiverkoissa käytettyjä ja vapaita osoitteita kansainvälisesti verkkomaailmassa. Niitä ei ole varattu johonkin muuhun käyttöön. Samoin kuin 172.x.x.x ja 192.168.x.x IP-osoiteavaruudet. Virtuaalilähiverkkojen numerointi seuraa IP-osoiteavaruuksia, jotka niille on määritetty. Esimerkiksi VLAN 10:n IP-osoiteavaruus 10.10.0.1, VLAN 40 IP-osoiteavaruus on 10.40.0.1 ja niin edelleen. Merkkaamalla tällä tavoin on helpompi muistaa virtuaalilähiverkkojen numerot sekä IP-osoiteavaruudet (Liite 2).

Nimi	VLAN	Verkko	Reititin	DHCP
Hallinnointi	1	10.0.0.0/24	10.0.0.1	10.0.0.100 - 10.0.0.253
Audio Ohjaus Louhi+Tapiola	10	10.10.0.0/24	10.10.0.1	10.10.0.100 - 10.10.0.253
Dante Primary	31	10.31.0.0/16	10.31.0.1	10.31.0.100 - 10.31.0.253
Dante Secondary	32	172.16.0.0/16	172.16.0.1	-
sACN Louhi	40	10.40.0.0/24	10.40.0.1	10.40.0.100 - 10.40.0.253
Artnet Louhi	41	2.0.0.0/8	2.0.0.1	-
sACN Tapiola	50	10.50.0.0/24	10.50.0.1	10.50.0.100 - 10.50.0.253
Artnet Tapiola	51	2.0.0.0/8	2.0.0.254	-
Ohjausverkko	90	10.90.0.0/24	10.90.0.1	10.90.0.100 - 10.90.0.253
Vierasverkko	100	192.168.96.0/21	192.168.96.1	192.168.97.2 - 192.168.103.253

Liite 2. VLAN ja DHCP.

VLAN 1 hallinnointi. Tässä virtuaalilähiverkossa on kaikki esitysteknisen verkon verkkokytkimet, langattomat tukiasemat ja palomuri sekä niiden hallinnointi. Kytkeytymällä tietokoneella verkkokytkimeen, jonka jokin tietty portti on ohjelmoitu VLAN 1 alueelle, on käyttäjällä silloin pääsy hallinnoimaan verkkokytkimä, langattomia tukiasemia ja palomuuria. Toki käyttäjän tulee tietää laitteiden IP-osoitteet ja salasanat. Tässä virtuaalilähiverkossa on DHCP-palvelin.

VLAN 10 Audio ohjaus Louhi- ja Tapiolasali. Suurin osa äänilaitteista on kytketty tähän virtuaalilähiverkkoon. Keskusteltuani Espoon kulttuurikeskuksen äänisuunnittelijoiden kanssa päädyttiin tähän ratkaisuun, koska salien äänilaitteiden erottelu toisistaan hankaloittaisi esimerkiksi langattomien mikrofonien taajuuksien laskemista ja asettamista. Toki tässä ratkaisussa korostuu vastavuoroisesti tarkkuus, koska ääniteknikon tulee olla valppaana, ettei hän operoi väärän salin laitteiden kanssa. Esimerkkinä mainittakoon kaiutinsignaali prosessorit. Tässä virtuaalilähiverkossa on DHCP-palvelin sekä internet.

VLAN 31 Dante primary ja VLAN 32 Dante secondary. Nämä virtuaalilähiverkot on varattu Dante-protokollia varten. Kyseiset virtuaalilähiverkot eivät ole tällä hetkellä aktiivisessa käytössä Espoon kulttuurikeskuksella. Ne päätettiin luoda, esitysteknisen verkon suunnittelu- ja toteutusvaiheissa, koska ajateltiin, että mikäli niille tulevaisuudessa on tarvetta, olisivat ne olemassa jo valmiina. Näistä kahdesta virtuaalilähiverkosta ainoastaan VLAN 31:ssä on DHCP-palvelin.

VLAN 40 sACN Louhi sekä VLAN 41 Artnet Louhi. Louhisalin valojärjestelmä on ohjelmoitu melkein kokonaan toimimaan sACN-protokollalla. Poikkeuksena toimii hetket, kun esimerkiksi mediaserveriä tai videotykkiä käytetään valopöydällä. Silloin näitä kyseisiä laitteita operoidaan Artnet-protokollaa hyödyntäen. Näistä kahdesta virtuaalilähiverkosta ainoastaan VLAN 40:ssä on DHCP-palvelin sekä internet.

VLAN 50 sACN Tapiola sekä VLAN 51 Artnet Tapiola. Tapiolasalin valojärjestelmä on ohjelmoitu melkein kokonaan toimimaan sACN-protokollalla. Poikkeuksena toimii hetket, kun esimerkiksi mediaserveriä tai videotykkiä käytetään valopöydällä. Silloin näitä kyseisiä laitteita operoidaan Artnet-protokollaa hyödyntäen. Näistä kahdesta virtuaalilähiverkosta ainoastaan VLAN 50:ssä on DHCP-palvelin sekä internet.

VLAN 90 Ohjausverkko. Tästä virtuaalilähiverkosta voidaan käyttää nimitystä ”Master-VLAN”. Kytkeytymällä tietokoneella verkkokyttimeen, jonka jokin tietty portti on ohjelmoitu VLAN 90 alueelle, on käyttäjällä silloin pääsy melkein mihin

tahansa verkkoon kytkettyyn laitteeseen välittämättä siitä mihin virtuaalilähiverkkoon mikäkin laite on fyysisesti kytketty. Palomuuuri on ohjelmoitu niin, että se sallii kyseisestä virtuaalilähiverkosta liikenteen muihin virtuaalilähiverkkoihin. Tämän virtuaalilähiverkon välityksellä voidaan hallita ja ohjelmoida koko esitysteknistä verkkoa. Kyseinen ratkaisu helpottaa huomattavasti esitysteknisen verkon ylläpitäjää, kun hänen ei tarvitse vaihtaa virtuaalilähiverkosta toiseen, jotta saisi yhteyden johonkin tiettyyn laitteeseen. Tässä virtuaalilähiverkossa on käytössä DHCP-palvelin sekä internet.

VLAN 100 Vierasperkko. Tässä virtuaalilähiverkossa on vain internet. Nimensä mukaisesti sitä tarjotaan vierailijoille, jotka jostain syystä tarvitsevat internetyhteyden. Tässä virtuaalilähiverkossa on käytössä DHCP-palvelin.

### 6.3 Langattomat tukiasemat

Espoon kulttuurikeskuksen esitysteknisessä verkossa on käytössä myös langattomia verkkoja. Palomuuuri toimii langattomien verkkojen ja langattomien tukiasemien kontrollerina sekä niiden ja fyysisen verkon välisen tietoliikenteen reitittäjänä.

Langattomien verkkojen nimeäminen SSID:t on tehty palomuurissa. Langattomien verkkojen näkyvyys käyttäjille on asetettu siinä. Palomuurissa langattomille verkoille on lisäksi määritetty virtuaalilähiverkot, joilla ne voivat operoida. Myös niiden salaus on konfiguroitu ja asetettu Palomuurissa. Jokaiselle langattomalle verkolle on Palomuurissa asetettu oma uniikki salasana, joka on WPA2-protokollan suojaama (Liite 3.).

SSID	Piilota	VLAN	Salaus	HUOM
Vierasverkko		100	WPA2: salasana	
EKK-Audio	x	10	WPA2: salasana	

EKK-Louhi-sACN	x	40	WPA2: salasana	
EKK-Tapiola-sACN	x	50	WPA2: salasana	
EKK-Ohjaus	x	90	WPA2: salasana	

Liite 3. Langattomien verkkojen asetuksia. SSID, näkyvyys, VLAN ja salausta.

Vierasverkko on langaton verkko, joka luotiin puhtaasti vierailijoita ja katsojia varten, jotka saapuvat Louhi- tai Tapiolasaliin ja tarvitsevat jostain syystä langatonta yhteyttä internetiin.

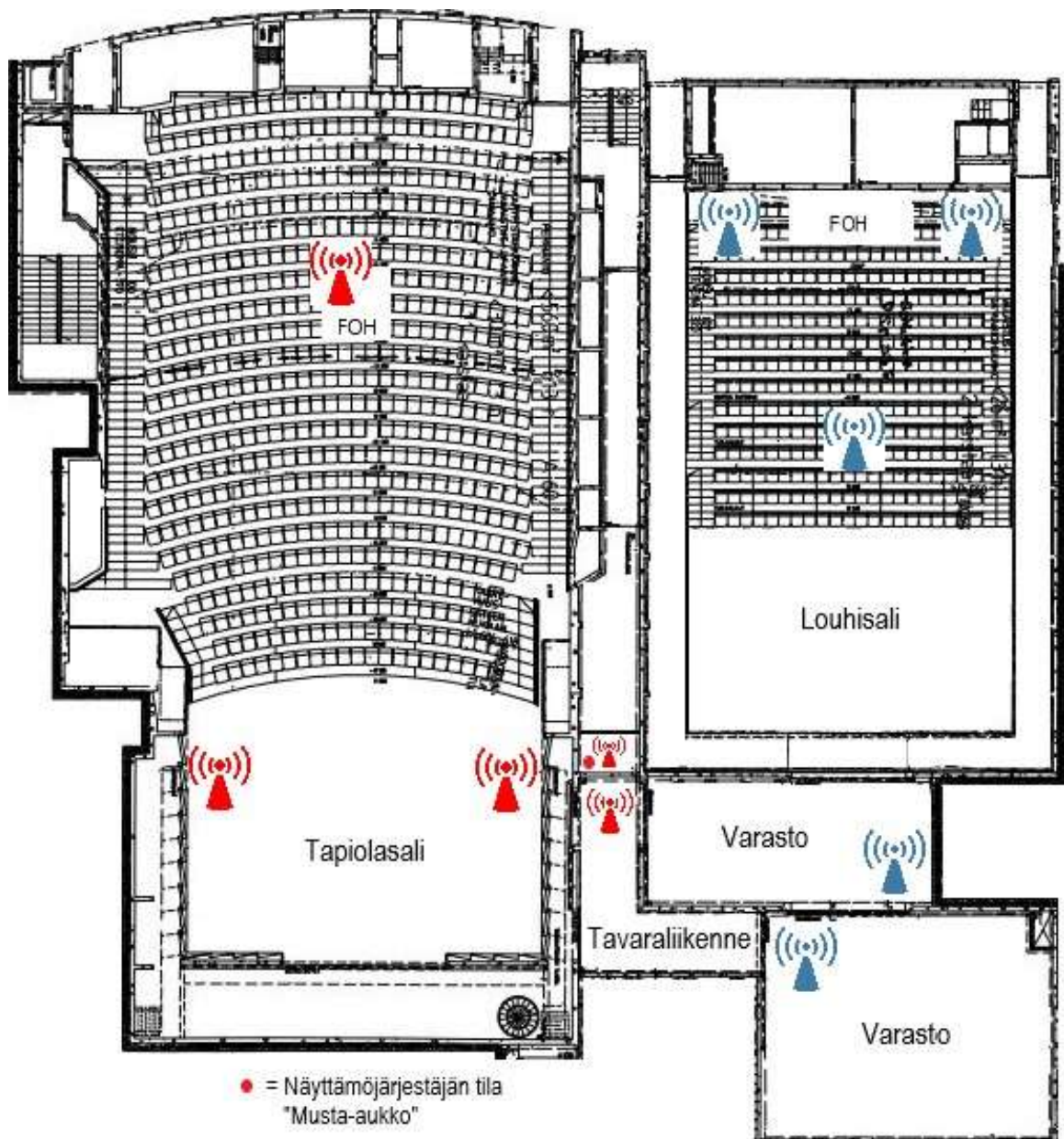
EKK-Audio langattoman verkon kautta saa otettua yhteyden kaikkiin äänilaitteisiin, jotka on kytketty VLAN 10 virtuaalilähiverkkoon.

Valoverkoille, EKK-Louhi-sACN ja EKK-Tapiola-sACN on määritetty omat langattomat verkot, koska ei haluttu syntyvän tilannetta, jossa esimerkiksi Tapiolasalissa työskentelevä teknikko operoisi vahingossa Louhisalin valolaitteilla ja näin ollen saisi sekaannusta aikaiseksi. Näiden langattomien verkkojen kautta käyttäjä saa otettua yhteyttä kaikkiin valolaitteisiin, jotka on kytketty joko sACN Louhi VLAN 40 tai sACN Tapiola VLAN 50 virtuaalilähiverkkoihin.

Langaton verkko, EKK-ohjaus, toimii ”Master-langattomana”. Siihen yhteyden ottamalla käyttäjä voi operoida kaikkia laitteita, jotka on kytketty mihin tahansa virtuaalilähiverkkoon. Tämä on luotu ylläpidollisia asioita varten. Helpottamaan ylläpitäjää, ettei hänen tarvitse jatkuvasti vaihtaa virtuaalilähiverkosta tai langattomasta verkosta toiseen.

Kaikissa Espoon kulttuurikeskuksen esitysteknisen verkon langattomissa verkoissa on internet mukana. Tämä ratkaisu helpottaa sitä, ettei käyttäjän tarvitse jatkuvasti vaihtaa langattomien verkkojen välillä, jotta hänellä olisi internet yhteys käytössä.

Langattomia tukiasemia on kymmenen kappaletta ja ne ovat sijoitettu eri tiloihin alla olevan kuvan mukaisesti (Liite 4.).



Liite 4. Langattomat tukiasemat ja niiden sijoittelu.

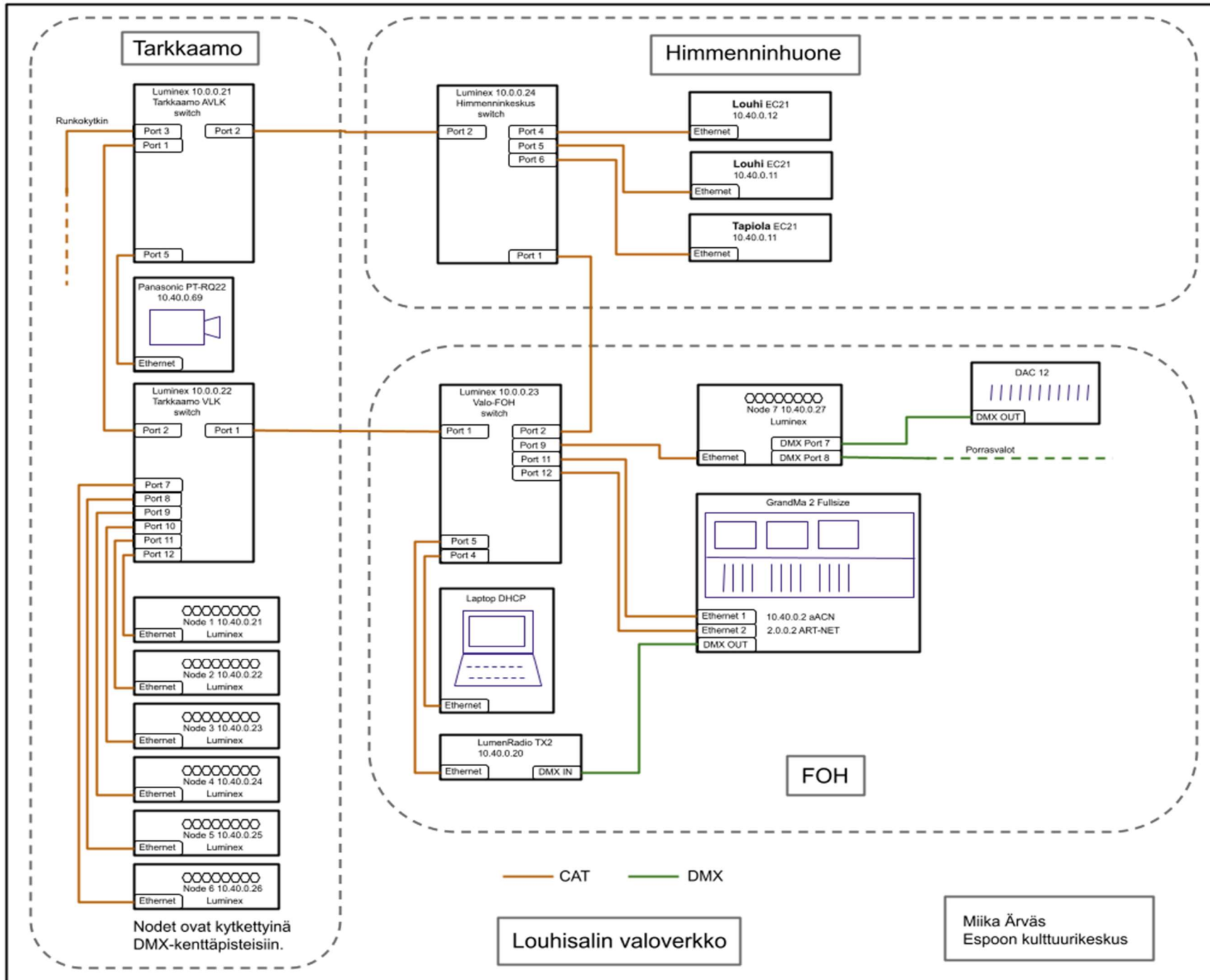
Esitysteknisen verkon langattomat tukiasemat on jaettu kahteen eri ryhmään. Ensimmäisen ryhmän langattomat tukiasemat (punaiset) sijaitsevat Tapiolasalin puolella, osa sivutiloissa ja toisen ryhmän langattomat tukiasemat (siniset) Louhisalin puolella, joista kaksi on sijoitettu varastotiloihin. Louhisalin puolella langattomia tukiasemia on katsomossa niin paljon, että mikäli esitys tai tapahtuma vaatisi kaikkien katsojien yhtäaikaista liittymistä langattomaan verkkoon, olisi se mahdollista. Tapiolasalin puolella tämä ei ole mahdollista, koska langattomia tukiasemia ei ole riittävästi katsomossa ja näyttämöllä (Liite 4.).

Kaikki langattomat tukiasemat saavat virran POE-verkkokytkimiltä (Liite 1.). Sekä kaikkien langattomien tukiasemien välkkyvät valot, jotka indikoivat niissä tapahtuvaa tietoliikennettä, niiden päällä oloa, virtaa tai muuta, on laitettu pois päältä, jotta ne eivät salissa vilkkuisi ja häiritsisi esimerkiksi katsojan kokemusta tai esiintyjän esiintymistä.

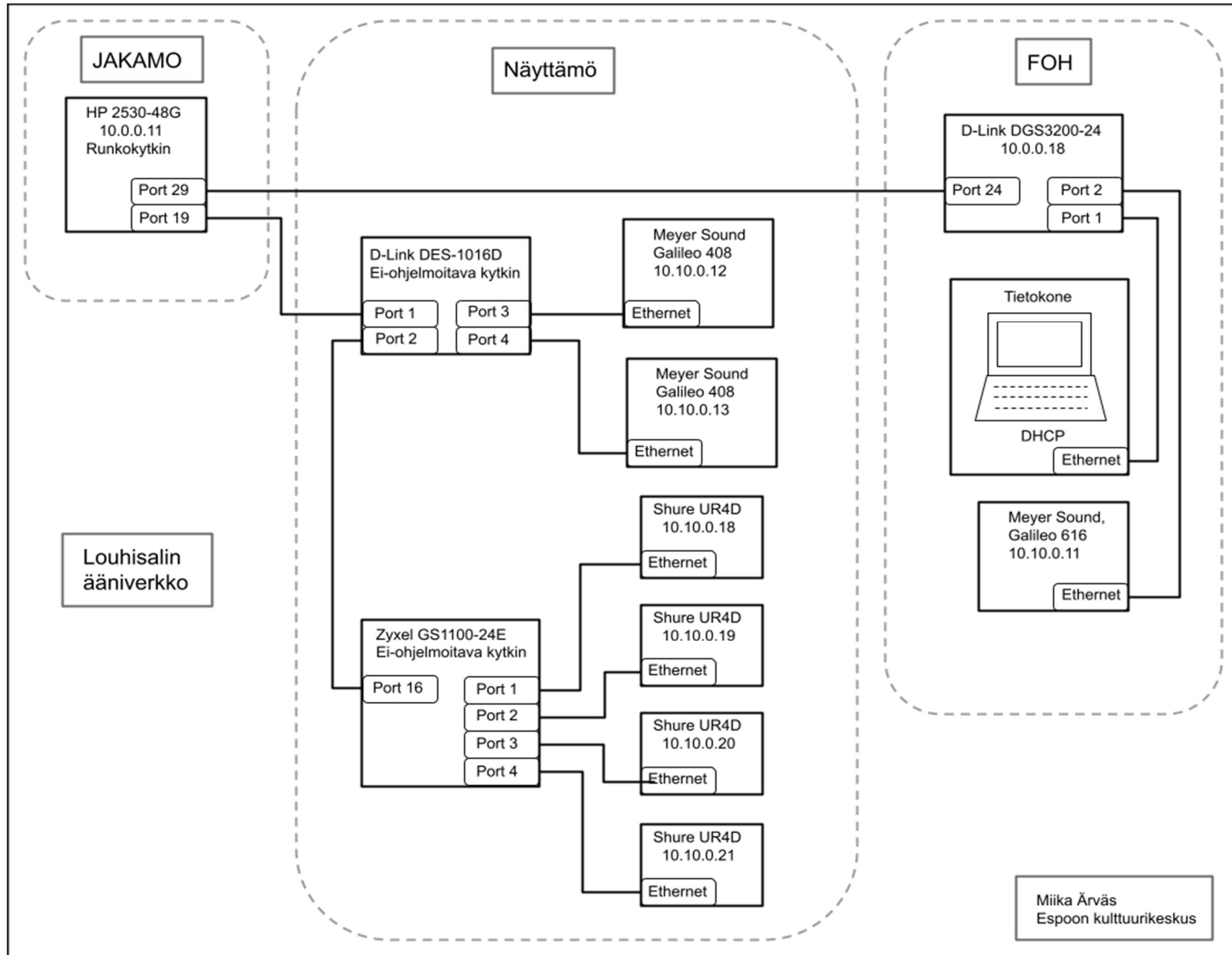
Espoon kulttuurikeskuksen esitysteknisessä verkossa olevat langattomat tukiasemat kykenevät hyödyntämään Extend Service Set-ominaisuutta. Tämä tarkoittaa sitä, ettei käyttäjän tarvitse ottaa uutta yhteyttä uuteen langattomaan tukiasemaan, kun hän siirtyy tilasta toiseen. Käyttäjän mobiililaite ottaa automaattisesti yhteyden uuteen lähimpään langattomaan tukiasemaan.

#### 6.4 Louhisalin valo- ja ääniverkon kytkentäkaaviot

Tässä osiossa on havainnollistettu kuvien avulla, kuinka Espoon kulttuurikeskuksessa on valo- ja äänilaitteet Louhisalissa kytketty esitystekniseen verkkoon. (Liitteet 5. ja 6.)



Liite 5. Louhisali valoverkko.



Liite 6. Louhisali ääniverkko.

## 6.5 IP-taulukko

Esitysteknisen verkon laitteet on hyvä luetella ja dokumentoida. Alla on esimerkki siitä, millä tavoin Espoon kulttuurikeskuksella on listattu ja dokumentoitu Louhisalin esitysteknisen verkon laitteiden nimet, IP-osoitteet, aliverkonpeitteet, yhdyskäytävät ja sijainnit (Liite 7.). Tällaisesta listasta on helppoa nopeasti katsoa missä mikäkin laite sijaitsee. Mitkä niiden IP-osoitteet, aliverkon peitteet ja oletusyhdyskäytävät ovat. Onko niihin asetettu kiinteä IP-osoite vai saavatko ne osoitteensa DHCP-palvelimelta. Mitkä IP-osoitteet ovat vapaana. Tapiolasalin esitysteknisistä laitteista on olemassa samanlainen lista.

### Louhisali - verkkolaitteet

Pääreititin                x.x.x.x  
 DHCP range                x.x.x.x - x.x.x.x  
 Subnet mask                x.x.x.x

Laite / host-name	IP-address	Subnet mask	Gateway	IP type	Location
Palomuri	x.x.x.x	x.x.x.x	x.x.x.x	x	x
HP-2530-48G	10.0.0.11	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	TJ1
HP-2530-48G	10.0.0.12	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	TJ1
HP-2530-48G POE	10.0.0.13	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Kellari
HP-2530-48G POE	10.0.0.14	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Louhi tarkkaa
D-Link FOH valo	10.0.0.15	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Tapiola FOH
D-Link FOH ääni	10.0.0.16	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Tapiola FOH
D-Link DGS-3200 24	10.0.0.17	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Tapio tarkkaa
D-Link DGS-3200 24	10.0.0.18	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Louhi FOH
D-Link Musta-aukko	10.0.0.19	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Musta-aukko
Luminex GC16Xt #1	10.0.0.21	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	VLK1
Luminex GC16Xt #2	10.0.0.22	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	AVLK1
Luminex GC12	10.0.0.23	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	FOH
Luminex GC14R	10.0.0.24	255.255.255.0	10.0.0.1	Static	Dimmer
Luminex GC14R	10.0.0.25	255.255.255.0	10.0.01	Static	TSali katolla
Luminex GC 14R	192.168.68.197	255.255.0.0	AVB B	Static	Stage left
Luminex GC 14R	192.168.68.198	255.255.0.0	AVB A	Static	Stage left
OpenWRT (riedel)	192.168.1.07	255.255.255.0	192.168.1.1	Static	Kellari
Galileo 616 #1	10.10.0.11	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	FOH
Galileo 408 #1	10.10.0.12	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Stage left
Galileo 408 #2	10.10.0.13	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Stage left
Galileo 616 #2	10.10.0.14	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Stage left
Shure UR 4D #1	10.10.0.18	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Stage left
Shure UR 4D #2	10.10.0.19	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Stage left

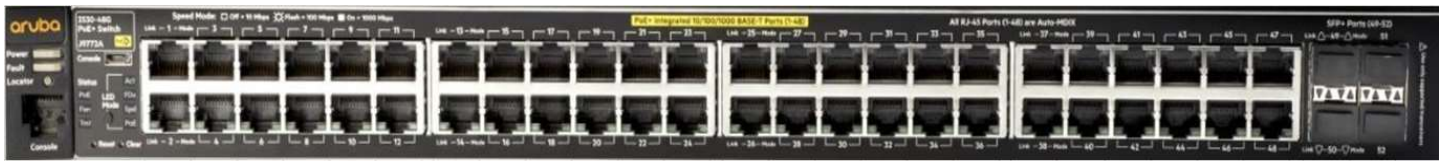
Shure UR 4D #3	10.10.0.20	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Stage left
Shure UR 4D #4	10.10.0.21	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Stage left
Shure UR 4D #5	10.10.0.41	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Optio
Shure UR 4D #6	10.10.0.42	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Optio
Shure UR 4D #7	10.10.0.43	255.255.255.0	10.10.0.1	Static	Optio
GrandMA2 Port1	10.40.0.2	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	FOH, CTRL
Dimmer Tapiola	10.40.0.10	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	Dimmer
Dimmer Louhi 1	10.40.0.11	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	Dimmer
Dimmer Louhi 2	10.40.0.12	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	Dimmer
LumenRadio Nova TX2	10.40.0.20	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	FOH
Luminex DMX8 #1.1	10.40.0.21	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	VLK1
Luminex DMX8 #2.1	10.40.0.22	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Luminex DMX8 #3.1	10.40.0.23	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	VLK1
Luminex DMX8 #4.1	10.40.0.24	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Luminex DMX8 #5.1	10.40.0.25	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	VLK1
Luminex DMX8 #6.1	10.40.0.26	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Luminex DMX8 #7.1	10.40.0.27	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	VLK1
Luminex DMX8 #8.1	10.40.0.28	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Luminex DMX4 #9	10.40.0.29	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	Optio
Luminex DMX4 #10	10.40.0.30	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	Optio
Luminex DMX8 #1.2	10.40.0.31	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	VLK1
Luminex DMX8 #2.2	10.40.0.32	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Luminex DMX8 #3.2	10.40.0.33	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	VLK1
Luminex DMX8 #4.2	10.40.0.34	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Luminex DMX8 #5.2	10.40.0.35	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	FOH
Luminex DMX8 #6.2	10.40.0.36	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Luminex DMX8 #7.2	10.40.0.37	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	Dimmer
Luminex DMX8 #8.2	10.40.0.38	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	
Panasonic PT-RQ22K	10.40.0.69	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	Tark.
Panasonic PTDZ110X	10.40.0.70	255.255.255.0	10.40.0.1	Static	AV- varasto
GrandMA2 Port2	2.0.0.2	255.0.0.0	2.0.0.1	Static	FOH, ART-NET
MediaServer	2.0.0.3	255.0.0.0	2.0.0.1	Static	AVLK1, ART-NET
Galileo 408 #3	DHCP			DHCP	Optio
Mac sound #1	DHCP			DHCP	FOH
Mac sound #2	DHCP			DHCP	FOH
Mac sound #3	DHCP			DHCP	FOH
Mac sound #4	DHCP			DHCP	FOH
D-Link DES-1016D	Unmadaged				Stage
Zyxel-GS1100-24	Unmanaged				Stage

Liite 7. Louhisalin IP-osoitteet

## 6.6 Verkkokytkimen tiedot

Espeen kulttuurikeskuksella jokaisen esitystekniseen verkkoon kytketyn verkkokytkimen luona on printattuna kuva verkkokytkimestä, joka kertoo mikä virtuaalilähiverkko on konfiguroituna mihinkin verkkokytkimen porttiin. Lisäksi kuvassa näkyy virtuaalilähiverkkojen numerot sekä niiden värikoodit. Kuvassa on myös tekstikenttä, johon on mahdollisuus kirjoittaa erityishuomioita verkkokytkimen porttia koskien. Tämä nopeuttaa teknikoiden työskentelyä huomattavasti, koska heidän ei tarvitse erikseen lähteä kyseistä tietoa etsimään (Liite 8.).

Väri ja numero kertovat siitä, että mihin virtuaalilähiverkkoon mikäkin verkkokytkimen portti on ohjelmoitu.



Portti	PID	Untag	Tag	Mihin?	HUOM	Net	VID
1						Audio	10
2						Dante	31
3						Dante	32
4						sACN L	40
5						Artnet	41
6						sACN T	50
7						Artnet	51
8						Ohjaus	90
9						Interné	100
10							

Liite 8. Kytkimen portit ja niiden lähiverkot.

## 6.7 Esitysteknisen verkon kehitysideoita

Espeen kulttuurikeskuksen esitystekninen verkko on tätä opinnäytetyötä tehdessäni noin 4 vuoden ikäinen siitä, kun se valmistui.

Sen runkokaapelointi eli verkkokytkinten välinen kaapelointi tulisi päivittää kuitukaapeleilla. Tällä hetkellä se on toteutettu kategoria kaapeleilla. Osa esitysteknisessä verkossa olevista verkkokytkimistä olisi syytä uusida jo pelkästään niiden iän takia. Tämä toisi luotettavuutta ja suorituskykyä esitystekniseen verkkoon. Esitysteknisen langattoman verkon kuuluvuutta tulisi laajentaa kulttuurikeskuksen takatiloihin. Tämä mahdollistaisi laitteiden tai järjestelmien operoinnin laajemmin etänä. Tekniselle henkilökunnalle tulisi antaa perehdytys esitysteknisestä verkosta, jotta mahdollisimman monella olisi kyky tarvittaessa operoida sen kanssa. Koska tiedostojen koot kasvavat koko ajan esimerkiksi video sektorilla, olisi Espoon kulttuurikeskuksen esitystekniselle verkolle hyvä laatia suunnitelma siitä, mitä muutoksia verkko kokonaisuudessaan vaatisi, jotta siinä voisi kuljettaa kymmenen gigabitin verkkoliikennettä.

## **7 Yhteenveto ja kiitokset**

Kun esitysteknistä verkkoa suunnitellaan, toteutetaan tai käytetään, olisi hyvä tarvittaessa olla yhteydessä IT-alan asiantuntijaan, joka voi antaa viimeisimpiä neuvoja ja ohjeita siitä, kuinka tarvittavaan lopputulokseen päästään. Lopputulokseen pääsemiseen voi olla useampi tapa tai vaihtoehto.

Päällimmäisenä jäi mieleen, että verkkotietoliikenne on monimutkaista ja vaatii ammattiosaamista, mutta esitysteknikkojenkin on mahdollista ymmärtää sitä sellaisella tasolla, että he kykenevät suunnittelemaan esitysteknisiä lähiverkkoja. Noiden suunnitelmien pohjalta he pystyvät toteuttamaan kyseisiä lähiverkkoja sekä heillä on taito ylläpitää ja kehittää niitä. Ymmärtämällä lähiverkkoja ja niiden lainalaisuuksia, alamme tekniikoilla on mahdollisuus käydä keskusteluja IT-alan asiantuntijoiden kanssa ja näin ollen toivottuun lopputulokseen pääseminen voi helpottua.

Opinnäytetyöni aikana opin paljon uutta sekä onnistuin syventymään joihinkin jo oppimiini asioihin koskien esitysteknisiä verkkoja. Sen tekeminen avasi ja antoi vastauksia monille kysymyksille, joita olin ihmetellyt. Esimerkiksi, miksi tämä on

tehty näin tai miksi tämä toimii tällä tavalla? Toivon, että esitysteknisistä verkoista tekemästäni opinnäytetyöstä on hyötyä niille, jotka suunnittelevat, käyttävät tai toteuttavat niitä.

Lopuksi haluaisin kiittää seuraavia henkilöitä, jotka ovat vaikuttaneet opinnäytetyöni valmistumiseen.

Tutkintovastaava Mikko Pirinen opasti ja neuvoi minua koko opinnäytetyöni ajan.

Lehtori Timo Hiekkänen, josta tuli opinnäytetyöni ohjaava opettajani kesken prosessin. Hän auttoi syventämään opinnäytetyötäni ja nostamaan esille aiheita, jotka tarvitsevat huomiota. Hänen ansiostaan onnistuin rajaamaan aihetta merkittävästi. Hiekkänen auttoi suuresti myös alan ammattikielen kanssa.

Erityiskiitos kaikille niille henkilöille, jotka jaksoivat lukea opinnäytetyötäni sen eri valmistumisvaiheissa. Teiltä saamallani palautteella oli merkittävä vaikutus opinnäytetyöni sisältöön, rakenteeseen ja kieleen. Tästä porukasta voisin nostaa esille ystäväni Mika Kivinevan, jolla on vuosien kokemus tietoliikenne ja tietotekniikan alalta. Hän kommentoi ja neuvoi minua ahkerasti koko opinnäytetyöni ajan.

## Lähteet

Audinate 2016, Implementing audio-over-IP from an IT manager's perspective. NewBay Media Inc.

Elliot Barry J.& Gilmore Mike, 2002. Fiber optic cabling. E-kirja: O'Reilly Safari Online

Howell Wayne, 2013. Rock solid ethernet. Great shelford, GB: Entertainment technology press ltd.

Huntington John, 2020. Introduction to show networking. Version 1.0. Brooklyn, NY, USA:Zircon Design Press.

Huntington John, 2021. Show networks & Control systems. Version 2.1. Brooklyn, NY, USA: Zircon Design Press.

Jaakohuhta Hannu, 2005. Lähiverkot – Ethernet. 4. uudelleenpainos. Helsinki: IT Press 2005.

Penttinen Jyrki T.J. 2016. Wireless communications security. E-kirja: O'Reilly Safari Online

Spurgeon Charles E.& Zimmerman Joan, 2013. Ethernet switches. E-kirja: O'Reilly Safari Online

Van Winkle Lewis, 2019. Hands on network programming with C : Learn socket programming in C and write secure and optimized network code. E-kirja: O'Reilly Safari Online



