



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# Dante-verkon käyttö ja mahdollisuudet nykyaikaisessa äänentoistossa

Samuel Merisalo

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2017  
Viestintä  
Digitaalinen ääni ja kaupallinen musiikki



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Viestintä  
Digitaalinen ääni ja kaupallinen musiikki

MERISALO, SAMUEL:

Dante –verkon käyttö ja mahdollisuudet nykyaikaisessa äänentoistossa

Opinnäytetyö 46 sivua, joista 1 sivu liitteitä  
Toukokuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Dante–audioverkon mahdollisuuksia ja käyttöä nykyaikaisessa äänentoistossa. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa itse tekijälle ja myös lukijalle kokonaisvaltaisempi käsitys Dante–verkon muodostamisesta ja käyttämisestä.

Raportti alkaa teoreettisella osuudella analogisesta äänestä, digitaalisesta äänestä, ja tietoliikenneverkoista. Tutkimusmenetelmänä on käytetty Audinaten Dante Certification Program –kurssien suorittamista ja Oy Aku’s Factory Ltd yrityksen digitaalisten äänialttarien käyttöä Likkojen Lenkki 2017 -tapahtumassa. Opinnäytetyötä varten on haastateltu alan ammattilaisia, jotka ovat käyttäneet kyseisiä järjestelmiä tapahtumissa. Haastatteluja ei ole sisällytetty opinnäytetyön julkiseen osioon haastateltavien toiveesta. Tietoa on haettu alan suomen- ja englanninkielisestä ammattikirjallisuudesta sekä Audinaten videokurssien materiaaleista.

Opinnäytetyö sopii luettavaksi kaikille Dante-verkon toiminnasta ja moderneista äänentoistojärjestelmistä kiinnostuneille opiskelijoille ja ammattilaisille. Opinnäytetyössä päästiin lopputulokseen, että Dante –audioverkko on tällä hetkellä yleisin ja eniten yleistyvä audioverkkoprotokolla, jonka käytöltä ammatikseen työskentelevät ääniteknikot eivät tulevaisuudessa voi välttyä.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Program in Media  
Digital Sound and Commercial Music

MERISALO; SAMUEL:

The Use and Possibilities of Dante Network in Modern Sound Systems

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 1 page  
May 2017

---

The goal of this thesis was to study the possibilities and the use of Dante audio network in modern sound systems. The objective was to give a clearer overall picture about creating Dante networks to the readers and the author himself.

The thesis begins with a theoretical chapter covering the analog and digital sound and the IP networks. Taking courses on Audinate Dante Certification Program and the practical use of the sound altars Oy Aku's Factory Ltd at the event Likkojen Lenkki 2017 were the main methods of study. Many professionals using this system in public events were interviewed for this thesis, although their interviews are not included in the public version, upon their own request. The information was gathered from Finnish and English literature on the field, and from the Audinate video course material.

This thesis suits to be read by everyone, both professionals and students alike, who are interested in the operations of Dante network and modern sound systems in general. The conclusion of the thesis is that Dante audio network already is the most popular audio network protocol, and still gaining more fame. Its ease-of-use and approachability makes it impossible for professionals to avoid it in their upcoming day-to-day work.

---

Key words: dante, audio network, digital sound, sound systems

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	ELEKTRONISET AUDIOSIGNAALIT .....	8
2.1	Analoginen audiosignaali .....	8
2.1.1	Analogisen audiosignaalin siirto- ja tallennusmuodot.....	9
2.1.2	Analogisen äänisignaalin laatuun vaikuttavat tekijät.....	9
2.2	Digitaalinen audiosignaali .....	10
2.2.1	Näytteistys.....	10
2.2.2	Näytteenottotaajuus.....	11
2.2.3	Bittisyvyys .....	11
2.2.4	Word Clock -tahdistus .....	12
2.2.5	Digitaalinen viive.....	13
2.3	Digitaalisen audiotekniikan yleistyminen.....	14
3	TIETOLIIKENNEVERKOT .....	15
3.1	Tiedon mittayksiköt.....	15
3.2	Verkon ohjelmallinen rakenne.....	16
3.2.1	Fyysinen kerros.....	17
3.2.2	Siirtoyhteyskerros .....	17
3.2.3	Verkkokerros.....	17
3.3	Ethernet-lähiverkko .....	18
3.4	Lähiverkon Ethernet-laitteet .....	19
3.5	Lähiverkon kaapelointi .....	20
4	DANTE -AUDIOVERKKO .....	22
4.1	Dante –audioverkon ominaisuudet .....	22
4.1.1	Dante-verkon kellotus.....	22
4.1.2	Dante-verkon näytteenottotaajuus .....	23
4.1.3	Dante-verkon digitaalinen viive.....	23
4.1.4	Dante-verkon kaistanleveys .....	24
4.2	Dante –audioverkon fyysinen kerros .....	24
4.3	Dante –audioverkon laitteet.....	26
4.3.1	Audiolaitteet.....	27
4.3.2	Kytkimet .....	28
4.3.3	Verkkoa hallinnoivat laitteet.....	29
5	DANTE –SOVELLUKSET .....	30
5.1	Dante Controller .....	30
5.1.1	Signaalin reititys .....	30
5.1.2	Laitteiden tiedot .....	32

5.1.3	Word clockin tila.....	33
5.1.4	Verkon tila .....	34
5.1.5	Ilmoitukset .....	34
5.2	Dante Virtual Soundcard .....	35
5.3	Dante Via.....	35
6	KÄYTÄNNÖN ESIMERKKI: AKUN TEHDAS DIGITAL SIGNAL DISTRIBUTION SET YLEISÖTAPAHTUMISSA.....	37
6.1	Laitteisto .....	37
6.2	Signaalin reititys äänentoistojärjestelmälle .....	39
6.3	Laajennusmahdollisuudet .....	41
6.3.1	Alttarijärjestelmän käyttö Uponorin seminaarissa.....	41
6.3.2	Ulkojääät 2016 -tapahtuman.....	41
7	POHDINTA .....	43
	LÄHTEET.....	44
	LIITTEET .....	46

## LYHENTEET JA TERMIT

Analoginen ääni	Tallennuksen ja siirron kohteena oleva mahdollisimman tarkasti alkuperäistä äänitapahtumaa muistuttava aaltomuoto.
Digitaalinen ääni	Äänen aaltomuoto taltioitu ja ilmaistu binäärilukuina eli ykkösinä ja nollina.
Signaalitie	Äänisignaalin kulkema reitti. Kaikki osat joiden läpi signaali kulkee kuuluvat ja vaikuttavat signaalitiehen.
Lähiverkko	Eli LAN on maantieteellisellä alueella toimiva tietoliikenneverkko.
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu, joka on yleisin ja ensimmäisen laajasti hyväksytty lähiverkkotekniikka.
IP-osoite	Eli Internet protokollaosoite on numerosarja, jota käytetään IP-verkkoihin kytkettyjen laitteiden yksilöimiseen.
Kytkin	Laite, joka yhdistää pakettikytkentäisen lähiverkon osia.
Reititin	Laite, joka yhdistää tietoverkkoja
Audinate	Australialainen yritys, joka on kehittänyt Dante-verkon
Dante-verkko	Yhdistelmä ohjelmistoja, laitteita ja verkkoprotokollia, joka kuljettaa kompressoimatonta ja monikanavaista, audiota tavallisessa Ethernet-verkossa.
Äänialttari	Monikäyttöinen työasema, johon on integroitu digitaalinen äänipöytä, tietokone, kytkimiä ja liittäntäpaneeleita.
Signaalinjakokeskus	Äänialttarin lisäosa, josta, voidaan reitittää digitaalista audiota sisään ja ulos alttarista.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe tuli työni kautta. Aiempi ideani oli kirjoittaa audioverkoista nykyaikaisessa äänentoistossa, mutta hyvin pian tajusin aiheen olevan liian laaja. Asioita tulisi käsitellä vain pintapuoleisesti. Aiheen rajaaminen vain Dante-verkkoon tuntui luonnolliselta suunnalta sillä, sen käyttöön olin jo päässyt perehtymään työssäni. Olin kuitenkin vailla syvällisempää ymmärrystä aiheesta ja verkkojen luomisesta. Työn olennaisena tavoitteena oli saada itselleni lisää tietotaitoa ja ymmärrystä aiheesta.

Aiemmin olin käyttänyt Dante-verkkoa lähinnä äänipöytien ja lavarasioiden kytkemiseen ja Oy Aku's Factory Ltd äänialttareiden parissa. Tiesin, kuinka laitteet tulee fyysisesti kytkeä, että ne toimivat. En kuitenkaan ymmärtänyt täysin, kuinka verkon looginen puoli toimii. Aloin perehtyä aiheeseen teorian kautta pohjustamalla tietoa analogisesta ja digitaalisesta äänestä sekä tietoliikenneverkoista. Suoritin Dante Certification Program 1 & 2 –kurssit. Kurssit ovat videoverkkokursseja. Kurssien suorittamisen jälkeen aloin saada sisältöä opinnäytetyöhön ja ajatukseni selkiytyi työn rakenteesta. Tarkoitukseni oli käsitellä aihetta sillä tasolla, että jo alalla oleva opiskelija tai ammattilainen voisi ymmärtää asiaa ja saada sitä kautta parannettua tietotaitoaan. En lähtenyt yksinkertaistamaan kaikkea niin, että asiaan täysin perehtymätön myös ymmärtäisi työn sisältöä. Koin, että käyttämällä paljon kuvia työssäni, kuitenkin helpottaisin asiasisällön ymmärtämistä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on vastata seuraaviin kysymyksiin:

Kuinka Dante-verkko muodostuu ja toimii? Millainen teoria tietoverkkojen taustalla on ja mistä Ethernet-verkot muodostuvat? Miten Dante-verkkoa hyödynnetään äänentoistojärjestelmissä ja millaisia uusia mahdollisuuksia Dante-verkon käyttö antaa?

## 2 ELEKTRONISET AUDIOSIGNAALIT

”Lähes kaikkien elektronisten tiedonvälitysjärjestelmien tarkoitus on ollut tähän asti poistaa ihmisten välinen etäisyys keskustelun ja tiedonvälityksen esteenä” (Fano 1949, *The Transmission of Information*).

Äänen lähetys on äänen aaltomuodon välitystä lähtöpaikasta määränpäähän. Lähetysten laatua arvostellaan sen perusteella, kuinka uskollisesti saapuva audiosignaali jäljittelee alkuperäistä signaalia. Akustinen tai elektroninen ääniaalto taltioidaan ja ohjataan järjestelmään, joka uudelleen muodostaa signaalin akustiseen muotoonsa järjestelmän toisessa päässä vastaanottajan kuultavaksi. (McCarthy 2013, 3.) Audiosignaalin eksakti välitys on kuitenkin teoreettinen mahdottomuus. Tämä kuitenkin tulisi olla auditiivisen tiedonvälityksen tärkein tavoite. Alkuperäisen äänen havainnointi täydellisessä muodossa on mahdollista vain ympäristössä, jossa yksi äänilähde, kuten äänihuulet tuottavat mekaanisen liikkeen. Tämä liike tuottaa väliaineen, kuten ilman molekyylien värähtelyt, jotka muodostavat ääniaallon. Ääniaallon saapuessa vastaanottimeen, kuten ihmisen kuuloelimiin voidaan ääntä havainnoida sen alkuperäisessä muodossa etäisyyden ollessa merkityksettömän lyhyt.

Moderneissa äänijärjestelmissä ääntä välitetään elektronisten audiosignaalien välityksellä. Elektroniset audiosignaalit voidaan luokitella kahteen ryhmään: Analogisiin ja digitaalisiin signaaleihin. Analoginen audionkäsittely on se perustekniikka, jolle koko ala on rakentunut ja sellaisenaan se perustuu suoraan 1800-luvun loppupuolen lennätin ja puhelintekniikkaan. Digitaalinen audionkäsittely taas on syntynyt teoriana 1900-luvun alkupuolella. Käytännössä digitaalinen teknologia otettiin käyttöön 1970-luvulla puhelinkeskuksissa (Laaksonen 2006, 54).

### 2.1 Analoginen audiosignaali

Analoginen tekniikka määritteellään menetelminä, joissa tallennuksen ja siirron kohteena on alkuperäistä äänitapahtumaa mahdollisimman tarkasti jäljittelevä aaltomuoto (Laak-



sonen 2006, 54). Signaali, joka on välityksen kohteena vastaa arvoiltaan suoraan sitä dataa, jota ollaan siirtämässä. Tällöin alkuperäisen informaation, ja siitä siirtoa varten tehdyn tallenteen välillä vallitsee sisällöllinen vastaavuus eli analogia.

### **2.1.1 Analogisen audiosignaalin siirto- ja tallennusmuodot**

Analogisien aaltomuotojen siirtoon on monia tekniikoita, jotka vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Eri tekniikoiden perusteena on jännitteen, magneettivuon tiheyden tai urapoikkeaman mekaaninen vaihtelu. Analogisia siirtotekniikoita on myös radiotaajuuden kantoaallon perustaajuuden tai perustason vaihtelut sekä valon kirkkauteen perustuvat vaihtelut. Myös vahvistimessa tapahtuva syöttövirran vaihtelu, joka saa kaiuttimen mekaaniseen liikkeeseen ja tuottamaan ääntä on analogisen aaltomuodon siirtokeino. Jännitteen vaihteluun perustuva analoginen audiosignaali on mikrofonista tuleva signaali, joka kulkee kaapeleissa ja analogisissa äänipöydissä. Signaali saa alkunsa ilmanpaineen aikaansaamasta liikkeestä mikrofonin kapselissa, joka siirretään mikrofonikaapelia pitkin esimerkiksi äänipöytään. Magneettivuon tiheyden vaihteluun perustavia laitteita ovat esimerkiksi avokela – ja kasettinauhat (Laaksonen 2006, 54). LP -levyjen uraa lukevan neuläkärjen muutokset, ja siitä muodostettu analoginen audiosignaali on urapoikkeaman mekaaniseen vaihteluun perustuva siirtomuoto. Radiolähetyksiä välitetään perustaajuuden vaihteluna eli frekvenssimodulaationa, joka on FM-radioaseman lähettämä signaali sekä perustason vaihteluna, joka AM-radioasemien lähettämä amplitudimodulaatioon perustuva signaali.

### **2.1.2 Analogisen äänisignaalin laatuun vaikuttavat tekijät**

Analogisen audiosignaalin laadun määrittelevät useat tekniset perusarvot. Näiden arvojen tarkkailu ja huomioon ottaminen auttaa varmistamaan, että audion laatu pysyy mahdollisimman muuttumattomana päämääräänsä asti. Signaalin tason ei tule olla liian hiljainen, koska silloin hyötysignaali saattaa sekoittua liikaa siirtoväylän pohjakohinaan. Pohjakohinan suhteellinen osuus halutaan pitää mahdollisimman pienenä, jolloin hyötysignaali tulee säätää mahdollisimman suureksi kuitenkin niin, että taso ei ylitä signaalin säröytymisen raja-arvoa.

Taajuusvaste kuvaa mikrofonin tai laitteen kykyä toistaa eri taajuuksia (Suntola 2006, 12). Lähtökohtaisesti laitteiden taajuusvasteita arvioidaan niiden tasaisuuden perusteella.

Epätasainen taajuusvaste aiheuttaa taajuuksien tai kokonaisten taajuusalueiden vaimentumisia ja korostumia, jotka muovaavat signaalia alkuperäisestä. Vaihevaste eli eri taajuuksien keskinäinen ajoitus signaali ei yleensä ole ongelma laitteissa vaan vaihevaste on konkreettisempi muuttuja esimerkiksi monialuekaiuttimissa. Vaikkakin analogisissa taajuusvastetta muokkaavissa ekvalisaattoreissa saattaa ilmentyä signaalia muuttavia vaihesiirtymiä. Säröytyminen on äänen sävyyn voimakkaasti vaikuttava ilmiö, jonka kuulokuvaa voidaan luonnehtia karkeaksi tai rikkinäisen kuuloiseksi. Yleisin säröytymisen muoto on harmoninen särö, jossa audiosignaalin harmoniseen säröön yhdistyy uusia harmonisia osasäveliä, jotka eivät ole osa alkuperäistä signaalia (Laaksonen 2006, 57). Yleisin harmonisen särön ilmenemismuoto on yliohjaussärö, jota muodostuu silloin, kun signaalin amplitudi ylittää signaalitien tai tallennuslaitteen salliman raja-arvon. Analogisissa laitteissa ja tallenteissa myös käyttöikä ja mekaaniset viat saattavat vääristää lopullista kuultavaa signaalia. Kasetin nauhan venyminen tai laitteen mekaanisten osien kuluminen saavat signaaliin kuultavaa huojuntaa, joka kuuluu selkeimmin soittimissa, joissa on voimakas yläsävelistö ja tasainen viritystaso, kuten pilliuruissa.

## **2.2 Digitaalinen audiosignaali**

Digitaalinen audiosignaali on sisällöltään binäärimuotoista dataa, joka on muunnettu ottamalla analogisen audiosignaalin aaltomuodosta näytteitä. Näytteistä muodostetaan dataa, jota digitaaliset laitteet lukevat ja lähettävät toisilleen. Menetelmää kutsutaan pulssikoodimodulaatioksi, joista yleisin ja käytetyin on lineaarinen pulssikoodimodulaatio. Tässä menetelmässä kaikkien näytteenottopisteiden välimatka on yhtä suuri. Signaalinmuunnosta analogisesta digitaalseksi kutsutaan AD-muunnokseksi. Lopulta data puretaan digitaalisessa laitteessa uudelleen analogiseksi signaaliksi (McCarthy 2013, 40). Tämä vaihe on DA-muunnos.

### **2.2.1 Näytteistys**

Näytteistys on kaiken digitaalisen audiotekniikan lähtökohta. Siinä alkuperäisen audion aaltomuodon amplitudista otetaan pistearvoja tasaisin väliajoin. Jokainen piste on eräänlainen pysäytyskuva audiosta, ja yhdessä pistekuvat muodostavat näytejonon, joka edustaa alkuperäisen audion aaltomuotoa. Näytteistyksen periaatteena on, että aaltomuoto, ei ehdi muuttua merkittävästi näytteiden välisinä aikoina. (Laaksonen 2006, 71.)

### 2.2.2 Näytteenottotaajuus

Äänen aaltomuodon digitaalisen mallinnuksen onnistumisen edellytyksenä on, että alkuperäisestä aaltomuodosta on saatu talteen kaikki sen rakenneosat. Se, kuinka hyvin aaltomuodon kaikki sinimuotoiset osavärähtelyt, eli yläsävelsarjat on saatu talteen, määrittelee, kuinka luonnollisena ääni toistuu. Nyquistin teoreeman mukaan sinimuotoinen signaali voidaan toistaa oikein vain, silloin kun näytetaajuus on vähintään kaksi kertaa suurempi, kuin korkein tallennettava taajuus (Laaksonen 2006, 69). Kuuloalueemme sijoitussa välille 20 Hz-20 kHz on teoreettinen näytteenottotaajuus 40 kHz. Tämä rajoitus on hyvin tarkka sillä, jos korkein taajuus on suurempi kuin puolet näytteenottotaajuudesta syntyy audiosignaalin sekaan häiriötä, joka kuullaan usein säröytymisenä. Tätä ilmiötä kutsutaan laskostumiseksi ja häiriöääniä kutsutaan alias-signaaleiksi. AD-muunnoksessa alias-suodatuksella rajataan, että audion mukana ei kulje yhtään taajuuksia, jotka olisivat korkeampia kuin puolet näytteenottotaajuudesta. Korkeimmalla taajuudella näytteistys on niin karkeaa, että aaltomuoto muodostuu neliömäiseksi. Tällöin syntyy samanlaista harmonista säröä, joka muodostuu, kun siniaalto leikkaantuu huipustaan. Tätä varten DA-muunnoksessa tehdään vielä erillinen lähtösuodatus. Yleisimmät käytössä olevat näytteenottotaajuudet digitaalisissa äänilaitteissa ovat 44,1 kHz, 48 kHz, 96 kHz ja 192 kHz. (McCarthy 2013, 40.)

### 2.2.3 Bittisyvyys

Kvantisoinnissa aaltomuodon amplitudista otetut näytteet pyöristetään ennalta määrätyn asteikon arvoiksi. Analogisen signaalin muutoksen ollessa portaattonta on digitaalinen signaali portaittaista. Bittisyvyys on arvo, joka määrittelee digitaalisen asteikon tasojen arvot. Mitä useampia arvoja asteikolla on, sitä tarkemmin digitaalinen mallinnus aaltomuodosta vastaa todellista aaltomuotoa. Käytettäessä binäärimuotoista dataa arvojen esitykseen voidaan luvun kaksi potenssilla laskea, kuinka monta eri tason arvoa on käytössä. Teoriassa bittisyvyyden ollessa arvoltaan yksi voi kyseinen bitti sisältää kaksi eri tason arvoa, jotka ovat binäärilukuina esitettyinä numerot nolla tai yksi. Alla olevan taulukon mukaan huomaamme, että bittisyvyyden ollessa 16 bittiä niin mahdollisia eri signaalin tason arvoja on 65 536 (Kaavio 1). Tämä on jo riittävä määrä muodostamaan luonnollisen

kuuloista aaltomuotoa, sillä esimerkiksi CD-formaatti on 16 bittistä. 24 bittiä on muodostunut standardiksi nykyaikaisissa digitaalisissa äänilaitteissa ja on käytetyin bittisyvyyden arvo tällä hetkellä (Audinate 2017. Dante Certification Program).

Kaavio 1: Eri bittisyvyyksien mahdolliset tasoarvot. ( Audinate 2017. Dante Certification Program)

Bittien määrä	Arvojen määrä
1	2
2	4
4	16
8	256
16	65536
24	16777216
32	4294967296

#### 2.2.4 Word Clock -tahdistus

Word clock on ominaisuus digitaalisessa laitteessa tai oma ulkoinen yksikkönsä, jolla määrätään, missä ajassa digitaalisen järjestelmän laitteet käsittelevät yksittäistä näytettä. Järjestelmässä tulee aina olla yksi laite, joka tahdistaa eli lähettää kellopulssin muille järjestelmän laitteille. Tätä kutsutaan järjestelmän Master-kelloksi. Muut järjestelmän laitteet, jotka vastaanottavat kellopulssin ovat Slave-kelloja. Kaikkien järjestelmässä olevien laitteiden tulee käsitellä saapuvasta datasta näytteet samassa ajassa, muutoin laitteiden synkronisaatio ei toimi. Tällöin laitteet eivät pysty käsittelemään saapuvia näytteitä samanlaisina ja audiota on mahdoton muodostaa. (Kaavio 2). Word clockin konkreettisempi toiminnallinen virhe on digitaalisen ajan huojunta eli Jitter-ilmiö. Digitaalisen audion perustessa näytteiden ottamiseen säännöllisin aikavälein tulee myös kellopulssin pitää nämä näytteet oikeissa kohdissa. AD-muuntimessa, jos näytteet eivät ole täysin oikeassa kohdassa ajallisesti, vaikka ovatkin oikeassa järjestyksessä niin niiden amplitudien arvot muodostuvat vääräksi. Tämä aiheuttaa signaaliin hetkellisiä säröytymiä. (Katz 2007, 256.)

Kaavio 2: Kahden laitteen teoreettinen synkronointivirhe. (Audinate 2017. Dante Certification Program)

Word clock synkronointi ei toimi	Word clock synkronointi toimii
A: 0011 1100 0000 1111	A: I 0011 1100 0000 1111
B: 1001 1110 0000 0111 1	B: 1 I 0011 1100 0000 1111
Aika ->	Aika ->

### 2.2.5 Digitaalinen viive

Merkittävin ero digitaalisten ja analogisten laitteiden välillä on signaalin käsittelystä syntyvä viive. Viive on siirtymäaika, joka signaalilla kestää kulkea elektronisessa laitteessa. Analogisissa laitteissa viive on käytännössä merkityksetön tekijä viiveen usein ollessa vain nanosekunteja. Digitaalisissa laitteissa signaalin kulku on yhdestä useaan kymmeneen millisekuntia riippuen signaalitiestä. Digitaaliseen viiveeseen vaikuttavat AD- ja DA-muunnokset, laitteen sisäisen muistin teho ja signaaliin käytetty prosessointi (Laaksonen 2006, 58). Etenkin digitaalisissa äänipöydissä nykypäivänä merkittävästi yleistyneet ulkoiset digitaaliprosessorit, joilla voidaan käsitellä esimerkiksi signaalin dynamiikkaa Plug-in ohjelmien avulla, lisäävät signaaliin useita millisekunteja viivettä. Myös päätevahvistimien prosessointitehon kasvamisen myötä on kehitetty uusia menetelmiä säädellä äänentoistojärjestelmää, jonka myötä signaaliin muodostuu lisää viivettä. Esimerkiksi kaiutinvalmistaja d&b audiotechnikin uusi ArrayProcessing-järjestelmä lisää signaaliin käytössä ollessaan 6,2 millisekuntia. Kuitenkaan kyseinen viive isossa äänentoistojärjestelmässä ei ole vielä haitallinen. Viiveen määrän merkitys on suhteellista ja käyttötilanne määrittelee viiveen haitallisuuden.

### 2.3 Digitaalisen audiotekniikan yleistyminen

Digitaalinen audiotekniikka on yleistynyt vuosituhanen vaihteesta lähtien ja on syrjäyttänyt analogista tekniikka merkittävästi. Digitaalisten audiolaitteiden yleistymisen takana on digitaalisen äänen laadun ja käsittelyn parantunut taso ja monipuoliset mahdollisuudet. Digitaalisen audiosignaalin herkkyys ulkopuolisille häiriöille on parempi kuin analogisen. Häiriöäänät vaikuttavat selkeästi analogisen signaalin aaltomuotoon, jos signaali altistuu häiriölle. Digitaalinen signaali voi sisältää häiriötä niin kauan, kuin datasta on luettavan laitteen päässä erotettavissa, onko kyseessä oleva bitti ykkönen vai nolla (Laaksonen 2006, 78). Näin häiriö ei siirry mukana signaaliketjussa eteenpäin. Signaalin huojunta ilmiöt analogisessa ympäristössä, johtuvat usein mekaanisista ongelmista, jotka voidaan ratkaista vain vaihtamalla laite tai taltio. Digitaalinen huojunta ilmiö taas usein viittaa laitteen huonoon word clockiin, joka johtuu laitteen laadusta. Tämän voi korjata lisäämällä järjestelmään laadukkaamman, ulkoisen word clockin. Analogisella tekniikalla ei ole juurikaan keinoja korjata virheitä signaalissa, kun taas digitaalisessa muodossa olevalle signaalille on olemassa tietyn ehdoin keinoja eheyttää signaalia, jopa puuttuvasta datasta. Tietokoneiden yleistyminen kuluttajamarkkinoilla on ajanut myös kehitystä digitaaliseen suuntaan ja äänentallennus on nykypäivänä vain harvoissa poikkeustapauksissa analogista. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että digitaalinen audiotekniikka olisi täysin syrjäyttänyt analogisen puolen kokonaan. Nykypäivänä ollaan tilanteessa, jossa analogisilta laitteilta vaaditaan toimivuutta ja laatua. Markkinoille valmistettavista laitteista vain murto-osa on täysin analogisia ja ne ovat usein hintaluokassaan kalleimmasta päästä. Digitaalisissa laitteissa taas laadullisia eroavaisuuksia on paljon ja kehitys on nopeaa digitaalitekniikan saralla. Analogiset audiolaitteet tulevat säilymään merkittävänä muoti-ilmiönä, digitaalisten laitteiden hallitessa markkina-alaa.

### 3 TIETOLIIKENNEVERKOT

Digitaalisen audiotekniikan yleistyttyä myös merkittäväksi osaamisalueeksi on tullut audioverkkojen ja yleisesti tietoliikenneverkkojen toiminnan ymmärtäminen. Laitteiden kytkeminen ja käyttäminen on monimutkaisempaa, kuin täysin analogisten laitteiden. Signaalin siirto verkossa kuitenkin mahdollistaa aiempaa monipuolisempien järjestelmien luomisen. Digitaalinen audion välitys verkossa on täysin vastaavaa binäärimuotoista dataa, kuin kaikki muukin verkkodata ja kaikki audioverkkojärjestelmät pohjautuvat perinteiseen verkkotekniikkaan. Tietoliikenneverkkojen voidaan määrittellä koostuvan siirtoteistä sekä kytkentäpisteistä, joissa dataa, kuten ääntä siirretään erilaisia siirtoteitä apuna käyttäen. (Hämeen-Anttila 2003, 12.)

#### 3.1 Tiedon mittayksiköt

Tietotekniikassa tiedon pienin käsiteltävä osa on bitti. Bitillä voi olla kaksi toisensa poisulkevaa arvoa, jotka ovat nolla tai yksi. Useampia bittejä käytettäessä vaihtoehtoisten arvojen määrä kasvaa eksponentiaalisesti (Taulukko 1). Tietotekniikassa tallennuskapasiteetin mittayksikkönä pidetään tavua. Yksi tavu on pienin tietokoneen muistin yksikkö ja yksi tavu koostuu kahdeksasta bitistä. Yksi tavu voidaan ilmaista kokonaislukuina välillä 0-255. Tavun sisällön merkitys taas voidaan tulkita useilla tavoilla, kuten esimerkiksi kirjaimena tai numerona. Tavun sisältö ilmoitetaan usein heksadesimaalijärjestelmässä, jolloin se kirjoitusmuoto on lyhempi, kuin binäärimuotoinen kirjoitusmuoto. Bittien ja tavujen ollessa kuitenkin nykyisessä tietotekniikassa todella pieniä osia isommassa kokonaisuudessa, tulee näiden kerrannaisten etuliitteiden käyttö tarpeelliseksi. (Kaavio 3).

Kaavio 3: Bitin ja tavun kerrannaisten yleisimmät etuliitteet. (Audinate 2017. Dante Certification Program)

Bitti		Tavu		Kerrannainen
kilobitti	(kbit)	kilotavu	(kB)	$10^3$
megabitti	(Mbit)	megatavu	(MB)	$10^6$
gigabitti	(Gbit)	gigatavu	(GB)	$10^9$
terabitti	(Tbit)	teratavu	(TB)	$10^{12}$

Yksi tai useampi tavu voidaan liittää yhteen toimivaksi kokonaisuudeksi, jolloin syntyy digitaalinen sana. Digitaalisessa audiossa yksi sana vastaa yhtä alkuperäisestä audiosta otettua näytettä (Laaksonen 2006, 72). Digitaalisen audion kaistanleveydellä tarkoitetaan datan määrä sekuntia kohden, joka tarvitaan digitaalisen äänen kuljetukseen. Kaistaksi voidaan tulkita yksi kanava digitaalista audiota.

Esimerkki 1:

Kaistanleveys 64 kanavalle digitaalista audiota 48 kHz näytteenottotaajuudella 24-bittisenä lasketaan seuraavasti.

Kaistanleveys = (Näytteenottotaajuus) x (Bittisyvyys) x (kanavien määrä)

48 000 Hz x 24 bit x 64

= 73 728 000 bit/s

= 73,728 Mbit/s

### 3.2 Verkon ohjelmallinen rakenne

Puhuttaessa tietoliikenteestä sekä tietoliikenneverkoista, törmätään väistämättä ennemmin tai myöhemmin OSI-malliin ja OSI-mallin eri tasoihin. Vuosikymmeniä sitten tietokonevalmistajat tekivät niin toisistaan poikkeavia ratkaisuja, että eri valmistajien laitteita oli lähes mahdotonta saada toimimaan yhdessä. Oheislaitteiden lisääntyessä tuli saada yhteinen malli kuvaamaan järjestelmien eri tasoja, jotta tietoliikennelaitteet voisivat kommunikoida keskenään erilaisissa ympäristöissä. (Hämeen-Anttila 2003, 14.) OSI-mallissa verkko on jaettu seitsemään kerrokseen. OSI-malli ei kuitenkaan täysin lunastanut paikkaansa markkinoiden standardina, vaan sitä on kritisoitu ratkaisujen monimutkaisuudesta ja vaikeaselkoisuudesta. Tästä syystä useat valmistajakohtaiset ratkaisut yleistyivät. TCP/IP-malli onkin OSI-mallista poiketen yhdistänyt verkon kerroksia luoden siitä yksinkertaisemman ja toimivamman mallin. Monet audioverkot, kuten Dante-verkko pohjautuu TCP/IP-protokollaan. Kerroksien toiminnallinen idea on kuitenkin yksinkertainen. Jokainen kerros siirtää dataa aina seuraavalle kerrokselle. Audioverkkojen ymmärtämisen kannalta oleelliset ovat kolme ensimmäistä kerrosta.



### **3.2.1 Fyysinen kerros**

Fyysinen kerros käyttää fyysistä siirtotietä hoitamaan bittitason siirtotoimenpiteet (Hämeen-Anttila 2003, 15). Fyysinen kerros on ainoa kerros, joka sisältää konkreettisia, aistittavia asioita. Tämän kerroksen määrittelyitä ovat liittimet, sähköiset tai optiset tasot, taajuudet ja aallonpituudet sekä koodausmenetelmät. Yleisin fyysisen kerroksen standardeista on tietokoneista löytyvä Ethernet-liitäntä. Fyysinen kerros sisältää kaikki fyysiset laitteet ja tietoliikenneverkon kaapeloinnit.

### **3.2.2 Siirtoyhteyserros**

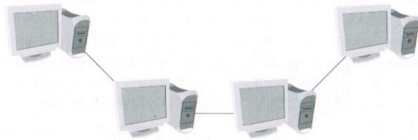
Siirtoyhteyserros huolehtii tiedon siirtämisestä fyysistä siirtotietä pitkin samassa verkossa. Tieto siirretään määrämuotoisissa kehyksissä, joiden avulla siirtovirheet havaitaan ja eräissä tapauksissa myös korjataan. Esimerkkejä siirtoprotokollista ovat langattomien ja langallisten lähiverkkojen vuoronvarausmenetelmät. (Saarelainen 2011, 71.) Tässä kerroksessa laitteet tunnistavat ja kommunikoivat keskenään MAC-osoitteiden avulla. MAC-osoitteet ovat laitteiden yksilöllisiä tunnisteita, jotka valmistajat hankkivat laitteilleen. Kahdella laitteella ei voi olla samaa MAC-osoitetta.

### **3.2.3 Verkkokerros**

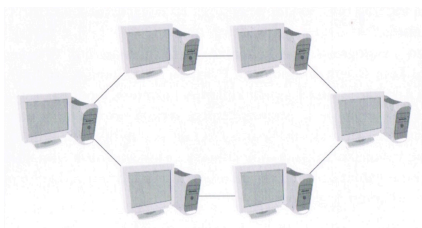
Verkkokerros huolehtii kehysten tai pakettien reitittämisestä usein monimutkaisen ja useista erityyppisistä aliverkoista koostuvan yhteyden yli. Reitittävät solmut käyttävät reitityksen apuna tämän kerroksen protokollien käyttämiä verkko-osoitteita. (Saarelainen 2011, 71.) IP-protokollien avulla laitteet lähettävät ja vastaanottavat keskenään datapaketteja. Laitteille määritetyt numeeriset IP-osoitteet toimivat ylemmillä kerroksilla oleville sovelluksille tunnisteina aliverkkojen sisällä ja saavat laitteet toimimaan yhdessä samassa verkossa.

### 3.3 Ethernet-lähiverkko

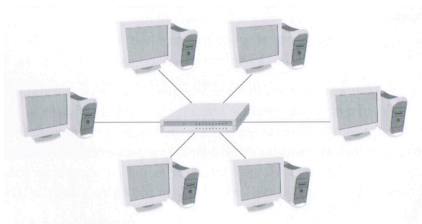
LAN-verkko eli lähiverkko on tarkoitettu fyysisesti toisiaan lähellä olevien päätelaitteiden ja palvelimien yhdistämiseen. Useampia lähiverkkoja voidaan isommalla maantieteellisellä alueella yhdistää WAN-verkoiksi eli alueverkoiksi. Nykyisin yleisin lähiverkoteknikka on Ethernet. Lähiverkon rakenteen määrittelee laitteiden kaapelointitapa eli topologia. (Hämeen-Anttila 2003, 15.) Väyläverkko on vanhin verkon topologia. Väyläverkossa laitteet ovat kytketty rinnakkain yhteen (Kuva 1). Tämä on edullinen keino, mutta, jos signaali katkeaa yhdestäkin kohtaa se lamauttaa koko järjestelmän. Rengasverkko on kuin väyläverkko, mutta verkon loppupää yhdistetään alkupäähän, jolloin verkko muodostaa ympyrän (Kuva 2). Ongelmat ovat väyläverkon kanssa yhteiset ja rengasverkkoon on vaikeampaa lisätä uusia laitteita jälkikäteen. Tähtiverkko on yleisin ja käytetyin verkon topologia useampien laitteiden toisiinsa kytkemisessä. Verkon keskellä toimii kytkentäkeskus, johon jokainen laite kytketään suoraan (Kuva 3). Mikäli jokin verkon laite hajoaa, niin koko verkko ei lamaannu, paitsi tilanteessa, jossa kytkentäkeskus vioittuu. Verkkoon on jälkikäteen helppoa lisätä myös uusia laitteita. Useamman topologian yhdistäviä verkkoja kutsutaan hybridiverkoiksi.



Kuva 1: Väyläverkko. (Tietoliikenteen Perusteet)



Kuva 2: Rengasverkko. (Tietoliikenteen Perusteet)



Kuva 3: Tähtiverkko. (Tietoliikenteen Perusteet)

Ethernetin ensimmäinen versio valmistui vuonna 1980 Digitalin, Intelin ja Xeroxin yhteistyönä. Myöhemmin IEEE (*The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc*) otti Ethernetin 802.3-standardin pohjaksi. Periaatteena Ethernetissä on, että päätelaite vastaanottaa dataa, mitä toinen laite on lähettämässä tai hiljaisena hetkenä lähettää omaa dataansa. Tämä menettely tunnetaan nimellä half-duplex. Kytkinten yleistyttyä ja laitteiden kehittyttyä, päätelaitteet voivat samanaikaisesti lähettää ja vastaanottaa dataa. Tämä menettely on nimeltään full-duplex. Ethernet verkoissa dataa voidaan välittää eri tavoin. Unicast-lähetyksessä eli täsmälähetyksessä on yksi lähettäjä ja yksi vastaanottaja. Tällöin data kulkee yhdestä pisteestä toiseen. Multicast-lähetyksessä eli ryhmälähetyksessä välittää dataa yhdestä tai useammasta kohteesta usealle valitulle kohteelle. Broadcast-lähetyksessä eli Yleislähetyksessä on kaikille verkkoon kuuluville laitteille lähtevä datapaketti. Lähetyksen valinnalla on oleellinen merkitys verkon kuormituksen ja siirtonopeuden kannalta. Ethernetin siirtonopeudet ovat 10, 100 ja 1000 Mbit/s sekä 10, 40 ja 100 Gbit/s. Ethernet-tyypin nimestä selviää nopeus ja siirtotapa. Esimerkiksi 1000BASE-T tarkoittaa 1000 Mbit/s nopeudella toimivaa kantataajuusena, parikaapelia käyttävää versiota Ethernetistä. (Saarelainen 2011, 92.) Nykyisellään Ethernetin eri variantteja on yli kolmekymmentä.

### 3.4 Lähiverkon Ethernet-laitteet

Ethernetin pitkästä historiasta ja yleisyydestä johtuen Ethernet lähiverkkotekniikalle on laajin komponentti, laite ja ohjelmistovalikoima. Lähiverkon keskeisin komponentti on kytkin (Kuva 4). Kytkin yhdistää fyysisellä kerroksella lähiverkon eri päätelaitteita, kuten tietokoneita toisiinsa. Se ohjailee lähiverkon datapaketteja niiden sisältämän MAC-osoitteen perusteella ja oppii itse laitteiden sijainnit ja välittää tietojensa mukaan datapaketteja suoraan vastaanottajalle (Saarelainen 2011, 94). Kytkimen toiminta perustuu moniporttiseen siltaukseen, joka mahdollistaa lähiverkon fyysisen sekä verkollisen tähtimäisen rakenteen. Kytkimet ovat pääsääntöisesti 8, 16, 24 tai 48-porttisia. Kytkimiä yhdistämällä voidaan luoda vielä laajempia lähiverkkoja. Nykyisin standardina ovat gigabitin Ethernet kytkimet. Kymmenen ja sadan megabitin kytkimien ovat nopeutensa puolesta melko rajoittuneita. Kytkinverkoissa voidaan verkkoa jaotella myös pienempiin rajattuihin VLAN-verkkoihin. Tämä tapahtuu verkkokerroksella ja sen tavoitteena järjestellä verkkoa kokonaisuuksiin, joissa vain tietyt laitteet välittävät datapaketteja toisilleen. Osa kytkimistä kykenee myös lähettämään ”PoE” -käyttöjännitteen laitteelle, kuten langattomalle reitittimelle Ethernet-liitännän kautta.



Kuva 4: Cisco sg300-20 hallinnoitava kytkin. (Cisco)

Toinen merkittävä lähiverkon laite on reititin (Kuva 5). Se on tietoverkkoja yhdistävä laite, jonka tehtävänä on yhdistää eri tietoverkon osia langallisesti tai langattomasti. Reititin reitittää datapaketteja IP-osoitteisiin perustuen (Saarelainen 2011, 92). Kahdella päätelaitteella ei tulisi samaa IP-osoitetta. IP-osoitteet tulee käyttäjän jakaa joko manuaalisesti tai automaattisesti DHCP-serverin avulla. DHCP-serveri toimii osoitteiden antajana, jolloin osoitteiden päällekkäisyyksiä ei synny. Langattomia reitittimiä käytetään esimerkiksi Tablet-tietokoneiden yhdistämiseen langattomasti lähiverkossa.

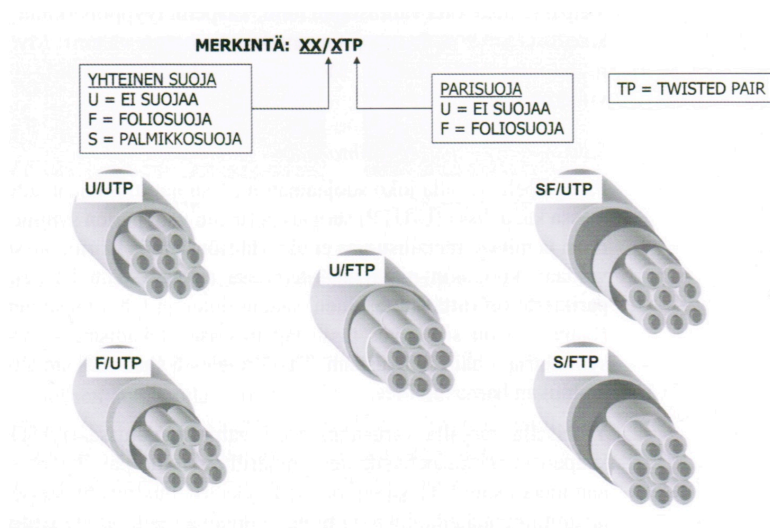


Kuva 5: Cisco WAP150 langaton reititin. (Cisco)

### 3.5 Lähiverkon kaapelointi

Kierretty parikaapeli RJ45-liittimellä on yleisin tietoliikenneverkkoissa käytetty kaapelistandardi. Kaapelissa signaalia siirretään johdinparissa eli kahdella johtimella, jotka ovat kierretty toistensa ympärille häiriöiden vähentämiseksi. Kaapelissa on kategoriasta riippuen useampia pareja. Yleisimmät käytössä olevat ovat CAT5e ja CAT6 kategorian kaapelit, jotka tukevat vähintään yhden gigabitin dataliikennettä. Kaapelin pituuden ollessa 100 metriä ja riippuen kaapelin laadusta alkaa signaalin taso heiketä, eikä dataa enää kulje kaapelista läpi yhden gigabitin verran. Alle 100 metrin kaapelin pituus ei kuitenkaan takaa riittävää datan kuljetuskykyä täysin varmasti. Datan kulkevuus selviää vain mittamalla.

Täysin suojaamaton kaapeli on nimeltään U/UTP. Ensimmäinen U tarkoittaa, että kaapeleita ei ole suojattu paremman häiriösiedon aikaansaamiseksi. Toinen U tarkoittaa myös parien olevan suojaamattomia. Lyhenne TP tarkoittaa kaapelin parikerrettä. Yhteisellä suojalla varustetussa eli vaippasuojatussa (F/UTP) kaapelissa on kaapelisydämen ympärillä kaikille pareille yhteinen metallisuoja. Tämänlainen suojaus voidaan vielä vahvistaa metallinauhan päälle tulevalla metallilankapalmikolla (SF/UTP). Parisuojatussa kaapelissa myös jokainen pari on erikseen suojattu metallinauhalla. Parien suojien lisäksi niillä voi olla yhteinen metallisuoja (F/FTP), palmikko (S/FTP) tai niiden yhdistelmä (SF/FTP). Kaapeli parit voivat myös olla ilman yhteistä suojaa (U/FTP) (Kuva 6). (Koivisto 2014, 133.)



Kuva 6: Yleiskaapelointistandardin (EN 50173-1) mukaiset parikaapelirakenteet ja niiden merkintätavat. (Tietoliikenteen Perusteet)

Optisia kuitukaapeleita on useita erilaisia eri käyttötarkoituksiin. Muovikuituja käytetään yleensä hyvin lyhyiden etäisyyksien kaapeloinneissa, missä etäisyydet ovat vain muutamia metrejä. Pidemmille etäisyyksille käytetään lasikuituja, koska niissä on pienempi häviö (Hämeen-Anttila 2003, 40). Muovikuidut ovat monimuotokuituja ja lasikuidut ovat yksi- tai monimuotokuituja. Kuiduille on omat kategoriansa niiden signaalin vaimennuksen mukaan. Yksimuotokuiduilla voidaan viedä signaalia useita kilometrejä. Kuitua käytetään paljon lähiverkkoja laajemmissa verkoissa, kuten valtakunnallisessa televerkossa. Yksinkertaisissa lähiverkkojärjestelmissä käytetään usein kytkimiin kiinnitettäviä kuitumuuntimia, kuten GBIC-muunninta tai SFP-moduulia. Kuitumuuntimilla voidaan kytkeä esimerkiksi kytkimiä toisiinsa.

## **4 DANTE -AUDIOVERKKO**

Dante on audioverkkolaitteisto ja -ohjelmisto, joka siirtää tarkasti ajastettua digitaalista audiota laitteiden välillä käyttäen standardisoitua IP-protokollan verkkotekniikkaa (Audinate 2017, Dante Certification Program). Tämä Audinaten kehittämä teknologia audio-teollisuuteen on kaikille laitevalmistajille yhteinen ja se takaa täysin yhteensopivan ratkaisun digitaalisen audion välitykseen laitteesta ja valmistajasta riippumatta. Audinate vastaa Dante-piirilevyjen valmistuksesta, jakelusta laitevalmistajille sekä Dante-ohjelmiston kehityksestä.

### **4.1 Dante –audioverkon ominaisuudet**

Dante perustuu IP-protokollan verkkotekniikkaan ja tarjoaa ominaisuuksia, joilla audiojärjestelmien rakentaminen ja käyttö on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi ja käyttäjäystävälliseksi. Dante-verkossa laitteet käyttävät kolmannen kerroksen IP-osoitteita, mutta sovellustasolla laitteiden tunnistus perustuu käyttäjän niille antamiin nimiin. Dante-verkko tunnistaa laitteet automaattisesti, kun ne kytketään verkkoon, jolloin laitteille ei tarvita muuta määrittelyä toimiakseen (Audinate 2017, Dante Certification Program).

#### **4.1.1 Dante-verkon kellotus**

Ohjelmisto määrittelee laitteiden word clockin ja valitsee sopivimmat laitteet Masterkelloksi automaattisesti. Käyttäjä pystyy myös itse määrittelemään kelloasetuksia käyttötarkoituksensa mukaan. Esimerkiksi esitystekniikassa yleisesti pidetään hyödyllisenä käyttää järjestelmän tärkeintä elementtiä, kuten äänipöytää Master-kellona. Käyttäjä voi määrätä verkon myös käyttämään tietyn laitteen kelloa verkosta ulkopuolisena kellona (Audinate 2017, Dante Certification Program). Dante tarjoaa ominaisuuden, joka tarkkailee laitteiden synkronisaatioita ja ilmoittaa mahdollisten vikatilanteiden ilmaantuessa laitteen, jossa ongelma on ilmennyt. Danten oman sisäisen kellojärjestelmän laadukkuuden ansioista sitä pidetään täysin Jitter-ilmiöstä vapaana digitaalisena audiojärjestelmänä.

### 4.1.2 Dante-verkon näytteenottotaajuus

Dante-verkossa laitteiden toimiakseen yhdessä niillä tulee olla käytössä sama näytteenottotaajuus. Dante ei määrittele näytteenottotaajuuksia, vaan käyttäjän tulee asettaa ne itse kuin tähänkin asti digitaalisten audiolaitteiden kanssa. Nämä ohjaukset on kuitenkin mahdollista tehdä Dante-verkon ohjausohjelmalla Dante Controllerilla (Audinate 2017, Dante Controller User Guide). Samassa Dante-verkossa voi olla laitteita eri näytteenottotaajuuksilla, mutta ne eivät pysty yhdistymään toisiinsa.

### 4.1.3 Dante-verkon digitaalinen viive

Digitaalinen viive on ilmiö, jota esiintyy kaikissa audioverkkojärjestelmissä. Se on aika, joka signaalilla kestää kulkea signaaliketjun alkupäästä loppupäähän (Laaksonen 2006, 58). Keskimääräisesti Dante-verkossa digitaalinen viive on 1 millisekunti. Tässä ajassa ääni kulkeutuu ilmassa vain noin 34 cm (Audinate 2017, Dante Certification Program). Tämä ilmenee usein ongelmaksi vain silloin, kun kuulemme yhtä aikaa suoraa ääntä sekä viivästynyttä ääntä. Monesti esimerkiksi soittajan vahvistin on paljon kauempana, kuin 34 cm päässä soittajasta ja täten jo fyysisen etäisyyden aiheuttama viive on isompi, kuin Dante-verkon.

Dante-verkon kuormitus sallii monesti myös pienempiä viiveaikoja järjestelmälle, kuten 0,25 tai 0,5 millisekuntia, mutta esitysteknisessä käytössä on järjestelmän paremman vakauden puolesta suositeltavaa käyttää vähintään yhtä millisekuntia. Audinate ohjeistaa asettamaan laitteiden viiveen aina toisiinsa yhteydessä olevista laitteista suurimman viiveen tarpeen mukaan (Audinate 2017, Dante Controller User Guide). Verkkoon kytkettyjen kytkimien määrällä on merkitys järjestelmän viiveen suhteen. Audinate on antanut omat ohjeistuksensa kytkimien määrään mukaan asettamille viiveille (Kaavio 4).

kytkimien määrä verkossa	järjestelmän digitaalinen viive
1	0,150 ms
3	0,25 ms
10	1 ms

Kaavio 4: Audinaten vähimmäissuositus järjestelmän viiveelle verkossa. (Audinate 2017. Dante Certification Program)

#### 4.1.4 Dante-verkon kaistanleveys

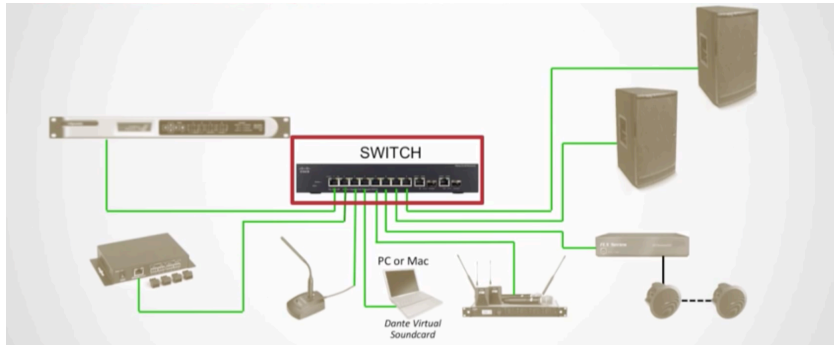
Dante-verkon datan kaistanleveys tekee siitä poikkeuksellisen tehokkaan verrattuna muihin audioverkkoihin. Monet vanhemmat audioverkkoprotokollat ovat olleet rajoittuneita verkotukseltaan ja kanavamäärältään verrattuna Dante-verkkoon (Köykkä 2017). Gigabitin verkossa Dante pystyy kuljettamaan 512 kanavaa sisään- ja 512 kanavaa ulostulevaa audiota kohti yhtä Ethernet porttia (Audinate 2017, Dante Certification Program). Tämä tarkoittaa, että 64 kanavaa audiota vie vain kahdeksasosan yhden gigabitin portin väylästä yhteen suuntaan.

## 4.2 Dante –audioverkon fyysinen kerros

Dante –audioverkko poikkeaa merkittävästi muista audioverkoista siten, että se on täysin verkotettava. Monet audioverkot ovat ”point-to-point” –verkkoja eli signaali kulkee pisteestä pisteeseen. Danten etuna on, että signaalia voidaan välittää helposti digitaalisena eri pisteisiin käyttäen perinteistä parikaapelia tai valokuitua tavallisten verkkokytkimien avulla. Monesti ongelmatilanteet Dante-verkon kanssa ovat verkon fyysisellä puolella ja liittyvät kaapelointiin. (Köykkä 2017.)

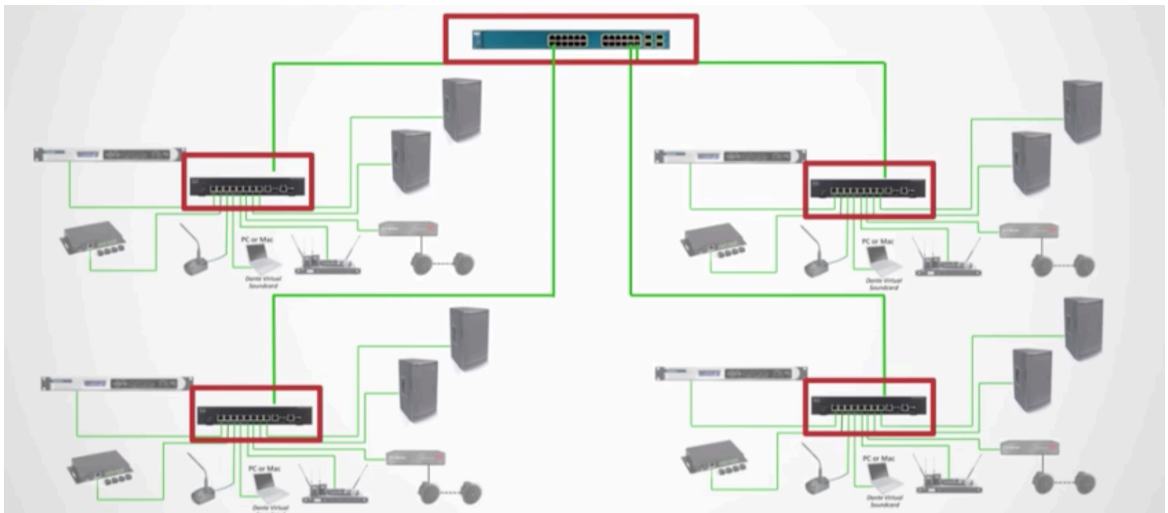
Audinate suosittelee käyttämään Dante-järjestelmissä yleisintä verkkotopologiaa eli Tähteä. Tähdessä kaikki verkon laitteet ovat yhteydessä toisiinsa yhden keskusjärjestelmän kautta, joka on Dante-verkon tapauksessa kytkin. Laitteen vioittuessa verkossa muut laitteet jatkavat toimintaansa. Uusi laite voidaan vaihtaa vanhan tilalle muun järjestelmän jatkaessa toimintaansa (Audinate 2017. Dante Certification Program). Samaan kytkimeen voidaan liittää kaikki audiojärjestelmän Dantea tukevat laitteet: langattomat mikrofonit, äänipöydät, lavarasiat, kaiutinprosessorit, kaiuttimet (kuva 7).





Kuva 7: Audiolaitteita kytkettynä kytkimeen tähtitopologian mukaisesti. (Audinate 2017. Dante Certification Program)

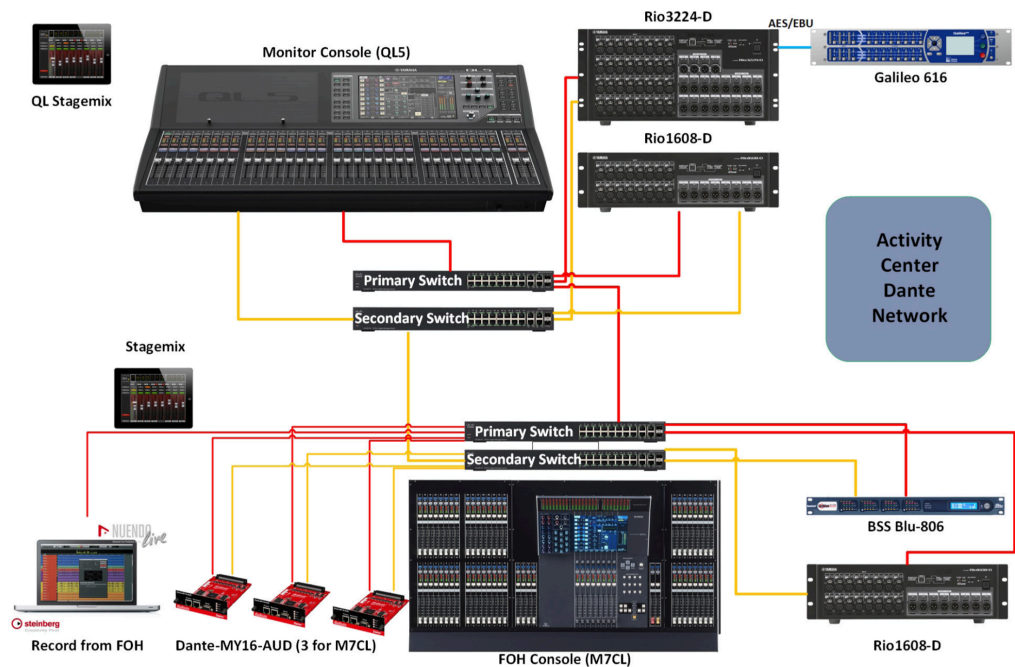
Verkon laajentuessa verkkoa voidaan jatkaa uusilla kytkimillä laajemmiksi kokonaisuuksiksi yhdistämällä kytkimiä toisiinsa (kuva 8).



Kuva 8: Laajempi Dante-verkko, jossa pienempiä verkkoja on kytketty kytkimillä toisiinsa. (Audinate 2017, Dante Certification Program)

Dante-verkossa toimivista laitteista osa on mahdollista kytkeä myös käyttämällä ”Daisy-Chain” –kytkentää eli väyläverkkotopologiaa, kun halutaan kytkeä laitteita ilman kytkimiä (Yamaha Corporation 2017, 13). Audinate suosittelee väyläkytkentää vain todella pienissä verkkokytkennoissä, joissa on vain muutama laite verkossa, kuten äänipöytä ja kaksi lavarasiaa. Väyläverkon käyttäminen isommissa laitemäärissä ei ole suositeltavaa sillä, kaapelin tai laitteen vioittuessa, kaikki laitteet sen jälkeen eivät ole enää yhteydessä verkkoon (Audinate 2017. Dante Certification Program). Audinate on kehittänyt Dante-

verkkoa varten myös järjestelmän toimivuutta vahvistavan ”Redundant” eli varaverkkojärjestelmän. Dante-verkko toimii käyttämällä Dante-laitteen ”Primary” pääporttia ja varaverkkojärjestelmä voidaan luoda käyttämällä ”Secondary” sijaisporttia. Näiden porttien avulla voidaan luoda kaksi täysin itsenäistä ja toisistaan irrallaan olevaa verkkoa. Verkon fyysisellä puolella tämä tarkoittaa, että audiolaitteiden kytkemiseen tarvitaan kaksinkertainen määrä kaapeleita ja kytkimiä (Kuva 9.) Käytännössä verkot toimivat koko ajan rinnakkain, ja jos pääverkko vioittuu varaverkko jatkaa toimintaansa ilman kuultavia häiriöääniä. Dante-verkkoon voi kytkeä myös laitteita, jotka eivät tue varaverkon kytkentää. Tällöin tulee huomioida, että jos pääverkko vioittuu, myös kyseiset laitteet lakkaavat toimimasta verkossa. (Audinate 2017, Dante Certification Program.)

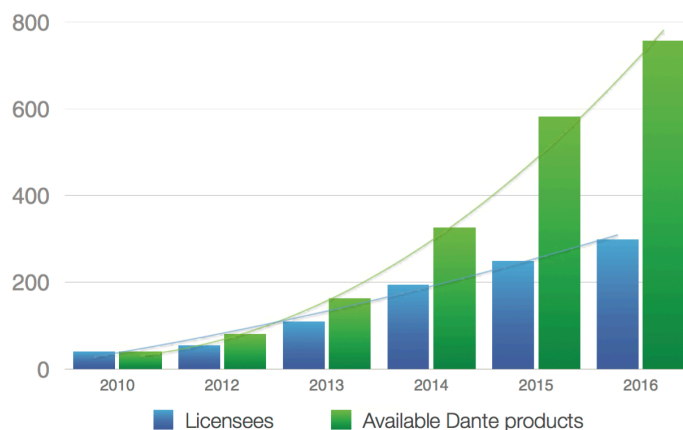


Kuva 9: Willow Creek –kirjon toimintakeskuksen audiolaitteiden pää- ja varaverkkokyt-  
kentä Dante-verkossa. (Audinate 2016, Whitepapers)

### 4.3 Dante –audioverkon laitteet

Audiomarkkinat seuraavat tällä hetkellä vahvasti muiden teknologia-alojen kehityssuun-  
taa. Kokeilun ja keksimisen ajanjakson jälkeen ollaan taipumassa ratkaisuihin, jotka lo-  
pulta ovat arvokkaimpia valmistajille, että loppukäyttäjille (Audinate 2015, Whitepa-  
pers). Dante-verkko on fyysisesti integroituina piirilevyinä laitteissa, mutta ilmenee lait-

teissa ulkoisena käyttöliittymänä. Audinate valmistaa kaikki piirit ja laitevalmistajat voivat yhdistää niitä laitteisiinsa. Toimintamalli takaa kehityssuunnan, jossa eri laitteiden yhteensopivuus voidaan taata pitkälle tulevaisuuteen. Yli 200 valmistajalisenssiä maailmanlaajuisesti ja kasvavalla tahdilla markkinoille julkaistuja Dante-yhteensopivia laitteita on tehnyt Dantesta nopeasti audioalan standardi audioverkkojärjestelmänä (Kuva 10).



Taulukko 4: Dante-lisenssien ja –laitteiden kasvu markkinoilla vuodesta 2012 vuoteen 2016 (RH Consulting)

### 4.3.1 Audiolaitteet

Dante yhteensopivien laitteiden määrä on jatkuvassa kasvussa. Esitystekniikan saralla voidaan pitää merkittävänä kasvupisteenä Lake prosessorien ja Yamahan valintaa integroida kiinteästi Dante-verkko moniin laitteisiinsa (Holder 2009, Audinate Dante). Dante yhteensopivia laitteita löytyy nykyisin kaikissa tuoteluokissa: mikrofoneissa, etuasteissa äänipöydissä, prosessoreissa, kaiuttimissa ja tallentimissa. Äänentoiston saralla Suomessa viime vuosina on yleistynyt Yamahan QL- ja CL sarjan äänipöydät. Kiinteästi integroitu Dante-verkko, suuri kanavamäärä ja tehokkuus ovat tehneet niistä alan standardin yleisäänipöytänä. Myös Danten yhteensopivuus todella vanhojen laitteiden kanssa on poikkeuksellinen. Yamahan valmistavan MY16-AUD kortin voi kytkeä vuonna 1998 valmistettuun digitaaliseen Yamaha 01V96 äänipöytään. Vastaavanlaiseen yhteensopivuuteen vanhojen jo valmistuksesta lopetettujen audiolaitteiden kanssa ei ole yksikään toinen audioverkkojärjestelmä aiemmin onnistunut. Dante-piirien sovittaminen audiolaitteisiin

on luonut markkinoille myös monia poikkeuksellisia innovaatioita. Amphenolin valmistama Amphe-Dante RJD1212-005 –äänikortille (Kuva 10) voidaan lähettää Dante-verkossa kaksi kanavaa digitaalista audiosignaalia normaalia parikaapelia pitkin sadan metrin päähän. Valokuidulla teoreettisesti kyseinen siirto olisi mahdollista tehdä jopa sadan kilometrin päähän. Vastaavanlaiset laitteet ovat ratkaisu ongelmattomampaan audion siirtoon paikkoihin, jonne signaalin kuljetus jo pelkän etäisyyden takia on haaste (Köykkä 2017).



Kuva 10: Amphenol RJD1212-005 äänikortti. (Audinate)

### 4.3.2 Kytkimet

Dante-verkkojen kanssa yleisimmät ongelmat ovat verkon fyysisellä puolella, mutta loogisella puolella kytkimet ja niiden väärät asetukset ovat syy yleisimpiin ongelmiin (Köykkä 2017). Kytkimet voidaan luokitella hallinnoitaviin ja ei-hallinnoitaviin kytkimiin. Hallinnoitavat kytkimet ovat kalliimpia ja niiden asetusten konfiguraatio vaatii käyttäjältä enemmän tietoa verkotuksesta. Monesti laajempien Dante-verkkojen luomiseen tarvitaan hallinnoitavia kytkimiä, että on mahdollista luoda toimiva pää- ja varaverkkojärjestelmä. Hallinnoitavat kytkimet ovat myös laadukkaampia ja fyysisesti kestävämpiä ja täten vaatimaan esityskäyttöön soveltuvampia. Hallinnoitavat kytkimet monesti sisältävät myös PoE-portteja, jotka pystyvät syöttämään käyttöjännitteen laitteille, kuten langattomille reitittimille tai äänikorteille. Ei-hallinnoitavat kytkimet taas ovat edullisempia ja soveltuvampia yksinkertaisiin Dante-verkkoihin. Niiden kytkeminen ja asetukset ovat rajoitettuja tai konfiguraatio on ennalta määriteltä. Tämä saattaa asettaa rajoituksia verkon luomisessa. Dante-verkon toimiessa vain yhden kytkimen kautta ja verkon ollessa käytössä vain Dantea varten on ei-hallinnoitavan kytkimen käyttö mahdollista. (Audinate 2017. Dante Certification Program.) Esitystekniikan käytössä tulisi aina käyttää vähintään gigabitin kaistalla toimivia kytkimiä ovat ne hallinnoitavia tai ei hallinnoitavia.

Kytöntien asetusten itse määrittely on usein syynä ongelmien syntyemiseen. Audinate suosittelee aina uutta verkkoa luodessa aloittamaan kytkimen perusasetuksilla. Monesti tällöin kytkimen erikoisasetukset ovat pois päältä. Kytkimen liiallinen konfigurointi saattaa vaikeuttaa ja hidastaa verkon toimivuutta. Useimmissa, vain Danten käyttöön suunnitelluissa verkoissa ei kytkimen erikoisominaisuuksia tarvita (Audinate 2017. Dante Certification Program). Kytkinten EEE- eli energiansäästö-asetus tulisi olla aina pois päältä, koska se sammuttaa kytkimen portteja, jos ne ovat käyttämättä. Tämä asetus saattaa päällä ollessaan sekoittaa Dante-verkkoa (Köykkä 2017). Verkoissa, joissa kulkee muutakin dataa, kuin Dante-verkko, ja Dante-verkossa on käytössä ”Multicast” ryhmälähetystyksiä voidaan kytkeä päälle ”IGM Snooping” –asetus. Asetus ohjeistaa datalähetystyksiä oikeille vastaanottajille ja keventää sekä priorisoi verkon toimintaa. QoS-ominaisuuden käyttöä suositellaan myös verkoissa, joissa on muutakin liikennettä. Se voidaan määrittellä priorisoimaan tärkeimmiksi tiettyjä datapaketteja, kuten word clock synkronisaatiota sekä audiota. (Audinate 2017, Networks and Switches.)

### **4.3.3 Verkkoa hallinnoivat laitteet**

Dante-verkkoa hallinnoidaan Dante Controller -ohjelmalla (Köykkä 2017). Ohjaukseen soveltuu mikä tahansa PC- tai MAC-tietokone, johon ohjelma on asennettu. Kytkemällä langattoman reitittimen Dante-verkon pääverkkoon on mahdollista ohjata Dante-verkkoa myös langattomasti käyttäen vastaanvanlaisia tietokoneita. VNC Viewer -ohjelmalla voidaan ottaa tietokone ohjaukseen tablet-tietokoneella, jolloin Dante Controllerin etäkäyttämisen on todella vaivatonta.

## 5 DANTE –SOVELLUKSET

Audinate on luonut omia sovelluksia Dante-verkon käyttöön. Ensimmäisenä markkinoille vuosikymmenen vaihteessa julkaistiin Dante Controller. Sovellus, jolla Dante-verkkoa, ja sen laitteita voidaan hallinnoida ja suorittaa reitityksiä audiosignaaliin. Pian tämän jälkeen julkaistiin ensimmäinen versio Dante Virtual Soundcard -sovelluksesta. Dante Virtual Soundcard toimii tietokoneessa virtuaalisena äänikorttina, joka mahdollista Dante-verkosta signaalin siirron esimerkiksi audiosekvensseriohjelmalle, jolla ääntä taltioidaan. Marraskuussa 2015 julkaistiin Dante Via –sovellus, jolla mikä tahansa tietokoneeseen kytketty audiolaite, kuten USB-äänikortti voidaan liittää Dante-verkkoon (Audinate 2015, Audinate announces).

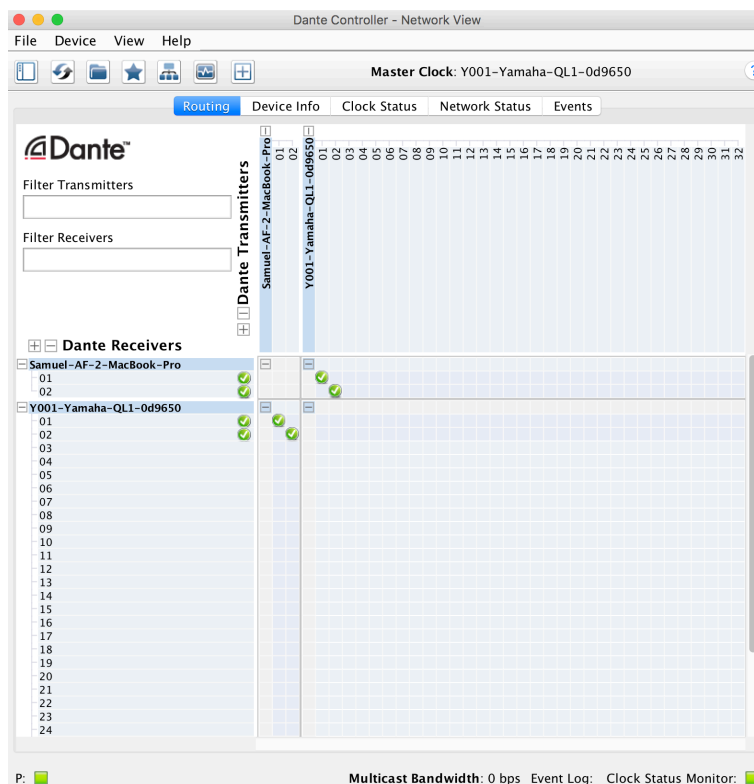
### 5.1 Dante Controller

Dante Controller on sovellus, joka mahdollistaa käyttäjän konfiguroida laitteita ja reitittää signaalia Dante-verkossa (Audinate 2017, Dante Controller). Dante Controller voidaan asentaa PC tai Mac-tietokoneelle, jonka jälkeen laite kytketään Dante-verkkoon. Sovellus avataan, jonka jälkeen se näyttää verkon sen hetkisen konfiguraation. Sovelluksella voi tarkastella kaikkia verkkoon kuuluvia laitteita ja niiden kanavia, säätää laitteiden kello- ja verkkoasetuksia, lukita, avata ja nimetä laitteita (Audinate 2017, Dante Controller User Guide).

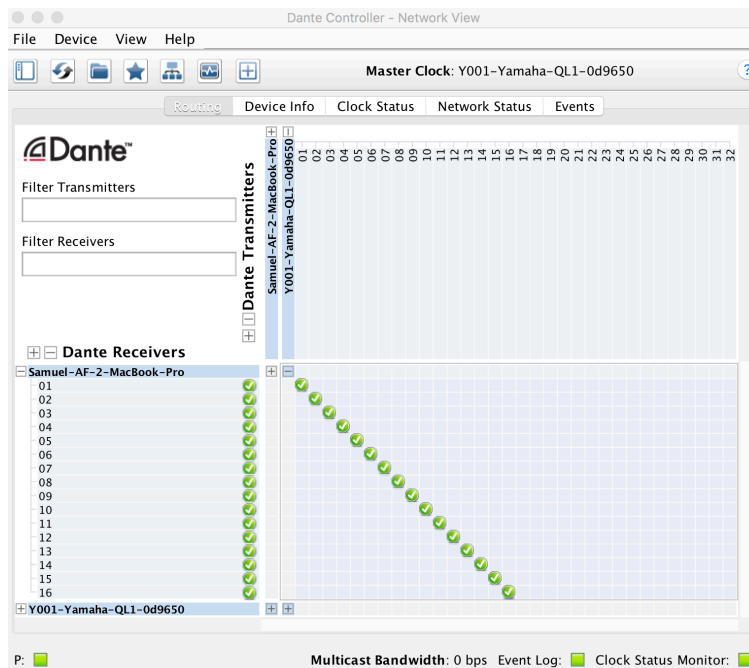
#### 5.1.1 Signaalin reititys

Dante Controller käynnistyessään aukeaa aina reititys-sivulle. Reititys-sivulla näkyvät kaikki, sillä hetkellä Dante-verkossa kytkeytyneenä olevat laitteet. Laitteiden lähettävät kanavat tulevat näkyviin vaakariville ”Dante Transmitters” –osioon. Pystyriville ”Dante Receivers” –osioon tulevat näkyviin laitteisiin sisään tulevat kanavat. Lähettävien ja vastaanottavien osioiden muodostamassa ristitaulukossa käyttäjä voi tehdä signaalikytkentöjä. Yhdestä laitteesta voidaan reitittää signaalia yhteen tai useampaan laitteeseen. (Köykkä 2017.) (Kuva 11; Kuva 12). Kuitenkin monissa laitteissa, kuten äänipöydissä käyttäjän täytyy määrittää mitä äänipöytä syöttää lähettämiinsä Dante-kanaviin ja minne äänipöydän vastaanottamat Dante-kanavat ohjataan äänipöydässä (Kuva 13). Reititys-sivulla käyttäjä voi ”Filter” –kentissä suodattaa nimen perusteella sivulla näkyviä laitteita.

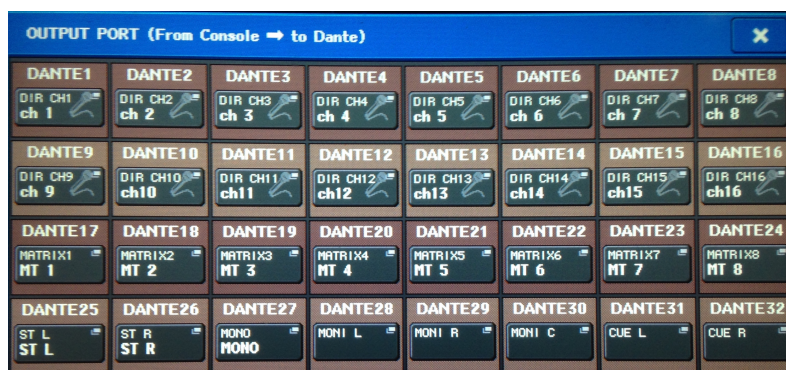
Tämä on suositeltavaa tehdessä kytkentöjä todella laajoissa Dante-verkoissa. Dante-verkkoja luodessa testaaminen on suositeltavaa hyvissä ajoin ennen lopullista käyttöä. Verkossa laitteiden reititykset jäävät laitteiden muistiin ja laitteet tunnistavat toisensa nimen perusteella. Näin uudelleen kytkettäessä reititykset löytyvät uudelleen. Vaikka laite olisi samanmallinen, mutta fyysisesti eri, tulee reititykset tehdä uudestaan. Mikäli laitteen nimi ei ole sama niin laitteet eivät tunnista toisiaan. Vaihtoehtoisesti myös laitteen nimen voi muuttaa samaksi, jolloin laitteet tunnistavat taas toisensa ja kytkennät toimivat. (Köykkä 2017.)



Kuva 11: Reititys-sivulla tehtyjä kytkentöjä Yamaha QL1 –äänipöydän ja Dante Virtual Soundcardilla varustetun Macbook Pro tietokoneen välillä. Tietokone lähettää kaksi kanavaa audiota äänipöydälle ja toisinpäin. (Samuel Merisalo)



Kuva 12: Yamaha QL1 –äänipöytä lähettää 16 kanavaa digitaalista audiota Dante Virtual Soundcardilla varustettuun Macbook Pro tietokoneeseen monikanavatalennusta varten. (Samuel Merisalo)



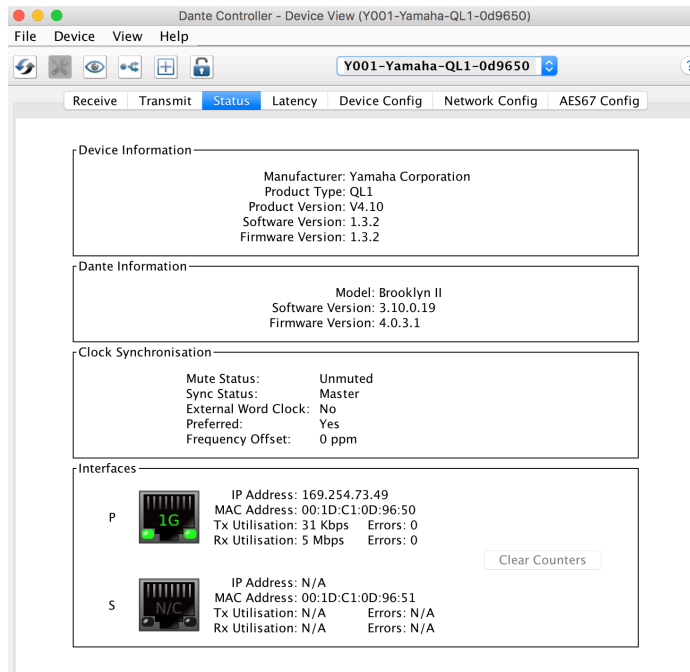
Kuva 13: Yamaha QL1 –äänipöydästä lähtevien Dante-kanavien reititys. (Samuel Merisalo)

### 5.1.2 Laitteiden tiedot

Laitteet -sivulle listautuvat kaikki Dante-verkkoon kytkeytyneet laitteet. Sivulla näkyy laitteen nimi ja malli sekä käyttäjärjestelmän versio. Laitteen IP-osoite sekä pää- ja varaverkon verkkolinkin nopeus. Sivulta voidaan laitteen nimeä klikkaamalla avata käyttöön myös laitekohtainen info-ikkuna. Laitekohtaisista tiedoista pääsee näkemään kyseisen laitteen vastaanotetut ja lähtevät signaalit. Laitteen kaikki yksityiskohtaisemmat tiedot



löytyvät laitteen tila –sivulta (Kuva 14). Digitaalisen viiveen monitorointi ja muokkaus sekä laitteen verkkoasetuksien hallinnointi tehdään myös laitekohtaisista asetuksista. (Audinate 2017, Dante Certification Program.)



Kuva 14: Yamaha QL1 digitaalisen äänipöydän laitekohtaiset tiedot Dante Controller –ohjelmassa. (Samuel Merisalo)

### 5.1.3 Word clockin tila

Dante Controller ilmaisee kaikkien laitteiden word clockin tilan. Dante Controller näyttää ovatko kaikkien laitteiden word clockit yhdistyneet toisiin ja huomauttaa, jos jokin laitteista ei pysty yhdistymään (Kuva 15). Kaikki Dante yhteensopivat laitteet käyttävät IEEE 1588 PTP –protokollaa verkossa laitteiden word clock synkronointiin. Yksi laite valitaan toimimaan Master-kellona ja loput laitteet toimivat seuraavina Slave-kelloina. Word clockin tila –sivulla voidaan määrätä laite tai laitteita toimimaan verkon ensisijaisena Master-kellona. Dante-verkon laitteet voidaan määrätä myös seuraamaan jonkin verkossa olevan laitteen omaa kelloa.

Dante Controller - Network View - Filtered

File Device View Help

Master Clock: FOH-Desk

Routing Device Info Clock Status Network Status Events

Device Name	Sync	Mute	Clock Source	Primary Status	Secondary Status	AE567 Status	Preferred Master	Enable Sync To External
Amp-FOH	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Amp-Lobby	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dante-Via-OSX	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DVS-PC	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FOH-Desk	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	<b>Master</b>	<b>Master</b>	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PCie-Record	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Slave	Passive	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stagebox-1	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Slave	Passive	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stagebox-2	<input checked="" type="checkbox"/>		Dante	Slave	Passive	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P:  S:

Multicast Bandwidth: 3Mbps Event Log:  Clock Status Monitor:

Kuva 15: Dante-verkon laitteet, joista saliäänimikseri on määrätty master-kelloksi. (Audinate)

### 5.1.4 Verkon tila

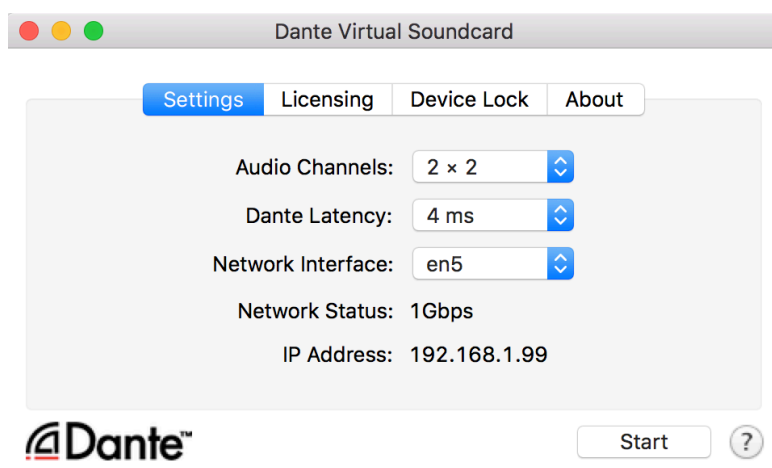
Verkon tila –sivulla löytyy verkossa olevien laitteiden tiedot. Näkymä näyttää reitityksien tilan, käytössä olevan verkon kaistanleveyden ja laitteen digitaalisen viiveen. Tältä sivulta havaitsee nopeasti mahdolliset ongelmat verkossa. Laitteen reitityksien ollessa puutteellisia, vihreän merkin puuttuminen indikoi viasta. Pää- ja varaverkon kaistanleveys olisi Audinaten suositusten mukaan hyvä olla 1 Gbps. Varaverkon kohdalla kirjaimet ”N/A” tarkoittaa sitä, että varaverkon väylä ei ole käytössä tai yhteys ei ole muodostunut. Kaistanleveys ilmoitetaan reaalina lähtevän ja vastaanottavan datan kaistaleveytenä pää ja varaverkolle. (Audinate 2017 Dante Controller User Guide.)

### 5.1.5 Ilmoitukset

Ilmoitukset-sivu tarjoaa tietoa muutoksista ja ongelmista verkossa. Dante Controller seuraa verkkoa ja sen laitteita jatkuvasti. Se kykenee ilmoittamaan kytkentäongelmista ja odottamattomista muutoksista verkossa ja monesti myös kertoo vian syyn. Vikailmoitukset kirjautuvat lokiin, josta käyttäjä voi ne tarvittaessa katsoa. Ilmoitukset jaetaan kolmeen kategoriaan, jotka ovat tietoilmoitukset, varoitusilmoitukset ja vikailmoitukset. (Audinate 2017, Dante Controller User Guide.) Ilmoituksien ongelmien ratkaisut selviävät monesti jo Audinaten tarjoaminen ohjeiden mukaan.

## 5.2 Dante Virtual Soundcard

Dante Virtual Soundcard on yksi Audinate suosituimmista tuotteista. Sitä käytetään laajalti taltioimaan ääntä esityksissä sekä studioissa. Dante Virtual Soundcard on ohjelmisto, joka asennetaan PC- tai Mac-tietokoneelle ja toimii tietokoneessa, kuten ulkoinen äänikortti. Sovelluksella tietokoneesta tulee osa Dante-verkkoa ja sillä voidaan äänittää 64 kanavaa digitaalista audiota sisään ja ulos tietokoneesta käyttämällä audiosekvensseri ohjelmistoa (Audinate 2017. Dante Certification Program). Käynnistäessä Dante Virtual Soundcard käynnistyy asetusikkunaan (Kuva 16). Asetusikkunassa voidaan määrittää kanavamäärä, digitaalinen viive sekä käytettävä verkkoportti. Dante Virtual Soundcard tukee 2, 4, 8, 16, 32, 48 ja 64 kanavaa vastaanotettavaa ja lähetettävää kanavaa digitaalista audiota yhtä aikaa. Digitaalisen viiveen voi myös määrittää välillä neljästä kymmeneen millisekuntia. Audinate suosittelee aina käyttämään Dante Virtual Soundcardin määrittelemää viivettä ohjelmiston parhaimman vakauden takaamiseksi. Äänikortin asetukset voi myös lukita, jonka käyttöä esimerkiksi kiinteissä äänentoiston asennuksissa suositellaan.

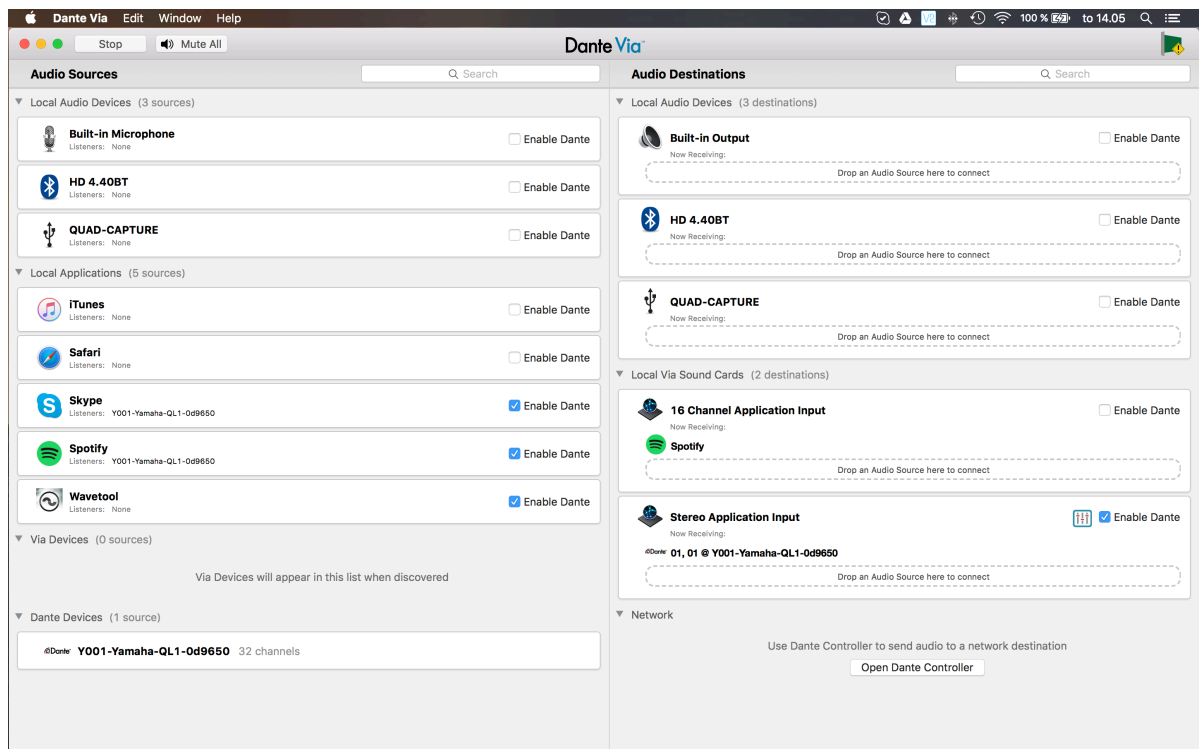


Kuva 16: Dante Virtual Soundcard –sovellus. (Samuel Merisalo)

## 5.3 Dante Via

Dante Via on ohjelmisto, joka mahdollistaa minkä tahansa tietokoneeseen kytkettävän audiolaitteen tai ohjelmiston yhdistämisen Dante-verkkoon. Ohjelmisto mahdollistaa tietokoneessa olevien ohjelmistojen, kuten Safari tai Spotify, yhdistämisen itsenäisinä stereokanavina verkkoon (Kuva 17). Dante Via perustuu samaan teknologiaan, kuin Dante

Virtual Soundcard, mutta toisin kuin DVS, se pystyy toimimaan myös tarvittaessa Master-kellona (Audinate 2017, Dante Certification Program). Esitystekniikan saralla sovellus on uudistuksellinen, koska nyt teoreettisesti kaikki laitteet ovat mahdollista saada Dante-verkkoon. Seminaareissa tietokoneelta voidaan ottaa Dante-verkossa omiin kanaviinsa esimerkiksi Skype-videopuhelu ja saliaänipöydästä voidaan lähettää suoraan salin mikrofonien signaali takaisin Skype-videopuheluun käyttäen samaa verkkoa. Käyttömahdollisuuksia sovelluksella on paljon.



Kuva 17: Dante Via –sovelluksen näkymä, jossa näkyy äänilähteet ja äänilähdöt. (Samuel Merisalo)

## 6 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKI: AKUN TEHDAS DIGITAL SIGNAL DISTRIBUTION SET YLEISÖTAPAHTUMISSA

Keväällä 2016 Oy Aku's Factory Ltd rakensi käyttöönsä kaksi kappaletta digitaalisia äänentoistojärjestelmien ohjaukseen ja optimisointiin tarkoitettuja työasemia, niin kutsuttuja alttareita. Näillä on pääsääntöisenä tarkoituksena ohjata yrityksen käyttämiä D&B Audiotechnik äänentoistojärjestelmiä yleisötapahtumissa. Alttareiden suunnittelusta ja toteutuksesta vastannut Köykkä kertoo. ”Ideana oli luoda moderni verkossa toimiva järjestelmä digitaaliseen signaalin siirtoon miksauspisteeltä äänentoistojärjestelmälle.” Alttarissa on otettu myös huomioon järjestelmän laajennettavuus ja monikäyttöisyys. Kyseistä järjestelmää käytin Likkojen Lenkki 2017 –tapahtumassa, jossa toimin äänentoistojärjestelmästä vastaavana järjestelmäsuunnittelijana.

### 6.1 Laitteisto

Järjestelmä koostuu neljästä isommasta kokonaisuudesta: alttarista, kahdesta erilaisesta signaalinjakokeskuksesta ja kaapeloinneista (kuva 18). Alttari sijaitsee tapahtumissa miksauspisteellä, joka on yleisön seassa. Alttarin ydin on Yamaha QL1 digitaalinen äänipöytä. Tähän kytketään vierailevien miksaajien omat äänipöydät, käytössä olevat juontomikit, tapahtuman taustamusiikki ja mahdolliset videomainosten äänet. Äänipöytään on myös kytketty alttarissa oleva Apple Mini Mac tietokone. Tällä tietokoneella voidaan ohjata D&B Audiotechnikin päätevahvistimia R1 –ohjelman avulla. Tietokoneessa on myös Dante Controller sovellus, jolla on helppo tehdä alttarin ja signaalinjakokeskusten välisiä audioreiityksiä. Tietokoneeseen on kytketty myös Roland Octa-Capture ulkoinen äänikortti. Tätä käytetään yhdessä Smaart 8 –ohjelman kanssa äänentoistojärjestelmän optimisointiin. Alttarin takana on Dante pää- ja varaverkon kytkimien kytkentäpaneelit, sekä 16-kanavaisen analogisen Harting paluukaapelin ristikytkentätäulu. Alttarissa on myös UPS-laite, johon tietokone, äänipöytä sekä kytkimet ovat kytketty. UPS-laitteessa on akku, joka alttarin virransyötön katketessa pystyy pitämään hetken järjestelmää käytössä, kunnes asiat saadaan tallennettua tai ongelma ratkaistua.

Signaalinjakokeskuksia on kaksi, joissa molemmissa on vastaavanlaiset Dante pää- ja varaverkon kytkimet ja kytkentäpaneelit kuin alttarissa. Molemmissa keskuksissa on myös pienempi UPS-laite turvaamassa laitteiden virransyöttöä. Molemmissa keskuksissa on

kaksi Four Audion valmistamaa DBO1 laitetta. DBO1 pystyy antamaan Dante-verkosta kahdeksan ulostuloa. Neljä digitaalista signaalia AES3 standardilla ja 8 analogista audio-signaalia. Digitaalinen kanava 1 vastaa analogisia kanavia 1 ja 2. Sama logiikka pätee myös muihinkin digitaalisiin kanaviin. Isommassa signaalinjakokeskuksessa on Harting paluukaapelin ristikytkentätäulu, sekä alttarin äänipöydän digitaalinen lavarasia. Lavarasia on Yamahan Tio 1608-D, Dante-verkossa toimiva laite, jossa on 16 analogista sisään-tulokanavaa ja 8 analogista ulostulokanavaa. Tätä voidaan käyttää esimerkiksi pienempien orkesterin miksaamiseen alttarin signaalilla, jolloin erillisen äänipöydän käyttämiseltä vältytään (Kuva 19). Altteri ja signaalinjakokeskukset kytketään toisiinsa kytkinten välillä kahdella CAT6e kategorian kaapelilla ja yhdellä valokuitukaapelilla, jonka sisällä kulkee kaksi kuitukaapelia. Yksi CAT6e kaapeli on pääverkon kytkimien välillä ja toinen varaverkon kytkimien välillä.



Kuva 18: Altteri ja signaalinjakokeskukset kaapeloituna. Likkojen Lenkki 2017-tapahtuman esivalmistelut käynnissä. (Samuel Merisalo)



Kuva 19: Isomman signaalinjakeskuksen Four Audio DBO1 ja Yamaha Tio 1608-D. (Samuel Merisalo)

## 6.2 Signaalin reititys äänentoistojärjestelmälle

”Altтарin äänipöydässä on otettu huomioon nykyaikaiset äänentoistojärjestelmien vaatimukset. Etenkin monet ulkomaalaisten yhtyeiden kanssa kiertävät äänimiehet haluavat lähettää äänipöydästä yleisen stereomiksauksen lisäksi erillisen signaalin sub-kaiuttimille ja lavan etureunassa oleville fill-kaiuttimille äänipöydästä ja tähän on varauduttu” Köykkä kommentoi. Likkojen lenkki 2017 –tapahtumassa vierailevien äänimiehistä heidän stereomiksauksensa siirrettiin analogisesti altтарin äänipöytään. Olen kaapeloinut järjestelmän niin, että signaalinjakeskukselta lähtee yläpääkaiuttimien, sub-kaiuttimien ja fill-kaiuttimien päätevahvistimille jokaiselle oma signaalinsa. Altтарin äänipöydässä olevissa matriisisyötöissä ohjaan heidän stereomiksauksen kaikille eri kaiutinryhmille (Kuva 20). Vastaavanlaiset työtavat ovat yleistymässä Suomessa ja on hyvä varautua, jos esimerkiksi miksaaja haluaa yhtäkkiä itselleen erillisen syötön sub-kaiuttimille. Altтарin äänipöydästä signaali siirretään Dante-verkkoa pitkin lavalla sijait-

sevaan isompaan signaalinjakokeskukseen, josta signaali jatkaa lavan alla päätevahvistimien luona olevaan pienempään signaalinjakokeskukseen. Signaalinjakokeskuksesta siirrän signaalin AES3 standardilla digitaalisena päätevahvistimille (kuva 21). Näin koko signaalitie alttarista kaiuttimien päätevahvistimelle kulkee digitaalisena. Tarvittaessa alttarin äänipöytään pystyy syöttämään signaalin digitaalisena Dante-verkossa tai AES3 standardilla, jolloin koko signaalitie olisi digitaalinen. Varajärjestelmänä kulkee digitaalisen signaalin rinnalla täysin analoginen kaapelointi kaikille päätteille. Mikäli alttari ja signaalinjakokeskukset lamaantuisivat esimerkiksi alttarin äänipöytä hajoamisen takia, niin saisin melko nopeasti äänijärjestelmän taas toimintakuntoon. Dante-verkon yleisyyden, helppouden ja varaverkkojärjestelmän takia se on ehdottomasti paras mahdollinen valinta alttarin audioverkkojärjestelmäksi.



Kuva 20: Alttarin Yamaha QL1 äänipöydän matriisikanavat, joista ohjataan ääni järjestelmän eri kaiutinryhmille omat signaalinsa. Signaalit lähetetään dante-verkossa lavalla olevaan signaalinjakokeskukseen. (Samuel Merisalo)

Kuva 21: Signaalinjakokeskuksen Four Audio DBO1 kytkentäpaneelin AES3 ulostulot eri kaiutin ryhmille. (Samuel Merisalo)



### **6.3 Laajennusmahdollisuudet**

Alttarijärjestelmän käyttömahdollisuudet eivät rajoitu pelkästään äänentoistojärjestelmien ohjaukseen. Dante-verkon myötä alttarijärjestelmä on myös laajennettavissa toisenlaisiin käyttötarkoituksiin ja tapahtumiin.

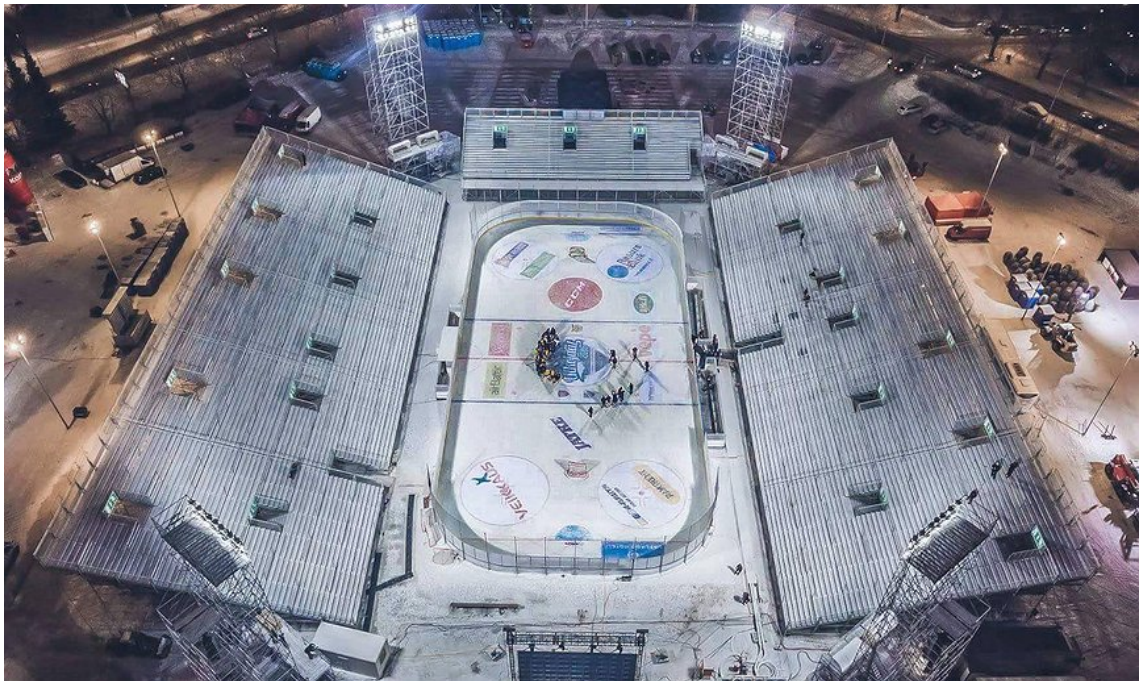
#### **6.3.1 Alttarijärjestelmän käyttö Uponorin seminaarissa**

”Äänentoistojärjestelmän ohjauksen lisäksi alttarijärjestelmät ovat osoittautuneet erittäin käytännöllisiksi seminaareissa. Kompakti paketti, joka mahdollistaa monet asiat joihin ei ole välttämättä mahdollisuutta varautua. Hollannissa järjestetyssä Uponorin seminaarissa tiesimme, että paikalla on pieni bändi, mutta kokoonpanosta ei ollut tarkkaa selkoa. Päätimme, että paluukaapelin 16 kanavaa käytämme bändiin ja kaikkiin yllätyksiin ja 16 kanavaa langattomia kytketään signaalinjakokeskuksen Tio-räkkiin. Erillisen kaukokaapelin vedolta vältyimme, kun oli jo olemassa valmiit kaapelit saada 32 kanavaa lavalta digitaalisesti sekä analogisesti. Samassa kaapelissa kulki myös äänentoistojärjestelmän ohjausdata sekä signaalit päätevahvistimille. Kokonaisuudessaan aivan timanttinen järjestelmä” Saranpää kommentoi alttareiden käyttöä seminaaritilaisuudessa. Erillisen miksauspöydän kuljetukselta Hollantiin säästy, koska Yamaha QL1 mahdollistaa enemmän pelkästään äänentoistojärjestelmän ohjauksen. Myös Dante-verkko mahdollistaa uusien laitteiden helpon liittämisen järjestelmään. Ohjelmassa oli paljon videomateriaalia, jota esitettiin yleisölle ja ääntä pystyttiin lähettämään videojärjestelmään ja takaisin yhtä CAT6e-kaapelia pitkin. Videojärjestelmässä äänen kontrollointiin oma digitaalinen ääni-pöytä varustettuna Dante-verkolla.

#### **6.3.2 Ulkojääät 2016 -tapahtuman**

Ulkojääät 2016 -tapahtumassa alttarijärjestelmää laajennettiin niin, että toisen järjestelmän signaalinjakokeskukset liitettiin lisäksi toiseen järjestelmään. Alttarijärjestelmässä oli siis kaiken kaikkiaan neljä signaalinjakokeskusta. Dante-verkon käyttö mahdollisti helpon kytkemisen. Esivalmisteluissa Dante Controller pystyi tarkistamaan järjestelmän toimivuuden ja tarvittavien reitityksien tekemisen. Tapahtumassa areenan kulmissa oli yhteensä 4 tornia, joihin ripustettiin kaiuttimia. Katsomoiden alla olivat kaiuttimet sisääntuloalueille ja toisen katsomon alla myös sub-kaiuttimet. ”Kaiuttimien päätevahvistimet sijaitsivat tornien alla, minne myös signaalinjakokeskukset sijoitettiin. Sisällä olevalta

miksauspisteeltä vietiin kuitukaapeli lähimmälle tornille isompaan räkkiin, josta jatkettiin kuidulla samalla puolella toisessa päässä kenttää olevalle tornille. Näistä isommista räkeistä jatkettiin CAT6e-kaapeleilla toisella puolen kenttää oleville torneille.” Tapahtuman äänentoistojärjestelmän suunnittelusta vastannut Liski kertoo. Samassa kaapeloinnissa kulki myös ohjaussignaali päätevahvistimille. Näin pitkien matkojen kaapelointi analogisena alkaa olla riskirajoilla. Päätevahvistimet tarvitsevat ohjaussignaalin, jolloin jos samassa kaapeloinnissa kulkee myös ääni digitaalisena, säästytään kaksinkertaiselta kaapeloinnilta. Dante-verkkoa valvottiin tapahtuman aikana Dante Controller –ohjelmalla. Näin saatiin reaaliaikaista tietoa verkon toiminnasta. Talvi asettaa laitteille omat haasteensa ja tieto laitteiden toimivuudesta on välttämätöntä.



Kuva 22: Ulkojää 2016 –tapahtuman kenttä, katsomot ja tornit, joihin kaiuttimet ripustettiin. (Ilves)

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön prosessi oli itselle mielenkiintoinen, mutta haastava projekti. Aihevalinta oli minulle mieleinen, sillä käytän työssäni paljon Dante-verkkoa. Nyt sain kuitenkin syventyä aiheeseen lisää kirjoittamisen myötä. Opin ymmärtämään tietoliikenneverkkojen toimintaa ja se on auttanut Dante-verkkojen luonnissa. Myös analogisen ja digitaalisen äänen teorian kertaaminen oli hyödyksi. Itse kirjoitusprosessi oli itselle raskas, sillä kevät on ollut todella työn täyteinen ja vapaa-ajalla kirjoittaminen on ollut haastavaa ajatuksien ollessa vain audion parissa. Asiatekstien kirjoittaminen ei myöskään vahvimpia osaamisalueitani. Olen kuitenkin tyytyväinen, että lopulta sain kokoon työn, joka mielestäni täyttää opinnäytetyölle asetetut vaatimukset.

Opinnäytetyöni aihe on ajankohtainen, sillä audioverkkojen käyttö on viimeisen vuosikymmen aikana noussut todella merkittävään osaan äänentoistoalalla. Audioverkkoja on todella monia, mutta Dante on markkinoiden merkittävin suurimmalla markkinaosuudella. Dante-verkon helppokäyttöisyys muihin audioverkkoihin verrattuna on tehnyt siitä audioalan ammattilaisten keskuudessa alan suosituimman. Tulevaisuudessa Dante-verkkojen ja verkkoasioiden osaaminen tulee merkittävämmäksi äänitekniikkojen päivittäisessä käytössä. Arvioin, että alan luonne tulee muuttumaan paljon teknisemmäksi mitä se aiemmin on ollut ja pysyäkseen kehityksessä mukana tulee äänitekniikoiden opiskella audioverkkojen ja Ethernet-verkkojen toimintaa.

## LÄHTEET

Audinate 2015. Whitepapers: The Three Pillars of Audio Networking. E-julkaisu. Luettu 28.4.2017. <https://www.audinate.com/resources/whitepapers>

Audinate 2015. Audinate Announces Immediate Availability of Dante Via. Pressitiedote. Luettu 10.5.2017. <https://www.audinate.com/about/news-activity/press/audinate-announces-immediate-availability-dante-via>

Audinate 2016. Whitepapers: Implementing Audio-over-IP from an IT Manager's Perspective. E-julkaisu. Luettu 28.4.2017. <https://www.audinate.com/resources/whitepapers>

Audinate 2017. Dante Certification Program level 1 & 2. Kurssimateriaali [www.audinate.com/certify](http://www.audinate.com/certify)

Audinate 2017. Dante Controller User Guide. <https://www.audinate.com/products/software/dante-controller>

Audinate 2017. Networks and Switches. <https://www.audinate.com/resources/networks-switches>

Fano, R. 1949. The transmission of information. Technical report no. 65. Research laboratory of electronics. Massachusetts institute of technology

Holder, C. 2009. Audinate Dante. [www.av.net.au./contents/issue\\_6/audinate\\_dante.pdf](http://www.av.net.au./contents/issue_6/audinate_dante.pdf)

Hämeen-Anttila, T. 2003. Tietoliikenteen perusteet. 1. Painos. Jyväskylä: Docendo Finland Oy

Katz, B. 2007. Mastering audio: the art and the science. 2. Painos. Boston: Focal Press

Koivisto, P. 2014. Yleiskaapelointijärjestelmät. 4. Uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy

Köykkä, O. Järjestelmäsuunnittelija. 2017. Sähköpostihaastattelu Dante-verkon käyttämisestä äänentoistojärjestelmissä. Sähköpostiviesti [olavi@olavikoykka.net](mailto:olavi@olavikoykka.net) Luettu 1.5.2017

Laaksonen, J. 2006. Äänityön kivijalka. 1. Painos. Helsinki: Idemco Oy

Liski T. Järjestelmäsuunnittelija 2017. Sähköpostihaastattelu Ulkojääät 2017 –tapahtuman signaalitiestä. Sähköpostiviesti [timo.liski@soundsolutions.fi](mailto:timo.liski@soundsolutions.fi) Luettu 12.5.2017

McCarthy, B. 2013. Sound systems: design and optimization. 2. Painos. Taylor & Francis Group.

Suntola, S. 2006. Luova Studiotyö. 3. Painos. Helsinki: Idemco Oy

Saarelainen, K. 2011. IP-puhe. 1. Painos. Helsinki: Readme.fi

Saranpää J. Äänisuunnittelija Oy Aku's Factory Ltd 2017. Sähköpostihaastattelu alttareista seminaarikäytössä. Sähköpostiviesti jyrki.saranpaa@akuntehdas.fi Luettu 16.5.2017

Yamaha Corporation 2012. Yamaha Rio3224-D & Rio1608-D Owner's Manual

**LIITTEET**

Liite 1. Dante Certification Program Level 1 –todistus



Liite 2. Dante Certification Program Level 2 –todistus

