

Jussi Tuohino

## **MIMU-KÄSINEIDEN MAHDOLLISUUDET ESITTÄVÄSSÄ TAITEESSA**

Puettavan musiikkiteknologian hyödyntäminen ääni- ja visuaalisessa suunnittelussa

# **MIMU-KÄSINEIDEN MAHDOLLISUUDET ESITTÄVÄSSÄ TAITEESSA**

Puettavan musiikkiteknologian hyödyntäminen ääni- ja visuaalisessa suunnittelussa

Jussi Tuohino  
Opinnäytetyö  
Kevät 2023  
Kulttuurituottaminen ja luova talous (YAMK)  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kulttuurialan ylempi AMK-tutkinto, Kulttuurituottaminen ja luova talous

---

Tekijä: Jussi Tuohino

Opinnäytetyön nimi: MiMU-käsineiden mahdollisuudet esittävässä taiteessa. Puettavan musiikkiteknologian hyödyntäminen ääni- ja visuaalisessa suunnittelussa

Työn ohjaajat: Pekka Isomursu ja Jouko Tötterström

Työn valmistuslukupäivä ja -vuosi: kevät 2023

Sivumäärä: 76

---

Oulun ammattikorkeakoulun Kulttuurialan yksikön vetämän digitaalisen esiintymisen (digital performance) hankkeen yhteydessä Ouluun hankittiin MiMU-käsinejärjestelmä, jonka avulla voidaan muuntaa käsien ja sormien liikkeitä kontrollidataksi musiikin, äänen, videoprojisoitien ja valojen ohjaamista varten. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tiivistää MiMU-käsinejärjestelmän kaltaisen puettavan musiikkiteknologian kehityshistoriaa ja suositeltuja taiteellisia toimintamalleja.

Tutkimuksen tavoitteet pyrittiin saavuttamaan vastaamalla seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Millaisia ovat MiMU-käsineiden käyttökokemukset Oamkilla, ja kuinka ne peilautuvat muualla tehtyyn työhön niin MiMU-käsineiden kuin muidenkin puettavien teknologioiden parissa? Millainen on tarkoituksenmukainen laitteisto- ja ohjelmistojärjestelmä, joilla MiMU-käsineiden avulla toteutettavaa ääni- ja visuaalista suunnittelua voidaan hallita?

Tutkimus toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja tapaustutkimuksena vuosien 2021–2023 aikana. Kirjallisuuskatsauksena esiteltiin puettavan musiikkiteknologian sovelluskohteita, ja käytännönläheisen ja pedagogisen ulottuvuuden työhön loi Oamkissa käytetyn MiMU-järjestelmän toiminnallisuuksien seikkaperäinen esittely. Tapaustutkimuksena kuvattiin lopuksi kolme Oamkin taiteelliseen toimintaan liittyntä esittävän taiteen esimerkkipäätöksiksi, joihin liittyneiden teosten toteutuksessa MiMU-käsineillä oli merkittävä rooli.

Tutkimuksen tuloksina esiteltiin puettavan musiikkiteknologian historiaa sovellusesimerkkien kera, kuvattiin yksityiskohtaisesti MiMU-järjestelmään liittyvät komponentit, ohjelmistot ja niiden yhteistoiminta sekä annettiin suosituksia järjestelmän kokoamiseen ja käyttöön. Tapaustutkimuksessa valaistiin esimerkitapausten taiteellista ja teknistä prosessia ja pyrittiin yhdistämään teosprosessien aikana syntyneitä huomioita ja näkökulmia yleisluonteisemmiksi johtopäätöksiksi.

Opinnäytetyön julkaisuhetkellä MiMU-käsineiden valmistaja MiMU Gloves on jo pidemmän aikaa kohdannut toimitusongelmia, ja tällä hetkellä on epäselvää, millainen elinkaari tutkimuksen kohteena olevalla puettavan musiikkiteknologian sovelluksella on. Työn perusteella voidaan kuitenkin muodostaa kokonaiskuva sovellusalueella käytetyistä yleisimmistä ratkaisuista ja ohjata lukijaa syventävän lähdemateriaalin pariin. Lisäksi ehdotetaan muutamia digitaaliseen esiintymiseen kytkeytyviä jatkotutkimuskohteita.

---

Asiasanat: esittävät taiteet, musiikkiteknologia, puettava teknologia, äänisuunnittelu

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Cultural Production and Creative Industries

---

Author(s): Jussi Tuohino

Title of thesis: Possibilities of MiMU Gloves in the performing arts. Utilizing wearable music technology in sound and visual design

Supervisor(s): Pekka Isomursu ja Jouko Tötterström

Term and year when the thesis was submitted: spring 2023

Number of pages: 76

---

The department of Media and Performing Arts of the Oulu University of Applied Sciences (Oamk) acquired a MiMU Gloves system when leading an international project about digital performance. The gloves can be used to control music, sound, visual projection, and lighting based on the sensors embedded in the gloves. The aim of this thesis was to summarize the development history and artistic usage of wearable music technology like the MiMU Gloves system.

The goals of the research were achieved by answering the following research questions: Which kind of experiences Oamk has in using the MiMU gloves, and how do the experiences relate to the work done elsewhere, both with MiMU gloves and other wearable technologies? What is an appropriate hardware and software system for controlling the sound and visual design implemented with MiMU gloves?

The research was carried out as a literature review and case study during the years 2021–2023. As a literature review, the history and use cases of wearable music technology were presented, and a practical and pedagogical dimension to the work was created by the presentation of the functionalities of the MiMU system used in Oamk. Finally, three examples of performing art projects related to Oamk's artistic activities were described as case studies, in which MiMU gloves played a significant role in realization the works.

The results of the study were combined as a presentation of the history of wearable music technology and its artistic applications, a detailed description of the MiMU system components, software, and their cooperation, and recommendations for assembling and using the system. In the case study, the artistic and technical processes of the example cases were described, and the observations and perspectives that arose during the work processes were summarized into more general conclusions.

By the time of this publication, the MiMU Gloves company has been facing delivery problems for a long time, and it is currently unclear how long-lasting the life cycle of this wearable music technology product will be. Based on the work, however, an overall understanding of the most common solutions used in the application area can be formed, and the reader will be directed to more in-depth study material. In addition, a few further research topics related to digital performance are proposed.

---

Keywords: music technology, performing arts, sound design, wearable technology

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Työn tausta ja tarkoitus .....	7
1.2	Kokonaisrakenteesta .....	8
2	TUTKIMUSTAPA JA KESKEISET KÄSITTEET .....	10
2.1	Tutkimusmenetelmät .....	10
2.2	Tutkimuskysymykset .....	11
2.3	Keskeiset käsitteet .....	12
2.3.1	Digitaalinen esiintyminen .....	12
2.3.2	Puettava musiikkiteknologia .....	13
2.3.3	Digitaalinen musiikki-instrumentti .....	14
3	PUETTAVAN MUSIIKKITEKNOLOGIAN HISTORIA ESITTÄVÄSSÄ TAITEESSA .....	15
3.1	Kokeellinen elektroninen musiikki ja uudenlaiset kontrolli-instrumentit .....	16
3.2	Anturit ja liikkeenkaappaus tanssitaiteessa .....	19
3.3	Teknologiset kokeilut populaarimusiikissa .....	21
4	PUETTAVALLA MUSIIKKITEKNOLOGIALLA TEHOSTETUN ESITYSTEKNISEN LAITTEISTON KOMPONENTIT .....	23
4.1	MiMU-käsineiden ominaisuudet .....	24
4.1.1	MiMU-käsineen anturit .....	26
4.1.2	MiMU-käsineen LED-valot ja painikkeet .....	26
4.2	MiMU-järjestelmän äänilaitteiston ominaisuuksia .....	29
4.3	MiMU-järjestelmän tietoverkkolaitteiston ominaisuuksia .....	30
5	LAITTEISTON TOIMINTAA OHJAAVAT OHJELMISTOT .....	31
5.1	Glover-ohjelman ominaisuudet .....	32
5.1.1	Glover-ohjelman käyttöliittymän osiot .....	34
5.1.2	MiMU-käsineiden kalibrointi .....	36
5.1.3	Sisään- ja ulostulojen reititys .....	37
5.1.4	OSC-protokollan ominaisuuksia .....	38
5.2	Digitaaliset äänityöasemat .....	38
5.2.1	Ableton Live .....	39
5.2.2	Muut DAW-ohjelmistot .....	40
5.3	Ääniohjelmointiympäristöt .....	40

5.3.1	Max/MSP .....	41
5.3.2	SuperCollider .....	44
5.4	Visuaalisen suunnittelun ohjelmointiympäristöt .....	44
5.4.1	Isadora .....	45
5.4.2	Jitter .....	45
5.5	MiMU-äänisuunnitteluohjelman prototyyppi .....	46
6	TAPAUSTUTKIMUS MIMU-KÄSINEIDEN KÄYTÖSTÄ OAMKIN TAITEELLISESSA TOIMINNASSA JA PROJEKTEISSA.....	49
6.1	Case Nordic Digital Performance Studies .....	49
6.1.1	SEVEN.....	50
6.1.2	CHAIR.....	53
6.1.3	Johtopäätökset.....	54
6.2	Case UUMEN-tanssiteos.....	55
6.2.1	UUMEN-tanssiteos MiMU-käsineiden näkökulmasta .....	56
6.2.2	Johtopäätökset.....	59
6.3	Case Oulu Dance Hack 2022 .....	61
6.3.1	MiMU-käsineet Oulu Dance Hackissa 2022 .....	61
6.3.2	Johtopäätökset.....	62
7	POHDINTA .....	64
7.1	MiMU-käsineiden tulevaisuusnäkymät .....	64
7.2	Jatkotutkimuskohteita .....	65
7.3	Tutkimuksen luotettavuuden ja merkittävyyden arviointia.....	65
	LÄHTEET.....	67

# 1 JOHDANTO

Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) Kulttuurialan yksikkö osallistui vuosina 2020–2022 Nordplus Korkeakoulutus -rahoitusohjelman Nordic Digital Performance Studies -hankkeeseen (NDPS) Norjan teknis-luonnontieteellisen yliopiston (NTNU, Trondheim) ja Tukholman taideyliopiston (SKH) kanssa. Hankkeen tavoitteena oli kehittää kansainvälinen yhteinen opintojakso *digitaaliseen esiintymiseen* (digital performance) liittyen, ja suunnitelmia tehtiin myös yhteisen maisterintutkinnon kehittämistä varten. Kumppanikorkeakouluista hankkeeseen osallistui asiantuntijoita NTNU:n opettajankoulutuksen (department of teacher education), SKH:n tanssipedagogiikan (department of dance pedagogy) ja Oamkin kulttuurialan (department of media and performing arts) yksiköistä.

Hankkeen alkuvaiheessa jokaiseen kumppanikorkeakouluun hankittiin yhtenäistä korkean profiilin teknologiaa, joka voi toimia digitalisoidun esittävän taiteen kehitys- ja esitysprosessien keskiössä. Yksi näistä teknologioista oli MiMU-käsineet – englantilaisen valmistajan toimittama *puettava musiikkiteknologia*, joka muuntaa esiintyjän käden ja sormien liikkeitä digitaaliseen muotoon. Käsineiden avulla tuotettua dataa voidaan käsitellä erilaisissa ohjelmointiympäristöissä ja hyödyntää esityksen ääni- ja visuaalisen suunnittelun elementtien ohjauksessa.

Vaikka NDPS-hankkeen aikana kehitettyä suunnitelmaa digitaalisen esiintymisen opintojaksosta tai maisterintutkinnosta ei tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä olla toteuttamassa hankesuunnitelmaan merkityssä aikataulussa, hankkeen aikana tutkittuja ja kehitettyjä digitaalisen esiintymisen menetelmiä ja toimintatapoja on hyödynnetty Oulun ammattikorkeakoulun Kulttuurialan yksikön toiminnassa myös hankkeen ulkopuolisissa yhteyksissä. Hanketta varten hankitun teknologiakokonaisuuden osalta erityisesti MiMU-käsineiden tarjoamia mahdollisuuksia on tutkittu tanssitaiteen näkökulmasta ja Oamkin tanssinopettajakoulutukseen kytkeytyen.

## 1.1 Työn tausta ja tarkoitus

Olen opiskellut Oulun ammattikorkeakoulussa vuodesta 2012 lähtien. Suoritin Kulttuurialan yksikössä medianomin amk-tutkinnon mediatuottamisen suuntautumisvaihtoehdossa vuonna 2017.

Opinnäytetyössäni käsittelin musiikillista kerrontaa audiovisuaalisissa tuotannoissa kirjallisuuskatsauksena ja tapaustutkimuksena peilaten alan tutkimuskirjallisuudesta johtamaani teoreettista viitekehystä käytännön musiikillisissa töissäni hyödyntämiini kerronnallisiin elementteihin. Aloin työskennellä Oulun ammattikorkeakoulussa opintojeni ohella vuonna 2015 erilaisissa assistentin työtehtävissä. Valmistumiseni aikaan tein paljon musiikkiteknologiaan liittyviä töitä sivutoimisen tuntiopettajan roolissa. Vuodesta 2018 alkaen toimin usean vuoden ajan suunnittelijan nimikkeellä toteuttaen musiikkiteknologian lisääntyvää opetusta musiikkipedagogin tutkinto-ohjelmassa ja ollen mukana erilaisissa kotimaisissa ja kansainvälisissä kulttuurialan hankkeissa. Vuonna 2022 valitsimme ensimmäisen opiskelijaryhmän musiikkipedagogikoulutuksemme sisällä toteutettavaan musiikkiteknologian pääaineeseen. Tämän opinnäytetyön julkaisuvuoden 2023 alusta olen toiminut Oulun ammattikorkeakoulussa lehtorina.

Kattavien nuoruusiän musiikki- (muun muassa Oulun konservatorio ja Madetojan musiikkilukio) ja muiden opintojeni jälkeen ajauduin nykyiselle opintopolulleni Oulun ammattikorkeakouluun, jossa tämä opinnäytetyö tehdään kulttuurituottamisen ja luovan talouden (YAMK) tutkinto-ohjelman alaisuudessa. Työssäni Oulun ammattikorkeakoulussa olen viimeisten vuosien aikana erikoistunut erityisesti esittävän taiteen ja teknologian yhdistämiseen, musiikin etäopetusjärjestelmiin ja musiikkiteknologian näkökulmasta erilaisiin äänisynteesin ja kokeellisen elektronisen musiikin sovellutuksiin. Olen tehnyt ja ohjannut musiikkia ja äänisuunnittelua useisiin Oamkin toimintaan eriasteisesti liittyviin esittävän taiteen teoksiin ja audiovisuaalisiin tuotantoihin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on muodostaa mahdollisimman kattava kokonaiskuva puettavan musiikkiteknologian käytöstä esittävässä taiteessa. Tavoitteessa on vahva pedagoginen sävy johdettuna työstäni Oamkin musiikkiteknologian opettajana. Työ pyrkii avaamaan käsinepohjaisten instrumenttien parissa tehtyä työtä ja johtamaan lukijat alkuperäistutkimusten lähteille tämän työn lisäämään tiedon syventämiseksi. Samoin työ pyrkii ehdottamaan tiettyjä hyväksi havaittuja toimintamalleja niin teknisesti kuin taiteellisestikin.

## **1.2 Kokonaisrakenteesta**

Opinnäytetyö jakaantuu neljään osaan, joista ensimmäisessä esitellään MiMU-käsineiden kaltaisen puettavan musiikkiteknologian kehityshistoriaa. Toisessa osassa käydään läpi digitaalisen



esiintymisen esimerkkilaitteisto ja annetaan suosituksia laitteiston tarkoituksenmukaiseen käyttöön. Toinen osa jakaantuu kahteen lukuun, joista jälkimmäinen käsittelee erilaisia laitteiston toimintaa ohjaavia ohjelmistoja.

Kolmannessa osassa käsitellään tapaustutkimuksena kolmea esityskokonaisuutta, joissa MiMU-käsineillä on ollut merkittävä rooli. Opinnäytetyön päättää pohdintaluku, joka kokoaa yhteen MiMU-käsineiden hyödyntämiseen ja digitaaliseen esiintymiseen liittyviä havaintoja, ongelmakohtia ja jatkotutkimuksen kohteita.

## 2 TUTKIMUSTAPA JA KESKEISET KÄSITTEET

Johdanto-luvussa avatun Nordic Digital Performance Studies -hankkeen alkuajoista lähtien tämän opinnäytetyön sisältö on alkanut kehittyä kohti eheää kokonaisuutta. Kalenterimerkintöjen perusteella MiMU-käsineet sisältänyt lähetys on avattu Oamkillä ensimmäisen kerran 18.3.2021. Tätä hetkeä voi pitää myös tämän tutkimuksen alkupisteenä.

Tässä luvussa esitellään työn tutkimuksellisen otteen näkökulmia ja tiivistetään tutkimukselliset tavoitteet kahdeksi tutkimuskysymykseksi. Luvun päättää keskeisten käsitteiden esittely, joiden avaaminen on tärkeää seuraavien lukujen sisältöä pohjustettaessa.

### 2.1 Tutkimusmenetelmät

Työn perimmäisiä tutkimusmenetelmiä on kaksi: kirjallisuuskatsaus ja tapaustutkimus. Kirjallisuuskatsaukseen perustuva seuraava luku käsittelee puettavan musiikkiteknologian historiaa ja nykypäiväisiä toimintamalleja. Tapaustutkimukselle on varattu työn kuudes luku, jossa esitellään muutamia Oamkin ja yhteistyötahojen esittävän taiteen teoksia, joiden teknis-taiteellisessa toteutuksessa MiMU-käsineillä on ollut merkittävä rooli.

Kirjallisuuskatsaukset voidaan tutkimusmenetelmistään lähtökohdistaan perusteella jakaa kolmeen luokkaan: kuvaileviin ja systemaattisiin katsauksiin sekä meta-analyysiin ja -synteesiin. Kirjallisuuskatsaus nyt käsiteltävän työn näkökulmasta kuuluu selkeästi kuvailevan katsauksen luokkaan, jonka tarkoituksena on kuvata muita luokkia yleisemmällä tasolla aiheesta tehtyä tutkimusta. Terminologisestikin oivaltavan yhteyden käsiteltävään aiheeseen voisi luoda luokittelemalla kuvailevan kirjallisuuskatsauksen vielä tarkemmin kartoittavan katsauksen (mapping review) alakategoriaan. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2022.)

Tutkittuja tapauksia edeltävät kuvailevat luvut voidaan ajatella eräänlaiseksi tutkimusmenetelmiseksi sillaksi kolmannen ja kuudennen luvun välillä. Raportin MiMU-käsineiden laitteisto- ja ohjelmistokomponenttien hallinnasta voi teknillisävyyteisistä sisällöistään huolimatta luokitella jopa

toimintatutkimuksen suuntaan, jossa tavoitteena on todellisuuden muuttaminen sitä tutkimalla (Jyrkämä). Yhtäläisesti järjestelmäkomponenttien esittely oppimateriaalin kaltaisesti lisää työn konteksteihin vahvan pedagogisen ulottuvuuden.

Kun tapaustutkimuksiin valitaan useampi tutkittava tapaus, tutkimusasetelmassa on usein vertailevia piirteitä. Tapaustutkimuksessa pyritään luomaan mahdollisimman kattava kuvaus käsiteltävästä tapauksesta, ja useamman tapauksen avulla tutkittavaa ilmiötä saadaan valaistua mahdollisimman monipuolisesti. Tämän työn tapaustutkimusten asetelmana voi pitää kokemusnäkökulmaa – työssä esitellään erilaisia MiMU-käsineiden käyttökokemuksia Oamkin taiteellisiin tuotantoihin liittyen. (Vuori.)

Tapaustutkimuksena voidaan käsitellä myös opinnäytetyöprosessin aikana Max/MSP:llä toteuttamaani äänisuunnitteluohjelmaa. Ohjelman tavoitteena oli esimerkinomaisesti yksinkertaistaa MiMU-käsineillä ja niihin liittyvällä laitteisto- ja ohjelmistokokoonpanolla tehtävää äänisuunnittelu-työtä verrattuna muun muassa DAW-ohjelmistojen sisällä tapahtuvaan työhön. Ohjelman prototyyppiversioita testattiin Oamkin musiikkiteknologian pääaineopiskelijoilla, ja näistä testeistä saadun tiedon perusteella ohjelman toimintaa ja käyttöliittymää paranneltiin. Kyseessä olevaa työtä käsitellään tarkemmin alaluvussa 5.5.

## **2.2 Tutkimuskysymykset**

Työn laajuuden vuoksi tutkimuskysymyksiä on tiivistetty seuraavasti: opinnäytetyön tavoitteena on vastata ensisijaisesti kysymykseen ”millaisia ovat MiMU-käsineiden käyttökokemukset Oamkillä, ja kuinka ne peilautuvat muualla tehtyyn työhön niin MiMU-käsineiden kuin muidenkin puettavien teknologioiden parissa”. Kysymykseen pyritään löytämään vastauksia niin, että lopulta on mahdollista arvioida Oamkillä MiMU-käsineiden kanssa tehdyn työn hyviä ja huonoja puolia.

Työn tutkimuksellinen ote pyrkii myös vastaamaan seuraavaan osin edelliselle alisteiseen tutkimuskysymykseen: ”millainen on tarkoituksenmukainen laitteisto- ja ohjelmistojärjestelmä, joilla MiMU-käsineiden avulla toteutettavaa ääni- ja visuaalista suunnittelua voidaan hallita”. Toiseen tutkimuskysymykseen tavoitellaan vastausta muodossa, josta voidaan johtaa MiMU-järjestelmän käyttöä varten hyödylliset suositukset ohjelmateriaaleineen.

## 2.3 Keskeiset käsitteet

Tässä alaluvussa määritellään muutamia työn ymmärtämisen kannalta keskeisiä käsitteitä. Käsitteet ovat enimmäkseen vakiintuneita, mutta tiettyjen käsitteiden kohdalla olen joutunut valitsemaan hieman epätyytyttäviä suomennoksia, ja käsitteiden yleistyttyä niiden suomennokset saattavat vielä muuttua.

### 2.3.1 Digitaalinen esiintyminen

Digitaalisella esiintymisellä tarkoitetaan tämän työn yhteydessä digitaalista performanssia (digital performance), jossa esiintyjät hyödyntävät lähes tai kokonaan digitaalisia ohjainlaitteita ja tietokoneita esittävän taiteen esitystilanteessa. Käsite voisi kääntyä myös digitaalseksi esittämiseksi, mutta tätä käsitettä on käytetty toisessa merkityksessä digitaalisen elokuvateatteritekniikan yhteydessä (Saarnia 2011).

Digitaalisella esiintymisellä tarkoitetaan esiintymisen teknologista ja toimenkuvallista ulottuvuutta, jossa esiintyjä tekee live-tilanteessa tietokonemusiikkia käyttäen erilaisia digitaalisten controllerien säätimiä, kytkimiä ja painikkeita. Usein digitaalisen esiintymisen tilanteissa esiintyjä on useampia, ja jotkin esiintyjät voivat esimerkiksi käyttää päälle puettuja antureita (eli toisin sanoen puettavaa (musiikki)teknologiaa), joiden tuottamaa dataa hyödynnetään esityksen sisältöjen ohjaamisessa. (Moriarty 2022, 31.) Kyseisestä toiminnasta onkin ehdotettu käytettävän käsitettä *kontrollerismi* (controllerism), jossa esiintyjät kontrolloivat esityksen ohjelmistopohjaista äänellistä (ja toisinaan myös visuaalista) ilmaisua fyysisten hallintalaitteiden avulla (D'Errico 2016, 128). Kontrollerismin käsitteeseen liittyy läheisesti myös ulottuvuus, jossa liikutaan ei-musiikillisen lähestymistavan ja perinteisen musiikki-instrumentin hallintaa vastaavan taituruuden välisellä akselilla.

Oulun ammattikorkeakoulussa on puhuttu jo vuosia digital performance -käsitteestä, ja viimeisimmän tiedon mukaan Oamkissa aloitetaan syksyllä 2024 Digital performance -niminen YAMK-koulutus, jonka tarkoituksena on kehittää alan yliopistotasoisista osaamista. Toivottavaa on, että digital performance -käsite vakiintuu entistä paremmin yleiseen käyttöön nimenomaan edellä kuvatussa merkityksessä. Nykytilassa käsite voi osin hämärtyä esimerkiksi digitaalista suorituskykyä tarkoittavien määritelmien alle – käsitettä onkin käytetty kuvaamaan esimerkiksi liiketoiminnan ja markkinoinnin onnistumista digitaalisissa kanavissa. Käsitteen taidelähtöisen määritelmän puolustukseksi

on kuitenkin viitattava myös alan pioneeriteokseen, jossa digitaalinen esiintyminen on esitelty jo yli 15 vuotta sitten erityisesti teatteri-, tanssi- ja esitystaiteen konteksteissa (Dixon 2007).

### 2.3.2 Puettava musiikkitekniologia

Puettavan musiikkitekniologian käsite on johdettu *puettavasta tekniologiasta* (wearable technology). Puettavana tekniologiana voidaan pitää kaikkea tekniologiaa, joka puetaan päälle ja käytetään päälle puettuna. Esimerkkejä puettavasta tekniologiasta ovat erilaiset älykellot ja -lasit. Monet puettavan tekniologian suosituimmista kuluttajatuotteista liittyvät terveyden edistämiseen ja liikunta-aktiiviteeteissa avustamiseen. (Wikipedia 2023c.)

Musiikkitekniologia tutkii musiikin ja tekniologioiden rajapinnoissa musiikin luomista ja esittämistä tekniologia-avusteisesti. Oulun ammattikorkeakoulun musiikkitekniologian pääaineopinnoissa olemme jakaneet opetuskokonaisuudet kolmeen aihealueeseen: studiotyöskentelyyn ja musiikki-tuotantoon, esitystekniikkaan sekä musiikin tietotekniikkaan ja äänisynteesiin. Vastaan itse erityisesti musiikin tietotekniikan ja äänisynteesin opetuksesta.

Puettavan musiikkitekniologian erilaisia sovelluksia on tutkittu maailmanlaajuisesti melko paljon. Kädet ovat yleensä musiikki-instrumentin hallinnan keskiössä, joten on ymmärrettävää, että tekniologialla varustetut käsiaineet ovat nousseet keskeisimmäksi puettavan musiikkitekniologian sovellusalueeksi. Myös Suomessa on merkittävää osaamista sovellusalueeseen liittyen (Myllykoski ym. 2015): esimerkiksi Jyväskylän yliopistosta alkunsa saanut KAIKU Music Glove on monien esiasusteidensa jälkeen tuotannossa musiikkitekniologia-alan markkinoilla (Taction Enterprises Inc. 2022).

Muita puettavan musiikkitekniologian sovellusalueita ovat esimerkiksi käsivarsiin kiinnitettävät nauhat, joiden avulla voidaan tuottaa dataa raajojen liikkeistä ja kontrolloida tällä datalla digitaalisten musiikki-instrumenttien erilaisia parametreja (WearableTech.io 2023). Yhtäläisesti *liikkeenkaappaukseen* (motion capture) perustuvia pukumaisia tuotteita voidaan pitää puettavana musiikkitekniologiana silloin, kun puvun sensoreista voidaan reaaliajassa siirtää dataa tietokoneympäristöön ja muokata sitä halutun musiikillisen tai äänellisen vaikutuksen aikaansaamiseksi. Lisäksi puettavan musiikkitekniologian sovellusalueella on kehitetty paljon kokeellisia instrumentteja, jotka eivät sovelle perinteisten vaatekappaleiden muotoja.

Laajasti tulkittuna puettava musiikkitekniologia voisi kattaa myös akustiset instrumentit, jotka soittaja pukee päällensä. Esimerkkejä akustisista puettavista instrumenteista ovat amerikkalaisesta soittokuntatraditiosta (marching band) tuttu sousafoni ja laveammin ajateltuna kaikki hihnoin soittajan päälle puettavat instrumentit (Arola 2019, 19–20). Käsineiden lisäksi muitakin vaatekappaleita on käytetty äänen tuottamiseen: akustisista esimerkeistä tutuimpia ovat erilaiset päälle puettavat ravistusidiofonit (Raunio 2010, 132) eli helistimet ja steppikengät. Vaikka musiikillisten vaatteiden elektronisia toteutuksia voi pitää kasvavana tutkimusaiheena, juontuvat akustiset puettavat instrumentit perinteisesti erityisesti tanssin ja muun rytmisen liikkeen vahvistamisen käytännöllisistä sovellutuksista. (Arola 2019, 23–24).

### 2.3.3 Digitaalinen musiikki-instrumentti

*Digitaalisella musiikki-instrumentilla* (digital musical instrument, DMI) tarkoitetaan musiikilliseen ilmaisuun suunniteltua järjestelmää, jossa äänentuottomekanismi on ohjelmallinen ja irrallinen tätä mekanismia ohjaavasta hallintalaitteistosta. Useat digitaaliset musiikki-instrumentit tuottavat äänensä digitaalisiin signaalinkäsittelymenetelmiin perustuen, ja tavoista, joilla hallintalaitteiston säätimet valitaan äänigeneraattorikokonaisuuden ohjaimiksi, muodostuu keskeinen osa kyseisten instrumenttien suunnitteluprosessia (Overholt 2022, 3). Näiden tapojen kokonaisuutta kutsutaan määppämiseksi tai määppäykseksi (mapping), ja käsitteen uutuuden vuoksi laadukkaammalle suomenokselle voi nähdä vielä tilaa. Erityisesti tämän työn viidennessä luvussa mapping-käsite käännetään usein *parametrisoitukseksi*, ja toisin sanoen määppäminen tarkoittaa siis ohjainrajapinnan anturien/säätimien tuottamien syöttöarvojen reitittämistä äänigeneraattorin algoritmin parametreihin.

Vuodesta 2001 alkaen aktiivinen NIME (New Interfaces for Musical Expression) on keskeinen digitaalisten musiikki-instrumenttien kehitykseen ja tutkimukseen keskittynyt vuosittainen konferenssi. NIME:n yhteydessä julkaistaan aina mittava kokoelma vertaisarvioituja ja avoimia tutkimusartikkelia varsinaisen konferenssitapahtuman lisäksi (NIME 2023). NIME:ssä julkaistavan tutkimuksen tavoitteena on tuoda näkyväksi uusien teknologioiden ja merkitystä musiikillisen ilmaisun kehitykseen ja taiteellisen esityksen tapoihin.

### 3 PUETTAVAN MUSIIKKITEKNOLOGIAN HISTORIA ESITTÄVÄSSÄ TAITEESSA

Työn kolmannessa luvussa esitellään käsiteltävän aiheen kannalta oleellisia esimerkkejä puettavan musiikkitekniikan ja erityisesti käsinpohjaisten digitaalisten ohjainlaitteiden kehityshistoriasta ja esittävän taiteen sovelluksista. Ennen taiteellisten sovellusten esittelyä käydään läpi niin sanottujen datahansikkaiden kehitysvaiheita.

Taiteellisten sovellusten esittely on jaettu kolmeen alalukuun, joista ensimmäisessä esitellään klassisia esimerkkejä *elektronisten ohjainlaitteiden* (gestural controller) käyttämisestä kokeellisen elektronisen musiikin tekemiseen ja esittämiseen. Toisessa alaluvussa etsitään puettavan tekniikan hyödyntämisen kehityslinjoja musiikista ulkopuolisten esittävien taiteenlajien yhteyksistä. Luvun päätteeksi avataan esimerkkejä populaarimusiikin maailmasta, jossa MiMU-käsineiden kaltaiset puettavan musiikkitekniikan sovellukset ovat viime vuosikymmenen aikana yleistyneet ja tuoneet näkyviksi alalla aiempien vuosikymmenten aikana tehtyjä kokeiluja.

*Datahansikkaiden* (data glove) tai *käsinpohjaisten syöttölaitteiden* (glove-based input device) kehityksen on katsottu alkaneen 1960-luvulta, jolloin IBM-insinöörien esittelemä Communication Device mahdollisti tietokoneoperaattorien toiminnan korkeanopeuksisissa lentokoneissa käsineen muotoon valmistetun tietokonenäppäimistön avulla. Communication Device -laitteen toimintaperiaate on kuvattu tarkemmin patenttihakemuksessa US3022878A (Seibel & Rochester 1960). 1970-luvulla valmistettiin ensimmäiset jatkuvaan datalähetykseen perustuvat käsinpohjaiset laitteet, jotka toimivat sormien päälle asemoitujen taittuvien putkien avulla. Putkiin johdettiin valonlähde, jonka kirkkautta mitattiin putken toisesta päästä – valon määrä muuttui, kun somea koukistettiin (Electronic Visualization Laboratory). (Torre 2013, 31–32.)

1980-luvulla datahansikkaiden kehitys edistyi nopeasti muun digitaalisen ja tietokonetekniikan taivon. Erityisesti urauurtavan keinotodellisuustutkimuksen yhteydessä datahansikkaat nähtiin soveltuviksi syöttölaitteiksi. Optisiin sormien koukistusta mittaaviin antureihin perustuvat VPL DataGlove ja Z-Glove mittasivat myös käden paikkaa ja suuntaa sormien koukistuksien lisäksi. Laitteiden johtava tutkija Thomas Zimmermann lisäsi käsineiden sormiosien alle myös pietsosähköi-

seen ilmiöön perustuvat elementit, joiden avulla käyttäjälle voitiin lähettää tuntoaistimuksia aiheuttavia värähtelyitä (Zimmermann ym. 1986, 190). Nykyisin tuntoaistin hyödyntämiseen perustuvaa teknologiaa kutsutaan *haptiseksi teknologiksi* (Wikipedia 2023a). Zimmermann kuvasi DataGloven ja Z-Gloven käyttösovelluskohteita monipuolisiksi: laitteita voitiin käyttää jo 80-luvulla käsieleiden tunnistamiseen, käsiliikkeiden tutkimiseen, kolmiulotteisen käsimallin ohjaamiseen, rajapintana visuaaliseen ohjelmointiin, musiikin ja äänisynteesin hallintaan, sormiaakkosten tulkintaan ja tietokoneella generoitujen objektien käsittelemiseen (Zimmermann, 191). 1980-luvun päätteeksi datahansikkaiden valmistamisessa käytettyjen komponenttien hintataso oli alentunut merkittävästi, ja esimerkiksi Nintendo toi markkinoille Power Glove -käsineohjaimen kuluttajakäyttöön. (Torre 33–36).

Datahansikkaiden kehitys kulminoitui 1990-luvun alussa julkaistuihin ensimmäisiin keinoalustajärjestelmiin, joissa datahansikkaita käytettiin syöttölaitteina. Aikansa edistyneimpiin tuotteisiin kuului CyberGlove, johon oli integroitu 22 anturia monipuolista käden ja sormien liikkeiden mittaamista varten. CyberGloven noin 10 000 dollarin hinta kuvastaa laitteen teknologista tasoa aikakautensa suhteutettuna. Laitteiden kehitys ja valmistus on jatkunut näihin päiviin saakka – tosin nykyään CyberGlove Systems -valmistajan alaisuudessa kehitettyjen tuotteiden viimeisimmät merkinnät verkossa ovat jo muutaman vuoden takaisia (CyberGlove Systems 2017). (Torre 36–40.)

Teknologia 1900-luvulla mahdollisti enimmäkseen langallisten datahansikkaiden kehittämisen. Langattomien teknologioiden ja tuotteiden valmistamiseen käytettyjen komponenttien hintatason kehitys 2000-luvulla tekivät ensimmäistä kertaa mahdolliseksi langattomien käsinpohjaisten syöttölaitteiden valmistamisen. Käsinpohjaisten digitaalisten musiikki-instrumenttien langattomuus voidaan nähdä keskeisenä ominaisuutena, kun vertaillaan sovellusten sopivuutta musiikilliseen ilmaisuun taiteellisissa esityksissä.

### **3.1 Kokeellinen elektroninen musiikki ja uudenlaiset kontrolli-instrumentit**

Amsterdammassa vuoteen 2020 asti toimineen STEIM-instituutin (Studio for Electro-Instrumental Music) piirissä on kehitelty useampia käsinpohjaisia kontrolleri-instrumentteja ja vaikutettu keskeisellä tavalla NIME-yhteisön alaiseen uusien digitaalisten musiikki-instrumenttien luomiseen. Monissa käsinpohjaisia musiikki-instrumentteja käsittelevissä julkaisuissa on kehystetty tutkimusalaa



viittaamalla vuonna 2008 edesmenneen Michel Waisviszin toimintaan The Hands -instrumentin ja esityksen luoja. (Torre ym. 2016, 22.)

The Handsin esittämiseen käytetty laitteisto sisälsi käsiin asetettavat ohjaimet, joihin oli integroitu kymmeniä erilaisia painikkeita ja antureita (Torre ym. 2016, 23). Käsi-ohjaimien lisäksi esiintyjä piti selässään moduulia, jonka tehtävänä oli kääntää käsineiltä saatu data MIDI-viesteiksi ja lähettää ne eteenpäin laitteiston äänentuottamisesta vastaaville laitteille MIDI-jakajan kautta. Laitteiston myöhemmissä versioissa anturien data muunnettiin MIDI-laitteiden ja tietokoneen ymmärtämään muotoon erillisen SensorLab-muunninmoduulin avulla. (sama, 27–29.)

The Hands -laitteistosta tehtiin kolme erilaista versiota Waisviszin taiteellisen uran aikana. Waisviszin keskittyminen taiteelliseen työhön akateemisen lähestymistavan sijasta vaikeutti tiedonsaantia järjestelmän teknisistä detaljeista, mutta viimeaikaiset tutkimukset ovat selventäneet asiaa (sama, 22). The Hands luotti ensimmäisissä versioissaan Yamaha DX7 -syntetisaattorin *FM-synteesimenetelmän* (frequency modulation, taajuusmodulaatio) avulla luotuihin responsiivisiin ääniin. Teknologioiden kehittyessä The Handsin elinkaaren aikana myös niin sanottujen sample-pohjaisen äänien käyttö esityksen osana tuli mahdolliseksi. Käsineisiin integroidun mikrofonin avulla Waisvisz pystyi hyödyntämään ennalta taltioitua äänimateriaalia lisäksi omaa ja yleisön tuottamaa ääntä esityksen aikana taltioituna äänimateriaalina, jota käsi-ohjaimien avulla prosessoitiin ja hallittiin (sama, 30–32).

The Handsin tekninen toimintaperiaate säilyi Waisviszin uran aikana kolmen kehitysversion sisällä yllättävän samankaltaisena, jonka on katsottu edesauttaneen digitaalisen instrumentin hallinnan kehittämisessä virtuoosimaisiin mittasuhteisiin (Schacher 2022, 5). Waisvisz käsitteli digitaalisten laitteiden hallinnan tasoa myös taiteellisena tematiikkana The Handsilla esitetyssä Touch Monkeys -teoksessa (ensiesitys vuonna 1986) (Torre ym. 2016, 33). Digitaaliset musiikki-instrumentit mahdollistavat sekä akustisten instrumenttien kaltaisen hienomotorisen hallinnan että yleisemmän esityksen osien ja sisältöjen kytkinmäisen ohjauksen (sama) – verkosta löytyvät ääni- ja videotaltioinnit Waisviszin esiintymisestä vahvistavat selkeästi The Handsin paikan ensimmäisessä kategoriassa (Vimeo).

Toisenlaista näkökulmaa käsinpohjaisten musiikki-instrumenttien kehitykseen tarjoaa niin ikään STEIM-yhteisössä vaikuttanut Laetitia Sonami Lady's Glove -instrumentin muodossa. Instrumentin

vuonna 1991 rakennettu ensimmäinen versio sisälsi kumihanskojen sormenpäihin liimatut Hall-ilmiöön perustuvat anturit, joilla koskettiin oikeassa kädessä pidettävää magneettia (Sonami 2022). Hall-efektiä käytetään magneettisten kappaleiden läheisyyden mittaamisessa (Povelainen 2021, 13). Sonami kuvaa ensimmäistä versiota lähinnä vitsiksi, jonka tarkoituksena oli tuoda näkyville siihen aikaan yleistyneiden datahansikkaiden maskuliiniset ominaispiirteet (Sonami 2022).

Lady's Gloven toisessa versiossa magneetti oli piilotettu peukalon sisään ja sormenpäihin oli asetettu kytkimiä. Tällöin toinen käsi jäi vapaaksi miksauspöydän operointia varten. Käsineen valkoinen ulkoasu pyrki taianomaiseen vaikutelmaan. (sama.)

Kolmannessa versiossa edettiin yhä vaikuttavampaan suuntaan kultaisen elastaanikuidun avustuksella. Käsineeseen asennettiin *taivutusantureita* (flex sensor), jotka oli irrotettu Power Glove -datahansikkaasta. Lisäksi käsineeseen ommeltiin ultraäänilähetin ja sille vastaanottimet oikeaan käteen sekä vasempaan jalkaan – näiden komponenttien avulla pystyttiin mittaamaan käsien etäisyyttä toisistaan ja käsinekäden korkeutta lattiatasosta. (sama.) Käsineiden välinen etäisyys vaikuttaa tehokkaalta syöttölaitteelta useita reititysstrategioita ajatellen: nykyisellään esimerkiksi MiMU-käsineisiin ei ole integroitu antureita, jotka mittaavat käsien etäisyyttä toisistaan tai muista kehonosista.

Lady's Gloven viimeisimmät versiot lisäsivät käsineeseen vielä kiihtyvyyssanturin ja muita komponentteja. Lisäksi käsineiden ulkoasua ja mekaniikkaa oli kehitetty ulkopuolisen rakentajan avulla futuristisempaan suuntaan. Käsineet hyödynsivät STEIM:n tukea muun muassa käyttämällä The Handsin yhteydestä tuttua SensorLab-muunninmoduulia. Anturien mitaamat signaalit syötettiin digitaalisina tietokoneelle, jossa niitä käsiteltiin edelleen Max/MSP-ohjelmointiympäristössä. Käsineen anturien syöttöarvojen ja ohjelmaparametrien väliset reititykset vaihtuvat käsineellä esitettyjen teosten välillä, mutta Sonami kirjoittaa kuitenkin, että käsineen kehittämisen tavoitteena oli äänen kehollistaminen, kontrollien tekeminen intuitiiviseksi ja esiintymisen sujuvoittaminen. Kehityksen tuloksena kontrollerista muodostui hienoeleiseen ilmaisuun soveltuva instrumentti. (sama.)

Videotaltiointien perusteella voidaan Sonamin käyttämän reititysstrategian (mapping strategy) arvioida olevan suurempaa Waisviszin esiintymiseen verrattuna (Vimeo). Reititykset tulevat yleisölle selvemmiksi, jolloin yleisön on mahdollista kehittää esityksen kielen *elesanastoa* (gestural vocabulary) (Torre 2013, 63). Tällöin ymmärrys esityksestä laajentuu.

Tuoreemman esimerkin käsinepohjaisten digitaalisten instrumenttien käytöstä tarjoaa Sibelius-Akatemian musiikkiteknologian professoriksi vuonna 2021 nimitetty Jan Schacher. Hänen vuodesta 2011 asti esittämänsä *new islands* -teos (Schacher 2021) toteutetaan Schacherin itse kehitetyillä käsineillä, jotka mahdollistavat langattoman toiminnan avulla todellisen ”tyhjin käsin” esiintymisen (empty-handed performance). Teoksen tarkoituksena on täysin käsieleisiin perustavan ilmaisun tutkiminen ja kehittäminen monivuotisen taiteellisen tutkimusprosessin myötä. Schacher korostaa pitkäjänteisen taiteellisen tutkimuksen tekemistä pysyvällä DMI-konfiguraatiolla. Teoksen äänimaailma luodaan langattoman nappimikrofonin taltioiman puheäänien ja -äänteiden avulla, jota prosessoidaan digitaalisen signaalinkäsittelyn työkaluilla. (Schacher 2022, 10–11.)

Schacherin käyttämät reititysstrategiat ovat moniulotteisia (sama, 9–10) ja MiMU-käsineiden lähtökohtaisesti usein yksinkertaisiin reitityksiin verrattuna tehokkaita. Esiintyjä voi esimerkiksi elesarjojen perusteella vaihdella äänigeneraattorijärjestelmän erilaisten prosessointien välillä ja näin ollen kehittää teoskohtaista elesanastoa, joka vaihtelevissa määrin tulee katsojalle ymmärrettäväksi. Kiinnostavana voi pitää myös Schacherin kehittämien käsineiden ulkoista ja teknistä samankaltaisuutta MiMU-käsineiden kanssa.

### **3.2 Anturit ja liikkeenkaappaus tanssiteoksissa**

Tässä alaluvussa esitellään muutamien esimerkkitapausten avulla erilaisten anturien käyttöä tanssiteoksissa live-tilanteessa tapahtuvaa liikkeenkaappausta varten. Anturien avulla liikettä voidaan mitata numeraalisesti, ja näin tuotettua dataa voidaan käyttää erilaisten ohjelmallisten prosessien avulla ääni- ja visuaalisten elementtien tuottamiseen ja ohjaamiseen. *Liikkeen äänellistämistä* (movement sonification) voidaan pitää merkittävänä tutkimuskohteena, mutta vasta viime vuosien aikana on pyritty yhdistämään interaktiivisiin musiikki- ja tanssiteoksiin liittyvät näkökulmat dataperusteisen liikkeen äänellistämisen kanssa (Giomi ja Leonard 2020, 369). Äänellistämällä tarkoitetaan ei-puhutun äänen käyttämistä informaation välitykseen niin, että käsiteltävää dataa pyritään tekemään äänellisessä muodossaan entistä paremmin ymmärrettäväksi (Kramer ym. 2010, 4). Liikkeen äänellistäminen pyrkii taas muuntamaan liikkeen ääneksi useimmiten tutkimuksellisiin tai pedagogisiin tarkoituksiin taiteellista näkökulmaa unohtamatta.

Merkittävä esimerkki elektronisten anturien hyödyntämisestä tanssiteosten äänellisessä toteutuksessa on John Cagen ja Merce Cunningham Dance Companyn *Variations V* -teos (1965), jonka

musiikin tanssijat generoivat live-tilanteessa liikkumalla erilaisten antennien ja valovastusten läheisyydessä. Teoksen taiteelliseen ja tekniseen toteutukseen liittyvät henkilöt ovat etenkin äänitoteutuksen osalta vaikuttaneet keskeisellä tavalla elektronisen musiikin kehitykseen viime vuosisadan puolesta välistä eteenpäin. Teoksen anturiteknologian alkeellinen parametrisointi toteutettiin äänimikserin kanavien mykistämällä ja avaamisella silloin, kun tanssija liikkui joko valovastuksen eteen tai antennien läheisyyteen (Miller 2001, 545–546). Parametrisointi ei ole katsojan näkökulmasta selkeä, mutta siitä huolimatta teoksen katsominen videotallenteelta lähes 60 vuotta sen esittämisen jälkeen on yhä ajatuksia ruokkiva kokemus (YouTube).

Variations V -teoksen antennit voidaan luokitella *tila-antureiksi* – perinteisesti liikeanturit onkin jaettu kahteen luokkaan: *tila-antureihin* (spatial sensors) ja *kehoantureihin* (body sensors). Tila-anturit tunnistavat objektin sijainnin tilassa esimerkiksi etäisyyden perusteella. Kehoanturit taas havainnoivat esimerkiksi eri kehonosien kulmia tai suhteellisia etäisyyksiä. (Winkler 1995).

Edellisessä alaluvussa esitellyt käsinpohjaiset digitaaliset musiikki-instrumentit luottivat pääosin kehoantureiden toimintaperiaatteisiin. Varhaisimpia esimerkkejä erityisesti tanssijan liikkeen mittaamiseen suunnatuista kehoantureista ovat myöhemmin esiteltävän Isadora-ohjelmiston kehittäjän Mark Coniglion vuonna 1989 Dawn Stoppiellon kanssa kehittämä MidiDancer-järjestelmä ja Yamahan puettava kokeellinen musiikki-instrumentti Miburi vuodelta 1994.

MidiDancer oli Coniglion ja Stoppiellon Troika Ranch -tanssi-/multimediaideyhdistyksen esityksiä varten luoma puettava anturijärjestelmä, joka koostui neljästä taivutusanturista ja niiden tuottamaa dataa ohjaavasta lähettimestä ja vastaanottimesta. Järjestelmän avulla taivutusanturien analoginen data muunnettiin langattomasti digitaalisiksi MIDI-viesteiksi, joilla ohjattiin esityksen musiikkia, videoprojisoiteja ja valotekniikkaa. Tanssijoiden fyysisessä käytössä taivutusanturit joutuivat kovalle, ja Coniglio kertookin korjanneensa järjestelmää aina jokaisen esityksen jälkeen. Laitteisto ohjasi lähtökohtaisesti ulkoisia ääni- ja medialaitteita tietokoneiden sijaan. Järjestelmä ei ollut kaupallisessa tuotannossa. (Coniglio 2022.)

Nykypäivänä esimerkiksi taivutusantureita on yhä helpompaa hyödyntää tietokonelaitteistojen kanssa ohjelmoitavan Arduino-mikrokontrollerialustan avulla. Verkosta voi ladata yksityiskohtaisia ohjeita esimerkiksi taivutusantureilla toteutetun käsinpohjaisen syöttölaiteohjaimen valmistamiseksi (Cates, Takahashi & Barton 2017).

Yamahan kokeellinen puettava musiikki-instrumentti Miburi sisälsi taivutusantureilla varustetun liivin, käsiohjaimet, kenkiin asetettavat paineanturit ja vyölle asetettavan ohjausyksikön, joka jakoi anturien signaalit eteenpäin äänigeneraattori/MIDI-yksikölle. Miburin ohjausyksikkö kytkettiin langallisesti ulkoiseen äänigeneraattoriinsa, joskin japanilaisille markkinoille valmistettiin myös langaton versio, joka hyödynsi paikallisen standardin mukaisia radiotaajuusalueita. Kansainvälisen Miburi-version langallisuus rajoitti laitteen käyttökelpoisuutta tanssin näkökulmasta, mutta laite oli fyysisesti kestävä ja sen anturit varmatoimisia. (Vickery 2002, 182–183.)

Edellä kuvattujen pioneeriratkaisujen avaamien teknologioiden lisäksi tanssitaiteessa on tutkittu paljon liikkeenkaappausteknologioiden (motion capture) hyödyntämistä. Nimensäkin mukaisesti liikkeenkaappausteknologiat perustuvat yleensä liikkeen tallentamiseen sen jälkikäteen toistamista ja muokkaamista varten. Jotkin järjestelmät mahdollistavat kuitenkin myös liikkeenkaappausdatan lähettämisen reaaliajassa sovelluksesta toiseen vähintään räätälöityjen sovellusten ohjelmoinnin avulla. Koronavirusrajoitusten myötä tanssin liikkeenkaappausta alettiin tutkia yhä enenevässä määrin, ja esimerkiksi monen etätanssijan reaaliaikaisia virtuaaliodellisuuden liikekaappattuja tanssiesityksiä on kehitetty (Strutt 2022).

Liikkeenkaappauspukujen käyttö tanssissa on kuitenkin kömpelöä, joten usein tänä päivänä vähemmän rajoittaviin tuloksiin päästään mahdollisimman huomaamattomia anturitekologioita käyttämällä. Paljon hyödynnetty ratkaisu on Myo-käsivarsinauha, joka sisältää myöhemmin tarkemmin käsiteltävän inertiamittausyksikön (IMU) lisäksi elektromyografia-antureita (EMG), joilla voidaan mitata lihasten ja hermojen sisäisiä sähkövirtoja. Lisäksi kuluttajille suunnattuihin optisiin liikkeenkaappausteknologioihin kuuluvat Microsoftin Kinect ja Ultraleapin Leap Motion ovat olleet suosittuja erityisesti pienialaisen ja kameraa lähellä tapahtuvan liikkeen taltioimisessa. (Côté-Allard ym. 2017.)

### **3.3 Teknologiset kokeilut populaarimusiikissa**

Edellisessä alaluvussa käsitellyn Miburi-instrumentin yksi merkittävimpiä käyttäjiä oli japanilainen Susumu Hirasawa, jonka luotsaama P-Model teki 80- ja 90-luvuilla elektronista pop/rock-musiikkia hyödyntäen monenlaisia uusia teknologioita (Wikipedia 2022). Soolourallaan Hirasawa esiintyi yksin mielenkiintoisen musiikkiteknologisen kokonaisuuden kanssa pukeutuen Miburiin ja soittamalla yleisölle ”tyhjin käsin” (YouTube).

Teknologisesta edelläkävijyydestään populaarimusiikin maailmassa tunnettu Kraftwerk käytti vuonna 1993 live-tilanteessa Nintendon Power Glove -käsinekontrolleria MOGLI-muunninmoduulin kanssa (MIDI Output Glove Interface) (Wilson). Power Gloven sisältämät taivutusanturit olivat aikoinaan edistyksellisiä, ja Coniglionkin kehittämä MidiDancer perustui aikoinaan Power Glovesta irrotettujen anturien hyödyntämiseen (Coniglio 2022).

2010-luvun alusta lähtien kehitellyt MiMU-käsineet ovat personoituneet englantilaiseen elektropop-muusikkoon Imogen Heapiin. Heapin eri yhteistyötahojen kanssa tekemä työ käsineiden parissa eteni useiden vaiheiden ja prototyyppien myötä, ja MiMU-käsineiden ehkä keskeisimpänä ominaisuutena pidettävä koneoppimiseen perustuva käsieleiden tunnistus perustui vuosikymmenen alussa kehitettyyn neuroverkkosovellukseen, joka lukee käsineiden taivutusanturien dataa ja muuntaa sen käyttäjän haluamalla tavalla muiden laitteiden ohjausdataksi (Torre 2013, 65). Käsineisiin lisättiin myöhemmin inertiamittausyksiköt, jotka mahdollistavat yhä monipuolisemmat parametreititykset (sama, 67).

Heapin ohella kuuluisin MiMU-käsineiden käyttäjä lienee poplaulaja Ariana Grande, joka esiintyi vuoden 2015 maailmankiertueellaan käsineiden kanssa (MiMU Gloves f). Grande laajemmin musiikkinsa esittämisen MiMU-käsineisiin pohjaa Chagall van den Berg, jonka Chagall-nimellä esittämässä elektronisessa popmusiikissa käsineillä on keskeinen rooli (TEDx Talks 2016). Chagall myös työskentelee MiMU Gloves -yrityksessä ja vastaa järjestelmän käyttöliittymäsuunnittelusta (MiMU Gloves f). Chagall koulutti myös NDPS-hankkeen toimijat MiMU-käsineiden perusteiden pariin.

## 4 PUETTAVALLA MUSIIKKITEKNOLOGIALLA TEHOSTETUN ESITYSTEKNISEN LAITTEISTON KOMPONENTIT

Neljännessä luvussa esitellään esitysteknisen laitteiston komponentit, jotka tarvitaan MiMU-käsineillä toteutetun esityksen valmistamiseksi ja esittämiseksi. Tarkimmin tutustutaan itse käsineiden tekniisiin ominaisuuksiin. Laitteiston toimintaa ohjaavien ohjelmistojen pariin siirrytään seuraavassa luvussa – näin ollen esimerkiksi MiMU-käsineiden mukana tuleva ohjausohjelmisto Glover käsitellään tarkemmin vasta siinä yhteydessä, vaikka mainitulla ohjelmistolla on lähtökohtaisesti keskeinen rooli käsineiden avulla toteutettavissa esityksissä.

Laitteiston kokoonpano voidaan tiivistää seuraavasti: laitteistokomponentteihin kuuluu sekä tyypillisiä tietoteknisiä ja musiikkiteknologisia että erityisesti puettavan musiikkiteknologian kategorian alle luettavia elementtejä. Tietoteknisten laitteiden keskiössä ovat esityksen taiteellisessa ja teknisessä suunnittelutyössä avustavat tietokoneet. Vaikka nykyiset tehokkaat tietokoneet, kuten Applen omalla suoritinkannalla varustetut kannettavat tietokoneet, voivat toimia esityksen MiMU-käsinejärjestelmän ainoana laitteiston toimintaa ohjaavana tietokoneena sekä ääni- että visuaalisen suunnittelun näkökulmasta, on suositeltavaa hajaannuttaa usein laskennallisesti vaativien prosessien suoritus useamman tietokoneen kuormitukseksi. Erityisesti visuaalisen suunnittelun videoprojisoinnit samanaikaisesti useille pinnoille saattavat vaatia räätälöityjen laitteiden kokoamista, jotta suunnitellut materiaalit saadaan toistettua toivotulla tavalla.

MiMU-käsineitä käytetään yleensä langattomasti WLAN-verkon avulla. Järjestelmän tietoteknisten laitteiden tärkeänä komponenttina onkin syytä pitää langatonta tukiasemaa, joka reitittää laitteiden signaalit toistensa hyödynnettäviksi. MiMU Gloves suosittelee ja ohjeistaa tiettyjen tukiasemamallien käyttöön (MiMU Gloves a). Useamman käsineparin kanssa toimittaessa tarvitaan myös useampi lähiverkko, sillä toistaiseksi käsineiden toimintaa ohjaava Glover-ohjelma toimii vain yhden käsineparin kanssa.

Musiikkiteknologiset laitteistokomponentit voidaan jaotella tyypillisiin ja puettaviin komponentteihin. Ensimmäiseen kategoriaan lukeutuvat kaikki äänisuunnittelussa ja esitystekniikassa keskeiset musiikkiteknologiset laitteet, kuten äänikortit, syntetisaattorit ja muut ääntä generoivat laitteet. Esityk-

sen äänen- ja visuaalisen suunnittelun materiaalien toistoon liittyvät laitteet jätetään tässä yhteydessä käsittelemättä. Äänikorttien osalta on hyvä suosia vaihtoehtoja, jotka saadaan luotettavasti toimimaan matalalla latenssilla ja joissa voi hyödyntää laitteen sisäistä *DSP-prosessointia* (digital signal processing). MiMU-käsineiden yleisin käyttötapa liittyy erilaisten äänigeneraattoreiden kontrolloimiseen MIDI- ja OSC-protokollien kautta. Nämä laitteet voivat olla sekä ohjelmallisia että fyysisiä laitteita.

Järjestelmän puettavan komponentin muodostavat MiMU-käsineet. Myös muunlaisia puettavia komponentteja on kehitetty. Näitä käsiteltiin tarkemmin edeltävässä kolmannessa luvussa.

Jokaiseen järjestelmän laiteryhmään liittyy myös erilaisia tarvikkeita, joiden avulla laitteisto kytketään toimivaksi kokonaisuudeksi. Laitteistokomponenttien teknisiä erityispiirteitä käsitellään seuraavissa alaluvuissa tarkemmin.

#### **4.1 MiMU-käsineiden ominaisuudet**

MiMU-käsine on puettava musiikkitekologinen laite, joka yhdistää elektroniikkaa ja korkealaatuisen tekstiilin. Käsineet myydään kätevässä kotelossa, jonne mahtuvat käsineiden lisäksi latauksessa ja verkkoasetusten muuttamisessa tarvittavat USB-kaapelit (USB A -liittimestä Micro-B-liittimeen). Käsineitä voi käyttää langallisesti USB-kaapeleilla. Toinen käsine voi muodostaa USB-liitäntään kytkettynä langattoman verkon toista käsinettä varten. Mahdollisen ohjekirjasen tai pienikokoisten aputarvikkeiden lisäksi koteloon ei mahdu juuri muuta.





*KUVA 1. MiMU-käsineet avatun kotelonsa päällä. Kuva: Jussi Tuohino*

MiMU-käsine on valmistettu kankaasta, joka on ohutta, venyvää ja hengittävää. Kangas on pestävä ja suunniteltu kestäväksi estämään kulumista ja repeämistä. Sormenpäät ja kämmenen sisäpuoli on jätetty avoimiksi mahdollistamaan esimerkiksi perinteisempien musiikki-instrumenttien käsittely käsineet kädessä. (MiMU Gloves d.)

Tuotetta myydään kolmessa koossa, ja sopiva koko varmistetaan valmistajan ohjeiden avulla ennen tuotteen toimitusta (MiMU Gloves e). Oulun ammattikorkeakoulun käsinepari ja muut kokeillut käsineet ovat sopineet jokaisen käyttäjän käsiin, sillä MiMU-käsineiden kangas on valmistettu todella elastisesta materiaalista.

Käsineen ranneosan päällä on kotelo, johon on kiinnitetty hieman perinteistä AA-paristoa isompi-kokoisempi litiumioniakku. Laite on suunniteltu niin, että tavallisessa käytössä akkua ei tarvitse vaihtaa laitteen käyttöön aikana. Mikäli akku kuitenkin vaurioituu tai pidemmän esityksen aikana akkuja on pakko vaihtaa, on MiMU Glovesin verkkosivuilta löydettävissä seikkaperäiset ja turvallisuutta painottavat ohjeet avustamaan akkujen käsittelyssä. (MiMU Gloves b.)

#### 4.1.1 MiMU-käsineen anturit

Käsineeseen integroitujen anturien avulla mitataan käyttäjän käsien liikkeitä. Käsineessä on kahdeksan taivutusanturia: yhden peukalon ja pikkusormen ja kahdet jokaisen muun sormen kohdalla. Käsineen ranneosan päälle on kiinnitetty muovikotelo, jossa on *inertiamittausyksikkö* (IMU, inertial measurement unit). IMU-yksikössä on MEMS-mikrosysteemi, johon on yhdistetty kiihtyvyyssanturi, kulmanopeusanturi (eli gyroskooppi) ja magnetometri. Kyseiset anturit mittaavat käsineen asentoa kolmiulotteisesti: kiihtyvyyssanturi käsineen sijainnin muutoksen nopeutta, gyroskooppi käsineen kiertymistä ja magnetometri magneettikentän voimakkuutta. (Hellman & Frimodig 2021, 109 & Chèze 2014, 22.) MiMU-käsineessä ei ole absoluuttista paikannusta, joten käsineen tarkkaa sijaintia tilassa ei voida suoraan hyödyntää syötteenä ääni- tai visuaalisessa suunnittelussa.

MiMU-käsineen IMU-yksikkö mittaa käyttäjän käden kiertymistä kolmiulotteisesti. Käsine voi kiertyä kolmen koordinaatioakselin ympäri. Pitch-arvo eli nyökkääminen kuvaa kappaleen kiertymistä suhteessa x-akseliin, yaw-arvo eli kääntyminen suhteessa y-akseliin ja roll-arvo eli kallistuminen suhteessa z-akseliin. (Sariola 2020, 6–7.)

IMU-yksikön antureiden toimintaperiaate Eulerin kulmiin nojaten tuottaa ongelmia silloin, kun käsine pyörii täyden ympyrän akselinsa ympäri. Tämä tarkoittaa siis jonkin edellä mainitun kulman liikettä asteesta 359 asteeseen 0. (Pettersson & Toura 2015, 2–7.) Jos asiaa ei oteta huomioon ohjelmallisesti, voi tuotettuun dataan ilmaantua yllättäviä hyppyjä, jotka johtavat epätoivottuihin vaikutuksiin.

Kiihtyvyyssanturien datan nopeita vaihteluja seuraamalla käsine voi tunnistaa myös iskun kaltaisia liikkeitä. Anturien tuottama data siirretään Glover-ohjainohjelman *sisääntuloiksi* (device input), joiden yhdistelmällä voidaan tunnistaa erilaisia käsien asentoja ja eleitä. Kaikkea dataa voidaan suodattaa, käsitellä ja lähettää haluttuihin *ulostuloihin* (device output).

#### 4.1.2 MiMU-käsineen LED-valot ja painikkeet

Ranneyksikössä on kolme eriväristä LED-valoa, joiden perusteella voidaan arvioida tiettyjä laitteen tilatietoja. Punainen LED kertoo akun varaustason: Kun käsine on yhdistetty USB-kaapelilla tietokoneeseen, punainen väri palaa vilkkumatta akun latautuessa. Punainen väri vilkkuu, kun akku on

latautunut täyteen. Kun käsine ei ole kiinni kaapelilla, punaisen värin vilkkuminen merkitsee taas akun varaustason alenemista ja latauksen tarvetta.

Valkoinen LED kertoo laitteen verkkoyhteyden tilasta. Verkkoyhteys konfiguroidaan laittamalla käsine kaapelilla tietokoneeseen kiinni ja syöttämällä halutut asetukset. Tämän jälkeen kaapeli irrotetaan, ja laite kytketään pois päältä ja uudelleen käyntiin. Valkoinen LED alkaa vilkkua tarkoittaen, että laite yhdistyy langattomaan verkkoon. Vilkkumisen nopeus kertoo yhdistymisen vaiheista. Kun LED on palaa vilkkumatta, verkkoyhteys on käynnistetty onnistuneesti.

Vihreä LED merkitsee laitteen olevan päällä. Rannekotelossa on LED-valojen lisäksi myös pieni painike, jota pitkään painamalla laitteen saa käyntiin ja sammutettua.

Käsineen etusormen sivussa on painike, johon on integroitu kirkas LED. Painike on suunniteltu painettavaksi saman käden peukalolla. Painike lähettää lyhyen triggerisignaalin, kun painikkeen painaa alas ja toisaalta nostaa ylös. Näitä signaaleja voidaan käyttää ohjaamaan erilaisia toimintoja joko Glover-ohjaus- tai muissa ääni- ja visuaalisen suunnittelun ohjelmistoissa. Myös painikkeen LED on monikäyttöinen: LED:n värin voi asettaa vapaasti esimerkiksi merkitsemään siirtymistä tiettyyn toimintatilaan tai esityksen kohtaukseen.

Käsineessä on kämmenselän puolella värinämoottori, jonka avulla käyttäjälle voidaan ohjata *haptista palautetta* (haptic feedback). Värinästä voi olla hyötyä erityisesti laitteen toiminnan varmistuksena: käsineen värinä voi vaikkapa kertoa, että teoksessa on siirrytty tiettyyn osaan tai käyttäjä on aktivoinut halutun toimintatilan. Värinä ja etusormen LED ovat molemmat laitteen ulostuloja erotuksena anturiteknoologiaan pohjautuvista sisääntuloista.



*KUVA 2. MiMU-käsine (vasen), jonka etusormipainikkeeseen on valittu purppuranvärinen merkki-  
valo. Kuva: Jussi Tuohino*



## 4.2 MiMU-järjestelmän äänilaitteiston ominaisuuksia

Oulun ammattikorkeakoulun MiMU-järjestelmän äänilaitteisto on koottu erikseen sopivaksi jokaista esitysprojektia varten. Äänilaitteiston keskiössä on yleensä Applen MacBook Pro -tietokone ja RME-valmistajan USB-liitäntäinen BabyFace Pro FS -äänikortti. Applen uudemmat tietokoneet suoriutuvat luotettavasti useimmista niille annetuista tehtävistä, ja ne ovat kevyitä ja pienikokoisia. Näissä laitteissa ei ole enää sisäänrakennettuja USB-A-portteja, joten esimerkiksi MiMU-käsineiden lataamista ja verkkoasetusten muuttamista varten tarvitaan sopivat USB-sovittimet tai -porttitoistin. MiMU-käsineiden ohjausohjelma Glover toimii sekä macOS- että Windows-käyttöjärjestelmissä, joten laitekantaa ei ole rajattu yhden valmistajan tuotteisiin.

RME on tunnettu matalalatenssisista eli lyhyen siirtoviiveen omaavista ja luotettavista ajureistaan, jotka ohjaavat valmistajan äänilaitteiden ja tietokoneiden yhteistoimintaa. Latenssilla tarkoitetaan tässä yhteydessä viiveaikaa, joka syntyy äänilaitteen muunnin- ja signaalinkäsittelyprosessien aikana ennen kuin ääni käyttäjän syötteen jälkeen saadaan toistettua laitteen analogisten ulostulo- lähtöjen kautta. Latenssi ilmoitetaan yleensä millisekunneissa, ja siihen voi vaikuttaa muuttamalla äänikortin puskurimuistin kokoa. Puskurimuisti ilmoitetaan yleensä näyteinä (samples). RME:n äänikorttien sisäiset latenssiarvot ovat olleet pitkään nopeimpien joukossa kilpailijoiden tuotteisiin verrattuna (Kim ym. 2020, 2526–2532). Esimerkiksi etäyhteissoittoa varten kehitetty LoLa-järjestelmä vaatii oikein toimiakseen RME:n äänikortin (LoLa – Low Latency Audio Visual Streaming System 2019, 4). Live-esityksen kannalta digitaalisten musiikki-instrumenttien toiminta mahdollisimman pienellä viiveellä on tärkeää.

FPGA-piiriin (field-programmable gate array, ohjelmoitava porttimatriisi) sisältävä äänikortti mahdollistaa myös laitteen sisäisen DSP-miksauksen sisäänrakennettujen efektien, kuten taajuuskorjaimen ja jälkikaiku/viive-efektien kanssa. Näistä jälkimmäiset prosessoinnit lasketaan kuitenkin tietokoneen oman suorittimen avulla, mutta prosessointien luonne huomioiden lisäviiveestä ei ole merkittävää haittaa (RME 2020, 54). RME-valmistajan laajemmat äänikortit, kuten UCX II ja UFX III -mallit sisältävät myös dynaamiset prosessointityökalut edellä mainittujen työkalujen lisäksi.

Laitteen sisäiset DSP-efektit ovat usein hyödyllisiä nopeissa äänisuunnittelukokeiluissa, kun esitystä harjoitellaan ja sitä varten tuotettuja materiaaleja kootaan yhteen. Myös ulkoisten äänigeneraattorien käytön yhteydessä nopeasti saatavilla olevat varmatoimiset efektilaitteet tulevat

usein tarpeellisiksi, esimerkiksi kun ääntä tuotetaan analogisten syntetisaattoreiden avulla ja kontrolloidaan MiMU-käsineillä.

### **4.3 MiMU-järjestelmän tietoverkkolaitteiston ominaisuuksia**

Vaikka MiMU-käsineitä voidaan käyttää langallisesti USB-yhteyden kautta (toisen käsineen voi asettaa myös tietokoneeseen yhdistettynä muodostamaan langattoman alueen toista käsineitä varten), käytännössä tehokasta ja tarkoituksenmukaista käyttöä varten käsineet pitää yhdistää langattomaan lähiverkkoon. Käsineet voi harjoitus- ja testausmielessä yhdistää myös verkkoihin, jotka ovat yhteydessä Internetiin, kuten useimpien kotoa löytyviin langattomiin tietoverkkoihin. Mikäli käsineitä haluaa käyttää samaan aikaan Internet-yhteyden kanssa, on tällöin oltava huolellinen laitteiden yhdistysjärjestyksen ja verkkosovittimien prioriteetti-asetusten kanssa. MiMU Gloves antaa verkkosivuillaan yksityiskohtaisia ohjeita käsineiden käyttöön samaan aikaan Internet-yhteyden kanssa (MiMU Gloves a).

Esitystilanteessa ei ole suositeltavaa siirtää langattomassa lähiverkossa muuta kuin MiMU-käsineiden tuottamaa ja vastaanottamaa dataa. Erilaiset verkon välityksellä tapahtuvat esitykset tai esityksen suoratoistaminen verkkoon voivat kuitenkin vaatia laitteistolta mahdollisuuden Internet-yhteyteen samaan aikaan MiMU-käsineiden langattoman yhteyden lisäksi.

Oulun ammattikorkeakoulussa MiMU-käsinejärjestelmään hankittiin MiMU Glovesin suosittelema Netgear Nighthawk X6 -langaton tukiasema. Kyseisen tukiaseman tuottaman lähiverkon kantama on laaja, ja laitetta mainostetaan varmatoimiseksi ympäristöissä, joissa on paljon muuta langatonta tietoliikennettä. Laite on helppokäyttöinen: se voidaan yksinkertaisesti kytkeä pistorasiaan, ja laitetaa virta päälle, jonka jälkeen langaton lähiverkko on valmis kytkeydyttäväksi. Toimintavarmuuden vuoksi on myös hyvä kytkeä tukiasema verkkokaapelilla kiinni tietokoneeseen (tällöinkin MacBookin tapauksessa tarvitaan soveltuva liitinsovitin) ja hyödyntää langatonta tiedonsiirtoa ainoastaan käsineiden ja tukiaseman välillä. Halutessaan laitteen SSID-verkkotunnuksen (service set identifier), salasanan ja muita asetuksia voi vaihtaa.

## 5 LAITTEISTON TOIMINTAA OHJAAVAT OHJELMISTOT

MiMU-käsineet digitaalisena musiikki-instrumenttina (DMI) tarvitsevat yhteyden tietokoneeseen, jotta käsineiden avulla voidaan hallita muita laitteita, kuten ääntä tuottavia ohjelmallisia tai fyysisiä äänigeneraattoreita. Käsineisiin asennetut anturit mittaavat käsineen sormiosien taivutuksia ja koko käsineen liikettä suhteessa käyttäjän määrittelemään keskikohtaan. Nämä mittaukset käännetään digitaalseksi dataksi, jota suodatetaan ja ohjataan vaikuttamaan halutulla tavalla erilaisiin ääni- tai visuaalisen suunnittelun parametreihin.

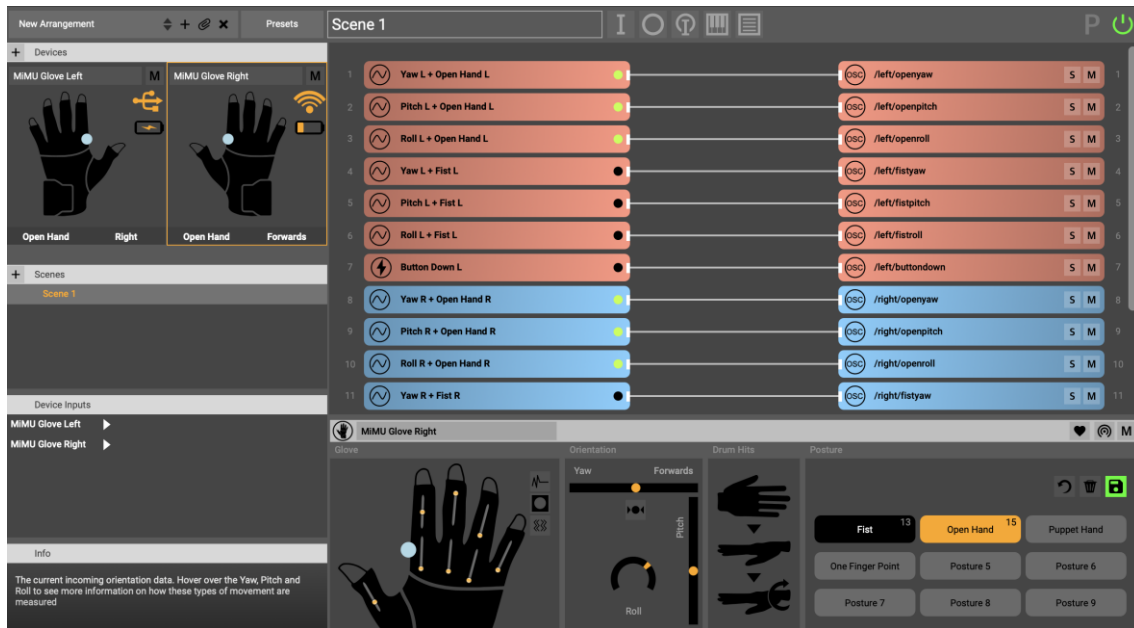
Tässä luvussa esitellään MiMU-käsineiden toimintaa ohjaavia ohjelmistoja. MiMU-käsineiden ohjausohjelma Glover on käsittelyn keskiössä, sillä ohjelma on kiinteä osa laitteiston toimintaa ja toimii eräänlaisena välittäjänä käsineiden ja ääntä ja/tai visuaalisia elementtejä generoivien ja kontrolloivien ohjelmien välissä. Esimerkinomaisesti käsitellään myös mahdollisia ratkaisuja ja työtapoja ääni- ja visuaalisen suunnittelun ohjelmistoihin liittyen. Mahdollisten työtapojen ja ohjelmistovalintojen moninaisuuden vuoksi seuraava teksti lähinnä ohjaa tekijöitä löytämään toimivia ja tehokkaita tapoja yleisiin anturiteknologioihin perustuvien kokeellisten instrumenttien käsittelyyn liittyviin haasteisiin vastaamisessa.

Omassa äänisuunnittelutyössäni Oulun ammattikorkeakoulun ja muiden projektien yhteydessä olen yleensä käyttänyt Glover-ohjelmaa kohtalaisen yksinkertaisella tavalla ja tehnyt vaativampia datareitityksiä ja muuta -käsittelyä Max/MSP-ohjelmointiympäristössä. Max on useimmiten toiminut myös äänigeneraattorien alustana ja toisinaan videoprojisointienkin suunnitteluympäristönä. MiMU Gloves ohjaa lähtökohtaisesti käyttäjiä enemmän DAW-ohjelmistojen kontrolloimisen yhteyteen, ja tämä onkin uskoakseni tutumpaa monille perinteikkäämmän musiikillisen ilmaisun parista MiMU-käsineiden käyttöön siirtyville. Laitteiston käyttöönoton koulutusosion yhteydessä MiMU Glovesin käyttöliittymäsuunnittelija Chagall van den Berg esitteli laitteiston toimintaa Gloverin ja Ableton Live -DAW-ohjelmiston avulla. Glover-ohjelmaa tarvitaan siis vähintäänkin käsineiden tuottaman datan reitittämiseen tietokoneelle ja ohjelmien tai laitteiden kesken.

Luvun viimeisessä alaluvussa esitellään Max/MSP-ympäristössä kehittämäni äänisuunnitteluohjelman prototyyppi ja ehdotetaan käyttäjäystävällisempää tapaa hyödyntää MiMU-käsineitä nopeisiin

äänisuunnittelukokeiluihin esimerkiksi tanssiteoksia varten. Prototyypin kaltainen sovellus voi madaltaa kynnystä MiMU-käsineiden kaltaisen teknologian käyttöön tuoden sen entistä useamman taiteellisesti motivoituneen tekijän ulottuville.

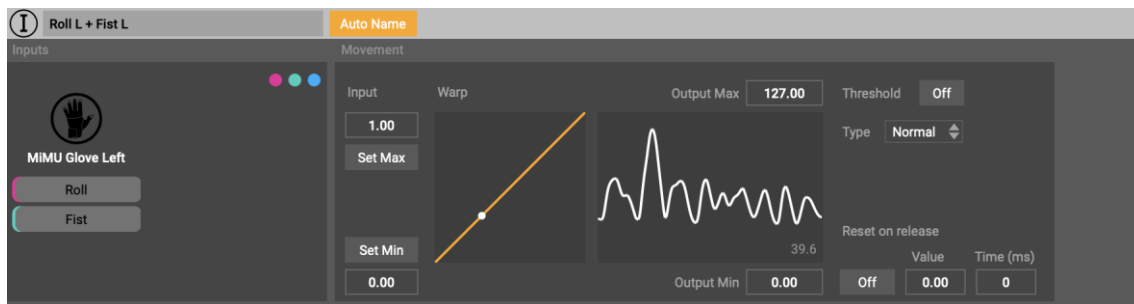
## 5.1 Glover-ohjelman ominaisuudet



KUVA 3. Glover-ohjelman käyttöliittymä. Oikea käsine on valittuna Devices-valikosta, jolloin sen säädöt muun muassa käsineen kalibrointia ja eleiden tallennusta varten avautuvat ohjelman alaosaan. Kuva: Jussi Tuohino.

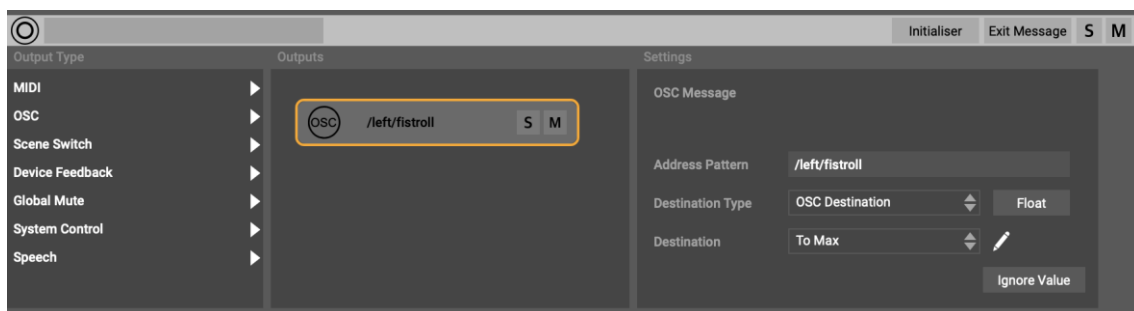
Alkujaan pelkästään macOS:lle suunniteltu Glover-ohjelma on saatavilla nykyään myös Windowsille. Ohjelma on pienikokoinen ja suhteellisen kevyt. Ohjelman keskiössä on niin sanottu mapping-ikkuna, jossa erilaisia sisääntuloja reititetään sopiviin ulostuloihin. Jokaiselle sisääntulolle (mapping input) valitaan halutut syöttölaitteet, kuten esimerkiksi MiMU-käsineen liikkeen, eleen, suunnan, iskun ja painikkeen. Sisääntulossa voi olla kolme syöttölaitetta samaan aikaan. Syöttölaitteiden tuottamaa dataa voidaan käsitellä halutulla tavalla Glover-ikkunan alalaidasta. Datalle voi asettaa erilaisia minimi- ja maksimiarvoja, joiden väliin antureiden mittaamat ja yhteenlasketut arvot skaalataan. Sisääntulolle voi asettaa halutun kynnysarvon niin, että syöttölaitteiden data rekisteröidään vasta, kun mitatut arvot kasvavat tietyn arvon yläpuolelle. Mitattujen arvojen skaalausta varten voidaan asettaa erilaisia vasteita, joilla sisääntulon tuottamien arvojen herkkyyteen voidaan vaikuttaa.





KUVA 4. Glover-ohjelman alaosaan avautuva näkymä, kun syöttölaitteen ominaisuuksia määritellään. Kuvaajasta voi nähdä graafisen esityksen anturin taltioimasta liikkeestä. Kuva: Jussi Tuohino.

Sisääntulot kytketään kaapeleilla ulostuloihin (mapping output). Ulostulot voivat olla MIDI- ja OSC-protokollaisia viestejä, laitekohtaisia palautetoimintoja (device feedback) tai Gloverin toimintaan liittyviä tilamuutoskäskyjä. Ulostulojen avulla voi myös vaihtaa Gloverin sisäistä kohtausta (scene): Gloveriin tehdyt reititykset voi tallentaa kohtauksiksi ja siirtyä niiden välillä sisään–ulostuloketjujen välityksellä.

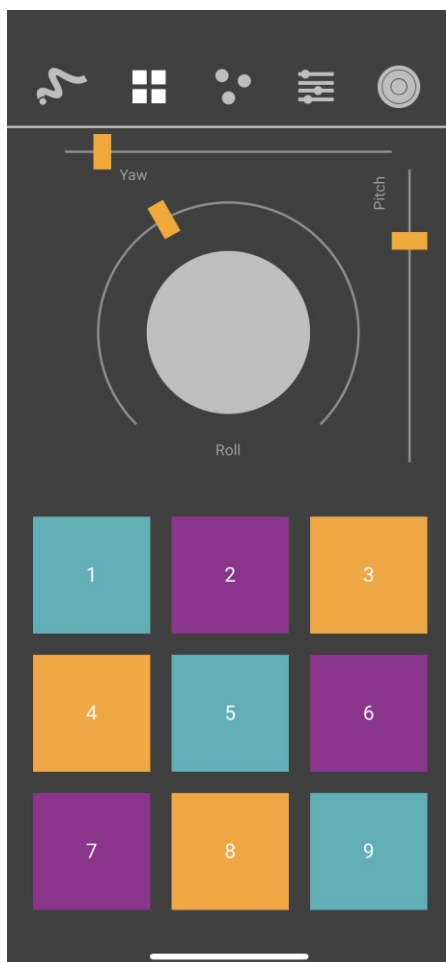


KUVA 5. Ulostulon asetukset Gloverin käyttöliittymän alaosassa, kun ulostulo valitaan reitityssikkunasta. Vasemman käsineen nyrkkiasennon kiertyvä liike lähetetään Max/MSP:hen edelleen prosessoitavaksi. Kuva: Jussi Tuohino.

Sisään- ja ulostulojen reitityksen lisäksi Gloverissa on kaksi sisäistä MIDI-instrumenttia, joista toisella voidaan luoda esiasetettuja nuottisekvenssejä ja soittaa niitä tiettyjen sisääntulojen avulla (note matrix). Toinen taas luo sointuja, joita voi soittaa haluttujen sisääntulojen kautta (chord machine). Kummatkin tallentavat sekvenssejä tai sointuja kahteentoista tallennuspaikkaan kerrallaan. Instrumentit eivät itsessään tuota ääntä vaan MIDI-dataa, joka täytyy vastaanottaa jossain ääntä tuottavassa äänigeneraattorissa ja muuntaa ääneksi.

### 5.1.1 Glover-ohjelman käyttöliittymän osiot

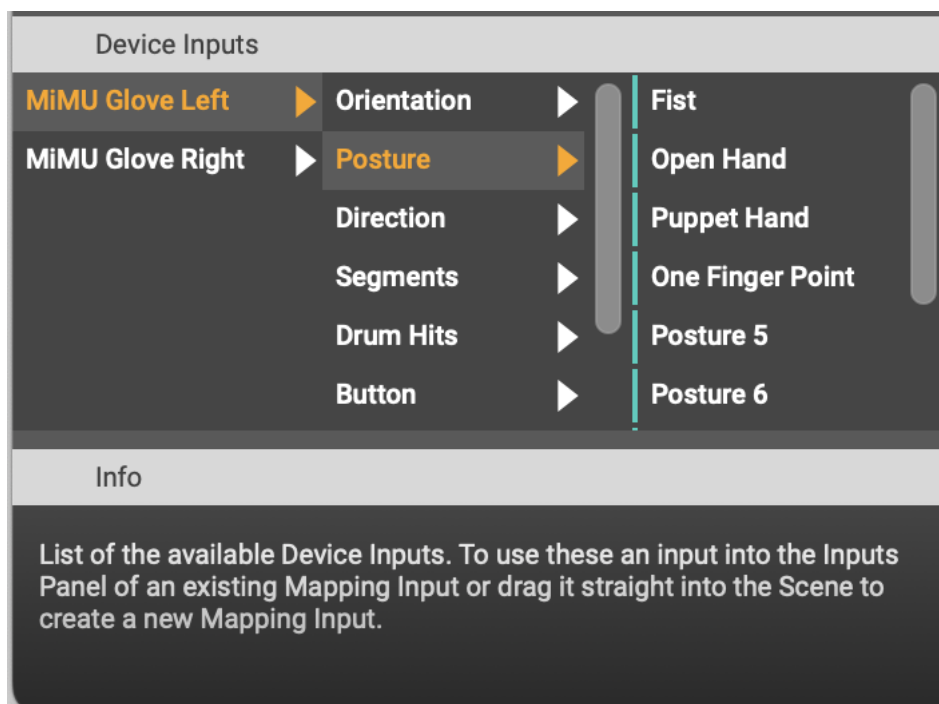
Käyttöliittymän vasemmassa ylälaudassa on osio, johon sisääntulojen syöttölaitteina käytettäviä laitteita lisätään. Laitteet voivat olla MiMU-käsineiden eri versioita, käsien optiseen liikekaappaukseen perustuvia Leap Motion -laitteita, erilaisia antureita sisältäviä BBC:n Micro Bit -sulautettuja järjestelmiä ja MiMU Glovesin Gliss-sovelluksella varustettuja älypuhelimia. Applen mobiililaitteille saatavilla oleva ilmainen Gliss-sovellus muuntaa puhelimen näytön syöttölaitteeksi Gloveria varten: puhelimeen integroiduilla antureilla sekä näytön liikusäätimillä ja painikkeilla voi kontrolloida Gloverin ulostuloja muiden laitteiden tapaan. Glissin toimintaperiaate on samanlainen kuin Hexler-kehittäjän TouchOSC-mobiilisovelluksella, johon rakennetuilla kosketusnäyttöä hyödyntävillä käyttöliittymillä voi räätälöidysti hallita muita sovelluksia ja laitteita MIDI- ja OSC-viestien avulla. (TouchOSC 2023.)



KUVA 6. Gliss-ohjelman käyttöliittymän osa iPhone-puhelimella. Puhelimen liike ja kosketusnäytön painallukset voidaan reitittää Gloverin sisääntuloihin. Kuva: Jussi Tuohino.

Osion alapuolella on kohtausvalikko, josta voi valita projektin sovituksen (arrangement) käsiteltävän kohtauksen. Gloverin projektinhallintaa voi ajatella kolmiportaisena: projektit voivat sisältää useita sovituksia, jotka taas puolestaan voivat sisältää useita kohtauksia. Jokaiselle kohtaukselle voi asettaa erilliset sisääntulojen reititykset ulostuloihin ja liikkua kohtausten välillä tätä toimenpidettä varten erikseen saatavilla olevalla ulostulolla (scene switch).

Kohtausvalikon alapuolella on listaus projektiin lisättyjen laitteiden syöttölaitteista. Syöttölaitteet valitaan kyseisestä listauksesta niitä lisättäessä tyhjiin tai täydennettäviin sisääntuloihin. Syöttölaittelistauksen alapuolella käyttöliittymän vasemmassa alakulmassa on aputekstikenttä, johon tulostuu vihjeitä, kun hiiren kursoria pitää hetken paikallaan jonkin käyttöliittymän toiminnallisuusosion päällä.



KUVA 7. Syöttölaitteiden valintoja mahdollisia sisääntuloja varten. Kuva: Jussi Tuohino.

Käyttöliittymän keskellä alhaalla on asetusnäyttö, joka mukautuu näyttämään kulloinkin valitun laitteen, sisääntulon tai ulostulon asetukset. Näytön asetuksilla tehdään Glover-ohjelman käytön kannalta kriittisiä asetuksia, kuten kalibroidaan laitteet ja tallennetaan niillä käytettäviä eleitä. Jo aiemmin mainitut asetukset sisääntuloissa käytettävistä syöttölaitteista ja niiden tuottaman datan skausauksesta tehdään myös tässä osiossa. Lisäksi tarkemmat asetukset esimerkiksi ulostulojen OSC-viestien muotoilun sekä kohdeosoitteiden ja porttien suhteen määritellään käyttöliittymän kyseisen osion kautta.

### 5.1.2 MiMU-käsineiden kalibrointi

Kun MiMU-käsine tuodaan Gloverin laitteeksi, on syytä tarkistaa, kuinka hyvin käsineen taivutusanturien tuottama data seuraa käyttäjän sormien liikkeitä. Jos vaste ei ole tarkka, MiMU-käsineet voidaan kalibroida Glover-ohjelman toiminnon avulla. Käyttäjää pyydetään sulkemaan kätensä nyrkkiin ja avaamaan se toistaen tätä liikesarjaa muutaman kerran noin kymmenen sekunnin ajan. Liikesarjan jälkeen käyttäjä voi tarkistaa anturien päivitetyn toiminnan Glover-ohjelman visuaalisen esityksen perusteella. Kalibroinnin voi halutessaan toistaa, ja lähtökohtaisesti se on syytä tehdä silloin, kun käsineen käyttäjä vaihtuu. Oamkin UUMEN-tanssiteoksen aikana käsineen käyttäjä vaihtui tosin useita kertoja, mutta käyttäjän vaihtuessaakin Glover osasi luotettavasti tunnistaa yhden tanssijan ohjelmalle esiopettamat eleet.

Käden nyrkkiasennossa on syytä huomioida, asemoiko peukalon muiden sormien alle vai päälle, sillä ensimmäinen vaihtoehto koukistaa peukaloa enemmän jälkimmäiseen verrattuna. Oleellista lienee, että käyttäjä on johdonmukainen käsieleissään, jotta kone tunnistaa sille opetetut eleet mahdollisimman varmatoimisesti. Käytännössä koneelle on siis opetettava mallieleet samalla tavalla kuin niitä tullaan esityksen aikana käyttämään.

MiMU Gloves ohjaa esiasetettujen eleiden myötä tiettyjen käsieleiden käyttöön. Gloverille on opetettava, kuinka taivutusanturit asemoituvat silloin, kun käyttäjä vie kätensä nyrkkiin, tekee niin sanotun käsinukke-eleen (puppet hand), avaa kätensä avonaiseen asentoon ja osoittaa etusormella. Opettaminen on yksinkertaista: käyttäjä tekee käsine kädessä halutun eleen ja painaa eleen nimellä varustettua painiketta. Mallieleitä on hyvä opettaa useampia varioiden hieman samaa eleitä, jolloin ohjelma todennäköisesti tunnistaa eleen esitystilanteessa varmatoimisemmin. (MiMU Gloves c.) Kunkin eleen malliopetuskertojen jälkeen on hyvä painaa tallennuskuvaketta.

Eleitä voi opettaa projektikohtaisesti yhteensä yhdeksän. Opetetut eleet voi myös tallentaa, joten ne voi kätevästi tehdä kerran ja myöhemmin tuoda tiedoston avulla toiseen projektiin. Eleitä on hyvä valita käyttöön säästeliäästi, sillä useiden eleiden myötä käsineiden hallinta vaikeutuu. Jos eleitä kuitenkin opettaa Gloverille useampia, on hyvä valita sellaisia eleitä, jotka ovat mahdollisimman erilaisia. (sama.) Näin ohjelma tunnistaa eleet luotettavammin.

### 5.1.3 Sisään- ja ulostulojen reititys

Mapping-ikkunan sisään- ja ulostulopalkit voi nimetä kuvaavammilla nimillä. Ulostulopalkeissa tämä onnistuu silloin, kun ulostulossa käytetään MIDI-viestejä (esimerkiksi MIDI CC -viestit (controller change) näkyvät lähtökohtaisesti viestin lähetykseen käytettävänä MIDI CC -numerona) tai käyttäjä on lisännyt useamman viestin samaan ulostulopalkkiin. Ulostuloissa esimerkiksi OSC-viestin tapauksessa näkyy suoraan viestin osoite, joka on yleensä tarpeeksi informatiivinen, varsinkin jos OSC-osoitteiden nimeämisessä on huolellinen ja johdonmukainen.

Palkit voi värittää, mikä tekeekin esityksestä visuaalisesti selkeämpää laajempien reititysten tapauksessa. Kun käytössä on useampia syöttö- tai vastaanottavia laitteita, on loogista värittää samaan laitteeseen liittyvät sisään- ja ulostulopalkit yhdenmukaisella värillä. Kannattaa myös järjestää palkit laitekohtaisiin ryhmiin.

Sisääntulot voi reitittää yhtä aikaa useampaan ulostuloon. Toisaalta samaan ulostuloon voi liittää useamman viestin, joten samaa asiaa varten reitityksen voi tehdä monella eri tavalla. Omassa työssäni olen kokenut parhaimmaksi tehdä samaan ulostuloon useamman samansisältöisen viestin eri laitteita ja ohjelmistoja varten, koska tällöin Glover-ikkunaan tulee vähemmän ulostulopalkkeja ja ikkuna säilyy siistimpänä. Samasta sisääntulosta useampaan ulostuloon reitittäen voi kuitenkin visualisoida konkreettisemmin, millaisia reitityksiä ohjelma laitteiden ja ulostulojen välille tekee.

Ulostulot voi halutessaan mykistää yksi kerrallaan tai asettaa niin sanottuun soolotilaan, jossa ainoastaan kyseinen ulostulo lähettää viestejä Gloverin ulkopuolelle. Tämä on tärkeää silloin, kun Gloverin ulostuloja reititetään kontrolloimaan muun ohjelman parametreja niin sanotun MIDI Learn-toiminnallisuuden avulla ja Gloveriin reititetyn laitteen sisääntuloja on vaikea kontrolloida vain yhtä kerrallaan. Esimerkiksi MiMU-käsineen anturit lähettävät koko ajan dataa, kun käsine on käyttäjän kädessä. Jos ulostuloa ei aseta soolotilaan, voi olla, että reititykseen ohjelman ulkopuolella päätyy jokin toinen laitteen ulostuloista.

#### 5.1.4 OSC-protokollan ominaisuuksia

Vaikka MIDI-viestejä on kätevä käyttää nopeisiin äänisuunnittelukokeiluihin ja erityisesti perinteisempien ulkoisten äänigeneraattorien ohjaamiseen, on OSC-protokolla (Open Sound Control) nykyaikainen tapa tietokoneiden ja tietokoneohjelmien väliseen viestintään. OSC-protokolla kehitettiin CNMAT:ssa (Kalifornian yliopiston Uusien musiikki- ja ääniteknologioiden keskus, Center for New Music and Audio Technologies) Adrian Freedin ja Matt Wrightin toimesta. OSC on avoin, täsmällinen ja mukautuva protokolla viestien välitykseen laitteiden välillä. (Open Sound Control 2021.)

Käyttäjä määrittelee OSC-viesteille OSC-osoitteen tiettyjen sääntöjen mukaan (Wright 2002). Nämä viestit lähetetään sitten toivottuun IP-osoitteeseen sovitun portin kautta. Gloverissa voi erillisen valikon (OSC Destinations) kautta tallentaa järjestelmässä käytettäviä OSC-laitteita niin, että niitä on nopeampi valita kohteiksi, kun uusia OSC-viestejä määrittelee.

OSC-osoitteet voidaan nimetä käyttäjän haluamalla tavalla, mutta osoitteiden nimeämisessä kannattaa olla järjestelmällinen ja välttää liian pitkiä tai toisaalta liian lyhyitä osoitteita. Olen käyttänyt MiMU-käsineiden kanssa nimeämistapaa, jossa osoite on kaksiosainen: ensimmäinen osa määrittelee, kummalta käsineeltä viesti tulee (esimerkiksi /left tai /right – OSC-osoitteet alkavat aina kenoviivalla ja muodostuvat kenoviivojen välisistä merkkijonoista) ja jälkimmäinen, miltä sisääntuloilta OSC-viesti datansa saa (esimerkiksi /openpitch tai /openyaw -osat tarkoittavat avoimen käden erisuuntaisia liikkeitä). Esimerkitapauksessa OSC-osoite voisi olla siis esimerkiksi /left/openpitch ja kuvata vasemman MiMU-käsineen lähettämää dataa silloin, kun käyttäjän käsi on auki (verrattuna esimerkiksi nyrkkiasentoon) ja kiertyy suhteessa poikkiakseliin.

#### 5.2 Digitaaliset äänityöasemat

*Digitaalinen äänityöasema* (digital audio workstation, DAW) on ohjelmallinen työkalu, jonka avulla voidaan luoda ja äänittää musiikkia. DAW:ssa voidaan editoida ja prosessoida ääntä, joka on tallennettu akustisista lähteistä mikrofoniin avustuksella tai luotu kokonaan synteettisin keinoin digitaalisesti (Arizona State University 2023). DAW:t tukevat yleensä myös MIDI-datan tallennusta, editointia ja toistoa; kokonaan äänisignaalien käsittelyyn tarkoitettuja ohjelmia kutsutaan yleensä äänieditoreiksi.

Aiemmin lähinnä musiikkituotannon työkaluina käytetyt digitaaliset äänityöasemat ovat nykyään laajoja monipuolisia ohjelmistoja, joiden avulla voidaan tehdä useimmat musiikillisten ja äänisuunnittelun työtehtävien työvaiheet. Yleisesti käytettyjä DAW-ohjelmistoja on useita kymmeniä, joista toiset ovat ilmaisia ja toiset kaupallisia tuotteita (Digital Audio Wiz 2022). MiMU-käsineiden kaltaisen digitaalisen musiikki-instrumentin näkökulmasta oleellista on tuki MIDI- ja OSC-viestien vastaanottamiseen sekä toimivat rajapinnat virtuaalisten ohjelmistopohjaisten instrumenttien ja ääni-prosessorien hyödyntämistä varten.

Digitaalisia äänityöasemia voi käyttää MiMU-käsineiden äänigeneraattorin ominaisuudessa esimerkiksi niin, että käsineillä ohjataan mikserin kanavalle asetetun virtuaalisen instrumentin parametreja. Virtuaaliset instrumentit voivat olla esimerkiksi (ohjelmallisia) syntetisaattoreita tai sample-ereita (Edney 2022b).

Toinen tapa hyödyntää MiMU-käsineitä digitaalisten äänityöasemien kanssa on ohjata käsineillä suoraan DAW:n parametreja. Näitä voivat olla esimerkiksi mikserin kanavien asetukset. Jotkin DAW:t mahdollistavat myös hyvin monipuolisen MIDI- tai OSC-viestien perusteella tapahtuvan projektisisällön muokkaamisen, jolloin MiMU-käsineillä voidaan esimerkiksi ohjata teoksen ajallista etenemistä tai vaikuttaa reaaliajassa teoksen raidoilla soivaan sisältöön.

### **5.2.1 Ableton Live**

Saksalaisen Ableton-kehittäjän Live-ohjelmisto on digitaalinen äänityöasema, joka on suunniteltu erityisesti elektronisen musiikin live-esittämistä varten (Edney 2022a). Ableton Live julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 2001 (Kirn 2017). Live sisältää perinteisemmän aikajananäkymän lisäksi niin sanotun sessionäkymän, joka on tarkoitettu lyhyiden toisteisten ääni- ja MIDI-näytteiden ketterään toistamiseen.

Ableton osti vuonna 2017 Cycling '74 -yhtiön, joka kehittää jäljempänä esiteltävää Max-ohjelmointiympäristöä (Kirn 2017). Live sisältää Max for Live -rajapinnan, jonka avulla Liven sisällä voidaan käyttää Max/MSP:n ääniohjelmointimenetelmiä.

Äänisuunnittelun näkökulmasta Ableton Liven avulla on helppoa tehdä nopeita äänisuunnitteluko-keiluja. Lisäksi ohjelmiston mukana tulevat ääniprosessorit ovat tehokkaita ja hyvälaatuisia. Liven käyttöliittymä eroaa useimmista muista DAW-ohjelmistoista kohtuullisen paljon.

### **5.2.2 Muut DAW-ohjelmistot**

DAW-ohjelmistoja on saatavilla useita erilaisia. Useimmat toimivat perinteisemmän aikajanaperi-  
aateen mukaisesti, jossa käyttäjä äänittää, editoi ja miksaa musiikkia ja ääntä teoksen keston li-  
neaarisesti esittävässä aikajanänäkyvässä. DAW-ohjelmistojen toinen keskeinen työnäkymä on  
mikseri, joka sisältää ohjelmallisen esityksen fyysisen äänimikserilaitteen toiminnoista. Mikserissä  
käyttäjä miksaa teoksen erilaiset äänelliset elementit keskenään. Mikserin raidoille käyttäjä voi  
tuoda myös reaaliaikaista äänisignaalia äänikortin sisääntulosta tai joissain tapauksissa myös  
MIDI-dataa, joka on käännettävä soivaksi ääneksi erillisen äänigeneraattorin avulla. MIDI-data si-  
sältää laitteiden keskinäiseen viestintään tarkoitettuja ohjauskäskyjä, jotka kertovat esimerkiksi  
vastaanottaville laitteille, milloin niiden pitää toistaa halutut nuotit halutuilla voimakkuuksilla.

Käytetyn DAW-ohjelmiston valinta liittyy erityisesti käyttäjän tottumuksiin – useimmat sovellukset  
suoriutuvat käytännössä yhtäläisellä tavalla ainakin yksinkertaisemmista käyttötarkoituksista. Hen-  
kilökohtaisesti olen suosinut DAW-ohjelmistojen osalta musiikillisessa ja äänellisessä työssäni eri-  
tyisesti REAPER-ohjelmistoa, joka on edullinen kaupallinen tuote, jonka toiminnallisuuksia käyttäjä  
voi muokata omiin työtapoihinsa soveltuviksi hyvinkin vapaasti. Lisäksi ohjelmisto on erittäin kevyt  
ja saatavilla useimmille käyttöjärjestelmille. REAPER:n mukana ei toisaalta toimiteta minkäänlaisia  
valmiita äänikirjastoja tai käyttöliittymiltään hienostuneita ääniprosessoreita, joten ohjelman käyt-  
tönoton kynnyks voi olla tässä mielessä korkeampi muihin DAW-ohjelmistoihin verrattuna.

### **5.3 Ääniohjelmointiympäristöt**

Vaikka yleisillä ohjelmointikielillä voidaan toteuttaa tehokkaita ja monipuolisia ääneen ja musiikkiin  
liittyviä sovelluksia, on musiikillisen ilmaisun tiiviisti aikaan sidottua käyttötarkoitusta varten kehi-  
tetty jo useiden vuosikymmenien ajan erilaisia tietokonemusiikin tekemiseen tarkoitettuja ohjel-  
mointikieliä. Niistä käytetään tässä opinnäytetyössä yleisnimitystä ääniohjelmointiympäristöt.



Ääniohjelmointiympäristöjen historiasta tunnetaan useat erityisesti yhdysvaltalaisen Max Mathews'n Bell Labs -puhelin-yhtiön tutkimus- ja tuotekehitysyksikölle työskennellessään kehittämät MUSIC-ohjelmointikielien, joita julkaistiin 1900-luvun jälkimmäisen puoliskon aikana useita erilaisia versioita. MUSIC-ohjelmointikielten pohjustavana ideana on jakaa ohjelmakoodi kahteen osaan, joista toisessa määritellään teoksen instrumentteihin (eli äänigeneraattoreihin) liittyvät asetukset ja toisessa partituuri, jonka aiemmin määritellyt instrumentit "esittävät". (Dannenberg 2018.) Vaikka 1950–60-lukujen aikaiset ensimmäiset ohjelmalliset äänisynteesin tavat olivat primitiivisiä (Holmes 2008, 253), ovat MUSIC-ohjelmointikielten perusajatukset elossa tänäkin päivänä – toisaalta yhä kehitettävän Csound-ääniohjelmointiympäristön ja toisaalta korkeampien tasojen musiikkiin ja äänen suunnattujen ohjelmointityökalujen muodossa. Seuraavassa esiteltävä Max/MSP sai itse asiassa nimensäkin MUSIC-kielten kehittäjän Mathews'n mukaan.

### 5.3.1 Max/MSP

Miller Puckettin kehittämä visuaalinen ohjelmointiympäristö Max julkaistiin ensimmäisen kerran ranskalaisen IRCAM-instituutin (Institut de recherche et coordination acoustique/musique, akustikan ja musiikin tutkimus- ja koordinointi-instituutti) toimesta vuonna 1988. Max laajentui vuonna 1997 MSP-laajennusosalla, jonka avulla voidaan kontrolloida digitaalisia äänisignaaleja reaaliajassa. Ennen laajennusta Maxin avulla voitiin ohjata ainoastaan ulkoisia äänilaitteita ja syntetisaattoreita. (Holmes 2008, 268.) Nykyään Cycling '74 -kehittäjän julkaisema Max on helmikuussa 2023 saanut versionumeronsa 8.5.3. Puckette vastaa nykyään Pure Data -ohjelmointiympäristön kehityksestä, joka on ilmainen vapaan lähdekoodin versiointi Puckettin alkuperäisestä Max-ohjelmasta (Wikipedia 2023b).

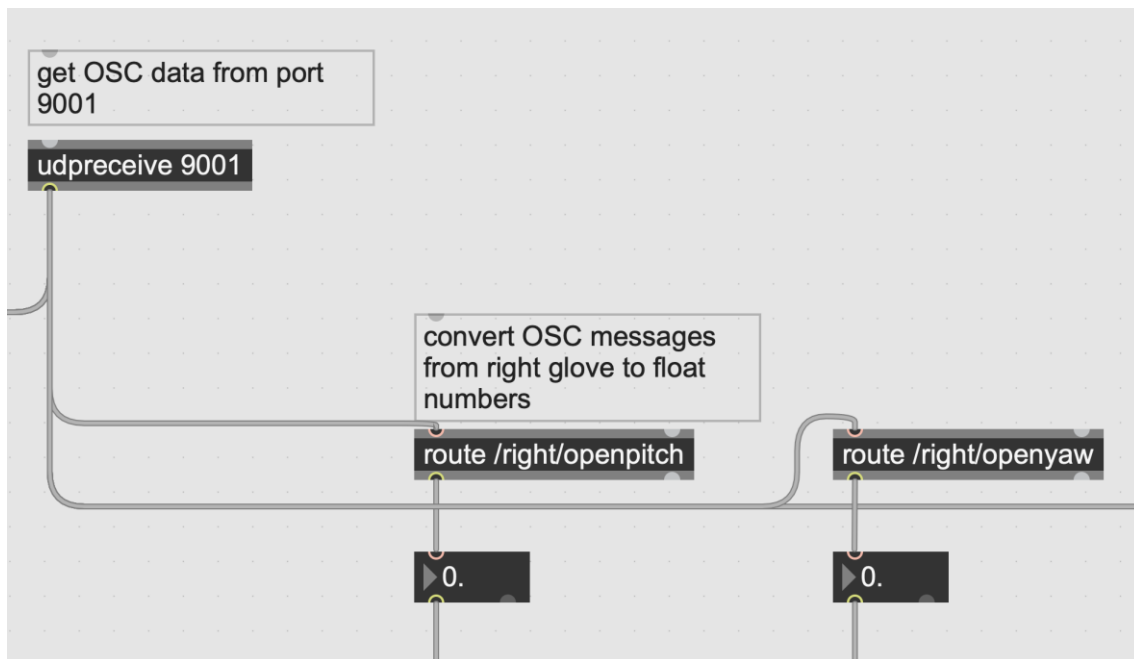
Kaupallinen Max on yleisimmin käytetty musiikkiin ja audiovisuaaliseen mediaan liittyvä ohjelmointiympäristö, jota opetetaan korkeakouluissa ympäri maailman. Tästä syystä sekä laajemman teknisen tuen vuoksi Max on valikoitunut usein tämänkin opinnäytetyön tapausesimerkkien toteutusympäristöksi.

Maxia voi pitää oliopohjaisena (Wikipedia 2021a) visuaalisena ohjelmointikielenä, jonka keskiössä toimivat objektielementit, jotka toteuttavat jonkin tietyn toiminnallisuuden objektiin reititetylle datalle. Maxissa on valmiita objekteja yli sata, ja niitä käytetään erilaisiin tarkoituksiin. Cycling '74 on tehnyt listauksen Maxin objekteista niiden toiminnallisuuden mukaan (Cycling '74 a).

Maxin avulla tehtyjä ohjelmia kutsutaan *patchereiksi* tai lyhyemmin nimellä patch. Ohjelmoinnin lähtökohtana voi pitää ongelmanratkaisun lisäksi toimintamallia, jossa ohjelmaan syötetään syötedataa (input data), joka prosessoidaan ohjelmakoodin perusteella ja tulostetaan käyttäjälle tulosteiden (output data) muodossa (W3Schools of Technology). Maxissa patcheriin (Max-ohjelmaan) voi tuoda monenlaista syötedataa, joka reititetään visuaalisesti patch-kaapeleilla yhden tai useamman objektin prosessoitavaksi ja lopulta käyttäjän valitsemiksi tulosteiksi.

Max jakaantuu kolmeen erilaiseen toiminnalliseen osioon, jotka eroavat toisistaan objektien välillä siirtyvän datatyyppin ja yleisen käyttötarkoituksen mukaan: Max-objektit käsittelevät erityisesti numeraalista dataa ja vastaavat ohjelmien toiminnan loogisesta ohjauksesta. MSP-objektit tunnistaa objektien nimen perässä olevasta aaltoviivamerkistä (tilde ~), ja niitä käytetään digitaaliseen signaalinkäsittelyyn Max-patchereissa. MSP-objektit eroavat Max-objekteista siinä, että kun Max-objektit lähettävät tietoa ulostuloistaan (outlet) vain tietyllä määrättyllä hetkellä, MSP-objektit muodostavat keskinäisen signaaliverkon, jossa yhteenliitetyt objektit laskevat jokaista digitaaliäänen näytarvoa kohden uuden arvon. Näin tapahtuu ilman käyttäjän tai syklisiä viestejä tuottavien Max-objektien käskyjä. Max-objektit toimivat yhden millisekunnin ajallisen erottelutarkkuuden sisällä, kun taas MSP-objektit lasketaan valitun näytteenottotaajuuden mukaisesti yksi näyte kerrallaan. (Cycling '74 2003). Maxin visuaaliseen suunnitteluun liittyvä osio Jitter käsitellään visuaalisen suunnittelun ohjelmointiympäristöjen yhteydessä.

MiMU-käsineiden anturien tuottama data voidaan OSC-viestien välityksellä tuoda Max-ohjelmaan. Tällöin käytetään udpreceive-objektia argumenttinaan valittu porttinumero, jota pitkin OSC-viestit reititetään Glover-sovellukselta Max-patcheriin. Tämän jälkeen kytketään udpreceive yhteen tai useampaan route-objektiin, joiden argumenteiksi annetaan halutut ja ennalta sovitut OSC-viestiosoitteet. Nämä objektit voidaan kytkeä esimerkiksi liukulukunumero-objekteihin (flonum object, float number) data-arvon monitorointia varten. Tämän jälkeen Maxiin tuotua dataa voidaan käsitellä käytännössä lukemattomilla tavoilla.



KUVA 8. Gloverilta saatujen OSC-viestien reititys Max/MSP:ssä. Kuva: Jussi Tuohino.

Yleisiä käyttökohteita digitaalisten musiikki-instrumenttien (DMI) suunnittelun ja ohjaamisen konteksteissa Max/MSP:llä on anturien tuottaman datan tarkempi käsittely käyttäjän haluamalla tavalla. MSP-laajennuksensa vuoksi Maxiä voidaan käyttää myös DMI:n äänigeneraattorikonaisuuden toteutukseen ja toisaalta äänisignaalin prosessointiin digitaalisen signaalinkäsittelyn työkaluilla. Maxilla on myös mahdollista tehdä digitaalisten esiintymistilanteiden tueksi erilaisia esiohjat- tuja kohtausvaihtoehtoja, joiden avulla esiintyjä voi saumattomasti esiintymisensä aikana liikkua esityksen osasta toiseen.

Erityisen kätevän Max-patchereistä esiintymiskäyttöä ajatellen tekee erityisen Presentation-tilan käyttäminen, jonka avulla patchereille voi toteuttaa käyttäjälähtöisemmän käyttöliittymän. Presentation-tilaan valitaan varsinaisesta patcheristä *ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksen* (human-computer interaction, HCI) näkökulmasta oleelliset elementit ja samalla piilotetaan itse ohjelman toimintalogiikkaan ja ohjelmointiin liittyvät esiintyjän kannalta ei-relevantit asiat. Max-patcherit voidaan myös koostaa niin sanotuiksi standalone-ohjelmiksi, jolloin ne käännetään tiettyä käyttöjärjestelmää ja suoritinarkkitehtuuria varten. Tällöin ohjelma toimii tietokoneella ilman ohjelmointiympäristön asennusta.

### 5.3.2 SuperCollider

SuperCollider on James McCarthyn vuonna 1996 ensimmäistä kertaa julkaisema ääniohjelmointiympäristö, jossa digitaalista äänisynteesiä ja signaalinkäsittelyä ohjataan perinteisten ohjelmointikielien tapaan tekstipohjaisesti (SuperCollider 2023). SuperCollider koostuu kolmesta toisiinsa kytkettyvästä elementistä: scsynth on SuperColliderin ohjelmallinen äänijärjestelmä (reaaliaikainen äänipalvelin), jota ohjataan slang-ohjelmointikielen välityksellä scide-ohjelmointiympäristössä. SuperCollider on vuonna 2002 siirretty GNU General Public Licensen (GNU GPL) alaisuuteen ja tarjotaan näin ollen ilmaisena vapaan lähdekoodin ohjelmistona. GNU GPL -lisenssi on avoimen ohjelmakoodin jakelussa käytettävä lisenssityyppi, jonka käyttäminen vaatii, että ohjelmistoa saa käyttää vapaasti, muokata ja jakaa muille saman lisenssityypin alaisuudessa lähdekoodin kanssa (Linux-wiki 2022).

SuperColliderin slang on olio-ohjelmointikieli, jonka avulla voidaan rakentaa uudenlaisia digitaalisia äänigeneraattorikonaisuuksia ja kontrolloida niitä responsiivisesti reaaliajassa esimerkiksi OSC-viestien välityksellä (Ruviano 2015, 41, 110). SuperCollider ohjaa Maxiin verrattuna vahvemmin instrumenttikohtaisten tietorakenteiden eli olioiden määrittelyyn suoraviivaisempien toiminnallisten objektien hyödyntämisen sijaan. Käyttäjä määrittelee yleensä ensin yhden tai useampia SynthDef-äänigeneraattoreita, joita voidaan esitystilanteessa soittaa sekvensoitujen ohjeiden tai reaaliaikaisen kontrollidatan perusteella.

SuperCollider mahdollistaa Maxin tapaan käyttäjäystävällisten käyttöliittymien tekemisen, joiden avulla varsinaisen ohjelman toimintalogiikka voidaan piilottaa HCI-vuorovaikutusta häiritsemästä. SuperColliderin käyttö eroaa Maxista erityisesti tekstipohjaisen ohjelmointilogiikkansa vuoksi, joka voi olla nopeampaa ja tehokkaampaa verrattuna varsinkin monimutkaisten patch-kaapelointien tekemiseen hiiriavusteisesti.

### 5.4 Visuaalisen suunnittelun ohjelmointiympäristöt

Myös visuaalisen suunnittelun ohjelmointiympäristöt toimivat usein ääniohjelmointiympäristöjen tapaan patcher-ohjelmistojen kaltaisesti. Visuaalisen suunnittelun ohjelmointiympäristöistä käytetään vielä useammin *solmu-* tai *noodipohjaisen ohjelmoinnin* käsitettä (node-based programming).

Ideana on patchereiden tapaan, että käyttäjä käsittelee dataa muokkaamalla sitä erilaisten solmuobjektien avulla.

Seuraavassa esitellään visuaalisen suunnittelun osalta Isadora-ohjelmisto ja Max/MSP:n Jitter-osio. Solmupohjaisten visuaalisten ohjelmointiympäristöjen osalta olisi mielekästä käsitellä myös Derivative-kehittäjän TouchDesigner-ohjelmointiympäristö, joka on suunnattu erilaisten reaaliaikaisen ja interaktiivisten monimediaisten sovellusten luomiseen (The NODE Institute). TouchDesigner on viime vuosina lisännyt käyttäjämääriään runsaasti, mutta Oulun ammattikorkeakoulun taiteellisissa tuotannoissa emme ole toistaiseksi käyttäneet tätä ohjelmaa.

#### **5.4.1 Isadora**

Isadora on Troikatronix-kehittäjän visuaalinen ohjelmointiympäristö, joka on suunniteltu helppokäyttöiseksi audiovisuaalisen ja interaktiivisen median suunnittelu- ja esitystyökaluksi. Isadora on kaupallinen tuote, jonka ideana on mahdollistaa nopeasti näyttävien ja toimintavarmojen visuaalisten projisointien tuottaminen. Ohjelmisto tukee monia standardeja toisten ohjelmistojen ja laitteistojen yhteiskäyttöä ajatellen.

Isadora on suunniteltu käyttäjäystävälliseksi työkaluksi interaktiivisten teosten toteuttamiseen, joissa yhdistetään digitaalista mediaa live-esiintymiseen (Coniglio 2019, 19). Ohjelmointiympäristön objekteista käytetään nimeä aktori (actor), ja siinä on virtaviivaistettu monia esimerkiksi Max-ympäristössä monimutkaisemmin hallittavia ominaisuuksia. Valmiita aktoreita ohjelmassa on runsaasti, ja käyttäjä voi luoda itse räätälöityjä aktoreita esimerkiksi yhdistelemällä ohjelman mukana tulevia aktoreita. Isadora tukee OSC-viestien lähetystä ja vastaanottamista, joten esimerkiksi MiMU-käsineiden avulla on vaivatonta ohjata Isadora-ohjelman parametreja.

#### **5.4.2 Jitter**

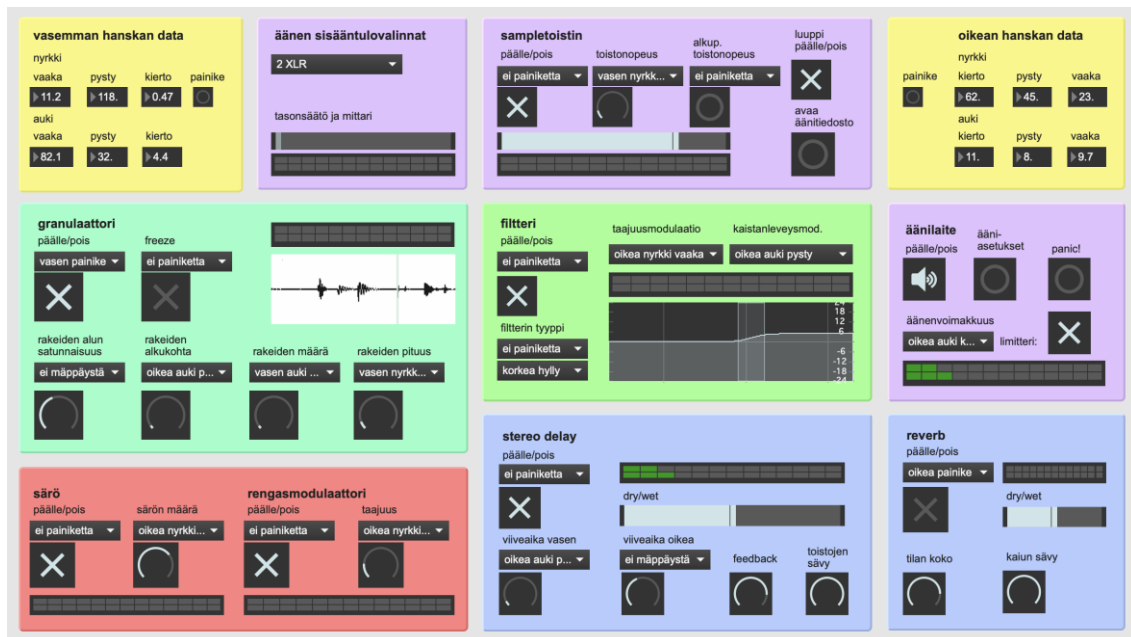
Jitter on Max/MSP:n osio, jonka avulla Max-ohjelmointiympäristöön voidaan tuoda, tuottaa, muokata ja esittää visuaalisia elementtejä. Jitteriä voidaan käyttää muun muassa videoiden ja kamera-signaalien live-prosessointiin että 3D-grafiikan generoimiseen interaktiivisesti.

Jitterin objektit alkavat ”jit.” -etuliitteellä. Perinteisesti Jitter-objektit laskettiin suorittimen avulla matriisipohjaisesti, mutta nykyään Jitter tukee myös OpenGL-rajapintaa, ja monet Jitter-objektit on käännetty ”jit.gl.” -etuliitteellä alkaviksi näytönohjainkiihdytystä tukeviksi objekteiksi (Cycling '74 c). Näitä on tärkeää hyödyntää työskennellessä nykyisten korkearesoluutioisten videolähteiden ja näyttöjen kanssa.

Jitterin mukana on Maxin kahdeksannesta versiosta saakka toimitettu ilmaiseksi Vizzie-laajennus (Cycling '74 b), jonka sisältämät objektit ovat helppokäyttöisiä sisältäen integroidun käyttöliittymän ja tehokkaita toimien OpenGL-kontekstissa jit.gl-objektien tapaan. Vizzie-objekteilla on helppo tehdä nopeita visuaalisia kokeiluja, ja niitä voi yhdistää vapaasti Jitterin muiden objektien kanssa.

## 5.5 MiMU-äänisuunnitteluohjelman prototyyppi

Valmistin opinnäytetyöprosessin aikana prototyyppiohjelman, jonka tarkoituksena on ehdottaa käyttäjätavallisempaa tapaa MiMU-käsineiden käyttämiseen esittävän taiteen äänisuunnittelussa. Prototyyppiohjelman kehittämisessä pyrin hyödyntämään käyttäjälähtöisen suunnittelun periaatteita. Testasimme ohjelmaa yhdessä musiikkiteknologian opiskelijoideni kanssa, ja näistä testeistä saamani informaatio oli keskeisessä osassa ohjelman kehittämisessä.



KUVA 9. Äänisuunnitteluohjelman viimeinen prototyyppiversio. Kuva: Jussi Tuohino.

Ohjelman ideana on reitittää Glover-ohjelmalta saatu anturidata uudelleen ohjelman sisällä erilaisiin ääntä generoiviin ja prosessoiviin moduuleihin. Tein ohjelmaan Max/MSP:n signaalinkäsittelytyökaluilla rakeistus- (granulaattori), suodin-, särö-, kehämodulaattori-, viive- ja jälkikaikuefektit, joita käyttäjä voi kytkeä päälle ja pois hiiren tai käsineiden avulla. Lisäksi käyttäjä voi reitittää yksinkertaisia käsieleitä ja liikesuuntia moduulien säädettäviin parametreihin. Käyttäjällä voi tuoda ohjelmaan äänikortin sisääntuloihin liitettyä ulkoista ääntä tai toistaa ohjelman avulla itse valitsemiaan ääninäytteitä ja muuttaa niiden toiston nopeutta.

Pyrin tekemään ohjelman toiminnasta vakaata ja monipuolista, ja sen lähtökohtana oli toimintamalli, jossa käyttäjä kytkee käsinejärjestelmän laitteet päälle, lataa Gloveriin esiasetusohjelman ja tietokoneen IP-osoitteen, ja tämän jälkeen prototyyppiohjelma voidaan käynnistää, jolloin se toimii automaattisesti. Lisäksi tein ohjelman ja koko järjestelmän käytön aloitusta varten kirjalliset ohjeet.



*KUVA 10. MiMU-käsinejärjestelmän komponentit Oulun ammattikorkeakoulussa. Kuva: Jussi Tuohino.*

Opiskelijoilta saamani kommentit ja kehitysehdotukset olivat mielenkiintoisia ja hyödyllisiä ohjelman kehityksen näkökulmasta. He esittivät sellaisia käyttökohteita ohjelmalle ja käsineille yleensä,

joita en ollut osannut aiemmin ajatella. Lisäksi pohdimme yhdessä ohjelman käyttöliittymään ja valittuihin eleisiin liittyviä asioita.

Tein ohjelmasta myös standalone-version, jonka käyttöön ei tarvita Max-lisenssiä. Tämä ohjelma tuntui toimivan yllättävänkin responsiivisesti myös vanhemmalla Intel-suorittimella varustetulla vuoden 2015 MacBookilla. On kuitenkin selvää, että ohjelman kehitystä pitäisi edelleen jatkaa ja testata sitä todellisissa käyttötilanteissa laajempien käyttäjäryhmien kanssa.



## **6 TAPAUSTUTKIMUS MiMU-KÄSINEIDEN KÄYTÖSTÄ OAMKIN TAITEELLI- SESSA TOIMINNASSA JA PROJEKTEISSA**

Tässä luvussa käsitellään MiMU-käsineiden hyödyntämistä Oulun ammattikorkeakoulun taiteelliseen toimintaan liittyvissä projekteissa. Tapaustutkimuksen tavoitteena on selvittää, millä tavoin MiMU-käsineitä on hyödynnetty Oamkin esittävään taiteeseen liittyvässä taiteellisessa toiminnassa. Käsittelyn keskiössä on teosten ääni- ja osin myös visuaalinen suunnittelu – erityisesti silloin, kun MiMU-käsineitä on käytetty ääni- ja visuaalisten materiaalien ohjauksessa. Tapaukset raportoidaan esittelyyn, teoskohtaiseen käsittelyyn ja pohdintaan jakautuvien alalukujen avulla.

Käsittelyyn on valittu kolme kokonaisuutta, joista ensimmäinen käsittelee laajemmin Nordic Digital Performance Studies -hankkeen työpajojen yhteydessä toteutettuja MiMU-käsineisiin liittyviä taiteellisia kokeiluja. Toisessa tapauksessa käydään läpi UUMEN-tanssiteosta, jonka ääni- ja visuaalisessa suunnittelussa MiMU-käsineillä oli merkittävä rooli. Viimeiseksi esitellään MiMU-käsineiden käyttöä TaikaBoxin Dance Hack 2022 -tapahtumassa, jossa Oamk toimi yhteistyökumppanina.

Käsiteltävät tapaukset dokumentoitiin kattavasti, ja erityisesti toisesta ja kolmannelta tapauksesta on täysimittainen videotallointi julkisesti saatavilla. NDPS-hankkeen päällimmäisenä tavoitteena oli opetussuunnitelman valmistelu digitaalisen esiintymisen maisterikoulutusta varten, joten työssä ei nimenomaisesti keskitytty taiteelliseen tutkimukseen yleisölle esitettävää teosta varten. Tästäkin huolimatta hankkeen MiMU-käsineiden hyödyntämisen näkökulmasta oleellisesta sisällöstä on saatavilla ääni-, kuva- ja videomateriaalia, jonka avulla työvaiheisiin voidaan myöhemmin palata.

### **6.1 Case Nordic Digital Performance Studies**

Tämän työn johdantoluvussa avatun NDPS-hankkeen myötä Oamkille ja kumppanikorkeakouluihin voitiin hankkia MiMU-käsineet ja muita ääni- ja visuaaliseen suunnitteluun liittyviä laitteita ja ohjelmistoja. NDPS-hankevuosien tavoitteena oli yhteisen maisteriohjelman kehitys Oulun, Trondheimin ja Tukholman korkeakoulujen kesken. Työ viivästyi koronaviruspandemian vuoksi, ja hankkeen alkuvaiheessa työtä MiMU-käsineiden parissa tehtiin etänä.

Matkustusrajoitusten kevetessä hankeryhmä tapasi pienimuotoisissa työpajoissa kaksi kertaa Oulussa ja kerran Trondheimissa ja Tukholmassa. Enimmäkseen työpajojen aikana tehtiin erilaisia monialaisia taiteellisia harjoituksia ja kokeiluja, joiden avulla pyrittiin muodostamaan yhteneväinen käsitys siitä, millaisia suunnitellun maisteriohjelman opetus- ja oppisisältöjen tulisi olla. Hankkeen viimeisen tapaamisen yhteydessä Oulussa 6.10.2022 järjestettiin yleisölle avoin tilaisuus, jossa hankkeen sisältöä esiteltiin taiteellisten harjoitustöiden ja opetussuunnitteluun liittyvien tulosten avulla.

Musiikin ja äänisuunnittelun osalta työryhmässä toimittiin yhteistyössä SKH:n Hara Alonson, NTNU:n Egil Reistadbakkin ja minun välillä. Ainakin hankkeen alkuvaiheessa muodostimme äänelliseen ulottuvuuteen mielenkiintoisen kolmikenttäläisen toimintaympäristön, jossa Alonson hyödyntämä digitaalinen äänisynteesi, minun analogisen äänisynteesin tekniikkani ja Reistadbakkin lyömä- ja muita akustisia instrumentteja käyttävä hybriditekniikka sekoittuivat. MiMU-käsineiden tuottamaa dataa hyödynsimme monipuolisesti tekniikoidemme alkulähteillä.

### **6.1.1 SEVEN**

Hankeryhmä kehitti hanketyöpajojen aikana erityisesti SEVEN-esityksen, jonka koreografia sai inspiraationsa John Cagen Lecture on Nothing -teoksesta (Cage 1959). Teoksen teksti jaettiin neljään kolumniin ja luettiin rivikohtaisesti lauseenosien vaihtuvien paikkojen määrätessä luennan rytmin (sama). SEVEN-esityksessä luennan sijaan sisäistetty ja hiljaisesti laskettu seitsemänjakoinen rytmi generoi liikettä, hiljaisuutta ja liikesuuntia esitystilaan merkatussa neliössä.

SEVENissä esittäjät jaettiin perinteikkäällä tavalla tanssijoihin ja muusikoihin. Esityksen aiemmissa versioissa kokeilimme MiMU-käsineiden pukemista tanssijoille, mutta lopulta SEVENissä käsineet toimivat muusikoiden puettavien MIDI-kontrollereiden tapaan. SEVEN-esityksen Oulussa esityksessä versiossa toimimme Reistadbakkin kanssa muusikkoina ja käytimme molemmat MiMU-käsineitä esiintymisemme apuvälineinä – Egil yhtä käsineitä ja minä kahta käsineitä. Reistadbakk ohjasi teoksen äänimaailman pohjaksi valittua matalaa bassorummun kaltaista ääntä, joka toimi samalla myös tanssijoiden seitsemään laskemisen tukena. Tämän pohjan päälle rakensimme sample-pohjaisiin ja erilaisiin digitaalisiin ja analogisiin äänisynteesimenetelmiin perustuvia äänikudelmia, jotka reagoivat tanssijoiden liikkeisiin ja esitysneliön taakse projisoituun viivästettyyn ja käsiteltyyn videokuvaan.



*KUVA 11. SEVEN-esityksen harjoitukset Tukholmassa. Outi Räsänen, Martin Sonderkamp ja Peter Mills tanssivat. Kuva: Karoliina Niemelä.*

Tanssijoiden tavoitteena oli neliömuodostelmaan tullessaan kiertää neliötä seitsemän askeleen ja erilaisten seitsemästä jaettujen askelmäärien perusteella – muusikoilla oli valta ilmoittaa seitsemälle askeleelle uusi jakaja huutamalla se. Tanssijoiden oli lisäksi vältettävä astumista toisen tanssijan päälle, ja kun kohtaamisia neliössä tapahtui, tanssijoiden liikesuunta vaihtui. Tanssijoilla oli valta astua neliön keskelle, jolloin musiikki hiljeni täysin ja tanssija saattoi esittää neliön keskellä soolon.

Musisointini esityksen aikana perustui lyhyisiin ääninäytteisiin (sample), jotka olin äänittänyt heittelemällä erilaisia metallisia ja puisia esineitä akustisen teräskielisen kitarani päälle. Lisäksi olin poiminut kissan äänen kaverini minulle lähettämästä videosta. Kontrolloin näytteiden toistamista MiMU-käsineiden liikkeiden avulla ja efektoin ääniä kevyesti Max/MSP:n avulla tekemäni ohjelman sisällä. Lähetin signaalin Maxistä MFB Synth II -analogimonosyntetisaattorini (Synth.market) äänisisäntuloon ja jatkokäsittelin ääntä syntetisaattorin suotimen ja vahvistimen ja niihin kohdistamieni modulointien avulla. Saatoin myös intuitiivisesti lisätä syntetisaattorin oskillaattoreiden ja kohinageneraattorin ääntä ääninäytepohjaiseen ilmaisuuni: MiMU-käsineiden aukinaiset sormenpäät mahdollistavat useimpien laitteiden hallinnan käsineet kädessä. Yritin kommunikoida erityisesti projisoinnin satunnaisesti muuttuvan viivearvon kanssa, joka tuotti kuvaan hyppyjä. Jotta yhteys

äänen ja kuvan hyppyjen välillä ei olisi ollut liian yksiselitteinen, viivästyin reagoitiani lisäämällä kulloinkin käynnissä olleen jakajaluvun verran iskuja ennen hypystä motivoituneita liikkeitäni.



KUVA 12. Musisoin tyhjin käsin. Kuva: Eeva Kauppinen.

MiMU-käsineiden ja äänisuunnittelun väliset reititykset olivat yksinkertaisia: käden vaakasuuntainen liike valitsi kulloinkin toistettavan ääninäytteen, pystysuuntainen liike muutti toistettavan ääninäytteen nopeutta, ranteen kiertyminen vaikutti äänenvoimakkuuteen, sormien koukistamisella voitiin muuttaa viive-efektin viiveaikaa, käsineen painike kytki ääninäytteiden silmukkatoiston päälle ja pois sekä käden vieminen nyrkkiin mykisti ääninäytteiden toiston. Kummankin käsineen reititykset olivat pääpiirteittäin samanlaiset. Käsineet kontrolloivat kuitenkin eri ääninäytteitä, ja esimerkiksi kissan ääni oli varattu vain vasempaan käteen.

Reistadbakkin kanssa olimme sopineet kummallekin muusikoille varatuista tehtäväkuvista: Egilin tavoitteena oli täyttää äänikenttää enemmän matalien taajuuksien osalta ja vastata myös ajoittaisista harmonisista äänimattomaisista sointiväreistä. Hän hyödynsi Ableton Liven erilaisia liveprosessointimahdollisuuksia käyttämällä ulkoista mikrofonia vokalisointien vahvistamiseen ja kontrolloimalla ohjelmaa MiMU-käsineen ja kosketin- ja lyömäsoitinmallisten MIDI-kontrollereiden avulla.

Minun tehtäväni oli vastata enemmän pistemäisistä ja elektronisista äänistä, jotka toivat lisäksi rytmikkaan polyrytmistä ulottuvuutta.

### 6.1.2 CHAIR

Toinen keskeinen NDPS-hankkeen aikana kehitetty ja tutkittu esityskokeilu oli CHAIR, jossa käsiteltiin yksilöiden välistä kommunikaatiota. Esiintyjät istuivat tuoleilla, ja heidän piti muistaa, toistaa ja kehittää edelleen toistensa ilmaisemia lähtökohtaisesti improvisoituja liikesarjoja. Aluksi toinen esiintyjä esitti yhden sarjan, jonka toisen piti sen jälkeen toistaa ja lisätä perään oma versiointinsa alkuperäisestä sarjasta. Tämän jälkeen vuoro vaihtui, ja liikesarjan perään tehtiin jälleen uusi liikesarja. Mikäli liikesarjoja toistettiin virheellisesti, nämä virheet piti ottaa osaksi tulevien kierrosten liikesarjoja. Molemmille esiintyjille oli puettu yksi MiMU-käsine, joiden tuottama data ohjasi samalla äänisuunnittelun toimintaa.



KUVA 13. Martin Sonderkamp ja Outi Räsänen esittävät CHAIR-esityksen. Kuva: Eeva Kauppinen.

CHAIR:n tapauksessa pyrimme lähtökohtaisesti toteuttamaan käsineisiin mahdollisimman erilaiset äänimaailmat. Toimimme useimmiten niin, että toisen käsineen data siirtyi Alonson SuperCollideeriin, jossa datalla ohjattiin digitaalisesti generoituja responsiivisiä ääniä. Toinen data ohjasi taas Max/MSP:n kautta MFB-syntetisaattoriani.

Tällä kertaa valitsin MFB:tä ohjaavan MiMU-käsineen syöttölaitteiksi ainoastaan pystysuuntaisen liikkeen ja käden kiertymisen. Pystysuuntainen liike synnytti Maxin avulla OSC-datasta MIDI-nuotidataa, joka ohjattiin edelleen syntetisaattorille. Käsineen anturin tuottama jatkuva liukulukudata skaalattiin ja parsittiin Maxissä toivottavia MIDI-nuottiarvoja toistavaksi. Olin tehnyt Maxiin ohjelman, joka muunsi kromaattiset syöttöarvot käyttäjän määrittelemiksi asteikoiksi. CHAIR:n tapauksessa jaoin pystysuoran liikkeen kahteen asteikkoon (kokosävel- ja symmetrinen dimiasteikko (Mikkonen 2018, 22)), joista toista toistettiin liikeradan ylä- ja toista alaosassa. Käden kiertyminen vaikutti ääneen lisätyn jälkikaikuefektin määrään. Jälleen käden sulkeminen nyrkkiin mykisti äänen, ja ääni soi ainoastaan käden avoimessa asennossa.

Äänenmuodostus analogisessa syntetisaattorissa vaikutti CHAIR:n tapauksessa merkittävimällä tavalla äänenlaadullisiin tuloksiin. MFB:n syntetisaattorin kehä- (ring modulation), amplitudi- (amplitude modulation) ja taajuusmodulaatiomahdollisuudet (frequency modulation) olivat suuressa roolissa äänisynteesimenetelmässä, joka tuotti MiMU-käsineen liikkeestä syntyvään ääneen kiinnostavia sävyjä (Truax).

### **6.1.3 Johtopäätökset**

NDPS-hankkeen myötä kaikkien toimijoiden ymmärrys digitaalisesta esiintymisestä kasvoi, ja MiMU-käsineiden mahdollisuuksia tutkittiin ja testattiin kattavasti niin musiikillisen kuin liikkeellisenkin ilmaisun näkökulmasta. Hankkeen työpajojen aikana havaittiin nopeasti, että yksinkertaiset parametrisoitumiset johtavat helposti mikkihiiriefektin kaltaiseen synkroniseen musiikilliseen vasteseen, jossa ääni seuraa yhtäläisellä tavalla visuaalisia tapahtumia (Tuohino 2017, 8). Ääni siis esimerkiksi nousee, kun käsine nousee. Hanketoimijoiden kanssa kävimme monitahoisia keskusteluja eleiden merkityksestä taiteellisessa ilmaisussa, ja varmasti lähtökohtana elepohjaisia esityksiä varten voidaan pitää sitä, että käytettyjen eleiden pitäisi luoda uusia merkityksiä jo olemassa olevien merkitysten toisintamisen sijaan.

Jo aiemmin mainitut käyttämämme monipuoliset äänisuunnittelu- ja musiikilliset tekniikat vahvistivat MiMU-käsineiden kaltaisen teknologian sopivuutta monenlaisiin käyttötarkoituksiin. Käsineitä voi käyttää elepohjaisena MIDI-kontrollerina hallitsemaan erilaisia musiikkiteknologisia prosesseja ja toisaalta liikkeenkaappaamisen tekniikkana niin, että liike voidaan välittömästi muuntaa valitun algoritmin avulla äänelliseksi ja visuaaliseksi elementeiksi.

Taiteellisessa yhteistoiminnassa erilaisten esittävän ja visuaalisen taiteen sekä enemmän teknologiataustaisten tekijöiden kesken on huomioitava, että jotkin MiMU-käsineiden kaltaisen teknologian käyttöön liittyvät suunnittelu- ja ohjelmointivaiheet vievät aikaa, joka kannattaa huomioida yhteisöllisten työskentelypäivien rytmityksestä sopiessa. Samaisesta syystä on myös hyvä rakentaa käytetystä teknologisesta järjestelmästä sellainen, että esimerkiksi nopeita parametrereitityskokeiluja on helppo tehdä ohjelmoimatta koko järjestelmää uusiksi. Vaikka teknologia itsessään voidaan asemoida taiteellisen tutkimuksen lähtökohdaksi, on yleensä kuitenkin taiteellisesti perustellumpaa valita mahdollisesti käytettävä teknologia jonkin olemassa olevan tai tavoitellun merkityksen vahvistamisen tai luomisen perusteella.

Lisäksi Oulun ja Trondheimin taidepedagogispainotteisten oppilaitosten näkökulmasta oli hedelmällistä tutustua Tukholman taideyliopiston taidepohjaisiin toimintatapoihin, joiden fokus on toisaalla tuottaviin näkökulmiin verrattuna. Kun Oulussa digitaalisen esiintymisen YAMK-tutkinto aikanaan käynnistyy, kannattaa NDPS-hankkeen aikana saavutettuja tuloksia hyödyntää koulutuksen toteuttamisessa.

## **6.2 Case UUMEN-tanssiteos**

Oulun ammattikorkeakoulun tanssinopettajakoulutuksessa valmistettiin kevään 2022 aikana UUMEN-tanssiteos, mikä esitettiin Täydenkuun tanssit -festivaalilla Pyhäjärvellä 21.7.2022. MiMU-käsineillä oli keskeinen teknologinen rooli teoksen suunnitteluperiodin, harjoitusten ja esityksen aikana. UUMEN käsitteli ihmisluontoa, herkkyyttä ja valtaa (Tanssin tiedotuskeskus 2022).

35 minuuttia kestävässä teoksessa esiintyi 14 tanssinopettajaopiskelijaa. Teoksen koreografia oli tehty yhdessä opiskelijoiden ja Oamkin tanssinopettajakoulutuksen lehtoreiden Outi Räsänen ja Niina Susan Sassalin kanssa. Räsänen ja Sassali vastasivat myös teoksen ohjauksesta, ja Räsänen toimi teoksen vastaavana tuottajana. Vastasin itse teoksen äänisuunnittelusta ja osittaisesta

sävellyksestä; teoksessa hyödynnettiin myös neljää muiden artistien tekemää valmista musiikkikappaletta. Visuaalisen suunnittelun toteutimme yhdessä lehtori Karoliina Niemelän kanssa. Valosuunnittelusta vastasi Erkkä Haavisto, ja teknisen toteutuksen ja äänimiksauksen vastuhenkilö Mikko Bergström avusti minua lukuisissa äänisuunnitteluun ja audiovisuaaliseen toteutukseen liittyvissä asioissa.

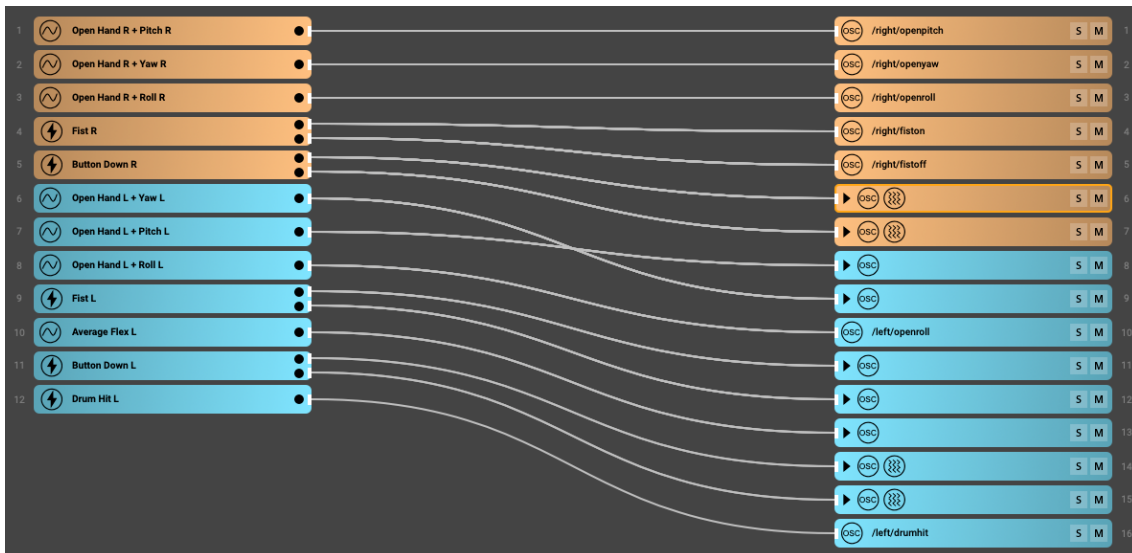
Teoksen live-talliointi on katsottavissa tanssinopettajakoulutuksen YouTube-kanavalla (Tuohino 2023). Talliointi on kuvattu yhdestä kiinteästä pisteestä, mutta sopii dokumentaariseksi materiaaliksi hyvin sekä äänen että kuvan näkökulmasta. Yhdistin talliointivideoon osin myös mikseripöydästä suoraan tallioitua äänisignaalia.

### **6.2.1 UUMEN-tanssiteos MiMU-käsineiden näkökulmasta**

Aloitimme UUMEN-teoksen suunnittelun NDPS-hankkeen aikana kertyneiden kokemusten pohjautamana. Opiskelijat olivat jo aiemmin valmistelleet koreografiaa opettajien kanssa, ja heillä oli tiedossa, että neljä tanssijaa tekisivät erityisen ryhmäroolin, jossa MiMU-käsineitä voitaisiin käyttää vahvistamaan teoksen tarinallisia ja teemallisia elementtejä. Tanssijat saattoivat tutustua MiMU-käsineiden toimintaperiaatteisiin hyvin aikaisessa vaiheessa teoksen kehityskaarta. Heidän toivomustensa perusteella päädyimme sopimaan tietyistä eleistä ja liikkeistä, joita MiMU-käsineiden avulla tehtävissä kohtauksissa tultaisiin teoksen aikana hyödyntämään.

Nämä MiMU-käsineiden sovitut eleet johdettiin myös NDPS-hankkeen kokemuksista: Lähtökohtaisesti päätettiin, että käden ollessa nyrkissä käsineen toiminta on mykistettyä, ja kun käsi on aukinaisessa asennossa, ääneen tai projisointiin voi käsineen avulla vaikuttaa. Kummankin käsineen osalta hyödynnettiin lähinnä aukinaisen käden kolmen kiertymissuunnan (yaw, pitch & roll) liikettä, ja vasemmasta käsineestä seurattiin myös kiihtyvyyssanturin tuottamaa dataa ja sormien keskiarvoista koukistusta. Lisäksi molempien käsineiden painikkeita käytettiin esiasetettujen toimintatilojen vaihtelemiseen.





KUVA 14. UUMEN-teoksen parametrereititykset MiMU-käsineiltä Max/MSP:hen ja Isadoraan lähettämistä varten. Kuvakaappaus Glover-ohjelman ikkunasta. Oikeaa käsinettä koskevat reititykset merkittiin kuparinvärillä ja vasenta käsinettä koskevat vaaleansinisellä värillä. Kuva: Jussi Tuohino.

Vasemmalle käsineelle varattiin aluksi ”visuaalisen käsineen” ja oikealle ääneen ja musiikkiin vaikuttava rooli. Teoksen valmistamisen aikana kuitenkin päätettiin antaa vasemmallekin käsineelle äänellistä tehtävää projisointeihin vaikuttamisen lisäksi. Kohtausten välillä käsineiden ja audiovisuaalisten materiaalien väliset reititykset muuttuivat, ja teknisesti erityisesti projisointeja ohjanneen Isadora-ohjelman sisällä siirryttiin kohtaus kerrallaan eteenpäin. Minä ohjasin lavan sivustalla Isadoran kohtausten vaihtumisia ja pidin samalla silmällä MiMU-käsineitä ohjannutta MacBookia, jossa Glover- ja Max/MSP-ohjelmat pyörivät. Maxin avulla generoidut äänelliset materiaalit siirtyivät salin FOH-miksauspisteelle (front of house), jossa Bergström ohjasi kohtauksittain saliäänentoistoon ajettavaa osuutta monikanavaisesta MiMU-käsinejärjestelmästä saapuvasta äänisignaalista.

Sävelsin ja tuotin UUMEN:ta varten erityisesti yhden kertautuvan ja hitaasti elävän tasarytmisen musiikin, josta muodostui keskeinen MiMU-käsineiden avulla hallittava äänielementti. Teoksen lähdemateriaalina käytin merkittävässä määrin astianpesukoneeni ääntä ja äänitin myös Maxin avulla satunnaisgeneroituja sävelkulkuja satunnaisesti valittujen ulkoisten syntetisaattorien muistipaikkojen äänivalintojen läpi. Tutkin taiteellisen prosessini aikana ohjelmallista digitaalista takaisinkytkentää (feedback) ja onnistuin mielestäni saavuttamaan vaikutelmia, jotka vastasivat äänen ajallista ”pysäyttämistä” tai ääretöntä venyttämistä. Takaisinkytkennän avulla pystyin rakentamaan pintapoluisesti yksinkertaisesti kertautuvan materiaalin sisälle ainutkertaisia kertautumattomia detaljeja.

Edellä kuvatun musiikkielementin bassolinjaan yritin löytää eräänlaista ”notkuvaa” tunnelmaa rytmisesti jostain kuudestoistaosien ja kahdeksasosatriolien välimaastosta. Mielestäni löysin toivonutunlaisen vaikutelman, mutta lopulta tätä musiikkielementtiä päädyttiin käyttämään paljon nopeammassa tempossa alkuperäiseen verrattuna, joten lopputulosta on arvioitava enemmänkin liikkeeseen ja visuaaliseen vaikutelmaan kiinteämmin liitettynä elementtinä.

Tärkeä osa oikean käden MiMU-käsineen hallintaa oli painike, jonka avulla voitiin vaihdella kahden toimintatilan välillä: toisessa tilassa käden liike pystysuunnassa vaikutti toistettavan musiikin tempoon ja toisessa tempo palautui alkuperäiseen (nopeutettuun) lukemaansa. Tempoltaan muuttuvan tilan yhteyteen ohjelmoin myös liikeradan ala- ja yläosiin vaihtuvat äänielementit. Tempon hidastuessa siirryttiin lopulta tummasävyiseen äänimattoon, jonka tuotannossa hyödynsin tekniikkaa, jossa toistan samaa ääniprosessointia lähdeäänelle lukemattomia kertoja hieman muokatuin parametrein, kunnes näin aikaansaatu ääni lähenee valkoista kohinaa. Liikeradan yläosaan valitsin äänimateriaalin, jossa olin hyödyntänyt sample-toistimen parametreille antamiani äärimmäisiä arvoja, jotka toivat ääneen kirkkaan metallisia sävyjä ja ei-lineaarisesti toistuvaa rytmikkaa.

Vasemmankätiselle MiMU-käsineelle valitsimme äänen, jonka tarkoituksena oli välittää outoa avaruusoliomaista tunnelmaa. Loin tämän äänen kelaamalla (scrubbing) muiden työtehtävieni yhteydessä editoimani videotaltioinnin ääniraitaa takaperin Adobe Premiere -videoeditointiohjelmistossa. Materiaalin kelaus tarkoittaa tässä yhteydessä editointiohjelman toistopään raahaamista hiirellä käyttäjän etsiessä sopivaa kohtaa editoitavasta äänestä, ja moniin editoreihin on ohjelmoitu toiminto vastaavaa äänellistä vastetta, joka vastaa perinteisen kelanauhurin manuaalisen kelauksen aiheuttamaa äänen hidastumista ja nopeutumista (Wikipedia 2021b). Premieren kelaustoiminto aiheutti ääneen mielestäni vaikuttavaa rytmistä ulottuvuutta äänenkorkeuden muutosten lisäksi. Jatkokäsittelin kelausääntä vielä erilaisilla viive- ja modulaatioefekteillä – äänen oleelliseksi osaksi muodostui erityisesti lyhyillä viivearvoilla toteutettu resonoiva viive-efekti (Gibson 2023).

Viimeisen teoksessa käytetyn alkuperäisen äänielementin toteutimme Bergströmin kanssa yhdessä. Tanssijat työskentelivät muutamassa kohtauksessa valkoisten paperien kanssa, ja äänitimme täten Mikon kanssa diegeettisen ja synkronisen äänen (Tegel 2013, 5) konteksteja mukaillen erilaisia paperin rapinoita, rapsutuksia ja repeämisiä. MiMU-käsineen avulla näitä ääniä oli mahdollista vielä prosessoida live-tilanteessa suodin-, kaiku- ja viive-efektien avulla.

Bergström osallistui myös teoksen päättävässä kohtauksessa äänimaailman rakentamiseen miksauspuiteen takaa kytkemällä kaapelin miksauspuiteeseen ja hypistelemällä kaapelin irtonaista liittintä erilaisten elektronisten hälyänten tuottamiseksi. Tämä ääni tuntui intuitiivisesti sopivan teoksen viimeisen kohtauksen videoprojisointiin: kuvasimme videokameralla yleisön sisääntulon esitykseen, ja tallensin sen samalla Isadora-ohjelman puskurimuistiin. Viimeisessä kohtauksessa tallennettu videomateriaali toistettiin takaperin mustavalkoiseksi ja negatiiviksi editoituuna – yleisö siinä näki itsensä poistuvan esityksestä, ja esitys päättyi.

Visuaalisen suunnittelun osalta teimme Niemelän kanssa muutamia yksinkertaisia projisoituja teoksen kohtausten taustalle. Tanssijat kontrolloivat näiden projisoitujen elementtejä tietyissä kohtauksissa vasemmalla MiMU-käsineellä: Ensimmäisessä kohtauksessa käsineen sormiosien keskiarvoinen koukistuminen vaikutti projisoitun pallonmuotoisen elementin halkaisijan kokoon, ja tanssija saattoi muuttaa projisoitun taustaväriä liikuttamalla käsineitä vauhdikkaasti. Teoksen keskellä hyödynsimme Isadoran Live Drawing -aktoria, jonka avulla projisoitu voidaan piirtää syöttölaitteen datan perusteella piirrosjälkimäisiä viivoja. Isadora-ohjelman sisäisen dokumentaation perusteella Live Drawing -aktori perustuu Tsang Hao Fungin kehittämään VASE renderer -ohjelmakirjastoon (Fung). Hyödynsimme Live Drawing -aktoria UUMEN:ssa niin, että tanssija piirsi kädellään läpinäkyviä kohtia projisoitun niin sanottuun avainkerrokseen (Korvenranta 2014, 10), jonka taakse asemoitu käsitelty livevideoelementti ilmestyi piirroksen seurauksena asteittain näkyville. Projisoitunissa hyödynnettiin myös miksauspuiteesta Isadoraan syötettyä ääntä, jonka äänenpainearvoa käytettiin yhden mekaanisesti toistetun musiikin tapauksessa muuttamaan reaktiivisesti projisoitun Dots-aktorin avulla toteutettujen palloelementtien kokoa. Dots-aktorin tarkoituksena on videokuvan muuntaminen rasteroiduksi sanomalehdessä julkaistun kuvan näköiseksi (Coniglio 2019, 58).

## 6.2.2 Johtopäätökset

UUMEN-tanssiteoksen katsominen ja kuunteleminen esitystaltioinnilta vahvistaa käsitystä eheästä teoskokonaisuudesta, joka olisi varmasti entisestään parantunut useamman esityskerran myötä. Vaikka UUMEN:sta järjestettiin yksi ennakkonäytös Oulussa rajatulle yleisölle harjoitusmielessä, voi esityksen sanoa olleen ainutkertainen yhden varsinaisen esityksensä vuoksi. Teknologiana hyödynnetyn MiMU-käsinejärjestelmän takia tanssiteoksessa oli vahvan interaktiivisia piirteitä,

jotka tekivät teosesityksestä entistäkin ainutkertaisemman. Kun esittävässä taiteessa hyödynnetään digitaalista mediaa ilman sen interaktiivista käsittelyä, se ikään kuin lukitsee tai kieltää esittävän taiteen esityshetken ainutkertaisuuden – tietty osa esityksestä toistetaan aina täsmälleen samalla tavalla (Coniglio 2004, 6). Täsmällisyys herättää myös miellelyhtymiä adornolaiseen käsitykseen kulttuuriteollisuuden tuottamien hyödykkeiden yhdenmukaisuudesta, samanlaisuudesta (Fagan). MiMU-käsineiden mahdollistama esityksen musiikin ja visuaalisuuden ennalta määräämätön kontrollointi live-tilanteessa voi siis oikeammin olla merkittävää siksi, että esitystilanteesta tulee vähemmän hallittava ja orgaanisempi jopa kaoottisuuteen asti mekaanisen konemaisuuden sijaan (Coniglio 2004, 7).

UUMEN-teoksen selkeä rakenne ja eteneminen vapaampimuotoisten ja kiinteämittaisten kohtaus-ten välillä vaihdellen tuo teokseen dynaamisuutta. Lisäksi onnistuneet mekaaniset musiikkivalinnat tuntuvat virkistävilta ja vahvistavat teoksen musiikillista ulottuvuutta. MiMU-käsineiden parametreitit ovat UUMEN:ssa selkeitä, ja yleisönkin on helppo ymmärtää, millä tavoin käsineiden eleet ja liike vaikuttavat teoksen äänimaailmaan ja projisointeihin. Langattomaan tiedonsiirtoon perustuva MiMU-teknologia oli kuitenkin kovilla teoksen esityksen aikana, ja muutamissa kohdissa yhteys toiseen käsineeseen katkesi hetkeksi, jonka tarkkasilmäinen ja -korvainen saattaa huomata esitystaltiointia tarkastellessaan. Lisäksi käsineitä vaihdeltiin teoksen aikana tanssijoiden välillä niin sanotusti lennosta, vaikka lähtökohtaisesti käsineet olisi aina kalibroitava kunkin käyttäjän käsien ominaisuuksia vastaaviksi. Tästä huolimatta käsinejärjestelmälle opetetut yksinkertaiset käsieleet toistuivat suurimmaksi osaksi ongelmitta esityksen aikana.

Käsineiden kanssa esityksen ja harjoitusjakson aikana eniten työskennelleet tanssijat olivat kehittäneet varmatoimisen tekniikan käsineiden käyttöön, ja täten käsinejärjestelmän toiminnan pienet epätarkkuudetkaan eivät hämmentäneet heitä esityksen aikana. Oleellista oli myös pitäytyminen yksinkertaisissa käsieleissä ja parametreitityksissä – vaikka eleperustaisen esityksen näkökulmasta yksilotteiset elekohtaiset parametreititykset eivät rakenna kovin mielenkiintoisia merkityksiä esiintyjän ja yleisön välille, on niiden käyttö perusteltua UUMEN-tanssiteoksen kaltaisessa teoksessa, jossa MiMU-käsineteknologia on vain yksi osa monilukuisen tekijäjoukon taiteellisen ilmaisun välineistöä.

Äänisuunnittelun ja musiikin osalta UUMEN-teos osoittaa mielestäni hyvin, miksi anturipohjaisten interaktiivisten teknologioiden käyttöä kannattaa tutkia ja kehittää entisestään esittävässä tai-

teessa. Spesifisti tanssiteosten tapauksessa anturipohjainen interaktiivisuus voi häivyttää perinteisesti ahtaita taiteellisen tekijyyden rajoja niin, että liike muodostuu konkreettisesti kaiken esityksen aikana aistittavan alkulähteeksi. Yleisesti taas interaktiivisuus tuo digitaalisen median lähemmäksi esittävässä taiteessa pohjimmaista ainutkertaista ulottuvuutta; se lisää teoksen audiovisuaalisuuteen elävyyttä ja vaaran tuntua, joka ei ole toistettavissa eikä monistettavissa kulutushyödykkeeksi.

### **6.3 Case Oulu Dance Hack 2022**

Dance Hack on TaikaBox-yhdistyksen konsepti, joka tuo yhteen tanssiteen ja digitaalisten teknologioiden ammattilaisia. Dance Hack järjestettiin vuonna 2016 ensimmäistä kertaa kolmipäiväisenä tapahtumana Oulun ammattikorkeakoulun tiloissa yhteistyössä JoJo – Oulun Tanssin Keskuksen kanssa. (Teatterin tiedotuskeskus TINFO 2016.) Dance Hackin ideana on luoda turvallinen tila luovaan taiteelliseen riskinottoon tanssin ja teknologian välisiä rajapintoja tutkien (TaikaBox 2022a).

Dance Hack järjestettiin vuoden 2022 helmikuussa enimmäkseen kotimaisiin tekijöihin nojautuen tuolloin voimassa olleiden koronarajoitustoimenpiteiden vuoksi. Osallistuimme NDPS-hankkeen myötä Dance Hackiin ja toimimme MiMU-käsineet mukanamme tapahtumaan. Dance Hack järjestettiin Oulun kaupunginteatterin Pikisalissa, joka tarjosi taiteelliselle vapaamuotoiselle tutkimukselle oivan ympäristön.

#### **6.3.1 MiMU-käsineet Oulu Dance Hackissa 2022**

Dance Hackin aikana teimme useita erilaisia taiteellisia kokeiluja MiMU-käsineiden kanssa. Seuraavassa esitellään niistä muutamia. Kokeilimme tehdä MiMU-käsineistä esimerkiksi instrumentin, jota soitettaisiin kieli- tai kosketinsoittimen kaltaisesti näppäilemällä ”ilmaa”. Tällöin jokaisen sormen koukistusta mittaavat anturit lähettivät näppäysliikkeiden perusteella MIDI-nuottikäskyjä, jotka voitiin sopivalla virtuaali-instrumentilla muuttaa soiviksi ääniksi. Soittaminen tuntui kuitenkin yllättävän vaikealta, sillä käsineiden anturit ovat herkkiä ja soittajan sormet saattoivat liipaista yhden näppäyksen myötä käyntiin toisenkin äänen. Kokeilimme samaa ohjelmaa ja parametrereititystä myös klassisen kitaran kanssa niin, että soittaja soitti kitaraa MiMU-käsineet kädessä. Samaan aikaan Max/MSP:n ohjelmaa pyrittiin muovaamaan siihen suuntaan, että käsineiden anturien tuottama data johtaisi mielenkiintoisiin äänellisiin tuloksiin kitaran alkuperäinen ääni huomioiden. Tanssin

näkökulmasta tutumpi laajakaarisempi liike oli kuitenkin Dance Hackin kannalta oleellisempaa, ja edellä kuvatut tapaukset jäivät kokeilujen asteille.

Dance Hackin päättävässä esityksessä kaksi tanssijaa pitivät MiMU-käsineitä, ja heidän käsieleensä muutettiin soivaksi ääneksi tällä kertaa Pro Toolsin sisältämien virtuaali-instrumenttien ja jatkoprosessoinnin avulla. Kyseiset virtuaali-instrumentit valikoituivat äänilähteiksi lähinnä niistä nopeasti löytyvien esiasetettujen äänivalintojen vuoksi, jotka tarjosivat toimivan lähtökohdan äänen jälkikäsitteilyä varten. Kummallakin tanssijalla oli käytettävissään tiettyjä etukäteen sovittuja aseteikoita ja eleitä, joilla he pystyivät vaikuttamaan soiviin nuotteihin, äänenvoimakkuuteen ja muihin parametreihin. MiMU-käsinekonfiguraatio oli kuitenkin nopeasti valmisteltu, joka välillä saattoi johdattaa yllättäviinkin lopputuloksiin.

Esityksen aikana pyrin vaikuttamaan MiMU-käsineiden avulla tuotettaviin ääniin mahdollisimman vähän ja keskityin itse esiintymään musiikillisesti käytössäni olleiden välineiden avulla. Hyödynsin jo aiemmasta tapauksesta tuttua MFB:n syntetisaattoria tässäkin esityksessä ja lisäksi minulla oli käytettävissäni pieni Jussi Alaraasakalta lainattu Korg Volca FM -syntetisaattori, joka perustuu John Chowningin tunnetuksi tekemään FM-synteesitekniikkaan (Chowning 1973). Äänitaitelija Alaraasakka on tehnyt jo useamman vuoden yhteistyötä TaikaBoxin kanssa Dance Hackin ja muiden tapahtumien merkeissä. Soitin käyttämiäni laitteita Max/MSP:llä generoitujen ”dataryöppyjen” ja fyysisen kontrolloinnin avulla. Erityisesti pyrin saamaan fyysisen ulottuvuuden myös itse äänen tuottamiseen kytkemällä ja poistamalla äänikaapeleita laitteista erilaisten elektronisten efektien aikaansaamiseksi.

### **6.3.2 Johtopäätökset**

Dance Hackin päätteeksi perjantaina 11.2.2022 pidetyn esityksen taltioinnin (TaikaBox 2022b) perusteella teos käsittelee teknologian ja luonnon välistä ajankohtaista tematiikkaa. Teos on monitaiteellisenä yhteistyönä mielenkiintoinen sekä esteettisesti että abstraktilla käsitetasolla. Intuitiivisen ryhmätyöskentelyn voimaan luottavaa Dance Hackia voi pitää esimerkkinä taiteellisesta yhteistekijyydestä, joka pyrkii olemaan vapaata ja välttämään ennalta määrättyjen ja tavoitteellisten tuotantolisten prosessien seuraamista.

Tukholman taideyliopiston tanssipedagogiikan koulutuksessa korostettujen taidealojen tekijäroolien rajoja rikkovien näkökulmien valossa vuoden 2022 Dance Hackissa toimittiin vielä kohtuullisen perinteisesti tanssijoiden ja teknologien välillä. Asia korostuu esitystaltiointia katsottaessa, jossa ääni- ja visuaaliseen suunnitteluun keskittyneet tekijät istuvat esitystilan vasemmassa laidassa tietokoneiden ja muiden laitteiden taakse osaksi piiloutuneina. Tanssijat, instrumentalisti ja robotti-koira sitä vastoin täyttävät varsinaisen esitystilan alueen. Voisi ajatella, että jotta taiteellinen teos voidaan toteuttaa täysin yhteisöllisten ja yhteistekijyyden ihanteiden mukaisesti ja samalla itse teoksen käsitteellisistä lähtökohdista, olisi myös teknologioiden hallinnan ja esittävän taiteen tekijyyksien lähennyttävä toisiaan niin, että perinteisistä usein sukupuolittuneista tekijärooleista voidaan luopua.

Vaikka esitys noudatti taiteellisen ryhmäimprovisaation tutkiskelevia toimintamalleja, muodoltaan se ei ollut täysin vapaa. Esitys koostui kahdesta laajasta kasvavasta jaksosta, joiden välissä oli hyvin seesteinen osio. Musiikillisesti esitys oli muistijälkeäni rauhallisempi ja harmonisempi, joka saattoi johtua Alaraasakan jälkikäteen tekemästä äänimiksauksesta tai muistijälkien katoavaisesta luonteesta. MiMU-käsineiden parametrireititykset eivät tässä teoksessa olleet kovin selkeitä yleisön näkökulmasta, mutta erityisesti esityksen alkupuolella käsineiden avulla tuotetut melodisemmat sävyt lisäsivät äänikudoksen harmonista vaikutelmaa. Parametrireitityksen moniselitteisyys voi myös johtaa teknologian objektitasoiseen uudelleenarviointiin, ja tällöin teos voi synnyttää mielenkiintoisia teknologiakriittisiä mielleyhtymiä. Yleisemmin teoksen musiikki ja visuaalisuus liikkeenä ja kuvana keskustelivat keskenään luoden monimediallisen kokonaisuuden, joka herättää katsojassa varmasti ajatuksia ja kysymyksiä.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön puettavan musiikkiteknologian historiaa, Oulussa hyödynnetyn MiMU-käsinejärjestelmän toimintaa ja erilaisia esittävän taiteen teoksia käsitelleiden lukujen jälkeen tässä viimeisen luvun pohdintaosiossa arvioidaan työn luotettavuutta ja merkittävyyttä, jatkotutkimuksen kohteita ja MiMU-laitteiston tulevaisuusnäkyviä. Opinnäytetyö päättää toistaiseksi käsineiden käyttöön liittyvän tutkimusjakson, mutta on odotettavaa, että Oamkilla tullaan jatkamaan MiMU-käsineiden ja muiden puettavien teknologioiden tutkimusta ja taiteellista hyödyntämistä.

Vaikka tässä työssä taiteelliset käyttökohteet olivat keskiössä, on selvää, että puettavaa teknologiaa tullaan enenevässä määrin hyödyntämään myös muissa konteksteissa. Ammattikorkeakoulutuksen työelämälähtöiset toiminnan perusteet pyrkivätkin suuntaamaan uusien teknologioiden käyttöä uusiin tuottaviin ympäristöihin. Tästä huolimatta puettavan ja muun uuden teknologian taiteellinen käyttö liittyy nämä teknologiat osaksi koko ihmiskunnan historian kattavaa taiteellisen itsemmaisun kehitystarinaa, jonka rooli on samalla tavalla keskeinen maailman monimutkaisten prosessien ymmärtämisessä kuin filosofialla tieteessä. Onkin toivottavaa, että esimerkiksi teknologia-kaupungiksi mielletyssä Oulussa tämä ymmärretään ja siihen panostetaan muutenkin kuin kulttuuripääkaupunkihankkeiden kaltaisiin tapahtumakokonaisuuksiin liittyen.

### 7.1 MiMU-käsineiden tulevaisuusnäkyvät

MiMU Gloves -yrityksellä on ollut ongelmia tuotantonsa kanssa käytännössä koko ajan, kun Oulun ammattikorkeakoulussa on työskennelty MiMU-käsineiden käyttöön liittyvissä projekteissa. Varsinaiseen laajamittaiseen kuluttajakeluun MiMU-käsinetuotteen kanssa ei ole toistaiseksi päästy, ja koronaviruspandemian ja muiden globaalien kriisien myötävaikutuksesta korkeateknologisten laitteiden valmistaminen on ollut useilla sektoreilla entistä vaikeampaa esimerkiksi sirupulan takia (Mohammad ym. 2022). Oulussa valmistajalta tilattiin toinen MiMU-käsinepari vuonna 2022, mutta laitteita ei ole vielä saatu toimitettua.

MiMU Gloves -yrityksen tulevaisuudennäkymien epävarmuudesta kertoo myös uuden kokonaan ohjelmistopohjaisen tuotteen lanseeraus (raesynteesiin [granular synthesis] nojaava live-äänipro-



sensori The Jellyfish) ja valmistajan tarjoamien tukitoimien niukkuus MiMU-käsineiden osalta. Käsineille tarjotaan kahden vuoden ilmainen tuki ja huolto, mutta tämän jälkeen ainakin valmistajan verkkosivun ilmoitusta voi pitää MiMU-käsineiden käyttäjän ja käyttöiän näkökulmasta ongelmallisenä, sillä jopa maksullinen huolto voi olla mahdotonta takuuajan päättymisen jälkeen (MiMU Gloves g). UUMEN-tanssiteoksen harjoituksissa toiseen käsineeseen ilmaantui toimintahäiriö, joka valmistajan mukaan vaati korjaustoimenpiteen suorittamisen Englannissa. Valmistajan palvelu oli sujuvaa, mutta Brexitin jälkeinen tavaraliikenne taas yllättävänkin tahmeaa, ja lopulta tanssiteoksen tuotannon näkökulmasta tekijöiden oli tärkeää pyytää toinen käsinepari lainaan norjalaisilta hankekumppaneiltamme, vaikka lopulta huollettu käsine saatiinkin takaisin Suomeen juuri sopivasti ennen esitystä.

## **7.2 Jatkotutkimuskohteita**

Digitaaliseen esiintymiseen liittyvät jatkotutkimuskohteet ovat moninaiset. Tapaustutkimuksessa esitellyissä teoksissa keskityttiin lähinnä yksinkertaisten käsieläiden ja parametreititysten hyödyntämiseen. Eleperustaiseen esitykseen voisi luoda syvempiä merkityksiä käyttämällä yksityiskohtaisempia esesarjoja, mikä ei nykyisellään ole suoraan mahdollista Glover-ohjelman työkalujen avulla. Eletunnistusominaisuuksia voidaan ohjelmoida esimerkiksi Max/MSP:n avulla tai vaihtoehtoisesti hyödyntää Wekinatorin kaltaisia avoimen lähdekoodin valmiskäsitteitä (Wekinator).

Liikkeenkaappausteknologioiden reaaliaikainen hyödyntäminen esittävässä taiteessa on tutkimuskohde, jonka alueelta esitellään mielenkiintoisia esimerkitapauksia lisääntyvästi. Toimintaan keskeisesti liittyvää liikkeen äänellistämistä voi pitää erityisen merkityksellisenä tutkimuskohteena taiteenalojen rajoja ravistelevien seuraustensa takia. Tanssiteksteissä ja yhteiskunnassa laajemminkin puhututtanut kehollisuus voi avata uusia merkityksiä taiteen ja teknologian yhdistämiseen ja taiteelliseen yhteistekijyyteen.

## **7.3 Tutkimuksen luotettavuuden ja merkittävyyden arviointia**

Tutkimuksen kirjallisuuskatsauksen toimintamenetelmiin nojautuvissa osioissa on pyritty viittamaan monipuolisesti alkuperäislähteisiin tai luotettavuudeltaan vakuuttaviksi arvioituihin muihin lähdemateriaaleihin, jotka vahvistavat ja selventävät raportointia. Viitattu lähdekirjallisuus avaa

väylän puettavaan musiikkiteknologiaan syventymiseen laajasti ajateltuna, ja tämä osaltaan vahvistaa työn luotettavuutta. Taustani musiikkiteknologiassa ja äänisuunnittelussa vahvistaa näihin taiteen- ja tieteenaloihin kytköksissä olevien tutkimuksen osien luotettavuutta. Vastaavasti enemmän tanssi- ja muuhun musiikin ulkopuoliseen esittävään taiteeseen liittyvä sisältö voidaan ajatella tässä tutkimuksessa enemmän avaukseksi ja tarkastelluksi vahvimmin teknologisesta näkökulmasta.

Tämä työ on ensimmäinen MiMU-käsineitä koskeva suomenkielinen laaja esitys, jonka toivotaan levittävän ja lisäävän anturipohjaisesti toteutettavaa taiteellista ilmaisua. Työssä on pyritty esittämään yleistajuisesti kokonaiskuva puettavan musiikkiteknologian käytöstä esittävässä taiteessa ja viittaamaan monipuolisesti ydinteemasta versoviin taiteellisesti ja teknologisesti mielenkiintoisiin ilmiöihin. Pedagogiseenkin näkökulmaan pohjautuen työssä on esitelty digitaalisen esiintymisen taiteenalan toimintamalleja niiden perusteiden kautta, jotta ymmärrys kokonaisuuteen vaikuttavista tekijöistä muodostuu mahdollisimman kattavaksi.

## LÄHTEET

Arizona State University. Basics of Recording and Creating Music with Digital Audio Workstations (DAWs). Hakupäivä 7.5.2023. <http://citme.music.asu.edu/resources-dawbasics/>.

Arola, Tytti 2019. Ihmiskehonjatkesoittimet. Instruments extending the body in sonic performance. Taiteen maisterin opinnäytetyö. Hakupäivä 13.5.2023. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201912226534>.

Cage, John 1959. Lecture on Nothing. Hakupäivä 14.5.2023. <https://seanstorm.fi-les.wordpress.com/2012/09/john-cage-lecture-on-nothing.pdf>.

Cates, Jonathan, Takahashi, Nobufumi & Barton, Ryan 2017. Arduino Flex Sensor Glove. Autodesk Instructables. Hakupäivä 19.5.2023. <https://www.instructables.com/Arduino-Flex-Sensor-Glove/>.

Chèze, Laurence 2014. Kinematic Analysis of Human Movement. Hakupäivä 20.5.2023. [https://oula.finna.fi/oamk/Record/oy\\_electronic\\_oamk.9917619074006252?sid=2975911992](https://oula.finna.fi/oamk/Record/oy_electronic_oamk.9917619074006252?sid=2975911992).

Chowning, John 1973. The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation. Hakupäivä 16.5.2023. <https://web.eecs.umich.edu/~fessler/course/100/misc/chowning-73-tso.pdf>.

Coniglio, Mark 2004. The importance of being interactive. Teoksessa New Visions in Performance: The Impact of Digital Technologies (toim. G. Carver ja C. Beardon). Hakupäivä 17.5.2023. [https://oula.finna.fi/oamk/Record/oy\\_electronic\\_oamk.9917615063806252?sid=2972860500](https://oula.finna.fi/oamk/Record/oy_electronic_oamk.9917615063806252?sid=2972860500).

Coniglio, Mark 2019. Isadora User Manual. Hakupäivä 7.5.2023. <https://troikatronix.com/files/isadora-manual.pdf>.

Coniglio, Mark 2022. Isadora Guru Session #21: Dance-Tech Archaeology! Troikatronix-YouTube-kanava. Hakupäivä 19.5.2023. <https://www.youtube.com/live/snK3cUVTOkE>.

Côté-Allard, Ulysse, St-Onge, David, Giguère, Philippe, Laviolette, François & Gosselin, Benoit 2017. Towards the use of consumer-grade electromyographic armbands for interactive, artistic robotics performances. IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) 26. Hakupäivä 19.5.2023. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8172430>.

CyberGlove Systems Inc. 2017. CyberGlove-tuotteiden valmistajan verkkosivut. Hakupäivä 13.5.2023. <http://www.cyberglovesystems.com>.

Cycling '74 a. A Functional Listing of all Max Objects. Hakupäivä 7.5.2023. [https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/max\\_functional](https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/max_functional).

Cycling '74 b. Introducing Vizzie. Hakupäivä 8.5.2023. <https://cycling74.com/articles/introducing-vizzie>.

Cycling '74 c. GL Texture Output. Hakupäivä 8.5.2023. [https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/jitter\\_gl\\_texture\\_output](https://docs.cycling74.com/max8/vignettes/jitter_gl_texture_output).

Cycling '74 2003. MSP. Getting Started, Tutorials and Topics & Reference. Hakupäivä 7.5.2023. <http://sites.music.columbia.edu/cmc/courses/g6601/fall2004/week2a/MSP43.pdf>.

Dannenberg, Roger B. 2018. Languages for Computer Music. Frontiers in Digital Humanities 5 (26). Hakupäivä 7.5.2023. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdigh.2018.00026/full>.

D'Errico, Michael 2016. Interface Aesthetics: Sound, Software, and the Ecology of Digital Audio Production. Väitöskirja. Hakupäivä 11.5.2023. <https://escholarship.org/uc/item/0mv9v64c>.

Digital Audio Wiz 2022. List of DAWs Software. Hakupäivä 7.5.2023. <https://www.digitalaudio-wiz.com/daws-digital-audio-workstations-list/>.

Dixon, Steve 2007. Digital Performance: A History of New Media in Theater, Dance, Performance Art, and Installation. Hakupäivä 11.5.2023. [https://oula.finna.fi/oamk/Record/oy\\_electronic\\_oamk.9917671897206252?sid=2964252816](https://oula.finna.fi/oamk/Record/oy_electronic_oamk.9917671897206252?sid=2964252816).

Edney, Connor 2022a. What are DAWs? Digital audio workstations explained. RouteNote Blog. Hakupäivä 7.5.2023. <https://routenote.com/blog/what-are-digital-audio-workstations/>.

Edney, Connor 2022b. What is a virtual instrument? RouteNote Blog. Hakupäivä 8.5.2023. <https://routenote.com/blog/what-are-virtual-instruments/#virtual-instrument>.

Electronic Visualization Laboratory (EVL). Sayre Glove (the first wired data glove) -artikkeli. Hakupäivä 13.5.2023. <https://www.evl.uic.edu/research/2162>.

Fagan, Andrew. Theodor Adorno (1903–1969). Internet Encyclopedia of Philosophy. Hakupäivä 17.5.2023. <https://iep.utm.edu/adorno/>.

Fung, Tsang Hao. VASE renderer -ohjelmointikirjasto. Hakupäivä 16.5.2023. <https://tyt2y3.github.io/vaser-web/>.

Gibson, John 2023. Delay Effects: Introduction to MIDI and Computer Music. Center for Electronic and Computer Music. Jacobs School of Music. Indiana University Bloomington. Hakupäivä 15.5.2023. <https://cecm.indiana.edu/361/rsn-delay.html>.

Giomi, Andrea & Leonard, James 2020. Towards an Interactive Model-Based Sonification of Hand Gesture for Dance Performance. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME-20), Birmingham, 2020. Hakupäivä 18.5.2023. [https://www.nime.org/proceedings/2020/nime2020\\_paper72.pdf](https://www.nime.org/proceedings/2020/nime2020_paper72.pdf).

Hellman, Tapio & Frimodig, Alekski 2021. Päälle puettavan kokovartalon liikkeenkaappauslaitteiston ja ergonomia-analysiohjelmiston valinta tutkimuskäyttöön. Teoksessa Seinäjoen ammattikorkeakoulu osaamisen, kilpailukyvyyn ja hyvinvoinnin kasvattajana (toim. S. Päällysaho, P. Junell, M. Salminen-Tuomaala, S. Uusimäki, & S. Saarikoski). Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 36. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, (105–121). Hakupäivä 19.3.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021121460385>.

Holmes, Thom 2008. Electronic and Experimental Music. Technology, Music, and Culture. New York: Routledge.

Jyrkämä, Jyrki. Toimintatutkimus. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkko-käsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietokirjasto. Hakupäivä 10.5.2023.

<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/toimintatutkimus/>.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2022. Kirjallisuuskatsaukset. Opinnäytetyön ohjaajan käsikirja. Hakupäivä 10.5.2023. <https://oppimateriaalit.jamk.fi/yamk-kasikirja/kirjallisuuskatsaukset/>.

Kim, Kwang S., Wang, Hantao & Max, Ludo 2020. It's About Time: Minimizing Hardware and Software Latencies in Speech Research With Real-Time Auditory Feedback. Journal of Speech, Language, and Hearing Research 63 (8), 2522–2534.

Hakupäivä 19.3.2023. [https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/2020\\_JSLHR-19-00419](https://pubs.asha.org/doi/full/10.1044/2020_JSLHR-19-00419).

Kim, Peter 2017. Exclusive: Ableton acquires Max maker Cycling '74; what you need to know. Creative Digital Media. GmbH in Berlin. Hakupäivä 7.5.2023. <https://cdm.link/2017/06/exclusive-ableton-acquires-max-maker-cycling-74-inside-the-deal/>.

Korvenranta, Netta 2014. Avainnussuunnitelma. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 18.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201404224619>.

Kramer, Gregory, Walker, Bruce, Bonebright, Terri, Cook, Perry & Flowers, John H. 2010. Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda. Faculty Publications, Department of Psychology 444. Hakupäivä 18.5.2023. <https://digitalcommons.unl.edu/psychfacpub/444>.

Linux-wiki 2022. GNU GPL -artikkeli. Hakupäivä 7.5.2023. [https://www.linux.fi/wiki/GNU\\_GPL](https://www.linux.fi/wiki/GNU_GPL).

LoLa – Low Latency Audio Visual Streaming System 2019. Installation & User's Manual. Hakupäivä 19.3.2023. [https://lola.conds.it/downloads/Lola\\_Manual\\_2.0.0\\_rev\\_001.pdf](https://lola.conds.it/downloads/Lola_Manual_2.0.0_rev_001.pdf).

Mikkonen, Janne 2018. Musiikinteorian haasteet. Pop-jazz-teoriakirja Oulun konservatorion toiselle asteelle. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 14.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805229619>.

Miller, Leta E. 2001. Cage, Cunningham, and Collaborators: The Odyssey of Variations V. The Musical Quarterly 85 (3), 545–56. Hakupäivä 18.5.2023. <https://music.ucsc.edu/sites/default/files/Variations%20V.pdf>.

MiMU Gloves a. Advanced Router Setup. Hakupäivä 19.3.2023. <https://mimugloves.com/documentation/advanced-router-setup/>.

MiMU Gloves b. Battery Replacement. Hakupäivä 19.3.2023. <https://mimugloves.com/documentation/battery-replacement/>.

MiMU Gloves c. Devices-sivu (laitteet) Glover-ohjelman käyttöoppaasta. Hakupäivä 25.3.2023. <https://mimugloves.com/documentation/devices/>.

MiMU Gloves d. MiMU Gloves Overview. Hakupäivä 19.3.2023. <https://mimugloves.com/documentation/mimu-gloves-overview/>.

MiMU Gloves e. MiMU Gloves (Pair) -tuotesivu. Hakupäivä 19.3.2023. <https://shop.mimugloves.com/products/mi-mu-gloves>.

MiMU Gloves f. MiMU Story. Hakupäivä 20.5.2023. <https://mimugloves.com/mimu-story/>.

MiMU Gloves g. Repairs Policy. Hakupäivä 19.3.2023. <https://mimugloves.com/repairs/>.

Mohammad, Wassen, Elomri, Adel & Kerbache, Laoucine 2022. The Global Semiconductor Chip Shortage: Causes, Implications, and Potential Remedies. IFAC PapersOnLine 55 (10), 476–483. Hakupäivä 19.3.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896322017293>.

Moriarty, Manoli 2022. Collective Controllerism. A Non-Musician's Perspective of Interactive Dance as Controllerist Practice. Teoksessa Designing Interactions for Music and Sound (toim. Michael Filimowicz). New York: Routledge, 30–64.

Myllykoski, Mikko, Tuuri, Kai, Viirret, Esa & Louhivuori, Jukka 2015. Prototyping hand-based wearable music education technology. Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression. Hakupäivä 12.5.2023. [https://www.nime.org/proceedings/2015/nime2015\\_151.pdf](https://www.nime.org/proceedings/2015/nime2015_151.pdf).

NIME – New Interfaces for Musical Expression 2023. Konferenssin verkkosivut. Hakupäivä 12.5.2023. <https://www.nime.org>.

Open Sound Control 2021. Open Sound Control -protokollan virallinen verkkosivusto. Hakupäivä 19.3.2023. <https://ccrma.stanford.edu/groups/osc/index.html>.

Overholt, Dan 2022. Designing Interactive Musical Interfaces. Teoksessa Designing Interactions for Music and Sound (toim. Michael Filimowicz). New York: Routledge, 1–29.

Pettersson, Rasmus & Toura, Antti 2015. Reaaliaikaisten Kalman- ja Madgwick-suodinten vertailu kolmiulotteisessa tilapaikannuksessa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 19.3.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201505198955>.

Povelainen, Jukka 2021. Tiedonsiirtoväylä sähköajoneuvoon. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 13.5.2023. <https://www.theseus.fi/handle/10024/504877>.

Raunio, Riitta Johanna 2010. Suomen rautakautiset kulkuset, kellot ja kelloriipukset: Äänimaisen arkeologiaa. Väitöskirja. Hakupäivä 13.5.2023. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/337103>.

RME 2020. User's Guide Babyface Pro FS. Hakupäivä 19.3.2023. [https://www.rme-audio.de/downloads/bface\\_pro\\_fs\\_e.pdf](https://www.rme-audio.de/downloads/bface_pro_fs_e.pdf).

Ruviaro, Bruno 2015. A Gentle Introduction to SuperCollider. Hakupäivä 7.5.2023. [https://ccrma.stanford.edu/~ruviaro/texts/A\\_Gentle\\_Introduction\\_To\\_SuperCollider.pdf](https://ccrma.stanford.edu/~ruviaro/texts/A_Gentle_Introduction_To_SuperCollider.pdf).

Saarnia, Sasu 2011. Tuottaminen elokuvateatteriympäristöön. Insinööriyö (AMK). Metropolia Ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 11.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011061512142>.



Sariola, Toni 2020. 3D-fysiikkamoottori. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 19.3.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020052714272>.

Schacher, Jan 2021. new islands -teos. Hakupäivä 13.5.2023. <https://www.jasch.ch/island.html>.

Schacher, Jan 2022. Capture and express, question and understand: Gloves in gestural electronic music performance. Wearable Technologies 2022 (3), e5. Hakupäivä 13.5.2023. <https://taju.uni-arts.fi/handle/10024/7678>.

Seibel, Robert & Rochester, Nathaniel 1960. Patentihakemus US3022878A. Hakupäivä 27.5.2023. <https://patentimages.storage.googleapis.com/80/d9/3c/41ff467922e741/US3022878.pdf>

Sonami, Laetitia 2022. Lady's Glove Instruments. Hakupäivä 13.5.2023. <https://sonami.net/portfolio/items/ladys-glove/>.

Strutt, Dan 2022. A Simple Tool for Remote Real-Time Dance Interaction in Virtual Spaces, Or "Dancing in the Metaverse". Critical Stages. The IATC journal 25. Hakupäivä 19.5.2023. <https://www.critical-stages.org/25/a-simple-tool-for-remote-real-time-dance-interaction-in-virtual-spaces-or-dancing-in-the-metaverse/>.

SuperCollider 2023. SuperCollider-ohjelmointiympäristön verkkosivu. Hakupäivä 7.5.2023. <https://supercollider.github.io>.

Synth.market. MFB SYNTH2 Analog Synthesizer. Hakupäivä 14.5.2023. <https://synth.market/en/catalogue/mfb/synth2/>.

Taction Enterprises Inc. 2022. KAIKU Music Glove -kauppasivu. Hakupäivä 12.5.2023. <https://www.kaikumusicglove.com/shop-1>.

TaikaBox 2022a. HACKING THE DANCE. Hakupäivä 16.5.2023. <https://taikabox.com/hack/>.

TaikaBox 2022b. OULU DANCE HACK22 – Demo and Discussion. Esitystaltiointi. TaikaBox-YouTube-kanava. Hakupäivä 17.5.2023. <https://youtu.be/WGpT0JANhAc>.

Tanssin tiedotuskeskus. Dance Info Finland. Täydenkuun tanssit | Oamk: UUMEN. Hakupäivä 14.5.2023. <https://www.danceinfo.fi/esityskalenteri/oamk-uumen/>.

Teatterin tiedotuskeskus TINFO 2016. TINFO-tiedote 15 / 21.4.2016. Hakupäivä: 16.5.2023. [https://www.tinfo.fi/fi/TINFO-tiedote\\_15\\_2142016](https://www.tinfo.fi/fi/TINFO-tiedote_15_2142016).

TEDx Talks. Mi.Mu Gloves Chagall Performance | Chagall van den Berg | TEDxAmsterdam-Women. TEDx Talks -YouTube-kanava. Hakupäivä 20.5.2023. <https://youtu.be/-aAGGRtXC0s>.

Tegel, Aleksi 2013. Elokuvan tarinallinen äänikerronta – miten äänisuunnittelija luo elokuvan äänimaailman yhteistyössä ohjaajan kanssa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 16.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013060513129>.

The NODE Institute. About TouchDesigner. Hakupäivä 8.5.2023. <https://thenodeinstitute.org/about-touchdesigner/>.

Torre, Giuseppe 2013. The design of a new musical glove: a live performance approach. Väitöskirja. Hakupäivä 13.5.2023. [https://researchrepository.ul.ie/articles/thesis/The\\_design\\_of\\_a\\_new\\_musical\\_glove\\_a\\_live\\_performance\\_approach/19811101](https://researchrepository.ul.ie/articles/thesis/The_design_of_a_new_musical_glove_a_live_performance_approach/19811101).

Torre, Giuseppe, Andersen, Kristina & Baldé, Frank 2016. The Hands: the making of a digital musical instrument. Computer Music Journal 40 (2), 22–24. Hakupäivä 13.5.2023. <https://www.ul.ie/sites/default/files/scieng/TheHands.pdf>.

TouchOSC 2023. Hexler-kehittäjän TouchOSC-sovelluksen verkkosivut. Hakupäivä 19.3.2023. <https://hexler.net/touchosc>.

Tuohino, Jussi 2017. Miten musiikki kertoo? Ei-diegeettisen elokuvamusiikin narratiiviset tehtävät. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 18.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201702082173>.

Tuohino, Jussi 2023. UUMEN @ Full Moon Dance Festival 21.7.2022. Esitystaltiointi. YouTube. OamkTanssi-kanava. Hakupäivä 14.5.2023. <https://youtu.be/FURFVnmqwk0>.

Truax, Barry. Modulation & Convolution. Tutorial for the Handbook for Acoustic Ecology. Hakupäivä 14.5.2023. <https://www.sfu.ca/sonic-studio-webdav/cmns/Handbook%20Tutorial/Modulation.html>.

Vickery, Lindsay R. 2002. The Yamaha MIBURI MIDI jump suit as a controller for STEIM's Interactive Video software Image/ine. Hakupäivä 19.5.2023. <https://www.lindsayvickery.com/uploads/1/7/0/8/17081762/2002vicmiburi.pdf>.

Vimeo. Laetitia Sonami performing "Why\_dreams like a Loose Engine". Hakupäivä 13.5.2023. <https://vimeo.com/11316136>.

Vimeo. Michel Waisvisz – 2004. Hakupäivä 13.5.2023. <https://vimeo.com/1204085>.

Vuori, Jaana. Tapaustutkimus. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Hakupäivä 10.5.2023. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/tapaustutkimus/>.

W3Schools of Technology. C++ Basic Input/Output. Hakupäivä 7.5.2023. <https://www.w3schools.in/cplusplus/input-output>.

WearableTech.io 2023. Myo Armband. The MYO Armband is a Gesture Control Armband for Presentations by Thalmic Labs. Hakupäivä 12.5.2023. <https://wearabletech.io/myo-bracelet/>.

Wekinator. Wekinator-ohjelman verkkosivut. Hakupäivä 20.5.2023. <http://www.wekinator.org>.

Wikipedia 2021a. Object-based language -artikkeli. Hakupäivä 7.5.2023. [https://en.wikipedia.org/wiki/Object-based\\_language](https://en.wikipedia.org/wiki/Object-based_language).

Wikipedia 2021b. Scrubbing (audio) -artikkeli. Hakupäivä 15.5.2023. [https://en.wikipedia.org/wiki/Scrubbing\\_\(audio\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Scrubbing_(audio)).

Wikipedia 2022. P-Model-artikkeli. Hakupäivä 19.5.2023. <https://en.wikipedia.org/wiki/P-Model>.

Wikipedia 2023a. Haptic technology -artikkeli. Hakupäivä 13.5.2023. [https://en.wikipedia.org/wiki/Haptic\\_technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Haptic_technology).

Wikipedia 2023b. Pure Data (Pd) -artikkeli. Hakupäivä 7.5.2023. [https://en.wikipedia.org/wiki/Pure\\_Data](https://en.wikipedia.org/wiki/Pure_Data).

Wikipedia 2023c. Wearable technology -artikkeli. Hakupäivä 12.5.2023. [https://en.wikipedia.org/wiki/Wearable\\_technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_technology).

Wilson, Scott. This is how Kraftwerk turned a Nintendo Power Glove into a MIDI controller. Fact Magazine. Hakupäivä 19.5.2023. <https://www.factmag.com/2017/02/28/kraftwerk-doefer-mogli-nintendo-power-glove-midi-controller/>.

Winkler, Todd 1995. Making Motion Musical: Gesture Mapping Strategies for Interactive Computer Music. Proceedings of the 1995 International Computer Music Conference. Hakupäivä 18.5.2023. [https://www.brown.edu/Departments/Music/sites/winkler/research/papers/making\\_motion\\_musical\\_1995.pdf](https://www.brown.edu/Departments/Music/sites/winkler/research/papers/making_motion_musical_1995.pdf).

Wright, Matt 2002. OpenSoundControl Specification 1.0. Hakupäivä 19.3.2023. [https://opensound-control.stanford.edu/spec-1\\_0.html](https://opensound-control.stanford.edu/spec-1_0.html).

YouTube. John Cage – Variations V. Hakupäivä 18.5.2023. <https://youtu.be/XAtGt61DNKU>.

YouTube. Susumu Hirasawa – Sim City 2. Hakupäivä 19.5.2023. <https://youtu.be/SUqaLphuAAY>.

Zimmermann, Thomas G., Lanier, Jaron, Blanchard, Chuck, Bryson, Steve & Harvill, Young 1986. A hand gesture interface device. Proceedings of the SIGCHI/GI Conference on Human Factors in Computing Systems and Graphics Interface, 189–192. Hakupäivä 13.5.2023. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/29933.275628>.