

**Preuss Jakob**

Professionele Bachelor Elektronica-ICT, afstudeerrichting Elektronica  
Academiejaar 2022/2023

## **Optimalisatie van de weergave van de actieve spreker in hybride klaslokalen en vergaderruimtes**

**ASEM-Solutions**  
Dublinstraat 29  
9000 Gent





# Gegevensblad

Studiegebied Industriële Wetenschappen en Technologie

**Auteur**

Jakob Preuss

**Opleiding**

Elektronica-ICT, afstudeerrichting Elektronica

**Academiejaar**

2022/2023

**Interne promotor**

Mario Wyns

**In samenwerking met****Asem-Solutions**

Dublinstraat 29  
9000 Gent

**Externe promotor(en)**

Wim Barbaix

## Abstract

## Voorwoord

# INHOUDSOPGAVE

---

Inleiding .....	8
1.1    Achtergrond en motivatie van het onderzoek .....	8
1.2    Onderzoeksvraag en doelstellingen .....	9
1.3    Eisen van de opdrachtgever .....	10
1.4    Overzicht van de technische aanpak .....	11
2.    Conceptuele oplossing .....	12
2.1    Deelaspecten .....	12
2.2    Standaardopstelling bij ASEM solutions .....	13
3.    Systeemarchitectuur .....	15
3.1    Beschrijving van de bestaande meeting software .....	15
3.2    Beschrijving van de bestaande Hardware .....	16
3.3    Beschrijving van de bestaande controlesoftware .....	20
3.4    Microfoongegevensverzameling en -verwerking .....	21
3.5    Zoom en/of Teams API-besturing .....	21
3.6    Camerabesturing .....	21
3.7    Algemene aansturing voor een klasruimte .....	21
3.8    Gebruikersinterface .....	22
4.    Implementatie en testen .....	22
4.1    Overzicht van het implementatieproces van het systeem .....	22
4.2    Beschrijving van het testproces .....	22
4.3    Presentatie van de testresultaten .....	22
5.    Conclusie .....	22
5.1    Samenvatting van de technische aanpak en de bijdragen .....	22
5.2    Bespreking van de potentiële toepassingen van het systeem .....	22
5.3    Suggesties voor toekomstige ontwikkeling .....	22
6.    Referenties .....	23
6.1    Lijst van alle in het proefschrift genoemde bronnen .....	23
7.    Bijlagen .....	25
7.1    Technische details van de gebruikte hardware en software .....	25
7.2    Codefragmenten en commando's .....	25
7.3    Gebruikershandleiding voor het systeem. ....	25

Figurenlijst

**Geen gegevens voor lijst met afbeeldingen gevonden.**

Tabellenlijst

**Geen gegevens voor lijst met afbeeldingen gevonden.**

Codefragmentenlijst

**Geen gegevens voor lijst met afbeeldingen gevonden.**

# INLEIDING

---

## 1.1 ACHTERGROND EN MOTIVATIE VAN HET ONDERZOEK

De COVID-19-pandemie heeft de onderwijssector gedwongen zich snel aan te passen aan de veranderende omgeving. Veel scholen en universiteiten hebben een blended learning-model ingevoerd, dat face-to-face en online leren combineert, om aan de behoeften van studenten en docenten te voldoen. Dit model biedt flexibiliteit en toegang, maar brengt ook nieuwe uitdagingen met zich mee.

Een van de grootste uitdagingen in gemengde klaslokalen is het weergeven van de actieve spreker. Dit is de spreker die momenteel aan het woord is in de klas en wordt bekeken en beluisterd door de andere studenten en docenten. Traditionele methoden om de spreker te introduceren, zoals het gebruik van een vaste camera, werken goed in één-op-één-gesprekken of in een puur online onderwijsomgeving. In een gemengde situatie kunnen deze methoden echter weergaveproblemen veroorzaken.

Bij gebruik van een vaste camera kan de actieve spreker zich uit het zicht van de camera bevinden. Dit is vooral problematisch als de actieve spreker zich aan de rand van de kamer bevindt of als de camera op de verkeerde kant van de kamer gericht staat. Op afstand studerende studenten kunnen dan moeite hebben om de actieve spreker te zien en te weten naar wie ze op dat moment aan het luisteren zijn, waardoor hun leerervaring wordt aangetast.

Om dit op te lossen, is een meer dynamische en geautomatiseerde benadering van sprekerspresentatie nodig die rekening houdt met de locatie van de actieve spreker. Het gebruik van locatiegegevens van microfoons kan hier een oplossing bieden. Door de huidige positie van de spreker uit te lezen uit de microfoon en deze aan te sluiten op een centraal besturingssysteem, kan het systeem automatisch de camera en de weergave van de spreker aanpassen. Zo wordt de huidige spreker optimaal weergegeven, ongeacht waar deze zich in de ruimte bevindt.

Deze studie is gericht op het onderzoeken van de mogelijkheid om microfoonpositiegegevens te gebruiken om actieve sprekerpresentaties in hybride klaslokalen te verbeteren om zo de gehele onderwijservaring van face-to-face en externe studenten te optimaliseren. Door praktische experimenten en het ontwerpen en testen van geautomatiseerde systemen zal dit onderzoek een waardevolle bijdrage leveren aan het verbeteren van de blended learning-ervaring.



## 1.2 ONDERZOEKSVRAAG EN DOELSTELLINGEN

### 1.2.1 Onderzoeksvraag

Deze bachelor scriptie onderzoekt de mogelijkheid om de spreker in een hybride klasomgeving automatisch in beeld te brengen via de camera's in de ruimte en deze door te sturen naar de deelnemers op afstand.

Met de opkomst van hybride klaslokalen, waar studenten de les zowel fysiek als online kunnen volgen, is het van groot belang om manieren te vinden die de ervaring voor beide groepen verbeteren. De spreker en dus de interactie in beeld brengen verhoogt deze ervaring en zorgt voor een betere interactie en engagement van de remote deelnemer.

Het doel van dit onderzoek is om een functioneel systeem te ontwerpen die de microfoons in de klas integreert met de camera's. Welke microfoons geven de beste lokalisatie en via welke parameters? Hoe kunnen deze parameter camera's aansturen? Hoe kunnen we beide op een kost effectieve manier integreren en automatiseren? En hoe kunnen we de actieve camera doorsturen naar de video conferentie, in dit geval ZoomRoom en MTeamsRoom?

Het verwachte resultaat is een werkende configuratie met 1 plafondmicrofoon, meerdere camera's en integratie met de ZoomRoom software waarbij de "actieve spreker" view verandert. Optioneel dezelfde configuratie met het MTeamsRoom platform.

De studie zal de technische vereisten voor de ontwikkeling van een dergelijk systeem onderzoeken, met inbegrip van de hardware en software die nodig zijn voor het verzamelen en analyseren van locatiegegevens, alsook de API's die nodig zijn om de camera's, microfoons en het video conferencing platform aan te sturen.

### 1.3 EISEN VAN DE OPDRACHTGEVER

ASEM solutions stelt een aantal eisen waar tijdens de ontwikkeling rekening mee gehouden moet worden.

#### *Gebruiksvriendelijkheid:*

Een van de belangrijkste eisen is de gebruiksvriendelijkheid. De oplossing moet gemakkelijk te gebruiken zijn voor iedereen, ongeacht de technische vaardigheden. Daarom moet er een eenvoudige en intuïtieve gebruikersinterface gemaakt worden, waarmee gebruikers snel en gemakkelijk de nodige instellingen kunnen aanpassen.

#### *Onafhankelijkheid van hardware:*

De opstelling moet zo hardware-onafhankelijk mogelijk zijn. Ze moet zo compatibel mogelijk zijn met verschillende microfoons, camera's meetingsoftware. Dit betekent dat ze flexibel genoeg moet zijn om in al bestaande opstellingen te worden geïmplementeerd zonder dat er belangrijke aanpassingen nodig zijn. Dit is cruciaal aangezien het er voor zorgt dat de oplossing op grote schaal kan worden gebruikt in verschillende onderwijsinstellingen, zonder aanzienlijke investeringen in nieuwe hardware of infrastructuur.

Bovendien helpt deze eis ook om de installatietijd en -kosten te beperken.

#### *Robuustheid:*

Daarnaast is robuustheid ongelofelijk belangrijk. Het systeem moet verschillende soorten situaties en scenario's aankunnen, zonder onverwachte fouten of storingen. De ontwikkelde oplossing moet dan ook grondig worden getest en gevalideerd, om er voor te zorgen dat ze altijd naar verwachting werkt. Het systeem moet ook snel kunnen herstellen van eventuele fouten of storingen, zonder de lopende klasactiviteiten te verstoren. Eventuele ingrepen door ASEM moeten, wanneer mogelijke, vanop afstand uitgevoerd kunnen worden.

#### *Kosten efficiëntie:*

De oplossing moet zo kost efficiënt mogelijk zijn. Er moet gebruik gemaakt kunnen worden van zo veel mogelijk reeds aanwezige hardware. Deze eis is essentieel aangezien de oplossing vooral gedacht is voor het onderwijsmilieu, waar meestal met beperktere budgetten gewerkt moet worden in vergelijking met de privésector.

#### *Gemakkelijke Installatie:*

De volledige installatie moet zo gemakkelijk mogelijk gemaakt worden zodat de setup tijd zo kort mogelijk kan zijn. De oplossing moet dus een goed beschreven installatie en configuratie hebben, zo onafhankelijk mogelijk van de gebruikte hardware of de klas omgeving zoals een auditorium vs. Klein taal lokaal.

Als aan al deze eisen kan voldaan worden kan het resultaat veel gemakkelijker ingezet worden, en zo de algemene les ervaring verbeteren voor leerkrachten en leerlingen, zowel in-person als vanop afstand.

## 1.4 OVERZICHT VAN DE TECHNISCHE AANPAK

### 1.4.1 Planning

#### **Fase 1: Achtergrondonderzoek**

Literatuurstudie en planning

#### **Fase 2: Ontwerp en uitvoering**

Ontwerp van de systeemarchitectuur en selectie van hardware en software

*Definiëren van de eisen van het systeem, inclusief de hardware- en softwarecomponenten. Onderzoek en selecteer de geschikte microfoons en camera's die aan de eisen voldoen, rekening houdend met de kosten en beschikbaarheid.*

Implementatie van het systeem

Prototype maken en eerste testen

*Maak een prototypesysteem met één microfoon en één camera.  
Test het prototypesysteem in een echte hybride klasomgeving en verzamel gegevens over de lokalisatie van de spreker en de besturing van de camera.*

Uitbreiding en verfijning van het systeem

*Analyseer de verzamelde gegevens van het prototypesysteem en identificeer gebieden voor verbetering. (meerdere micro's en/of camera's, push to talk, exclusion of focus zones...) Verfijn het ontwerp van het systeem op basis van de resultaten van de tests. Het verfijnde systeem testen en aanvullende gegevens verzamelen om ervoor te zorgen dat het aan de eisen voldoet.*

#### **Fase 3: Verzamelen en analyseren van gegevens**

Opzetten van de testopstellingen en verzamelen van gegevens

Analyse van de gegevens

#### **Fase 4: Testen en evalueren**

Testen uitvoeren en resultaten evalueren

#### **Fase 5: Afronden van BP**

Aanpassen, proeflezen en opmaken van bp

Maken en voorbereiden presentaties

## 2. CONCEPTUELE OPLOSSING

---

### 2.1 DEELASPECTEN

Dit onderzoek vereist dat de volgende onderdelen worden aangepakt:

#### *1. Verkrijgen van locatiegegevens:*

Eerst moeten de locatiegegevens van de actieve spreker verkregen worden uit de plafondmicrofoon. Deze resultaten kunnen bestaan uit XYZ-coördinaten (Shure), de oriëntatie van een straal (Sennheiser en Yamaha) of de actieve lob (Shure).

#### *2. Gegevensfiltering:*

De verzamelde locatiegegevens moeten worden gefilterd en geanalyseerd om de locatie van de actieve spreker te isoleren. Hierbij moet vooral rekening worden gehouden met ruis, zoals hoesten, het schudden van papieren etc. zodat de camera's niet foutief getriggerd worden.

#### *3. Camerabesturing:*

Het systeem heeft een efficiënte en geautomatiseerde camerabediening nodig die snel kan reageren op veranderingen en de camera's in de kamer kan sturen om zich op de spreker te richten.

#### *4. Aansturing van de meeting software:*

De actieve spreker view moet door het systeem worden aangestuurd via zijn API of andere middelen. Het systeem moet automatisch reageren en het camerabeeld omschakelen om de actieve spreker zo goed mogelijk te tonen.

#### *5. Gebruikersinterface:*

Het systeem heeft een overzichtelijk gebruikersinterface nodig om het toegankelijk en gebruiksvriendelijk te maken. De gebruikers moeten in staat zijn het systeem te besturen en aan te passen zoals nodig.

Als al deze delen goed beantwoord kunnen worden vormen ze samen een flexibele en gemakkelijk aan te passen oplossing. Door specifieke delen uit te wisselen in het installatie proces kan er bijvoorbeeld gekozen worden tussen het type plafondmicrofoon, de gebruikte camera of de gebruikte meeting software.

## 2.2 STANDAARDOPSTELLING BIJ ASEM SOLUTIONS

Een hybride klas van ASEM-solutions bestaat meestal uit de volgende onderdelen:

*In het lokaal:*

- Een groot touchscreen scherm (Samsung Flip 85Inch) vooraan in de klas op een voet die motorisch verstelbaar is in hoogte.
- Een of meerdere schermen achteraan in het lokaal, waarop de leerlingen online die vanop afstand les volgen afgebeeld worden voor de leerkracht.
- Een scherm waarop de actieve spreker in de meeting afgebeeld wordt. Dit kan de leerkracht of de leerlingen op afstand weergeven.
- Een (tracking) camera achteraan in het lokaal, die de leerkracht volgt doorheen het lokaal en gebruikt wordt als weergave voor de leerlingen online. (meestal een Aver DL30)
- Een of meerdere microfoons in de ruimte. Hier zijn plafond microfoons of een catchbox de meest voorkomende oplossingen.
- Een room controller (zoom of teamsroom) waarop de leerkracht de meeting kan aansturen.
- Een rack of behuizing voor een groot deel van de apparatuur.

*In de rack:*

- Rack Power Distribution Unit (PDU) of verdeelstekker.
- Switch (managed or unmanaged).
- POE +(+ adapters als dit niet op de switch voorhanden is.
- Room computer. Dit is de pc waarop de meeting rooms software draait. Meestal wordt er gebruik gemaakt van een Zoomrooms of Teamsrooms-opstelling, maar daar wordt later nog verder over uitgeweid.

*Eventueel zijn er nog extra opties mogelijk zoals:*

- Verdere camera's vooraan in de klas, die de leerlingen in de klasruimte weergeven. (ptz)
- Speakers en versterkers voor de klas-ruimte.
- Extra microfoons.
- Extra schermen om de leerlingen op afstand beter weer te geven.
- Eventuele controllers voor de apparaten in het klaslokaal (Extron, Crestron, QSC, Zoomroom controls).
- Licht controllers zodat lampen in een aula of leslokaal mee bestuurd kunnen worden.
- "Slave" -room computers. Dit is een functionaliteit uit eigen productie waar een groot aantal van de zoomrooms limitaties omzeild kunnen worden zoals maximaal 3 camera's, maximaal 3 schermen etc.
- Mogelijks extra audiovisuele apparatuur voor specialere ruimtes. Een voorbeeld hiervan zijn uitbreidbare lesslokalen waarbij een kleinere ruimte door het openen van een schuifwand vergroot wordt. Hiervoor worden dan extra schermen vooraan in de aula geplaatst met de nodige switchers/routers.

Het meest voorkomende scenario is een “hybride” les waarbij er lesgegeven wordt door een leerkracht in het klaslokaal aan leerlingen die zowel ter plaatste als online meevolgen. Hierbij is het heel belangrijk dat de leerkracht, en eventueel de leerlingen in de klas altijd goed kunnen zien wie er aan het woord is. Hiervoor hebben zowel Zoom als Teams een functie om de actieve spreker weer te geven.

Dit beeld wordt bij Asem meestal weergegeven op een kleiner scherm voor de leerkracht, en als dit gevraagd wordt ook nog eens vooraan in het lokaal. Dit kan ook gebruikt worden door een leerkracht om van op afstand les te geven aan de klas. Een groot probleem is echter de weergave als 1 van de leerlingen in de klas spreekt aangezien de actieve spreker dan automatisch de “main” camera van het klaslokaal weergeeft voor alle leerlingen thuis en in de zaal.

## 3. SYSTEEMARCHITECTUUR

---

### 3.1 BESCHRIJVING VAN DE BESTAANDE MEETING SOFTWARE

#### 3.1.1 ZOOM:

Zoom is een cloud-gebaseerde videoconferentie-oplossing die wordt gebruikt voor communicatie op afstand en virtuele vergaderingen. Het is een populaire keuze vanwege zijn eenvoudige gebruikersinterface en betaalbare prijs. Een van de positieve punten van Zoom is de mogelijkheid om deel te nemen aan een vergadering zonder een account aan te maken, wat de toegankelijkheid verbetert. Bovendien biedt Zoom een hoge kwaliteit video- en audioweergave, zelfs bij minder goede internetverbindingen. Een negatief punt van Zoom is dat er recentelijk zorgen zijn uitgesproken over de beveiliging en privacy, waardoor sommige gebruikers terughoudend zijn om het te gebruiken. Daarnaast kan je met een gratis zoom licentie enkel meetings van maximaal 40 min hosten.

#### 3.1.2 ZOOM ROOMS:

Zoom Rooms is een oplossing van Zoom die speciaal is ontworpen voor grotere ruimtes zoals vergaderruimtes en conferentiezalen. Het is ontworpen om naadloos te integreren met bestaande AV-apparatuur zoals camera's, microfoons en luidsprekers. Het biedt dezelfde functies als Zoom, maar met extra mogelijkheden zoals room control en de mogelijkheid om verschillende camera's en microfoons te integreren. Zoom rooms heeft ook meerdere API's en SDK's beschikbaar, wat automatiseringen of unieke aanpassingen mogelijk maakt. Dit is heel belangrijk voor de verdere werking van dit project. Een nadeel van Zoom Rooms is dat het een extra kostenpost is en dat het meer tijd kan kosten om op te zetten.

#### 3.1.3 MS TEAMS:

MS Teams is een videoconferentie-oplossing van Microsoft en een directe concurrent van Zoom. Het biedt veel van dezelfde functies als Zoom, zoals scherm delen, chat en opname. Het is ontworpen voor bedrijven en organisaties en is een populair alternatief voor Zoom. MS Teams heeft als grootste voordeel de naadloze integratie met andere Microsoft-producten, zoals Office en OneDrive. Dit maakt het gemakkelijk voor gebruikers om bestanden te delen en samen te werken aan projecten. Een negatief punt van MS Teams is dat de gebruikersinterface minder intuïtief kan zijn dan die van andere platformen en dat het minder geschikt kan zijn voor organisaties die geen gebruik maken van Microsoft-producten. Daarnaast is het soms minder stabiel dan Zoom en veel minder flexibel voor het integreren van andere softwaretools.

#### 3.1.4 MS TEAMS ROOMS:

Microsoft Teams Rooms is een softwareplatform dat is ontworpen om videovergaderingen in vergaderruimtes te vergemakkelijken. Het is een uitbreiding van MS Teams die is ontworpen om te worden gebruikt met hardware die is geoptimaliseerd voor videovergaderingen, zoals camera's, microfoons en luidsprekers. Het grootste probleem met MS Teams rooms is echter hetzelfde als bij Teams, namelijk de grote beperking in de mogelijke instellingen en geavanceerdere aanpassingen. Het gaat zo ver dat je gespecialiseerde MS Teams rooms computers moet kopen bij specifieke dealers. Daarnaast is Teams ook beperkt tot het enkel gebruiken van 1 camera en redelijk streng vastgelegde weergaves op de schermen.

### 3.1.5 Google Meet

Google Meet is een videoconferentie-tool dat deel uitmaakt van Google Workspace en vergelijkbaar is met Zoom en MS Teams. Het platform biedt de mogelijkheid om tot 250 deelnemers te hosten. Een van de voordelen van Google Meet is dat het naadloos integreert met andere Google-apps en Google Kalender, waardoor het gemakkelijk te gebruiken is voor zakelijke doeleinden. Bovendien is het platform relatief eenvoudig te gebruiken en vereist het geen installatie van extra software. Een potentieel nadeel van Google Meet is echter dat sommige gebruikers problemen kunnen ondervinden met de beeld- en geluidskwaliteit, vooral op een slechte internetverbinding.

### 3.1.6 Gekozen meetingsoftware

Voor dit project wordt er vooral gezocht naar een oplossing voor Zoomroom en MS Teams rooms. Ik voorspel dat zoom rooms gemakkelijker zal zijn voor de oplossing aangezien er hier verschillende API's beschikbaar zijn. Het is echt belangrijk dat er een werkende opstelling wordt gevonden voor beiden aangezien veel toekomstige klanten reeds gebonden zijn aan hun meeting systeem.

## 3.2 BESCHRIJVING VAN DE BESTAANDE HARDWARE

### 3.2.1 Microfoon

#### 3.2.1.1 Sennheiser

De microfoon beschikt over achtentwintig condensator microfoon capsules die strategisch zijn geplaatst in een soort zeshoek om een brede pick-up te bieden en de geluidsbron in een vergaderruimte nauwkeurig te lokaliseren.

De TCC2 biedt verschillende interfacing opties waardoor deze kan worden geïntegreerd met bestaande vergadersystemen. Het beschikt over Ethernet en Dante-interfaces waarmee de microfoon kan worden aangesloten op netwerk gebaseerde audio-oplossingen en een hoge mate van flexibiliteit biedt. Ook is de microfoon gemakkelijk te bedienen via een web interface en kan deze worden geconfigureerd en bediend vanaf elke locatie.

De TCC2 heeft een aantal indrukwekkende technische specificaties, waaronder een frequentierespons van 160 Hz tot 18 kHz en een signaal-ruisverhouding van 83 dB. Het heeft een maximaal opnamebereik van 60 vierkante meter, wat betekent dat het ideaal is voor middelgrote tot grote vergaderruimtes. De TCC2 kan worden gevoed via Power over Ethernet (PoE), waardoor het installatieproces wordt vereenvoudigd en de kosten worden verlaagd.

Met de TCC2 is het mogelijk om de richting van een geluidsbron in een ruimte nauwkeurig te lokaliseren. Dit wordt bereikt door de gebruikte beamforming-technologie, die het mogelijk maakt om te richten waar het geluid wordt opgenomen op de spreker, terwijl het achtergrondgeluiden onderdrukt. Hiermee kan hij dan automatisch de microfooninstellingen aanpassen om de audiokwaliteit te optimaliseren. Het grootste probleem is echt dat de TCC2 maar 1 beam heeft om te richten waardoor het automatische aanpassingsproces soms hoorbaar kan zijn voor de deelnemers aan de vergadering.



### 3.2.1.2 Shure MXA910

De Shure MXA910 is microfoon-array met een innovatief steerable coverage concept dat gericht is op het optimaliseren van de dekking in vergaderruimtes. In tegenstelling tot de TCC2 die gebruik maakt van single beamforming technologie, maakt de MXA910 gebruik van verschillende individuele microfoonelementen die allemaal apart kunnen worden gericht om de opname van spraak te optimaliseren. Dit concept biedt meer flexibiliteit en maakt het mogelijk om deze 8 zones zelf te ontwerpen.

De MXA910 beschikt over acht individuele richtmicrofoons die samenwerken om een 360 graden dekking te bieden. Het steerable coverage concept maakt het mogelijk om de focus van de microfoon naar een specifieke spreker of gebied te verplaatsen. Dit wordt gedaan door de individuele microfoonelementen elektronisch aan te passen, waardoor de bundel wordt verplaatst en gericht wordt op de gewenste spreker of groep sprekers.

De MXA910 biedt ook gelijkaardige interface opties als de TCC2, waaronder Dante, analoge XLR en USB.. Het apparaat heeft ook een ingebouwde automatische mixer, waardoor de microfoon de hoeveelheid opgenomen geluid van elk element in de array kan aanpassen om zo achtergrondgeluid te minimaliseren en spraak te verbeteren.

Door de mogelijkheid om de microfoonlayout zelf te ontwerpen is de mogelijkheid om nauwkeurig de locatie van een audio-bron in de ruimte te bepalen. Dit wordt bereikt door gebruik te maken van het IntelliMix DSP algoritme, dat het geluid analyseert en de locatie van de spreker bepaalt op basis van timing en faseverschuiving van de audio-signalen die door de microfoons worden opgevangen. Dit kan helpen bij het optimaliseren van de dekking en het verminderen van echo's in de ruimte.

Al met al biedt de Shure MXA910 geavanceerde technologie voor het opnemen van spraak in vergaderruimtes, met flexibiliteit en nauwkeurige locatiebepaling van de audio-bron. Het steerable coverage concept biedt meer flexibiliteit dan beamforming en zorgt voor een betere aanpassing aan de verschillende spreekposities in de ruimte.

De MXA910 is sinds Q4 2022 niet meer leverbaar en uit de handel genomen. Hij wordt vervangen door de MXA920.

### 3.2.1.3 Shure MXA920

Net zoals de MXA910 maakt de MXA920 gebruik van het Steerable Coverage systeem. De grootste nieuwe innovatie is echter in de verwerking van deze audio. De MXA920 gebruikt een nieuw systeem voor de installatie van de verschillende lobes, wat niet alleen zorgt voor een veel gemakkelijkere installatie bij de klant, maar ook een hoop andere mogelijkheden met zich mee brengt. De MXA920 heeft onder andere ondersteuning voor "Silent Zones" waar het geluid actief wordt weggehaald (kan bijvoorbeeld op een luidruchtig raam gericht worden). Daarnaast ondersteunt deze microfoon het gebruik van XYZ coördinaten en gebruikt het heel sterke algoritmes om enkel echte stem audio door te sturen. Dit zorgt ervoor dat er geen noodzaak meer is om zelf filters te proberen maken met beperkte data. Ook de integratie van de andere Shure microfoons (lapel of tafel) zorgen voor een gemakkelijk uit te breiden systeem.

#### 3.2.1.4 Yamaha RM-CG

Functioneel gezien is de Yamaha RM-CG heel vergelijkbaar met de TCC2, met het grote verschil dat de RM-CG niet 1 maar 4 beams simultaan onderhoud. Dit haalt veel van de problematiek weg die je hebt bij de TCC2 in verband met het hoorbaar switchen van de audiokwaliteit. Dit is echter een nieuwe markt voor Yamaha en aangezien we nog niet de mogelijkheid hebben gehad deze micro langere duur te testen en er niet veel support lijkt te zijn voor geautomatiseerde communicatie met het apparaat heb ik deze uiteindelijk niet veel verder onderzocht.

#### 3.2.1.5 Andere

Verder bestaan er natuurlijk nog andere types microfoon. Deze zullen zeker ook gebruikt worden en zullen dan ook toegevoegd moeten worden aan het controle systeem.

##### *Lavalier microfoon:*

Een lavalier-microfoon, ook wel een dapseldmicrofoon genoemd, is een kleine microfoon die aan de kleding of gezicht van de spreker wordt bevestigd. Het voordeel van deze microfoon is dat de spreker zijn of haar handen vrij heeft en er geen microfoonstandaard nodig is. Daarnaast kan de microfoon discreet worden opgeborgen en is hij ideaal voor video-opnames waarbij de microfoon niet in beeld mag komen. Het nadeel van een lavalier-microfoon is dat hij gevoelig is voor ruis en bijgeluiden. Ook kan de beweging van de kleding van de spreker soms geluid veroorzaken.

##### *Tafelmicrofoon:*

Een tafelmicrofoon is een microfoon die op een tafel of bureau wordt geplaatst en meestal wordt gebruikt voor conferenties of vergaderingen. Tafelmicrofoons bestaan in alle prijsklassen, wat vooral belangrijk wordt als je er veel moet installeren in een meeting ruimte (denk conference room). Het nadeel van een tafelmicrofoon is dat hij niet geschikt is voor situaties waarin de spreker moet bewegen of waar de microfoon op afstand moet worden geplaatst. Daarnaast kan de microfoon gevoelig zijn voor achtergrondgeluiden, zoals het tikken van een pen op een tafel.

##### *Catchbox*

De Catchbox-microfoon is een unieke draadloze microfoon die gebruikt kan worden bij interactieve bijeenkomsten. De microfoon is ontworpen om de interactie tussen spreker en publiek te verbeteren. Een van de grootste voordelen van de Catchbox-microfoon is dat deze kan worden gegooid tussen sprekers en publiek, waardoor het eenvoudig is om van spreker te wisselen. Dit maakt de Catchbox-microfoon uiterst geschikt voor interactieve situaties zoals lessen in aula's en lezingen. Een nadeel van de Catchbox-microfoon is dat de audio af en toe niet optimaal kan zijn vanwege de beweging van de microfoon tijdens het gooien.

Hoewel al deze microfoon types eigenlijk in te werken zijn in dit controlesysteem zal dit nog niet rechtstreeks deel uit maken van deze scriptie. Als er een specifieke keuze gemaakt moet worden voor een nieuwe installatie waarbij deze producten gewenst zijn zou ik zeker kiezen voor microfoons van Shure aangezien deze heel eenvoudig te integreren zijn in 1 audio opstelling die gemakkelijk te beheren is.

#### 3.2.1.6 Gekozen Microfoon

Voor de ideale opstelling zou ik kiezen voor een Shure MXA920. De mogelijkheden die beschikbaar zijn in verband met locatie bepaling, setup, gebruiksgemak en integratie mogelijkheid met andere apparaten van het zelfde merk maken hierbij het grootste verschil. Ook is er goede documentatie te vinden over de communicatie en functionaliteit van de microfoon.

Voor de Experimenten in de toonzaal moet er echter hoofdzakelijk gewerkt worden met een MX910 aangezien deze voorhanden is en de MXA920 momenteel te lange levertijden heeft.

### 3.2.2 Camera

#### 3.2.2.1 *Ptz*

### 3.3 BESCHRIJVING VAN DE BESTAANDE CONTROLESOFTWARE

#### 3.3.1 Companion

Bitfocus Companion is een softwareprogramma waarmee gebruikers verschillende apparaten en softwaretoepassingen vanuit één interface kunnen bedienen. Het programma is ontworpen om workflows te vereenvoudigen voor live producties, presentaties en andere evenementen waarbij meerdere apparaten tegelijk moeten worden bediend.

Het programma werkt door een virtuele interface te creëren waarmee gebruikers verschillende functies kunnen toewijzen aan fysieke knoppen of schakelaars op een MIDI-controller, toetsenbord of ander invoerapparaat. Deze functies kunnen het regelen van verlichting, audio, video en andere apparaten omvatten, evenals het triggeren van macro's of scripts binnen softwaretoepassingen.

Een van de belangrijkste voordelen van Bitfocus Companion is de mogelijkheid om te integreren met een breed scala aan apparaten en softwaretoepassingen, inclusief populaire programma's zoals OBS Studio, vMix en Zoom. Dit maakt het een zeer flexibele oplossing voor live producties en evenementen, omdat het kan worden aangepast aan de specifieke behoeften van de gebruiker.

Daarnaast ondersteunt Bitfocus Companion geavanceerde functies zoals multi-action commando's, timers en voorwaardelijke statements, waardoor gebruikers complexe workflows gemakkelijk kunnen creëren. Dit kan helpen bij het stroomlijnen van productieprocessen en het verminderen van het risico op fouten of vertragingen tijdens live evenementen.

Over het algemeen is Bitfocus Companion een krachtige en veelzijdige tool voor het bedienen van meerdere apparaten en softwaretoepassingen in live productieomgevingen. De flexibiliteit en aanpassingsmogelijkheden maken het een ideale oplossing voor een breed scala aan toepassingen, van kleine presentaties tot grootschalige evenementen.

### 3.4 MICROFOONGEGEVENSVERZAMELING EN -VERWERKING

3.4.1 Beschrijving van het proces voor het verzamelen van microfoongegevens

3.4.2 Overzicht van de technieken voor de verwerking van microfoongegevens

### 3.5 ZOOM EN/OF TEAMS API-BESTURING

3.5.1 Beschrijving van het Zoom en/of Teams API-besturingssysteem

3.5.2 Overzicht van de API-commando's die worden gebruikt om de meeting te besturen

### 3.6 CAMERABESTURING

3.6.1 Beschrijving van de verschillende camerabedieningssystemen

3.6.2 Uitleg van de technieken die worden gebruikt om de camera te besturen

3.6.3 Overzicht van de verschillende modi

### 3.7 ALGEMENE AANSTURING VOOR EEN KLASRUIMTE

3.7.1 Gebruikte protocollen

*TCP (Transmission Control Protocol)*

is een protocol dat wordt gebruikt voor betrouwbare, geordende en foutvrije overdracht van gegevens over een netwerk. Het zorgt ervoor dat elk bericht dat wordt verzonden, wordt gecontroleerd op fouten en dat het in de juiste volgorde aankomt.

*UDP (User Datagram Protocol)*

is ook een protocol voor gegevensoverdracht over een netwerk, maar in tegenstelling tot TCP is UDP sneller en minder betrouwbaar. Het verzendt de gegevens zonder garantie van levering of volgorde.

*OSC (Open Sound Control)*

is een protocol dat wordt gebruikt om berichten te verzenden en ontvangen tussen apparaten in een netwerk. Het werd oorspronkelijk ontwikkeld voor de muziekindustrie, maar wordt nu ook gebruikt in andere toepassingen zoals beeldverwerking en automatisering. OSC is ontworpen om eenvoudig te zijn en kan worden gebruikt voor allerlei soorten apparaten en toepassingen.

*NDI (Network Device Interface)*

is een protocol dat wordt gebruikt voor het verzenden van hoge kwaliteit video- en audiostreams over een netwerk. Het werd ontwikkeld door NewTek en wordt veel gebruikt in de broadcast-industrie. Het kan worden gebruikt om video- en audiostreams tussen verschillende apparaten te verzenden zonder de noodzaak van speciale hardware.

*SDI (Serial Digital Interface)*

is een standaard voor het verzenden van ongecomprimeerde digitale videosignalen over een coaxkabel. Het wordt veel gebruikt in de professionele broadcast-industrie en biedt een hoge kwaliteit signaaloverdracht zonder compressie. SDI ondersteunt ook audio- en tijdcodesignalen en kan worden gebruikt voor het verzenden van meerdere streams over één kabel.

### *Dante*

De Dante-protocol is een digitale media-netwerkprotocol dat wordt gebruikt om geluid van hoge kwaliteit te leveren over IP-netwerken. Het is ontwikkeld door het bedrijf Audinate en biedt een efficiënte en betrouwbare manier om digitale audio van en naar apparaten te verzenden en te ontvangen.

Het Dante-protocol maakt gebruik van standaard Ethernet-hardware en biedt een plug-and-play oplossing voor het creëren van audio-netwerken. Het ondersteunt honderden audiokanalen en biedt lage latentie en hoge synchronisatie, waardoor het ideaal is voor live-evenementen, broadcasting, en andere toepassingen waarbij hoge kwaliteit geluid cruciaal is.

Het Dante-protocol is gebaseerd op IP-technologie en maakt gebruik van standaard netwerkhardware, waardoor het flexibel en schaalbaar is. Het biedt ook de mogelijkheid om audiosignalen over lange afstanden te verzenden zonder de noodzaak van dure kabels en versterkers.

Als gevolg van de hoge kwaliteit van het geluid, de efficiëntie en betrouwbaarheid, wordt het Dante-protocol veel gebruikt in de professionele audio-industrie, inclusief opnamestudio's, theaters, en live evenementen. Het is een belangrijk onderdeel geworden van moderne audio-installaties en heeft een revolutie teweeggebracht in de manier waarop digitale audio wordt verzonden en ontvangen.

## 3.8 GEBRUIKERSINTERFACE

### 3.8.1 Beschrijving van de gebruikersinterface van het systeem

### 3.8.2 Uitleg van de verschillende functies en bedieningselementen

## 4. IMPLEMENTATIE EN TESTEN

---

### 4.1 OVERZICHT VAN HET IMPLEMENTATIEPROCES VAN HET SYSTEEM

### 4.2 BESCHRIJVING VAN HET TESTPROCES

### 4.3 PRESENTATIE VAN DE TESTRESULTATEN

## 5. CONCLUSIE

---

### 5.1 SAMENVATTING VAN DE TECHNISCHE AANPAK EN DE BIJDRAGEN

### 5.2 BESPREKING VAN DE POTENTIËLE TOEPASSINGEN VAN HET SYSTEEM

### 5.3 SUGGESTIES VOOR TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

## 6. REFERENTIES

---

### 6.1 LIJST VAN ALLE IN HET PROEFSCHRIFT GENOEMDE BRONNEN

- “Automatische cameratracking kan videogesprekken verbeteren, met hulp van de MXA920.” Accessed May 5, 2023. <https://www.shure.com/nl-BE/conferenties-vergaderingen/ignite/automatische-cameratracking-kan-videogesprekken-verbeteren-met-hulp-van-de-mxa920>.
- “Ceiling Microphone TeamConnect Ceiling 2 | Sennheiser.” Accessed April 30, 2023. <https://en-us.sennheiser.com/tcc2>.
- “Ceiling Microphone TeamConnect Ceiling 2 | Sennheiser.” Accessed May 5, 2023. <https://en-us.sennheiser.com/tcc2>.
- “Command Strings | MXA910 | Command Strings | Shure Publications.” Accessed April 30, 2023. <http://pubs.shure.com/command-strings/MXA910/en-US>.
- “Command Strings | MXA920 | Command Strings | Shure Publications.” Accessed May 5, 2023. <http://pubs.shure.com/command-strings/MXA920/en-US>.
- FaithOmbongi. “Paging Microsoft Graph Data in Your App - Microsoft Graph,” January 27, 2023. <https://learn.microsoft.com/en-us/graph/paging>.
- “MXA910 - Ceiling Array Microphone - Shure USA.” Accessed April 30, 2023. <https://www.shure.com/en-US/products/microphones/mxa910?variant=MXA910AL-60CM>.
- “MXA910, MXA910-60CM, MXA910W-A, MXA910W-US User Guide.” Accessed April 30, 2023. [https://pubs.shure.com/guide/MXA910/en-US?\\_gl=1\\*v5zarj\\*\\_ga\\*MjEzNjc4OTE4My4xNjgyODA2MDE5\\*\\_ga\\_DB3CR9SF0C\\*MTY4MjgwNjAxOS4xLjEuMTY4MjgwNjAzNi40My4wLjA.&\\_ga=2.207533588.629611007.1682806019-2136719183.1682806019](https://pubs.shure.com/guide/MXA910/en-US?_gl=1*v5zarj*_ga*MjEzNjc4OTE4My4xNjgyODA2MDE5*_ga_DB3CR9SF0C*MTY4MjgwNjAxOS4xLjEuMTY4MjgwNjAzNi40My4wLjA.&_ga=2.207533588.629611007.1682806019-2136719183.1682806019).
- “MXA920 - Plafondarraymicrofoon - Shure undefined.” Accessed May 5, 2023. <https://www.shure.com/nl-BE/producten/microfoons/mxa920?variant=MXA920W-S-60CM>.
- “Network Device Interface.” In *Wikipedia*, April 29, 2023. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Network\\_Device\\_Interface&oldid=1152329030](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Network_Device_Interface&oldid=1152329030).
- nkramer. “Use the Microsoft Graph API to Work with Microsoft Teams - Microsoft Graph v1.0,” March 4, 2023. <https://learn.microsoft.com/en-us/graph/api/resources/teams-api-overview>.
- “Open Sound Control.” In *Wikipedia*, January 1, 2023. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Open\\_Sound\\_Control&oldid=1130824556](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Open_Sound_Control&oldid=1130824556).
- “RM-CG - Specs - Yamaha - Other European Countries.” Accessed May 5, 2023. [https://europe.yamaha.com/en/products/unified\\_communications/microphone\\_systems/rm-cg/specs.html](https://europe.yamaha.com/en/products/unified_communications/microphone_systems/rm-cg/specs.html).
- Sennheiser, Jörg. “Sennheiser Electronic GmbH & Co. KG.” In *Deutsche Standards Beispielhafte Geschäftsberichte*, edited by Olaf Salié and Cläre Stauffer, 300–303. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2004. [https://doi.org/10.1007/978-3-322-99378-6\\_73](https://doi.org/10.1007/978-3-322-99378-6_73).
- “Serial Digital Interface.” In *Wikipedia*, January 6, 2023. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Serial\\_digital\\_interface&oldid=1131992704](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Serial_digital_interface&oldid=1131992704).

"Transmission Control Protocol." In *Wikipedia*, May 1, 2023.

[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Transmission\\_Control\\_Protocol&oldid=1152643298](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Transmission_Control_Protocol&oldid=1152643298).

"User Datagram Protocol." In *Wikipedia*, April 8, 2023.

[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=User\\_Datagram\\_Protocol&oldid=1148877294](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=User_Datagram_Protocol&oldid=1148877294).

zoomvideocommunications. "Introduction to Zoom APIs." Accessed April 30, 2023.

<https://developers.zoom.us/docs/api/>.

zoomvideocommunications. "Zoom Developer Docs." Accessed April 30, 2023.

<https://developers.zoom.us/docs/>.



## 7. BIJLAGEN

---

7.1 TECHNISCHE DETAILS VAN DE GEBRUIKTE HARDWARE EN SOFTWARE

7.2 CODEFRAGMENTEN EN COMMANDO'S

7.3 GEBRUIKERSHANDLEIDING VOOR HET SYSTEEM.