

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	21
3.4 Gebruikte protocollen	23
4. Uitwerking	24
4.1 Gebruikte opstelling	24
4.2 Functionele ontwikkeling	25
5. Conclusie	28
5.1 Samenvatting van de technische aanpak en de bijdragen	28
5.2 Bespreking van de potentiële toepassingen van het systeem	28
5.3 Suggesties voor toekomstige ontwikkeling	28
6. Referenties	29
6.1 Lijst van alle in het proefschrift genoemde bronnen	29
7. Bijlagen	31
7.1 Technische details van de gebruikte hardware en software	31
7.2 Codefragmenten en commando's	31
7.3 Installatiehandleiding	31
7.4 Gebruikershandleiding	31

Figurenlijst

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 of hybride klaslokalen waar face-to-face en online leren gecombineerd worden, is het weergeven van de actieve spreker. De actieve spreker is de spreker die 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 volledig 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 die zich in de ruimte bevindt.

Deze studie is gericht op het onderzoeken van de mogelijkheid om microfoonpositiegegevens te gebruiken om de presentaties van actieve sprekers in hybride klaslokalen te verbeteren en 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 via de camera's in de ruimte automatisch in beeld te brengen en de beelden 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 dat 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 weergave van de actieve spreker 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 en 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 ervoor 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 heel 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-Solutions 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 versus klein 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 selectie van 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 testen

Een prototypesysteem ontwikkelen met één microfoon en één camera. Testen van het prototypesysteem in een echte hybride klasomgeving en gegevens verzamelen over de lokalisatie van de spreker en de besturing van de camera.

Uitbreiding en verfijning van het systeem

Analyse van de verzamelde gegevens van het prototypesysteem en gebieden voor verbetering identificeren. (verschillende micro's en/of camera's, push to talk, exclusion of focus zones...) Het ontwerp van het systeem verfijnen 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 installatieproces 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, die vanop afstand online 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-Solutions 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 een van de leerlingen in de klas spreekt aangezien de actieve spreker dan automatisch de hoofdcamera 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 een richting aan te geven waar het geluid moet opgevangen worden, 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 een *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 plaatsen.

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 microfoontypes 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 een audio opstelling die gemakkelijk te beheren is.

3.2.1.6 Gekozen Microfoon

De Sennheiser TCC2 microfoon is in staat om geluidsgegevens vast te leggen. Er zijn echter enkele beperkingen aan de functionaliteit ervan. Een uitdaging bij de TCC2 is de manier waarop deze locatiegegevens verstrekt. Het maakt gebruik van *beamforming*-technologie om de richting van de audiobron te bepalen in termen van twee hoeken ten opzichte van zichzelf. Hoewel de microfoon richtingsinformatie biedt, geeft deze geen specifieke locatiegegevens. Bovendien duurt de overgang tussen twee audio-ingangen voor locatiewisseling aanzienlijk lang, wat een nadeel kan zijn. De integratie met andere microfoons kan uitdagend zijn vanwege de specifieke implementatie.

De Shure MXA910 microfoon is technisch functioneel, maar heeft bepaalde beperkingen in de werking ervan. De gegevens verkregen van de MXA910 zijn niet continu, maar eerder onderbroken. Het geeft alleen een signaal wanneer er een verandering is in de audiobron. Een groot probleem bij de MXA910 is het ontbreken van input tijdens het spreken, waardoor het moeilijk is om filters toe te voegen of de audio effectief te verwerken. Bovendien wordt de MXA910 microfoon niet meer geproduceerd en kan het lastig zijn om deze in een klaslokaalomgeving op te zetten.

De Shure MXA920 microfoon biedt verbeteringen ten opzichte van de MXA910 wat betreft functionaliteit en gebruiksgemak in een klaslokaalomgeving. In tegenstelling tot de MXA910 maakt de MXA920 microfoon geen gebruik meer van een lobe-structuur voor ruimtelijke positionering, maar gebruikt zones voor ruimtelijke indeling. Deze wijziging maakt het gemakkelijker om de microfoon in een klaslokaal op te zetten. De MXA920 biedt continue locatiegegevens, wat het probleem van het integreren van filters in het systeem oplost. Het ondersteunt ook XYZ-coördinaten, wat gunstig kan zijn voor ruimtelijke analyse. Een ander opmerkelijk kenmerk van de MXA920 zijn de dode zones, die nuttig kunnen zijn voor specifieke toepassingen.

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 werd er eerst gebruik gemaakt van een MXA910 omdat die beschikbaar was en nadien van de modernere MXA920.

3.2.2 Camera

Er zijn verschillende camera-opties beschikbaar voor gebruik in een hybride klaslokaal, waaronder die met NDI- of HDMI-uitvoer. Hieronder worden enkele van deze opties besproken:

3.2.2.1 PTZOptics NDI-camera's:

PTZOptics biedt een reeks PTZ-camera's met NDI-uitvoer. Deze camera's maken gebruik van de NDI-technologie voor het verzenden van video- en audiosignalen via een IP-netwerk. Ze bieden uitstekende beeldkwaliteit en ondersteunen soepele pan-tilt-zoom-bewegingen. Met de NDI-uitvoer kunnen de camera's naadloos worden geïntegreerd in netwerken en compatibele systemen in een hybride klasomgeving.

3.2.2.2 BirdDog NDI-camera's:

BirdDog biedt ook PTZ-camera's met NDI-uitvoer. Deze camera's leveren hoge beeldkwaliteit en bieden geavanceerde functies, zoals automatische scherpstelling en geavanceerde kleurinstellingen. De BirdDog-camera's kunnen gemakkelijk worden geïntegreerd in NDI-netwerken en compatibele systemen, waardoor ze geschikt zijn voor gebruik in een hybride klaslokaal.

3.2.2.3 ATEM Mini HDMI-camera's:

De ATEM Mini-serie van Blackmagic Design biedt HDMI-camera's die kunnen worden gebruikt in combinatie met de ATEM Mini HDMI-switcher. Deze camera's bieden uitstekende beeldkwaliteit en kunnen eenvoudig worden aangesloten op de ATEM Mini voor live camera-switching en streaming in een hybride klasomgeving.

3.2.2.4 Aver DL30 & DL10

Na zorgvuldig onderzoek en evaluatie hebben we gekozen voor de AVER DL30 en DL10 PTZ-camera's als de meest geschikte optie voor gebruik in ons hybride klaslokaal. Deze camera's zijn niet alleen technisch geavanceerd, maar ook al in gebruik in de bestaande klaslokalen. De DL30 en DL10 bieden uitstekende beeldkwaliteit, flexibiliteit en nauwkeurige pan-tilt-zoom-functionaliteit, waardoor ze ideaal zijn voor het vastleggen van zowel de docent als het klaslokaal tijdens hybride lessen.

3.2.2.5 Gekozen camera

De keuze voor de DL30 en DL10 PTZ-camera's heeft echter implicaties voor de camera-aansturing. In plaats van een ATEM Mini of een vergelijkbaar apparaat te gebruiken, heb ik besloten OBS (Open Broadcaster Software) te gebruiken voor het schakelen tussen camera's en het creëren van verschillende scènes in het hybride klaslokaal. OBS biedt een uitgebreide set functies en is compatibel met de DL30 en DL10 camera's. Door OBS te gebruiken, kan er eenvoudig geschakeld worden tussen verschillende camera's. Hierdoor kan de docent of het klaslokaal weergegeven worden, afhankelijk van de behoeften van de hybride les.

Met de keuze voor de AVER DL30 en DL10 PTZ-camera's en het gebruik van OBS, kunnen we een effectieve en geïntegreerde oplossing bieden voor het vastleggen en weergeven van de actieve spreker in een ruimte. Deze setup biedt flexibiliteit, uitstekende beeldkwaliteit en maakt een naadloze integratie mogelijk met verschillende conferentie software waardoor zowel de docent als de studenten een optimale leerervaring kan hebben.

3.3 BESCHRIJVING VAN DE BESTAANDE CONTROLESOFTWARE

3.3.1 Qsys:

Qsys is een krachtig audioverwerkings- en besturingssysteem dat vaak wordt gebruikt in professionele AV-opstellingen. Het biedt flexibele routingopties, audiomixing en aansturing van verschillende apparaten. Qsys maakt gebruik van een intuïtieve grafische gebruikersinterface voor het configureren en bedienen van het systeem. Het kan echter enige technische expertise en configuratietijd vereisen om het systeem volledig te optimaliseren en aan te passen aan de specifieke behoeften van het hybride klaslokaal.

3.3.2 Extron:

Extron is een toonaangevend bedrijf op het gebied van AV-besturingssystemen en biedt een breed scala aan producten voor het beheer en bedienen van apparaten in een hybride klaslokaal. Met Extron kunnen gebruikers eenvoudig audio- en videoapparaten integreren en bedienen via een intuïtieve gebruikersinterface. Het systeem biedt geavanceerde functionaliteiten zoals AV-routing, bronselectie en automatisering. Hoewel Extron een uitgebreide set aan mogelijkheden biedt, kan het in sommige gevallen complexer zijn om te configureren en te integreren met andere apparatuur.

3.3.3 Crestron:

Crestron is een veelgebruikt besturingssysteem dat wordt toegepast in diverse AV-omgevingen, waaronder hybride klaslokalen en vergaderruimtes. Het biedt uitgebreide mogelijkheden voor het aansturen en beheer van apparaten, zoals camera's, displays en verlichting. Crestron heeft een intuïtieve gebruikersinterface en ondersteunt geavanceerde automatisering en systeemintegratie. Een mogelijke uitdaging bij Crestron is de complexiteit van de configuratie en het vereiste maatwerk, wat specifieke kennis en training kan vereisen.

3.3.4 Andere software- en hardware-oplossingen:

Naast Qsys, Extron en Crestron zijn er ook andere software- en hardware-oplossingen beschikbaar voor het beheer en de controle van apparaten in een hybride klaslokaal of boardroom. Enkele van deze oplossingen zijn:

AMX-besturingssystemen van Harman

Control4-besturingssystemen

Kramer-besturingssystemen

Medialon-besturingssystemen

Bitfocus Companion

3.3.5 Bitfocus 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.

3.3.6 Waarom Bitfocus Companion

In ons hybride klaslokaal hebben we ervoor gekozen om Bitfocus Companion te gebruiken als besturingssysteem voor de apparaten. Deze keuze is gebaseerd op verschillende overwegingen, waaronder de prijs van de apparatuur, de eenvoud van de installatie en het gebruiksgemak.

Een belangrijke factor bij de keuze voor Bitfocus Companion was de prijs. Bitfocus Companion biedt een kosteneffectieve oplossing voor het aansturen van apparaten, waardoor we binnen ons budget konden blijven zonder concessies te doen aan de functionaliteit.

Daarnaast was de eenvoud van de installatie een doorslaggevende factor. Bitfocus Companion is relatief eenvoudig te installeren en te configureren, waardoor we snel operationeel konden zijn zonder uitgebreide technische expertise of ingrijpende wijzigingen in de infrastructuur.

Een ander voordeel van Bitfocus Companion is de gebruiksvriendelijke interface en de beschikbare functionaliteit. Het biedt flexibele mogelijkheden voor het bedienen van camera's, microfoons en andere apparaten, evenals de mogelijkheid om aanpassingen en triggers te programmeren. Dit stelt ons in staat om het systeem naar onze specifieke behoeften te configureren en aan te passen.

Hoewel Bitfocus Companion de gewenste functionaliteit biedt, moeten we erkennen dat er enkele beperkingen zijn. Het kan minder geavanceerde automatiseringsmogelijkheden hebben in vergelijking met andere systemen zoals Crestron of Extron. Bovendien kan het gebruik van Bitfocus Companion vereisen dat docenten en personeel worden getraind in het gebruik van het systeem, hoewel de leercurve over het algemeen minder steil is dan bij andere geavanceerde besturingssystemen.

Door te kiezen voor Bitfocus Companion als besturingssysteem voor onze apparaten, hebben we een evenwicht gevonden tussen functionaliteit, prijs en gebruiksgemak voor ons hybride klaslokaal.

3.4 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 tijcodesignalen en kan worden gebruikt voor het verzenden van meerdere streams over één kabel.

Dante

Het Dante-protocol is een digitaal 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.

4. UITWERKING

4.1 GEBRUIKTE OPSTELLING

4.1.1 Hardware opstelling

De fysieke opstelling van het systeem omvat verschillende componenten die samenwerken om een naadloze hybride leerervaring mogelijk te maken. Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste componenten en hun functies:

Zoomroom-computers:

Het systeem maakt gebruik van twee Zoomroom-computers, een master en een slave. Deze computers zijn speciaal geconfigureerd voor gebruik in Zoom-omgevingen en fungeren als de centrale besturingseenheid voor audio, video en communicatie. Ze zijn verbonden met het netwerk en werken samen om een soepele en betrouwbare Zoom-ervaring te bieden.

Samsung TV's:

Er zijn in totaal vier Samsung TV's aanwezig in de klasruimte. Drie van deze TV's zijn verbonden met de master Zoomroom-computer via HDMI en worden gebruikt voor het weergeven van video-inhoud, zoals presentaties of gedeeld scherm. De vierde TV is verbonden met de slave Zoomroom-computer en biedt een extra weergave-optie voor deelnemers in de klasruimte.

AUDAC AMP203-versterker en luidsprekers:

Het systeem omvat een AUDAC AMP203-versterker die is aangesloten op het audioapparaat. Deze versterker stuurt het audio-sigitaal naar twee analoge luidsprekers in de klasruimte. Hierdoor kan hoogwaardig geluid worden geproduceerd voor een optimale luisterervaring.

Shure MXA920-plafondmicrofoon:

Deze hoogwaardige microfoon is strategisch geplaatst in het midden van de klasruimte en maakt gebruik van geavanceerde beamforming-technologie om geluid van de sprekers op te vangen. De MXA920-microfoon is verbonden met het netwerk via Ethernet en levert nauwkeurige locatiegegevens van de sprekers, wat essentieel is voor het optimaliseren van de weergave van de actieve spreker.

AVER DL30 en DL10 PTZ-camera's:

Het systeem maakt gebruik van twee AVER DL30 en DL10 PTZ-camera's. Deze camera's zijn strategisch geplaatst in de klasruimte en bieden de mogelijkheid om zowel de docent als de studenten vast te leggen. Ze zijn verbonden met de master Zoomroom-computer via USB en met het switch-apparaat. Dit stelt het systeem in staat om de video-opnames van de camera's naar de gewenste apparaten te sturen voor weergave en opname.

Streamdeck:

Er is een Streamdeck-apparaat aanwezig dat is verbonden met de hoofd-Zoomroom-computer via USB. Het Streamdeck biedt een gebruiksvriendelijke interface waarmee de docent snel toegang heeft tot verschillende bedieningselementen en acties kan uitvoeren, zoals het starten van video-opname, het wijzigen van camera-instellingen en het regelen van audio.

Deze componenten vormen de fysieke infrastructuur van het systeem, die zorgvuldig is ontworpen en geconfigureerd om een optimale hybride leerervaring mogelijk te maken. Ze werken samen met de softwarematige oplossingen, zoals de ontwikkelde Python-code voor het verzamelen van

locatiegegevens van de MXA920-microfoon, de Bitfocus Companion-setup en de OBS-configuratie, om een geïntegreerde en geoptimaliseerde leeromgeving te creëren.

4.1.2

4.2 ONTWIKKELINGSPROCES

4.2.1 Verkrijgen van locatiegegevens

Het ontwikkelingsproces voor het Python-script dat specifiek is ontworpen om gegevens van de microfoon uit te lezen en door te sturen, bestond uit verschillende stappen en uitdagingen. Het doel was om een betrouwbare en effectieve oplossing te creëren die voldeed aan de vereisten van het project. Hieronder volgt een gedetailleerd overzicht van het ontwikkelingsproces.

Eerst werden verschillende microfoontypes onderzocht om de meest geschikte keuze te maken. De Sennheiser TCC2-microfoon werd getest en hoewel deze werkte, waren er enkele beperkingen. De manier waarop de microfoon locatiegegevens doorstuurde, via beamforming met twee hoeken ten opzichte van zichzelf, maakte het moeilijk om specifieke locaties te bepalen. Bovendien duurde het wisselen tussen twee audioinputs lang, wat resulteerde in een mindere kwaliteit en een moeilijke integratie met andere microfoons. Het was duidelijk dat een alternatieve microfoon nodig was.

Daaropvolgend werd de Shure MXA910-microfoon onderzocht. Hoewel deze technisch gezien werkte, bleek de verkregen data niet continu te zijn. Er was alleen een signaal wanneer er een wisseling plaatsvond, wat betekende dat er geen input tijdens het spreken was. Dit creëerde uitdagingen bij het toevoegen van een filter en maakte het moeilijk om de microfoon in een klaslokaal op te zetten. Na evaluatie werd besloten dat de Shure MXA910-microfoon niet aan de vereisten voldeed.

Uiteindelijk werd de keuze gemaakt voor de Shure MXA920-microfoon. Deze microfoon bood verschillende voordelen ten opzichte van de andere opties. De ruimtelijke indeling werkte niet meer via een lobe structuur, maar gebruikte zones, waardoor het eenvoudiger was om de microfoon in een klaslokaal op te zetten. Belangrijker nog, de locatiedata van de MXA920-microfoon werd continu verzameld, waardoor het probleem met het toevoegen van een filter werd opgelost. Bovendien bood de microfoon de mogelijkheid om XYZ-coördinaten te gebruiken, wat nauwkeurigere positionering mogelijk maakte. Een ander voordeel was het concept van deadzones, wat nuttig was in een hybride klasomgeving.

Na het bepalen van de juiste microfoon, moest het aan- en uitzetten van de code voor het verzenden van gegevens worden geïmplementeerd. Verschillende alternatieven werden getest, waaronder het handmatig starten en stoppen van het script. Helaas ontstond er een probleem met lange wachttijden die fouten veroorzaakten. Om dit probleem op te lossen, werd besloten om het Python-script als een multi-threaded programma te laten werken, waarbij aparte TCP-listeners continu openstonden. Hierdoor kon het verzenden van gegevens op elk gewenst moment worden geactiveerd of gedeactiveerd.

Een ander belangrijk aspect was het filteren van de code. Verschillende filtermethodes werden getest, waaronder ongefilterd, minimum activity window en rolling average. Elk van deze methoden had zijn eigen uitdagingen en bleek niet volledig geschikt te zijn. Uiteindelijk werd gekozen voor een combinatie van de rolling average en minimum activity window, waarbij de meest actieve gegevens van de afgelopen twee seconden werden doorgegeven. Deze oplossing bleek effectief te zijn in het verminderen van ruis en het behouden van relevante informatie.

Ten slotte moesten de gefilterde gegevens naar het companion-apparaat worden gestuurd voor verdere verwerking. Door gebruik te maken van de TCP-verbinding met het companion-apparaat werd de relevante informatie verzonden, zoals de positie van de spreker en andere gegevens die nodig waren voor verdere analyse en visualisatie.

4.2.2 Centrale sturing via companion

De Bitfocus Companion setup is speciaal ontworpen om verschillende apparaten in de ruimte met elkaar te verbinden via TCP- en UDP-verbindingen. Met behulp van deze verbindingen worden de apparaten onderling gecommuniceerd en kunnen ze samenwerken om een geïntegreerde en geautomatiseerde omgeving te creëren.

De setup omvat het leggen van verschillende TCP- en UDP-connecties tussen de companion en de apparaten in de ruimte. Deze connecties worden tot stand gebracht door de juiste IP-adressen in te vullen, waardoor de communicatie tussen de apparaten mogelijk wordt gemaakt. Dit zorgt ervoor dat de verschillende componenten van de setup naadloos kunnen samenwerken en informatie kunnen uitwisselen.

Het programmeerbare gedeelte van de setup bestaat uit buttons waaraan specifieke acties kunnen worden gekoppeld. Deze buttons fungeren als een soort bedieningspaneel, waarbij elke button kan worden geprogrammeerd om een bepaalde functie uit te voeren. Dit stelt gebruikers in staat om snel en eenvoudig verschillende handelingen uit te voeren zonder dat ze complexe commando's of procedures hoeven te onthouden.

De setup maakt gebruik van variabelen, zoals actieve zones, die vanaf een afstand kunnen worden bewerkt. Deze variabelen kunnen worden aangepast aan de specifieke behoeften van de ruimte en bieden flexibiliteit in de bediening en aansturing van de apparaten. Dit stelt gebruikers in staat om de setup aan te passen aan verschillende situaties en scenario's.

Om een overzichtelijke gebruikersinterface te bieden, is de setup voorzien van verschillende tabbladen. Deze tabbladen worden weergegeven op een tablet of Stream Deck, waardoor gebruikers eenvoudig kunnen navigeren en interageren met de verschillende functies en instellingen van de setup. Elke tabblad biedt een specifiek aspect van de setup, zoals de gebruikersinterface, microfooncommando's, camera-aansturing, en andere relevante functionaliteiten.

Binnen het tabblad voor microfooncommando's worden alle relevante gegevens verzameld die door de companion naar de microfoon worden gestuurd. Dit omvat functies zoals mute, het selecteren van zones, en andere commando's die nodig zijn voor de bediening en aansturing van de microfoon. Gebruikers kunnen eenvoudig schakelen tussen verschillende instellingen en acties, waardoor ze volledige controle hebben over de audioweergave en instellingen van de microfoon.

Naast de microfooncommando's biedt de setup ook buttons voor de aansturing van camera's. Deze buttons stellen gebruikers in staat om de cameraposities en -instellingen te wijzigen, waardoor ze de volledige controle hebben over de cameraweergave en opnames. Dit omvat functies zoals het wisselen tussen verschillende camerapreset, het aanpassen van zoomniveaus, en andere cameragerelateerde handelingen.

Hoewel de aansturing van tv's minder van toepassing is op dit specifieke ontwerp, is deze functionaliteit wel geïmplementeerd in de code van de setup. Dit betekent dat de setup de mogelijkheid heeft om tv's aan te sturen en te integreren in het geheel. Dit kan bijvoorbeeld handig zijn voor het weergeven van presentaties, video's, of andere visuele content op de tv-schermen in de ruimte.

Een belangrijk aspect van de Bitfocus Companion setup is de volledige aansturing van OBS (Open Broadcaster Software). Met deze setup kunnen gebruikers alle functionaliteiten van OBS bedienen en controleren, zoals het schakelen tussen verschillende camera-instellingen, het selecteren van specifieke camera presets, en het beheren van livestreams. Dit biedt gebruikers een geïntegreerde en allesomvattende oplossing voor het beheren van hun livestreams en audiovisuele content.

De setup maakt ook gebruik van trigger buttons, die geactiveerd kunnen worden door specifieke triggers. Deze triggers kunnen worden aangepast aan de specifieke opstelling van de ruimte en kunnen bijvoorbeeld worden geactiveerd door het detecteren van beweging, geluid, of andere gebeurtenissen. Op basis van deze triggers kunnen vooraf geprogrammeerde acties worden uitgevoerd, zoals het starten van een bepaald scenario of het wijzigen van de instellingen van de apparaten.

Het geluid kan ook worden geïntegreerd in de setup, afhankelijk van de specifieke vereisten van de ruimte. Dit kan bijvoorbeeld betrekking hebben op het afspelen van achtergrondmuziek, het aansturen van luidsprekersystemen, of andere audiogerelateerde handelingen. De mogelijkheden zijn flexibel en kunnen worden aangepast aan de specifieke behoeften en wensen van de gebruikers.

Het instellen van triggers is een belangrijk aspect van de setup, aangezien deze triggers kunnen worden ingeschakeld of uitgeschakeld op basis van de specifieke vereisten en modi van de ruimte. Dit stelt gebruikers in staat om de functionaliteit van de setup aan te passen en te configureren op basis van hun specifieke behoeften en voorkeuren.

De bovenstaande beschrijving geeft een gedetailleerd overzicht van de Bitfocus Companion Setup, inclusief de verschillende verbindingen, functionaliteiten en mogelijkheden om apparaten in de ruimte aan te sturen. Het ontwerp is flexibel en aanpasbaar aan de specifieke behoeften en opstellingen van de ruimte. Het biedt gebruikers volledige controle en veelzijdigheid bij het beheren van audiovisuele apparaten en het creëren van een geïntegreerde omgeving voor hun toepassingen.

4.2.3 Weergave actieve spreker

Voor de actieve weergave van de audiovisuele content zijn verschillende opties overwogen en onderzocht. De meest kosteneffectieve en gebruiksvriendelijke optie bleek OBS (Open Broadcaster Software) te zijn. OBS biedt verschillende scene presets die kunnen worden geselecteerd via de companion setup. Bij gebruik van zoomfunctionaliteit wordt een virtuele webcam gecreëerd, waardoor de content naadloos kan worden gestreamd. Het enige nadeel is dat OBS geen directe ondersteuning biedt voor Teams. Om OBS met Teams te gebruiken, is een secundaire computer vereist waarop de "scene" output wordt omgezet naar een HDMI-signaal. Dit signaal wordt vervolgens vastgelegd met een HDMI capture card en doorgestuurd als een USB-signaal naar de secundaire computer, waar het wordt herkend als een camera-input.

Naast OBS zijn er alternatieven onderzocht voor gebruik met specifieke videoconferencing-platforms, zoals Zoom en Teams. Hoewel verschillende opties zijn geprobeerd, waaronder de Zoom Meeting API en de Zoom Rooms API, bleek dat er geen functionaliteiten beschikbaar waren die specifiek aansloten bij de vereisten van de setup. Sommige functies deden niet wat nodig was, terwijl andere functies simpelweg ontbraken. Een interessant aspect voor verder onderzoek is het gebruik van webhooks, die weliswaar geen API zijn, maar vergelijkbare functionaliteiten bieden.

Wat betreft Teams was er weinig informatie en beperkte API-ondersteuning beschikbaar. De Microsoft Graph API biedt enige functionaliteit, maar voornamelijk gericht op het verkrijgen van statistieken en niet op directe aansturing van Teams Rooms. Het bleek dat de aansturing van Teams Rooms zeer complex en moeilijk te realiseren was.

Naast de bovengenoemde opties zijn ook NDI-camera's in combinatie met een hardware switcher en HDMI-camera's in combinatie met een ATEM Mini switcher onderzocht. Hoewel deze opties niet specifiek zijn toegepast in de testopstelling, omdat er al andere apparatuur beschikbaar was, zou de werking vergelijkbaar zijn met OBS. In deze gevallen zou de switcher of ATEM Mini worden aangestuurd in plaats van OBS.

Kortom, de keuze voor OBS als actieve weergaveoplossing werd gemaakt vanwege de kosteneffectiviteit en gebruiksvriendelijkheid. Hoewel er alternatieven zijn onderzocht voor specifieke videoconferencing-platforms, bleken deze niet volledig te voldoen aan de vereisten van de setup. De NDI-camera's en HDMI-camera's in combinatie met switchers zijn ook als alternatieven overwogen, maar werden niet verder toegepast in deze specifieke testopstelling.

5. CONCLUSIE

5.1 SAMENVATTING VAN DE TECHNISCHE AANPAK EN DE BIJDAGEN

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.
- “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.
- 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.
- “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.
- 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.
- “Serial Digital Interface.” In *Wikipedia*, January 6, 2023. 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.

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

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 INSTALLATIEHANDLEIDING

7.4 GEBRUIKERSHANDLEIDING