

## Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling met

Titel: Interactive Conferencing: a voice tool to enhance collaboration on large displays

Richting: 2de masterjaar in de informatica - Human Computer Interaction

Jaar: 2009

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

SALDEN, Dominique

Datum: 14.12.2009

# ***Interactive Conferencing: a voice tool to enhance collaboration on large displays***

**Dominique Salden**

promotor :

Prof. dr. Kris LUYTEN

co-promotor :

Prof. dr. Karin CONINX

# Abstract

Wanneer er zich een crisissituatie voordoet is het wenselijk dat deze zo snel mogelijk onder controle gekregen wordt en vervolgens opgelost. Hierbij zorgen communicatieproblemen alleen maar voor meer ergernis en moeilijkheden in het crisiscentrum. Het doel van de thesis bestaat eruit om de communicatie te verbeteren door een gedeelde perceptie van de situatie te creëren. Het probleem bestaat namelijk eruit dat de audiocommunicatie in veel gevallen met offline (gsm, walkietalkie, ...) en individuele (per veiligheidsinstantie) systemen werkt. Dit terwijl de coördinatie tussen de verschillende hulpdiensten op een gezamenlijke manier dient te verlopen. Hiervoor is binnen deze thesis een Interactive Conferencing tool ontwikkeld, die in de nood aan een uniform en geïntegreerd systeem voorziet, dat beschikbaar is voor de verschillende veiligheidsinstanties.

# Voorwoord

Deze thesis is tot stand gekomen in opdracht van Universiteit Hasselt. Het onderzoek werd op gang geholpen door het Expertisecentrum Digitale Media (EDM), waar ook de ontwikkeling plaats vond. Eerst en vooral wil ik mijn promotor Prof. dr. Kris Luyten en co-promotor Prof. dr. Karin Coninx bedanken voor het mogelijk maken van deze thesis. Voor het aanreiken van informatiebronnen en nuttige tips bedank ik mijn begeleider Frederik Winters. Ook voor het nakijken van deze thesis wil ik Prof. dr. Kris Luyten en Frederik Winters bedanken.

Ook wil in Jori Liesenborgs bedanken voor de nuttige informatie omtrent de ontwikkeling in de EMIPLIB bibliotheek. Verder een woordje van dank voor mijn medestudenten voor de hulp die ze geboden hebben in de usability test, alsook om mij informatie en nuttige ideeën aan te reiken met betrekking tot deze thesis. Tot slot ook nog een dankjewoordje aan mijn ouders voor de steun en het nalezen van deze thesis.

# Inhoudsopgave

|          |                                              |           |
|----------|----------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introductie</b>                           | <b>1</b>  |
|          | Inleiding . . . . .                          | 1         |
| 1.1      | Situering van deze thesis . . . . .          | 2         |
| 1.2      | Inhoud van deze thesis . . . . .             | 3         |
| 1.3      | Implementatie bij deze thesis . . . . .      | 3         |
| <b>2</b> | <b>Audiocommunicatie</b>                     | <b>5</b>  |
|          | Inleiding . . . . .                          | 5         |
| 2.1      | Spatial Audio . . . . .                      | 6         |
| 2.1.1    | Faseverschuiving . . . . .                   | 9         |
| 2.2      | Personal audiochannels . . . . .             | 10        |
| 2.3      | Bone Conduction Headsets . . . . .           | 12        |
| 2.3.1    | Spatial audio . . . . .                      | 14        |
| 2.4      | The Audio Spotlight . . . . .                | 15        |
| 2.5      | Speaker normalization . . . . .              | 17        |
| 2.6      | Ruisonderdrukking . . . . .                  | 19        |
|          | Conclusie . . . . .                          | 20        |
| <b>3</b> | <b>Identificatie van personen</b>            | <b>22</b> |
|          | Inleiding . . . . .                          | 22        |
| 3.1      | Radio Frequency IDentification . . . . .     | 23        |
| 3.1.1    | Radio Frequency identification tag . . . . . | 24        |
| 3.1.2    | Radio Frequency readers . . . . .            | 25        |
| 3.2      | Biometrische identificatie . . . . .         | 26        |
| 3.2.1    | Vingerafdruk herkenning . . . . .            | 26        |
| 3.3      | Identificatie via de DiamondTouch . . . . .  | 30        |
|          | Conclusie . . . . .                          | 31        |
| <b>4</b> | <b>Collaboratieve user interfaces</b>        | <b>32</b> |
|          | Inleiding . . . . .                          | 32        |
| 4.1      | DiamondTouch . . . . .                       | 32        |
| 4.1.1    | Technische werking . . . . .                 | 34        |

---

|          |                                                       |           |
|----------|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5</b> | <b>Technologie</b>                                    | <b>36</b> |
|          | Inleiding . . . . .                                   | 36        |
| 5.1      | Spatial Audio . . . . .                               | 36        |
| 5.2      | Collaboratieve user interfaces . . . . .              | 37        |
| 5.3      | Opstelling eerste case . . . . .                      | 37        |
| 5.4      | Voice over IP (VOIP) audiocommunicatie . . . . .      | 38        |
| <b>6</b> | <b>Interactive Conferencing toegepast</b>             | <b>42</b> |
|          | Inleiding . . . . .                                   | 42        |
| 6.1      | Scenario . . . . .                                    | 43        |
|          | 6.1.1 Aandachtspunten tijdens ontwikkeling . . . . .  | 43        |
| 6.2      | Doelstellingen ontwikkeling . . . . .                 | 44        |
| <b>7</b> | <b>Ontwikkeling</b>                                   | <b>46</b> |
|          | Inleiding . . . . .                                   | 46        |
| 7.1      | Implementatie van eerste case . . . . .               | 47        |
|          | 7.1.1 Situering . . . . .                             | 47        |
|          | 7.1.2 Beschrijving . . . . .                          | 47        |
|          | 7.1.3 Opstelling . . . . .                            | 47        |
| 7.2      | Usability test van eerste case . . . . .              | 49        |
|          | 7.2.1 Beschrijving . . . . .                          | 49        |
|          | 7.2.2 Resultaten . . . . .                            | 49        |
|          | 7.2.3 Conclusie . . . . .                             | 50        |
| 7.3      | Implementatie Interactive Conferencing tool . . . . . | 50        |
|          | 7.3.1 Situering . . . . .                             | 50        |
|          | 7.3.2 Beschrijving . . . . .                          | 51        |
|          | 7.3.3 Audioserver . . . . .                           | 51        |
|          | 7.3.4 Audioclient . . . . .                           | 54        |
|          | 7.3.5 Grafische user interfaces . . . . .             | 55        |
|          | 7.3.6 MERL DiamondTouch interface . . . . .           | 55        |
|          | 7.3.7 PDA interface . . . . .                         | 61        |
|          | Conclusie . . . . .                                   | 65        |
| <b>8</b> | <b>Conclusie</b>                                      | <b>68</b> |
|          | <b>Bibliografie</b>                                   | <b>70</b> |

# Lijst van figuren

|     |                                                                                                                                                                      |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 | Werking HRTF bij een hoofdtelefoon. . . . .                                                                                                                          | 8  |
| 2.2 | Crosstalk effect bij het gebruik van 2 luidsprekers. . . . .                                                                                                         | 8  |
| 2.3 | Opstelling van 6.1 audio setup met sweet spot aanduiding.<br>(bron: <a href="http://www.audioholics.com">http://www.audioholics.com</a> ) . . . . .                  | 9  |
| 2.4 | Illustratie van een faseverschuiving. (bron: <a href="http://www.bom.gov.au">http://www.bom.gov.au</a> ) . . . . .                                                   | 10 |
| 2.5 | Individual Audio Channels opstelling. (Morris et al. 2004) . .                                                                                                       | 12 |
| 2.6 | Bone-conducting headset: Audiobone van Goldendance Co.,<br>Ltd. (Lindeman et al. 2008) . . . . .                                                                     | 13 |
| 2.7 | Werking van the audio spotlight. (bron: <a href="http://www.holosonic.com">http://www.holosonic.com</a> ) . . . . .                                                  | 16 |
| 2.8 | Voorbeeld opstelling van the audio spotlight, waarbij de “luid-<br>spreker” bovenaan hangt. (bron: <a href="http://www.holosonic.com">http://www.holosonic.com</a> ) | 17 |
| 2.9 | Eerste stappen van speaker normalisatie bij gebruik van VTLN.                                                                                                        | 18 |
| 3.1 | Een typisch RFID systeem. (Roberts 2006) . . . . .                                                                                                                   | 23 |
| 3.2 | Voorbeelden van pasieve RFID tags. . . . .                                                                                                                           | 25 |
| 3.3 | Voorbeeld van ingescande vingerafdrukken. . . . .                                                                                                                    | 28 |
| 3.4 | Vingerafdrukscanners. (bron: <a href="http://www.gardiner.be">http://www.gardiner.be</a> ) . .                                                                       | 28 |
| 3.5 | Voorbeeldinterface voor identificatie via Diamondtouch. . . .                                                                                                        | 30 |
| 4.1 | MERL DiamondTouch. (MERL 2008) . . . . .                                                                                                                             | 33 |
| 4.2 | Gesture op DiamondTouch. (MERL 2008) . . . . .                                                                                                                       | 34 |
| 4.3 | Technische werking DiamondTouch. (bron: <a href="http://www.ign.com">http://www.ign.com</a> ) . . . . .                                                              | 35 |
| 5.1 | Adam Artist Desktop Monitor. . . . .                                                                                                                                 | 37 |
| 5.2 | Schets van de opstelling voor de test-case. . . . .                                                                                                                  | 38 |
| 5.3 | Overzicht van de zender bij RTP. (Perkins 2003) . . . . .                                                                                                            | 40 |
| 5.4 | Overzicht van de ontvanger bij RTP. (Perkins 2003) . . . . .                                                                                                         | 40 |
| 7.1 | Opstelling bij eerste case. . . . .                                                                                                                                  | 48 |
| 7.2 | Schets van de opstelling bij eerste case. . . . .                                                                                                                    | 48 |
| 7.3 | Grafische representatie van de RTP Header Extension. . . . .                                                                                                         | 52 |

---

|      |                                                                             |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.4  | MERL DiamondTouch interface: Scherm opgedeeld in 8 regio's.                 | 56 |
| 7.5  | MERL DiamondTouch interface: Loginvenster. . . . .                          | 57 |
| 7.6  | MERL DiamondTouch interface: Login tijdens werking. . . .                   | 58 |
| 7.7  | MERL DiamondTouch interface: Callwidget. . . . .                            | 58 |
| 7.8  | MERL DiamondTouch interface: Callwidget met kleuraan-<br>duidingen. . . . . | 59 |
| 7.9  | MERL DiamondTouch interface: Callwidget. . . . .                            | 60 |
| 7.10 | MERL DiamondTouch interface: Locatie manschappen. . . .                     | 61 |
| 7.11 | PDA interface: Loginscherm. . . . .                                         | 63 |
| 7.12 | PDA interface: Callvenster. . . . .                                         | 64 |
| 7.13 | PDA interface: Callvenster met overzicht actieve gesprekken.                | 64 |

# Hoofdstuk 1

## Introductie

### Inhoudsopgave

|                                             |   |
|---------------------------------------------|---|
| Inleiding . . . . .                         | 1 |
| 1.1 Situering van deze thesis . . . . .     | 2 |
| 1.2 Inhoud van deze thesis . . . . .        | 3 |
| 1.3 Implementatie bij deze thesis . . . . . | 3 |

### Inleiding

Binnen het kader van deze thesis zal er getracht worden een oplossing te bieden voor het communicatieprobleem dat zich voordoet tijdens een crisissituatie. Het belangrijkste aspect hierbij is de communicatie tussen de bevelhebbers van de veiligheidsinstanties in het crisiscentrum en de manschappen die zich op de plaats van de ramp bevinden te verbeteren. Een tweede aspect dat aan bod zal komen bestaat erin informatie op de Diamond-touch tafel weer te geven die relevant is voor de desbetreffende bevelhebber. Zo kan het voor de brandweer handig zijn om te weten hoeveel water er nog aanwezig is in tankvoertuigen terwijl het voor de medische bevelhebber nuttig kan zijn om te weten hoeveel vrije bedden er nog zijn in de omliggende ziekenhuizen. Een beschrijving van de huidige situatie komt aan bod in de volgende sectie.

## 1.1 Situering van deze thesis

Bij het ontstaan van een crisissituatie zal het in de huidige situatie er als volgt aan toe gaan. Na het ontstaan van de crisis zal er een crisiscentrum opgebouwd worden. Hierin zullen de gezagvoerders van de verschillende veiligheidsinstanties (politie, brandweer, medische dienst, gouverneur, ...) plaatsnemen om gezamenlijk de juiste beslissingen te nemen om de ramp te beheersen en deze trachten op te lossen. De bevelhebbers van de veiligheidsinstanties zullen met hun manschappen op de plaats van de ramp communiceren door gebruik te maken van verschillende walkie-talkies en GSM's.

Een van de grootste problemen binnen het crisiscentrum is de imminente chaos die er heerst omdat iedere aanwezige persoon met zijn contacten probeert te communiceren en ondertussen ook de communicatie binnen het crisiscentrum wil blijven volgen om op de hoogte te blijven van de laatste informatie. Het probleem is vooral dat iedereen een grote hoeveelheid informatie te verwerken krijgt van zijn manschappen op relatief beperkte tijd. Uit de ontvangen informatie moet de bevelhebber op zijn beurt de belangrijkste aspecten doorgeven aan de andere aanwezigen in het crisiscentrum. Daarbovenop komt ook nog eens de communicatie binnen het crisiscentrum die nodig is om de ramp trachten op te lossen. Dat terwijl deze laatste communicatie eigenlijk geen hinder zou mogen ondervinden, omdat immers iedere afleiding kan leiden tot foutieve beslissingen. Dit is natuurlijk niet mogelijk, omdat er altijd nog personen zijn die tijdens deze communicatie nieuwe informatie ontvangen, die aanleiding kan zijn tot herziening van eerder genomen beslissing.

Een tweede belangrijke uitdaging binnen deze situatie is ervoor zorgen dat de verschillende veiligheidsinstanties op de plaats van de ramp over dezelfde informatie beschikken om de ramp op te lossen. Zo zorgt tegenstrijdige informatie op het veld er alleen maar voor dat de oplossing nog langer op zich laat wachten.

Wanneer we er voor kunnen zorgen dat iedere gezagvoerder slechts één toe-

stel/systeem nodig heeft om al zijn communicatie te centraliseren, dan zou hij/zij al niet meer telkens van toestel moeten wisselen. Als we binnen dit systeem dan ook nog de mogelijkheid voorzien om belangrijke informatie op een efficiënte manier te delen aan de andere aanwezige gezagvoerders in het crisiscentrum, zou dit al grotendeels de problemen kunnen oplossen. Het andere probleem, omtrent de informatie richting het veld, zou opgelost kunnen worden door de genomen beslissing gecentraliseerd door te geven aan alle veiligheidsinstanties op het veld in de plaats dat iedere gezagvoerder persoonlijk zijn manschappen op de hoogte moet brengen.

## 1.2 Inhoud van deze thesis

Deze thesis bestaat uit twee grote delen. Het eerste deel bevat een literatuurstudie waarin verschillende technieken en systemen besproken worden. Deze technieken en systemen zijn onderverdeeld in “*Audiocommunicatie*” (hoofdstuk 2), “*Identificatie van personen*” (hoofdstuk 3) en “*Collaboratieve User Interfaces*” (hoofdstuk 4).

Het tweede deel van deze thesis zal een overzicht van de gebruikte technologie (hoofdstuk 5) alsook een beschrijving geven over de implementatie (hoofdstuk 7). De beschrijving van de implementatie bestaat uit een beschrijving hoe getracht is te komen tot een oplossing voor het gestelde probleem. Naast de bespreking over de implementatie wordt er tevens een overzicht gegeven van de uitgevoerde usability tests met de bijbehorende resultaten.

## 1.3 Implementatie bij deze thesis

Tijdens het eerste deel van de thesis is de implementatie beperkt gebleven tot een eerste testcase die uitgewerkt is om te kijken in hoeverre spatial audio gebruikt kan worden in een collaboratieve omgeving waar de nodige communicatie moet plaatsvinden.

Het tweede deel van de thesis bestaat zo goed als uitsluitend uit implementatie. Hierin is een systeem ontwikkeld dat een oplossing biedt voor de

---

hierboven gestelde situatie. Het systeem is opgebouwd uit een achterliggend audiogedeelte, bestaande uit een audioclient die geluid kan versturen en ontvangen en een audioserver die als hoofddoel heeft om de ontvangen geluidsfragmenten bij de juiste bestemmingen te krijgen. Daarnaast zijn er ook twee grafische gebruikersinterfaces ontwikkeld. Namelijk één die werken in een collaboratieve omgeving mogelijk maakt en een tweede die zijn werk doet op een PDA. Met behulp van de interface voor de PDA is het mogelijk om het systeem te gebruiken in een mobiele opstelling, zoals in de situering reeds aangehaald werd voor de mensen die zich op het veld bevinden. De gedetailleerde uitleg in verband met de implementatie is terug te vinden in hoofdstuk 7.

## Hoofdstuk 2

# Audiocommunicatie

### Inhoudsopgave

---

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>Inleiding . . . . .</b>                    | <b>5</b>  |
| <b>2.1 Spatial Audio . . . . .</b>            | <b>6</b>  |
| 2.1.1 Faseverschuiving . . . . .              | 9         |
| <b>2.2 Personal audiochannels . . . . .</b>   | <b>10</b> |
| <b>2.3 Bone Conduction Headsets . . . . .</b> | <b>12</b> |
| 2.3.1 Spatial audio . . . . .                 | 14        |
| <b>2.4 The Audio Spotlight . . . . .</b>      | <b>15</b> |
| <b>2.5 Speaker normalization . . . . .</b>    | <b>17</b> |
| <b>2.6 Ruisonderdrukking . . . . .</b>        | <b>19</b> |
| <b>Conclusie . . . . .</b>                    | <b>20</b> |

---

### Inleiding

Bij het bekijken van de titel van deze thesis, *Interactive Conferencing: a voice tool to enhance collaboration on large displays*, kunnen we hier direct enkele belangrijke woorden uithalen waarop we in dit hoofdstuk dieper zullen ingaan. Het eerste dat opvalt is natuurlijk “Conferencing”, maar een nog belangrijker stuk van de titel is “a voice tool to enhance collaboration”. Hieruit kunnen we afleiden dat het de bedoeling is een systeem te ontwikkelen om audiocommunicatie binnen een groep te verbeteren.

In dit hoofdstuk zal een beschrijving gegeven worden van verschillende systemen die hiervoor in aanmerking komen. Het eerste systeem dat besproken zal worden is “Spatial Audio”, een systeem om audio weer te geven dat in de volledige ruimte waarneembaar is. De daaropvolgende secties zullen andere systemen bespreken waarmee we iedere persoon tot zijn eigen geluid toegang geven. Deze systemen zijn “Personal Audiochannels”, “Bone Conduction Headsets” en “The Audio Spotlight”. Verder zullen in dit hoofdstuk nog enkele technieken besproken worden die van pas kunnen komen bij de ontwikkeling van de audiocommunicatie, meer bepaald speaker normalization en ruisonderdrukking.

## 2.1 Spatial Audio

Spatial audio, ook wel bekend als 3D audio, is een techniek om geluid weer te geven die gebruik maakt van de menselijke capaciteit om zich te kunnen positioneren in een omgeving. Hierbij speelt het gehoor een belangrijke rol (Rumsey 2001). Als voorbeeld kunnen we kijken naar de geluiden die voorkomen in de natuur. Op het moment dat onze oren iets waarnemen zal in onze hersenen eerst getracht worden om de positie van het geluid te achterhalen voordat onze ogen op zoek gaan naar de visuele objecten als oorsprong van het geluid. Wanneer onze hersenen deze stap niet zouden uitvoeren, dan zouden we na het horen van een geluid in de wilde weg moeten beginnen rond te kijken om de oorsprong van het geluid terug te vinden.

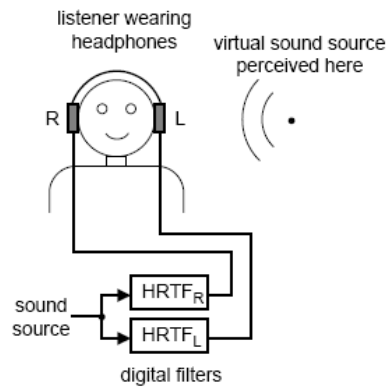
Spatial audio maakt gebruik van deze localisatiestap in de hersenen om de mogelijkheid te bieden een geluid (source/bron) te positioneren ten opzichte van een persoon (listener/luisteraar) en een bepaald punt in de ruimte (Gardner 1999). Het geluid dat oorspronkelijk afkomstig is van de luidsprekers zal door een persoon zodanig opgevangen worden alsof het lijkt dat het afkomstig is van willekeurige punten in de ruimte en dat het niet rechtstreeks afkomstig is van de luidsprekers die aanwezig zijn in de ruimte.

Om de werking van 3D audio te kunnen verklaren moeten we eerst begrijpen hoe mensen zich kunnen positioneren door enkel hun beide oren te gebrui-

ken. De positionering op basis van het gehoor gebeurt door een vergelijking te maken tussen het verschil in geluidsintensiteit, de faseverschillen tussen beide oren, samen met de spectrale signalen afkomstig uit de oorschelp, het lichaam en het hoofd (Blauert 1997, Weeks et al. 1999). Wanneer we bijvoorbeeld een geluid produceren aan de rechterkant van het lichaam met behulp van een één luidsprekeropstelling (mono geluid), dan zal het rechter oor het geluid sneller ontvangen dan het linker oor. Hierdoor ontstaat er een verschil in de sterkte van het geluid en een faseverschil tussen beide oren. In de hersenen wordt deze informatie verwerkt waardoor het voor een mens mogelijk wordt om te bepalen uit welke richting het geluid afkomstig is. Bij 3D audio is dit analoog, hier maken we gebruik van meerdere audiobronnen. Er zullen namelijk verschillen waargenomen worden door de gebruiker tussen beide oren waardoor hij het geluid kan gaan positioneren in de ruimte.

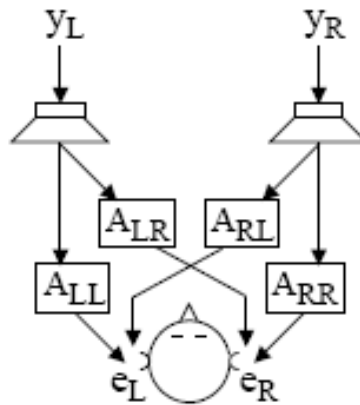
Bij de opkomst van 3D audio in het dagelijkse leven heeft men zich in eerste instantie toegespitst op 3D audio weergave door middel van een hoofdtelefoon. Hierbij kan het geluid gepositioneerd worden ten opzichte van de persoon die de hoofdtelefoon draagt, door voor ieder afzonderlijk kanaal (links, rechts) een afzonderlijke berekening uit te voeren om het geluid te positioneren. Deze berekeningen worden uitgevoerd door gebruik te maken van head-related transfer functions (HRTFs). Het resultaat van deze HRTFs is dat er voor ieder kanaal een afzonderlijke geluidssterkte en een eigen faseverschuiving (zie sectie 2.1.1) plaatsvindt (Cheng & Wakefield 2001). Hierdoor lijkt het voor de persoon alsof het geluid van op een willekeurige plaats in de ruimte komt (zie figuur 2.1).

De uitbreiding van bovenstaand systeem naar het gebruik van luidsprekers in plaats van hoofdtelefoons (Gardner 1995) introduceerde een significante “crosstalk” tussen de verschillende luidsprekers en de tegengestelde oren van de gebruiker. Het komt erop neer dat bij “crosstalk” niet vermeden kan worden dat er geluid uit de rechter luidspreker in het linker oor aankomt, en omgekeerd (zie figuur 2.2 waarbij de “crosstalk” geluidsstromen aangegeven zijn met  $A_{LR}$  en  $A_{RL}$ ). Om het “crosstalk” probleem te kunnen oplossen dient er een cancellation signaal toegevoegd te worden aan het uitvoersignaal van de luidsprekers. Dit signaal moet opgesteld en toegevoegd worden



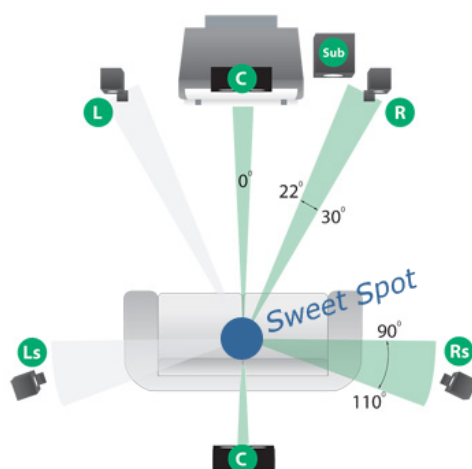
Figuur 2.1: Werking HRTF bij een hoofdtelefoon.

voor ieder geluidskanaal afzonderlijk. Hierdoor kan het “crosstalk” effect tegengegaan worden. Het cancellation signaal kan toegevoegd worden door een digitale filter toe te passen op ieder audiokanaal van het uitvoersignaal, genaamd een “crosstalk canceller”. De “crosstalk canceller” heeft voorkennis nodig over de opstelling van de luidsprekers en de persoon in de ruimte om aan de hand van deze parameters een correct cancellation signaal te kunnen opstellen. Een nadeel hiervan is wel dat de persoon zich binnen een bepaalde zone in de ruimte moet bevinden om geen last te hebben van het crosstalk effect. Deze plaats wordt ook wel de sweet spot genoemd (zie figuur 2.3).



Figuur 2.2: Crosstalk effect bij het gebruik van 2 luidsprekers.

Wanneer spatial audio echter in een commerciële/professionele omgeving gebruikt wordt, heeft men uiteraard geen baat bij een “sweet spot” waar het



Figuur 2.3: Opstelling van 6.1 audio setup met sweet spot aanduiding. (bron: <http://www.audioholics.com>)

geluid perfect weergegeven wordt. Hierbij is er nood aan een veel grotere oppervlakte waarin het geluid goed gepositioneerd overkomt bij de gebruikers. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van 4 of meer luidsprekers in een horizontaal vlak gepositioneerd, (pantophonics systems) of er worden 6 of meer luidsprekers gebruikt om een 3-dimensionele setup te bereiken, zoals in een octaëder<sup>1</sup> of een balk (periphonic systems). Aan de hand van deze opstellingen is het ook mogelijk om het geluid een directionaliteit mee te geven, waardoor het nog realistischer overkomt (Gerzon 1985, Wozniowski et al. 2006).

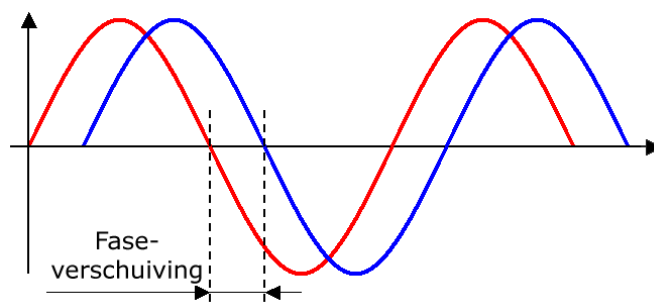
### 2.1.1 Faseverschuiving

Een faseverschuiving is een verschuiving van een geluidsgolf in de tijd. Meer bepaald, de positie van de pieken in de geluidsgolf bevinden zich na een faseverschuiving op een andere positie dan bij de oorspronkelijke golf.

Wanneer er gekeken wordt naar de situatie met het gericht geluid aan de rechterkant van het lichaam, dan zal het rechter oor de geluidsgolf eerder ontvangen dan het linkeroor. Als deze twee geluidsgolven visueel op een grafiek getoond worden, bekomen we een gelijkaardige grafiek als zichtbaar

<sup>1</sup><http://en.wikipedia.org/wiki/Octahedron>

is in figuur 2.4. Hierbij stelt de rode golf de geluidsgolf voor die aankomt bij het rechteroor en de blauwe golf stelt de geluidsgolf voor die na een kleine vertraging aankomt bij het linkeroor. Op deze figuur kan duidelijk gezien worden dat de golven gelijk zijn maar gewoon verschoven zijn in de tijd, deze verschuiving in de tijd is de fasevershuiving.



Figuur 2.4: Illustratie van een fasevershuiving. (bron: <http://www.bom.gov.au>)

## 2.2 Personal audiochannels

Bij het gebruik van spatial audio in een groep, waarbij iedere persoon zijn persoonlijke geluidsfragmenten kan afspelen, wordt het moeilijk om naar de juiste geluiden te luisteren. Op het moment dat er ook nog eens verwacht wordt dat er binnen de groep gecommuniceerd wordt, wordt dit bij het gebruik van een spatial audio systeem zeker onoverzichtelijk. Als het spatial audio systeem nu vervangen wordt door een systeem dat gebruik maakt van personal audiochannels, kan niet enkel de communicatie binnen de groep verbeterd worden, maar ook het luisteren naar de persoonlijke geluidsfragmenten zal een stuk eenvoudiger worden.

Het doel van een personal audiochannel systeem bestaat erin dat iedere gebruiker die deelneemt aan de conversatie over een eigen persoonlijk audiokanaal beschikt. Hiermee wordt bedoeld dat hij/zij zelf kan bepalen welk geluid er afgespeeld wordt en wie dit eventueel ook mag horen. Om dit te realiseren beschikt iedere persoon over een persoonlijk audio device. Dit kan onder andere een hoofdtelefoon of “oortjes” zijn. Deze audio devices

worden op een centrale computer aangesloten. Deze regelt vervolgens welke persoon wat moet horen. Belangrijk is dat de computer over voldoende audiuitgangen moet beschikken om de verschillende personen van hun eigen geluid te kunnen voorzien.

In de paper van Morris et al. (2004) wordt een dergelijke opstelling besproken en aan de hand van een gebruikstest geëvalueerd. De opstelling die hier gebruikt wordt, bestaat uit een MERL DiamondTouch (MERL 2008) tafel, gekoppeld aan een computer die beschikt over vijf geluidskaarten. Op de eerste geluidskaart is een set normale PC luidsprekers gekoppeld, elk van de andere 4 kaarten zijn aangesloten op een headset voorzien van één oordopje. Er wordt gebruik gemaakt van één oortje om ervoor te zorgen dat de communicatie binnen de groep toch vlot blijft verlopen. De software die gebruikt wordt om de opstelling te evalueren is een applicatie waarin de gebruikers combinaties moeten maken tussen afbeeldingen uit bekende films en populaire muziekfragmenten. De test wordt uitgevoerd met 17 afbeeldingen uit de films en 34 muziekfragmenten. De gebruikers moeten trachten tot een gezamenlijke beslissing te komen voor de definitieve koppelingen tussen de films en de geluidsfragmenten. Eerst wordt de test uitgevoerd aan de hand van de standaard PC luidsprekers die opgesteld staan aan de kant van de ruimte. Daarna wordt de test herhaald, maar dit keer wordt er gebruik gemaakt van de headsets voorzien van één oortje gekoppeld aan het personal audiochannel systeem (zie figuur 2.5).

Uit de resultaten van de gebruikerstest blijkt dat bij het gebruik van de speakers minder collaboratief gewerkt wordt. Zo is er bij de test met de standaard PC luidsprekers één persoon die de leiding op zich neemt om de koppelingen tussen de films en muziekfragmenten voor te stellen. Terwijl bij het personal audiochannel systeem de gebruikers meer samenwerkten. Dit komt in de eerste plaats doordat de gebruikers eerst afzonderlijk gaan zoeken naar de, voor hun, geschikte koppelingen. Naderhand wordt er dan in groep overlegd om tot een gezamenlijk resultaat te komen. Het valt wel op dat bij de tweede test meer koppelingen veranderd worden, dit is te wijten aan het feit dat men eerst persoonlijk de koppelingen aanbengt en dan naderhand in groep gaat overleggen en eventueel aanpassingen gaat doorvoeren.



Figuur 2.5: Individual Audio Channels opstelling. (Morris et al. 2004)

Uit de vragenlijsten die de gebruikers na de test invulden blijkt dat de gebruikers het dragen van het oortje niet als oncomfortabel beschouwden. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de test slechts een beperkte tijdsduur had. Hieruit kunnen we concluderen dat dit systeem een zeer goede oplossing is om de communicatie te verbeteren bij een meeting met een beperkte tijdsduur (bijvoorbeeld enkele uren). Maar wanneer men echter gedurende langere tijd of zelfs dag in dag uit moet werken met deze oortjes kan dat misschien wel als storend ondervonden worden. Enkele mogelijke oplossingen hiervoor: een eerste oplossing werkt aan de hand van “bone-conduction headsets” en zal in sectie 2.3 beschreven worden, een andere oplossing, genaamd “the audio spotlight”, zal dieper ingegaan worden in sectie 2.4. Tot slot wordt er in de conclusie van de thesis ook voorgesteld om met draadloze technologieën te werken, dit om geen kabels in de ruimte te moeten voorzien waarover de aanwezige mensen zouden kunnen struikelen.

## 2.3 Bone Conduction Headsets

Bij het gebruik van hoofdtelefoons in een groep van meerdere personen kan het soms moeilijk worden om naast het geluid uit de hoofdtelefoon ook nog een gesprek te voeren met de andere personen in de groep, omdat de oren afgeschermd zijn. Een mogelijke oplossing hiervoor bestaat eruit gebruik

te maken van het headset die slecht één van de oren van geluid voorziet, hierdoor kan het andere oor gebruikt worden om het gesprek in de groep te volgen. Het probleem is ook op te lossen door gebruik te maken van een bone-conduction headphone (Walker et al. 2005). Deze hoofdtelefoons werken aan de hand van de mogelijkheid van beenderen om trillingen over te brengen en hierbij zijn de oren vrij van enige obstructie (Zie figuur 2.6). In dit geval zullen de hoofdtelefoons geluid overbrengen van beenderen rond het oor naar het oor zelf, waar ze dan waargenomen worden alsof het echte geluidssignalen zijn die via de lucht zijn overgebracht.



Figuur 2.6: Bone-conducting headset: Audiobone van Goldendance Co., Ltd. (Lindeman et al. 2008)

Bone-conduction headsets zijn er in de eerste plaats gekomen om mensen met gehoorproblemen terug te laten horen (Sohmer et al. 2000). Dit concept werkt wel enkel bij mensen die een afwijking of defect hebben aan het buitenoor of middenoor. Bij mensen met een afwijking aan het binnenoor kan dit niet gebruikt worden. Het oplossen van het gehoorprobleem kan verwezelijkt worden aan de hand van trillingen die door de schedel gestuurd worden en vervolgens in het binnenoor opgevangen kunnen worden en door de hersenen geïnterpreteerd als echte geluiden. Verder onderzoek naar bone-conduction heeft ervoor gezorgd dat het concept van de bone-conduction gecommercialiseerd werd, waardoor het ook beschikbaar wordt voor gewoon gebruik.

Hierbij zijn de bone-conducting headphones, ofwel kortweg bonephones genoemd, één van de eerste producten die commercieel verschenen zijn. Deze bonephones worden, naargelang het model, ofwel voor ofwel direct na het oor geplaatst. Door trillingen uit te sturen op deze plaatsen kunnen de hersenen deze signalen ontvangen doordat ze in het binnenoor doorgegeven worden. In het binnenoor komen tevens de signalen binnen die via de lucht in het oor aangekomen zijn, zodat deze samengevoegd kunnen worden voordat ze aan de hersenen worden doorgegeven.

De werking van bone-conducting is in de werkelijkheid te vergelijken met het effect dat optreedt bij het praten. Wijzelf horen bij het praten niet het geluid dat door onze mond in de lucht verspreid wordt, maar wel het geluid dat over ons kaakbeen naar de oren getransfereerd wordt via trillingen (Lindeman et al. 2008). Dit is ook de oorzaak van het feit dat de mens zijn eigen stem anders hoort wanneer deze na het opnemen terug afgespeeld wordt. Er vindt namelijk een kleine vervorming plaats omdat de mens zijn eigen spraak opvangt via het kaakbeen.

### 2.3.1 Spatial audio

In het begin van de ontwikkelingen met bone-conduction werd er door veel onderzoekers gedacht dat het weergeven van spatial audio niet mogelijk was door gebruik te maken van bonephones, omdat er teveel crosstalk zou optreden tussen de 2 oren. Naderhand werden er bewijzen gevonden dat er verschillen werden vastgesteld tussen de 2 oren, wat mogelijkheden biedt voor het gebruik van zijdelings geluid. In Blog (2001) zijn de eerste echte bewijzen terug te vinden van testen waarbij de testpersonen verschillen opmerken tussen beide oren, namelijk een verschil in fasen en geluidsniveau.

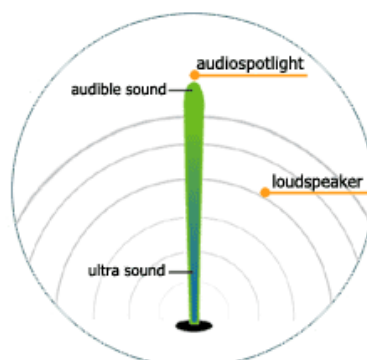
In Walker et al. (2007) wordt een experiment uitgevoerd om te kijken in hoeverre het met de huidige twee oors bone-conducting headphones mogelijk is om spatial audio weer te geven. Hierin wordt geconcludeerd dat het mogelijk moet zijn om spatiale audio weer te geven door gebruik te maken van Bone-Related Transfer Functions (BRTF) in plaats van de Head-Related Transfer Functions (HRTF) die gebruikt worden bij gewoon spatial audio.

## 2.4 The Audio Spotlight

Wanneer we in een collaboratieve omgeving aan de hand van spatial audio meerdere audiostreams door elkaar, elk uit een andere richting, afspelen, krijgen we in de ruimte een overweldiging van geluiden waar bijna niet meer uit op te maken is waar iedere geluidsstream over gaat. Wanneer nu in de plaats van spatial audio gebruik gemaakt zou worden van “the audio spotlight” dan zou er in de ruimte geen geluid door elkaar te horen zijn, maar zou toch iedere persoon in staat zijn om zijn deel van de audiostreams te verstaan.

The audio spotlight is een technologie die gebruik maakt van ultrasonische geluidsgolven om het geluid in de ruimte te verspreiden. Deze ultrasonische geluiden liggen ver buiten het normale hoorbereik van de mens. Maar op het moment dat de ultrasonische geluidsgolven zich door de lucht voortbewegen, zullen ze eigenschappen van de lucht overnemen waardoor het ultrasonische geluid op een voorspelbare wijze verstoord wordt. Door de verstoring van het signaal komen de geluidsgolven binnen het bereik van het menselijk gehoor. Dus door het juiste ultrasonische geluid te maken kan ervoor gezorgd worden dat ieder geluid kan gemaakt worden door de verstoring in de lucht (Holosonics Research Labs 2008). In figuur 2.7 is de werking van the audio spotlight te zien, namelijk een ultrasonisch geluid dat uitgestuurd wordt en dat verderop in de ruimte vervormd zal worden tot een hoorbaar geluid.

Om ervoor te zorgen dat het geluid slechts in een beperkt deel van de ruimte hoorbaar is moet er een zeer gericht ultrasonisch geluid uitgezonden worden. Om een zeer gericht signaal te kunnen uitsturen moet de grootte van de luidspreker bepaald zijn aan de hand van de golflengte van het geluid. Door de vrij lange golflengte van hoorbaar geluid in vergelijking met de afmetingen van een luidspreker zal dit geluid zich omnidirectioneel (in alle richtingen) verspreiden. Om hoorbaar geluid gericht af te spelen is er toch nood aan een luidspreker van ongeveer twintig meter. Maar door de korte golflengte van ultrasonisch geluid kunnen de luidsprekers nodig voor het gericht afspelen van ultrasonisch geluid veel kleiner gemaakt worden.

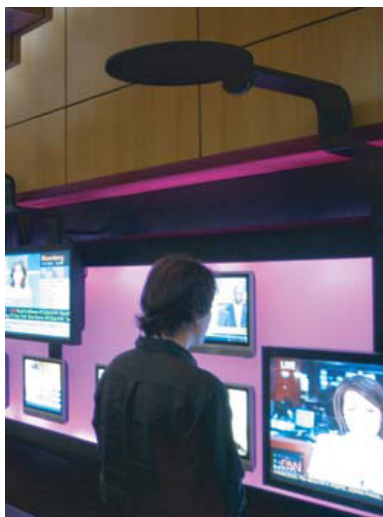


Figuur 2.7: Werking van the audio spotlight. (bron: <http://www.holosonic.com>)

De vervorming die in de lucht plaatsvindt, ookwel de non-lineaire interactie op hoogfrequente radiogolven genoemd, is een techniek die oorspronkelijk ontdekt is door de wetenschappers die een onderwater sonar systeem ontwikkelden op het einde van de jaren '60. Hun ontdekking zorgde er ervoor dat hun sonar systemen gericht en met een hoge bandbreedte het werk konde verrichten. Later, in het midden van de jaren '70, werden de eerste bewijzen vastgelegd dat de vervormingen ook plaatsvonden in de lucht. Gedurende verschillende jaren zijn bedrijven bezig geweest een systeem te ontwikkelen aan de hand van de bevindingen van Yoneyama & Fujimoto (1983) die een beschrijving gaf van de werking van een nieuw soort luidspreker aan de hand van deze techniek. Maar door de te hoge kosten en de slechte haalbaarheid werden de projecten eind jaren '80 stilgelegd. Pas op het einde van de jaren '90 werd er terug onderzoek gedaan naar het gebruik van ultrasonisch geluid. Dit onderzoek leidde uiteindelijk tot de eerste en enige volledig werkende directioneel ultrasonisch geluidssysteem.

Het systeem wordt op dit moment wereldwijd gebruikt in verschillende situaties, zo zijn er museums, wachtzalen, ... uitgerust met dit systeem om de aanwezige personen van geluid te voorzien, zonder mensen in aanliggende ruimtes te storen. Het systeem is zodanig richtbaar dat er zelfs geluid geprojecteerd kan worden, zoals dit bij licht ook het geval is. In figuur 2.8 is een voorbeeld opstelling van het systeem te zien, hier is de ultrasonische luid-

spreker bovenaan bevestigd en kan de persoon die eronder staat het geluid gewoon horen, terwijl passerende mensen geen last hebben van het geluid.



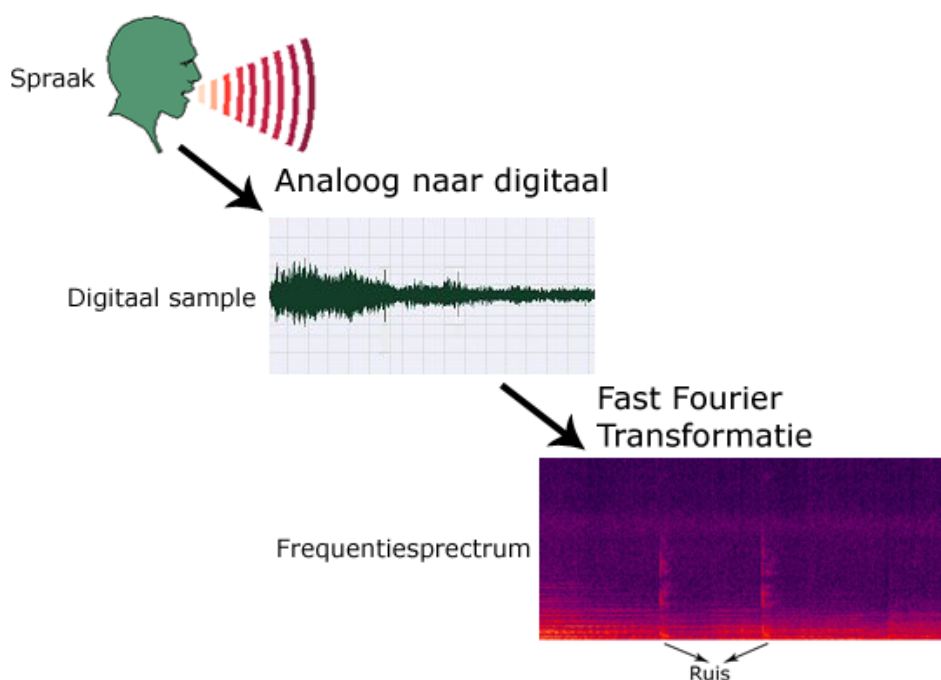
Figuur 2.8: Voorbeeld opstelling van the audio spotlight, waarbij de “luidspreker” bovenaan hangt. (bron: <http://www.holosonic.com>)

## 2.5 Speaker normalization

Normalisatie van de spreker, of speaker normalization in het Engels, is een proces waarbij spraakkenmerken van een persoon aangepast worden om zo te komen tot een beter model dat de spraak persoononafhankelijk kan voorstellen. Dit spraak persoononafhankelijk model wordt opgesteld door alle trainingsdata samen te voegen. Het normaliseren gebeurt door de tijdelijke kenmerken van een persoon zijn spraak op een zodanige manier om te vormen dat de spraak beter zal overkomen met het spraak persoononafhankelijke model (McDonough et al. 1998). Een van de toepassingen van spraak normalisatie kan gevonden worden bij een spraak herkenningssysteem. Door gebruik te maken van dit proces is het voor een dergelijk systeem mogelijk om veel minder fouten te maken bij de herkenning.

Een vaak gebruikte techniek hiervoor is vocal tract length normalization (VTLN) besproken in Pye & Woodland (1997). Deze techniek maakt ge-

bruik van een digitale sample dat een kort spraakfragment bevat. Op het digitale sample zal een FFT (Fast Fourier Transformatie Weisstein (2008)) uitgevoerd worden. Deze transformatie zal de geluidsgolven omzetten naar het frequentiespectrum. Binnen het frequentiespectrum zijn onregelmatigheden gemakkelijker op te sporen. Aan de hand van het frequentiespectrum kan (maar het moet niet altijd) het spraakfragment onderworpen worden aan een functie met als doel de onregelmatigheden binnen het sample te verwijderen. Zie ook figuur 2.9 waarop bovenstaande stappen verduidelijkt zijn. We vertrekken van gewone spraak die we digitaliseren om zo ons digitale sample te bekomen. Hierop kan de FFT uitgevoerd worden, waarna het duidelijk wordt dat er wel degelijk ruis of andere onregelmatigheden terug te vinden zijn in het sample. Normalisatie is te bereiken door de frequentie as te vervormen aan de hand van een geschikte parametriseerbare functie. Nadien kan dan een inverse FFT uitgevoerd worden om terug een audiofragment te krijgen dat gebruikt kan worden voor verdere toepassingen.



Figuur 2.9: Eerste stappen van speaker normalisatie bij gebruik van VTLN.

Het is ook mogelijk om de normalisatie van de spraak uit te voeren met be-

hulp van de speaker adaptive training methode (Anastasakos et al. 1997). Het verschil met de vorige methode bevindt zich erin dat er minder training nodig is. Bij de speaker adaptive training wordt er gebruik gemaakt van het verschil tussen de verschillende sprekers in plaats van gebruik te maken van het persoononafhankelijke model. De verschillen tussen de personen kunnen vervolgens gebruikt worden om de spreker specifieke eigenschappen te kennen. Deze spreker specifieke eigenschappen kunnen vervolgens weggewerkt worden door de gemiddelde- en de variantieparameters te schatten.

## 2.6 Ruisonderdrukking

Ruisonderdrukking of noise cancellation is een techniek die een audiostream ontdoet van ongewenste achtergrond geluiden. Deze techniek is nodig om ervoor te zorgen dat de persoon waarvan de spraak afkomstig is aan de andere kant van de lijn zonder problemen verstaan kan worden. Wanneer er geen ruisonderdrukking zou plaatsvinden, zou het voor de ontvangende persoon moeilijk kunnen zijn om te verstaan wat er gezegd wordt doordat op de achtergrond iemand aan het schreeuwen is, of dat er op de achtergrond sirenes loeien.

Een veelgebruikte methode hiervoor is door gebruik te maken van antigeluid, ook wel “active noise control (ANC)” genoemd (Elliott & Nelson 1993, Ruckman 2007). Deze methode kan verwezelijkt worden door tegelijk met het originele geluid een tweede geluid af te spelen. Dit tweede geluid is in feite niet meer dan het eerste geluid in tegenfase. Doordat geluid niet meer is dan golven in de lucht ontstaat er interferentie tussen de twee geproduceerde golven. Deze interferentie heeft tot gevolg dat er een destructief effect optreedt, hierdoor wordt het geluid gedempt, zodanig dat het voor het menselijk gehoor niet meer gehoord kan worden.

De eerste systemen die werkten aan de hand van deze methode maakten gebruik van afzonderlijke luidsprekers. Deze stonden ofwel op dezelfde locatie als de bron gepositioneerd, ofwel op de plaats waar het geluid gehoord moest worden (bijvoorbeeld het oor van de persoon). Wanneer er een andere locatie genomen wordt voor de noise-cancellation speaker, kan het zijn dat

in sommige delen van de ruimte een destructief effect optreedt terwijl in een ander deel een constructief effect optreedt wat ervoor zorgt dat het geluid vervormd wordt maar niet gedempt. In een kleine afgesloten ruimte (zoals in een auto) is het mogelijk om ANC toe te passen, maar dan moet er gebruik gemaakt worden van meerdere luidsprekers en microfoons en moeten er berekeningen gemaakt worden om rekening te houden met de omgeving.

In moderne systemen wordt de Active noise control uitgevoerd door een computer die de analyse doet van de geluidsgolven die het achtergrondgeluid en de ruis bevatten om zo een geluidsgolf te generen die het desbetreffende geluid kan dempen. Het uitfilteren van het achtergrondgeluid en de ruis kan op twee manieren gebeuren. De eerste maakt gebruik van meerdere microfoons die het achtergrondgeluid afzonderlijk kunnen opvangen van de spraak om zo dit afzonderlijk signaal te kunnen gebruiken om het spraak signaal van ruis en achtergrond geluid te ontdoen. Bij de andere manier is het de computer die al het werk doet, de computer zal namelijk trachten om de spraak te scheiden van het achtergrondgeluid en de ruis om vervolgens deze informatie te benutten om de storende geluiden te dempen.

## Conclusie

In dit hoofdstuk bevindt zich een overzicht van de mogelijke technieken die gebruikt kunnen worden om audiocommunicatie te optimaliseren. Zo is er een beschrijving gegeven van spatial audio, persoonlijke audiokanalen, bone-conducting audio headsets en the audio spotlight. Hieruit zijn toch enkele interessante aspecten aan bod gekomen. Zo lijkt de bone-conduction technologie een zeer interessante methode om mensen van hun persoonlijke audio te voorzien. Het enige nadeel hierbij is dat het geen draadloze oplossing is waardoor er altijd het probleem met de kabels ontstaat.

Het tweede deel van dit hoofdstuk behandelt de technieken speaker normalisation en ruisonderdrukking. Hierin is duidelijk geworden dat speaker normalisation teveel persoonskenmerken verwijdert om gebruikt te worden binnen deze thesis. Deze persoonlijke kenmerken in de stem zorgen er namelijk voor dat de persoon gemakkelijker herkend kan worden bij een audio-

conversatie. Verder is ruisonderdrukking zeker iets dat een belangrijke rol speelt bij audiocommunicatie om hinderlijke achtergrondgeluiden te kunnen weghalen.

Eerste onderzoeken (zie sectie 7.2) geven aan dat spatial audio minder geschikt is om als primaire geluidsbron te gebruiken tijdens audiocommunicatie met meerdere personen in één ruimte. Tijdens de implementatie zullen er persoonlijke audiochannels, eventueel in combinatie met bone-conducting headsets, gebruikt worden als primaire geluidsbron. Bij deze techniek heeft de gebruiker meer vrijheid, slechts beperkt door eventuele kabels bij de headset. Bij het gebruik van the audio spotlight zou de gebruiker op een vaste locatie moeten blijven zitten of er zou gewerkt moeten worden met automatisch richtende speakers.

## Hoofdstuk 3

# Identificatie van personen

### Inhoudsopgave

---

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Inleiding . . . . .</b>                             | <b>22</b> |
| <b>3.1 Radio Frequency IDentification . . . . .</b>    | <b>23</b> |
| 3.1.1 Radio Frequency identification tag . . . . .     | 24        |
| 3.1.2 Radio Frequency readers . . . . .                | 25        |
| <b>3.2 Biometrische identificatie . . . . .</b>        | <b>26</b> |
| 3.2.1 Vingerafdruk herkenning . . . . .                | 26        |
| <b>3.3 Identificatie via de DiamondTouch . . . . .</b> | <b>30</b> |
| <b>Conclusie . . . . .</b>                             | <b>31</b> |

---

### Inleiding

Om iedere persoon toegang te geven tot zijn eigen geluidsbron(nen), moet het systeem weten welke persoon in de ruimte aanwezig is. Meer bepaald voor deze thesis moet het systeem weten waar de bevelhebber van iedere veiligheidsinstantie zich bevindt om hem in staat te stellen te communiceren met zijn mensen op het veld en de voor hem beschikbare informatie weer te geven op de digitale tafel. Hiervoor is er dus nood aan een technologie die personen kan identificeren. Een eerste mogelijkheid hiervoor is het introduceren van Radio Frequency IDentification. Hierbij zouden dan RFID readers aan iedere kant van de tafel gehangen worden om iemand te

identificeren op die positie. Een andere oplossing is om gebruik te maken van biometrische identificatie op basis van fingerprint herkenning, ook hier zouden lezers aan iedere kant van de tafel bevestigd moeten worden. De laatste techniek die besproken zal worden bestaat erin om gebruik te maken van de onsteuning die de DiamondTouch bied om voor iedere interactie te bepalen welke persoon hiervoor verantwoordelijk is.

### 3.1 Radio Frequency IDentification

Radio Frequency IDentification (RFID) is een technologie die gebruikt wordt om automatische identificatie te verzorgen. Zoals beschreven in Landt (2005) en Rieback et al. (2006), is deze technologie niet aan zijn proefstuk toe. RFID werd reeds gebruikt tijdens de Tweede Wereldoorlog door de Britten om vriendschappelijke vliegtuigen van vijandelijke te kunnen onderscheiden. De technologie was op dat moment niet geschikt om in een consumentenomgeving te gebruiken. Pas in de jaren '80 werd de technologie zodanig aangepast dat ze in commerciële situaties gebruikt kon worden. In de laatste vijftien jaar is men RFID meer en meer gaan gebruiken in dagelijkse toepassingen.



Figuur 3.1: Een typisch RFID systeem. (Roberts 2006)

Op dit moment is RFID een verzamelnaam voor technologie die gebruik maakt van radiogolven om automatische identificatie van objecten en personen te verzorgen. Er bestaan verschillende methodes om indentificatie uit te voeren, waarbij de meest gebruikte werken aan de hand van een RFID-tag die een unieke code bevat om het bijbehorende object of persoon te identificeren. Een RFID systeem bestaat dan meestal ook uit de volgende componenten, zoals ook te zien is op figuur 3.1:

- een RFID device (tag);

- een RFID reader bestaande uit een antenne en zendontvangapparaat;
- een host computer of connectie naar enterprise systeem.

### 3.1.1 Radio Frequency identification tag

Een RFID tag bestaat uit twee belangrijke onderdelen: een chip en een antenne (Sun Microsystems 2003, Domdouzis et al. 2007). De chip bestaat uit een microprocessor en geheugen, in dit geheugen staat de code opgeslagen die het tag uniek maakt. De rol van de antenne bestaat eruit om het leesbereik van de tags te bepalen, een grotere antenne zorgt voor een groter leesbereik. Aan de hand van deze onderdelen is het mogelijk om de opgeslagen data op een contactloze manier te verzenden naar de reader met behulp van radiogolven.

De RFID tags kunnen onderverdeeld worden op basis van hun energievoorziening:

- Passief
- Actief
- Semi-actief/Semi-passief

Passieve RFID-tags beschikken niet over een ingebouwde energiebron om zichzelf van energie te voorzien. De energie nodig om te werken verkrijgen deze tags via het elektromagnetisch veld dat door de reader opgezet wordt. Met deze energie kunnen ze zichzelf opladen om de opgeslagen data naar de reader te verzenden. Hierdoor beschikken deze passieve tags over een onbeperkte levensduur, hebben ze kleine afmetingen en zijn ze goedkoper dan actieve of semi-actieve tags. Voordat een passieve tag zijn data kan verzenden moet er altijd een reader aanwezig zijn om het elektromagnetische veld op te zetten en die dus de communicatie initieert.

Actieve RFID-tags beschikken, in tegenstelling tot passieve tags, over een ingebouwde energiebron die het geïntegreerde circuit van energie kan voorzien. Bij actieve tags wordt dus geen energie verkregen via het elektromagnetische veld van de reader. Actieve tags kunnen ook voorzien zijn van speciale on-board elektronica, zoals microprocessoren, sensoren en input/output



Figuur 3.2: Voorbeelden van pasieve RFID tags.

poorten. De communicatie zal bij actieve tags opgezet worden door het tag en niet door de reader. Verder hebben deze tags de mogelijkheid om voortdurend data uit te zenden, ook als er geen readers in de buurt zijn. Terwijl andere in standby-modus gaan. Doordat deze tags over een eigen energiebron beschikken, is hun levensduur beperkt.

Semi-actieve/semi-passieve tags lijken op de actieve tags, maar het verschil bevindt zich erin dat semi-actieve tags hun ingebouwde energiebron niet gebruiken voor de datatransmissie. Bij deze tags is het ook weer de reader die de verbinding met het tag opzet.

### 3.1.2 Radio Frequency readers

RFID-readers zijn toestellen die de data kunnen lezen van en schrijven naar een RFID-tag. Om dit te kunnen dienen de tags en de reader aan twee vereisten voldoen:

1. Het communicatieprotocol moet op de tag en de reader ondersteund worden.
2. De gebruikte frequentie moet overeenkomen om te functioneren.

Readers die anti-collision ondersteunen bieden de mogelijkheid om meerdere tags binnen het leesbereik gelijktijdig uit te lezen. Standaard zouden de verschillende tags elkaar storen wanneer ze zich beide in het leesbereik van

de reader zouden bevinden. De oplossing hiervoor bestaat eruit om gebruik te maken van anti-collision protocollen, zoals ALOHA, slotted ALOHA en binair zoeken. Voor meer info over deze anti-collision protocollen wordt verwezen naar Finkenzeller (2003).

Een RFID-reader bestaat uit verschillende onderdelen, de belangrijkste zijn de transceiver, de stroombron en de antennes. De transceiver bestaat uit een zend- en ontvangedeelte, het zendgedeelte zorgt tevens voor de stroomvoorziening van de pasieve tags. De antenne dient ervoor om data van tags uit te kunnen lezen en data te versturen naar de tags. De data die verstuurd wordt zal vooral bestaan uit activatiesignalen zodat het tag weet wanneer de data-overdracht gestart dient te worden.

## 3.2 Biometrische identificatie

Bij het gebruik van RFID moet de gebruiker steeds zijn RFID-tag bij de hand hebben om zich te kunnen identificeren. Tegenwoordig bestaan deze wel in allerlei vormen en formaten waardoor ze simpelweg aan een sleutelbos gehangen kunnen worden, maar verlies is nog steeds mogelijk. Dit probleem kan verholpen door gebruik te maken van biometrische identificatie. Biometrische identificatie is gebaseerd op biometrie, dit is de wetenschap om personen te identificeren aan de hand van lichamelijke of gedrags kenmerken. Op dit moment zijn er meer dan 10 verschillende kenmerken die gebruikt kunnen worden om identificatie op biometrische wijze uit te voeren. Een overzicht van de belangrijkste is terug te vinden in tabel 3.1.

In deze sectie zullen we verder ingaan op biometrische herkenning op basis van vingerafdruk herkenning. Voor informatie over de andere biometrische identificatie methode zie de Luis-García et al. (2003), Jain et al. (2004).

### 3.2.1 Vingerafdruk herkenning

Vingerafdruk herkenning is een van de meest gebruikte en meest bekende biometrische identificatie methode. Een vingerafdruk bestaat uit een patroon van ruggen (toppen) en valleien die uniek zijn bij iedere persoon. Dit

| Gedrags kenmerken | Lichamelijke kenmerken       |
|-------------------|------------------------------|
| Toetsaanslagen    | Iris                         |
| Stem              | Netvlies                     |
| Handtekening      | Bloedvaten patroon           |
|                   | Gezicht                      |
|                   | Geometrie van hand of vinger |
|                   | Vinderafdruk                 |

Tabel 3.1: Overzicht van de belangrijkste biometrisch identificeerbare kenmerken. (van der Putte et al. 2000)

patroon is zelfs uniek per vinger en verandert niet gedurende ons leven. Hierdoor is de vingerafdruk geschikt om aan de hand van dit uniek patroon identificatie uit te voeren. Tijdens de identificatie op basis van vingerafdruk kan gewerkt worden door herkenning toe te passen op het ganse patroon, dit is echter vrij tijdsintensief en vatbaar voor fouten door kleine wondjes. Tegenwoordig maken de meeste systemen slechts gebruik van specifieke kenmerken in het patroon van ruggen. Deze kenmerken kunnen afgeleid worden doordat de ruggen van de vingerafdruk niet bestaan uit doorlopende lijnen, maar in lijnen die eindigen, zich splitsen of eilanden vormen. Deze specifieke punten worden bijzonderheden (Engels: minutiae) genoemd. Over het algemeen is een vingerafdruk opgebouwd uit ongeveer honderd bijzonderheden, maar doordat een scanner slechts een stuk van de vinger kan inlezen bevat deze slechts 30 tot 40 bijzonderheden. (Hong & Jain 1998)

Voor meer dan een eeuw worden deze bijzonderheden in vingerafdrukken gebruikt om personen te identificeren. Een vingerafdruk moet op minstens 12 bijzonderheden overeenkomen om in een Europese rechtbank als geldig aanvaard te worden. Deze waarde 12 is niet statistisch bepaald, maar is tot stand gekomen door de jaren heen onder de veronderstelling dat zelfs op een zeer grote populatie geen twee personen zijn die 12 identieke bijzonderheden bevatten. Bij commerciële vingerafdruk herkenningssystemen wordt er meestal gewerkt op basis van 8 bijzonderheden, dit levert een foutmarge op van 1 op 1 miljoen.



Figuur 3.3: Voorbeeld van ingescande vingerafdrukken.

### Vingerafdrukscanners

Op dit moment is het mogelijk een vingerafdruk te nemen van een persoon door de vinger op een toestel te plaatsen, waarna dit toestel de afdruk van de vinger zal nemen en het patroon bepalen. In het verleden, voordat deze digitale scanners bestonden, was dit anders, toen werden de vingerafdrukken genomen door de vinger op een inktkussen te plaatsen waarna de vinger op een blad papier gedruwd moest worden. Door de inkt die zich enkel op de rugen bevond werden de vingerafdrukken overgebracht op het papier waarna er op een manuele manier naar bijzonderheden gezocht kon worden en bepaald worden of 2 vingerafdrukken identiek waren.



Figuur 3.4: Vingerafdrukscanners. (bron: <http://www.gardiner.be>)

Tegenwoordig bestaan er verschillende soorten vingerafdrukscanners, een van de meest gebruikte is de optische scanner. Bij dit type dient de gebruiker de vinger op een glazen plaat te leggen, waarna het door een led

lichtbron verlicht wordt. Door de weerkaatsing van dit licht op de vinger wordt de afdruk van de vinger op de CCD of CMOS van de camera geprojecteerd. Andere vingerafdrukscanners kunnen gebaseerd zijn op ultrasonische, elektrische geleiding, capaciteit of temperatuur technieken. Bij temperatuur gebaseerde scanners is het zelfs niet noodzakelijk dat de scanner de grote van een vinger heeft, het is voldoende als het oppervlak ofwel breed, ofwel hoog genoeg is. Hierbij dient de gebruiker dan met zijn vinger over de sensor te bewegen om zo een volledige vingerafdruk te bekomen. De afdruk wordt door de sensor bekomen door te werken met een rij temperatuursensoren die onderscheid kunnen maken tussen de temperatuur van de huid (op de ruggen) en de temperatuur van de lucht (in de valleien).

### **Vervalsen van vingerafdrukken**

Een nadeel bij het gebruik van vingerafdruk identificatie bevindt zich in het feit dat een vingerafdruk relatief eenvoudig te vervalsen is. Wanneer er een bereidwillige medewerking van een persoon is, kan een vingerafdruk bekomen worden door de vinger in klei te drukken en naderhand hier een laagje silicoon rubber in te doen. De bekomen afdruk van silicoon kan dan op de eigen vinger geplaatst worden waardoor het door de meeste scanners als geldig herkend wordt en voor andere personen bijna niet opvalt. Wanneer de persoon niet bereidwillig is om mee te werken is de procedure iets ingewikkelder, maar nog steeds mogelijk.

In moderne vingerafdrukscanners worden wel allerhande extra controles ingebouwd om vervalsingen te kunnen detecteren. Deze extra veiligheden kunnen controles uitvoeren op temperatuur, conductiviteit, hartslag, bloeddruk, .... Maar zelfs deze controles zijn nog steeds op een vrij gemakkelijke manier te misleiden, ofwel zorgen de controles ervoor dat de scanners niet geschikt zijn voor alle situaties. Neem hier als voorbeeld een sportman die een hartslag heeft in rust van ongeveer 40 slagen per minuut, deze persoon zou zijn vinger al meer vier seconden op de scanner moeten houden om de hartslag te laten detecteren. Een hartslag per persoon zou hier een oplossing kunnen zijn, maar hier treedt ook weer een probleem op wanneer deze sportman de dag erna de trap neemt in plaats van de lift en zo aan de

vingerafdrukscanner aankomt met een hartslag van 80 slagen per minuut. (van der Putte et al. 2000)

### 3.3 Identificatie via de DiamondTouch

Een andere mogelijkheid om identificatie van de personen uit te voeren binnen de applicatie, is door gebruik te maken van de ondersteuning die de MERL DiamondTouch (zie sectie 4.1) biedt om van ieder touchevent te bepalen van welke persoon dit event afkomstig is. Aan de hand hiervan is het mogelijk om een interface op te bouwen die bij het opstarten van de applicatie op het oppervlak van de DiamondTouch getoond wordt waarmee de personen rond de tafel zich kunnen identificeren. Deze interface kan allerlei vormen aannemen, er kan gewerkt worden met een vooropgestelde database van personen waaruit gekozen kan worden. Of er wordt identificatie uitgevoerd op basis van de dienst van de persoon (in het geval van deze thesis, politie, brandweer, ...).



Figuur 3.5: Voorbeeldinterface voor identificatie via Diamondtouch.

Het uitzicht van de interface kan uiteraard ook vrij bepaald worden tijdens de ontwikkeling, hier moet enkel rekening gehouden worden met het doelpubliek. Er kan bijvoorbeeld geopteerd worden om een interface op te bouwen zoals te zien is in figuur 3.5, waarbij er een vooropgestelde lijst van personen uit de verschillende veiligheidsinstanties zichtbaar is. Deze figuur zal op ieder van de vier kanten van de DiamondTouch weergegeven worden,

waarna de persoon aan zijn kant een “profiel” kan kiezen door doorheen de identificatiekaartjes te bladeren.

## Conclusie

In de vorige secties zijn enkele mogelijkheden besproken over hoe we personen kunnen identificeren. Bij de eerste methode, RFID, moeten de gebruikers er steeds aan denken om hun RFID-tag mee te brengen. Wanneer we identificatie op basis van biometrie toe passen is dit geen probleem, vermits een gebruiker zijn vingerafdruk altijd bij zich heeft. Maar bij deze twee methodes is het wel nodig om extra hardware (namelijk readers) te voorzien. Terwijl bij identificatie via de DiamondTouch dit probleem niet optreedt vermits de DiamondTouch ook gebruikt wordt om informatie te bekijken en te delen.

Welke technologie in deze thesis gebruikt zal worden is nog niet duidelijk. Wanneer ervoor gezorgd moet worden dat de opstelling vrij mobiel blijft, kan er waarschijnlijk best geopteerd worden om identificatie uit te voeren via de DiamondTouch vermits deze toch vereist is voor de informatie verdeling. Wanneer dit geen vereiste is kan er geopteerd worden om biometrische identificatie te gebruiken vermits de gebruikers hierbij niet hun badge (RFID-tag) kunnen vergeten.

## Hoofdstuk 4

# Collaboratieve user interfaces

### Inhoudsopgave

---

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>Inleiding . . . . .</b>         | <b>32</b> |
| <b>4.1 DiamondTouch . . . . .</b>  | <b>32</b> |
| 4.1.1 Technische werking . . . . . | 34        |

---

### Inleiding

Binnen het kader van deze thesis wordt er ook gekeken hoe informatie binnen het crisicentrum op een efficiëntere manier gedeeld kan worden. Hierbij moet dus een collaboratieve user interface ontwikkeld worden, binnen deze user interface is het dan mogelijk om informatie te bekijken, toe te voegen en door te sturen naar andere personen aanwezig in het crisiscentrum. Deze user interface wordt op de DiamondTouch ontwikkeld, voor de gedetailleerde informatie over de DiamondTouch zie de volgende sectie.

### 4.1 DiamondTouch

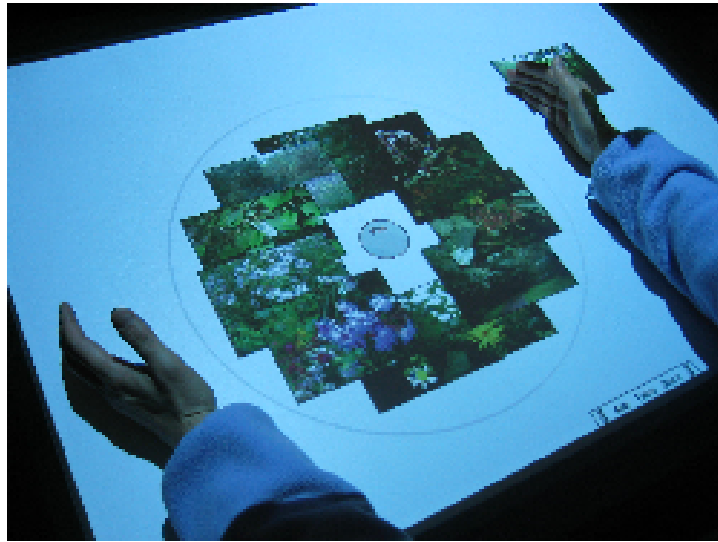
De DiamondTouch, ontwikkeld door Mitsubishi Electronic Research Laboratories (MERL), is een drukgevoelige digitale tafel (zie figuur 4.1). Door middel van een projector die boven de tafel gepositioneerd is, wordt er een

beeld op het aanraakgevoelige oppervlak van de tafel geprojecteerd. De DiamondTouch heeft de capaciteiten om van ieder touch event te kunnen bepalen van welke gebruiker dit event afkomstig is. Hierdoor is het mogelijk om met meerdere gebruikers gelijktijdig interactie uit te voeren met de digitale tafel. Niet alleen kunnen er tegelijkertijd meerdere personen interactie uitvoeren, maar het is ook mogelijk voor een gebruiker om interactie uit te voeren met meerdere vingers op hetzelfde moment. De DiamondTouch heeft namelijk ondersteuning voor multi-user en beperkte multi-touch interactie, zoals beschreven in Dietz & Leigh (2001).



Figuur 4.1: MERL DiamondTouch. (MERL 2008)

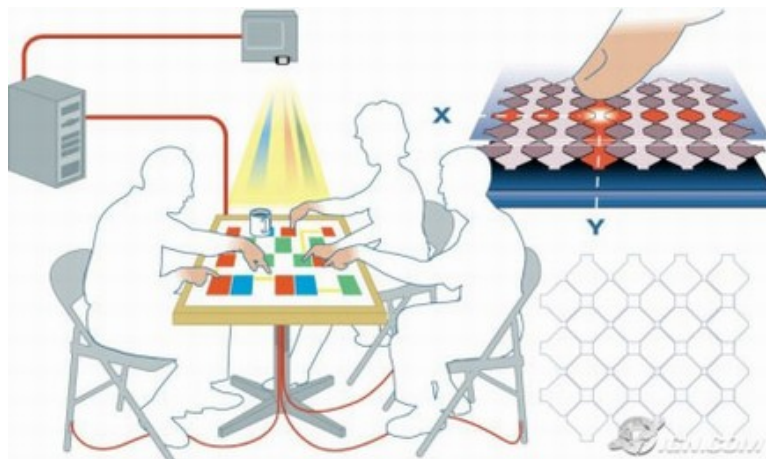
Naast ondersteuning voor interactie met de vingers heeft de DiamondTouch ook de mogelijkheid om een grote diversiteit aan gestures te herkennen (zie figuur 4.2). Voor een overzicht van verschillende gestures op een tabletop display zie Wu & Balakrishnan (2003). Een ander groot voordeel van deze digitale tafel is dat deze niet reageert op fysieke objecten die op de tafel geplaatst worden, een telefoon of een glas kan dus op de tafel geplaatst worden zonder dat dit interfereert met de digitale tafel (zie figuur 4.1 waar een pen en een tas op het oppervlak staan).



Figuur 4.2: Gesture op DiamondTouch. (MERL 2008)

#### 4.1.1 Technische werking

Om interactie met de DiamondTouch tot stand te brengen dient de gebruiker verbonden te zijn met de tafel, dit kan door bijvoorbeeld de stoel waar de gebruiker op zit te verbinden met het systeem. Door middel van deze verbinding kunnen vervolgens de zwakke elektrische signalen verstuurd worden waarmee de exacte positie van een touch event bepaald kan worden. Deze zwakke elektrische signalen worden gegenereerd door de matrix van antennes die zich onder het tafeloppervlak bevinden. Iedere antenne stuurt een uniek signaal uit, welk na aanraking via het lichaam van de gebruiker en de verbinding met het systeem opgevangen kan worden in de afzonderlijke receiver. Deze receiver is vervolgens in staat om de exacte locatie van het touch event te bepalen door het elektrisch signaal te analyseren. Iedere gebruiker is verbonden met een individuele receiver, waardoor het systeem in staat is het touch event aan een gebruiker te koppelen. Door het gebruik van de afzonderlijke receivers zullen er ook geen conflicten ontstaan tussen touch events van verschillende gebruikers, ze worden namelijk volledig afzonderlijk behandeld. Voor een visuele weergave van de werking zie figuur 4.3.



Figuur 4.3: Technische werking DiamondTouch. (bron: <http://www.ign.com>)

## Hoofdstuk 5

# Technologie

### Inhoudsopgave

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Inleiding . . . . .                              | 36 |
| 5.1 Spatial Audio . . . . .                      | 36 |
| 5.2 Collaboratieve user interfaces . . . . .     | 37 |
| 5.3 Opstelling eerste case . . . . .             | 37 |
| 5.4 Voice over IP (VOIP) audiocommunicatie . . . | 38 |

### Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven over de technologie die gebruikt zal worden tijdens de ontwikkelingsfase van deze thesis. De uitgebreide bespreking met betrekking tot de implementatie is terug te vinden in hoofdstuk 7. De hieronder besproken technologie heeft betrekking tot de gebruikte hardware en software bibliotheken.

### 5.1 Spatial Audio

Voor het weergeven van de spatial audio maken we gebruik van een setup met 6 Adam ARTIST Desktop Monitor luidsprekers (figuur 5.1). Dit zijn luidsprekers die elk voorzien zijn van hun eigen stroomvoorziening. Hierdoor kunnen deze luidsprekers maximale akoestische prestaties leveren voor professionele doeleinden.



Figuur 5.1: Adam Artist Desktop Monitor.

De aansturing van deze 6 Adam ARTIST Desktop Monitors wordt geregeld door een Creative Soundblaster X-Fi Xtreme Gamer. Deze geluidskaart kan 7.1 geluid weergeven over 3 kanalen. Op ieder van deze kanalen worden 2 luidsprekers aangesloten om een 3D-audio setup te bereiken.

In de eerste test case die ontwikkeld is, wordt er gebruik gemaakt van OpenAL (2009) om geluiden gepositioneerd te kunnen afspelen. De keuze voor OpenAL is er gekomen door het feit dat ik hier al eerder positieve ervaringen mee gehad heb. Er is ook eventjes gekeken naar de mogelijkheid om Microsoft XAudio2 te gebruiken, maar door de ervaring met OpenAL is hier niet verder op ingegaan voor deze eerste test case.

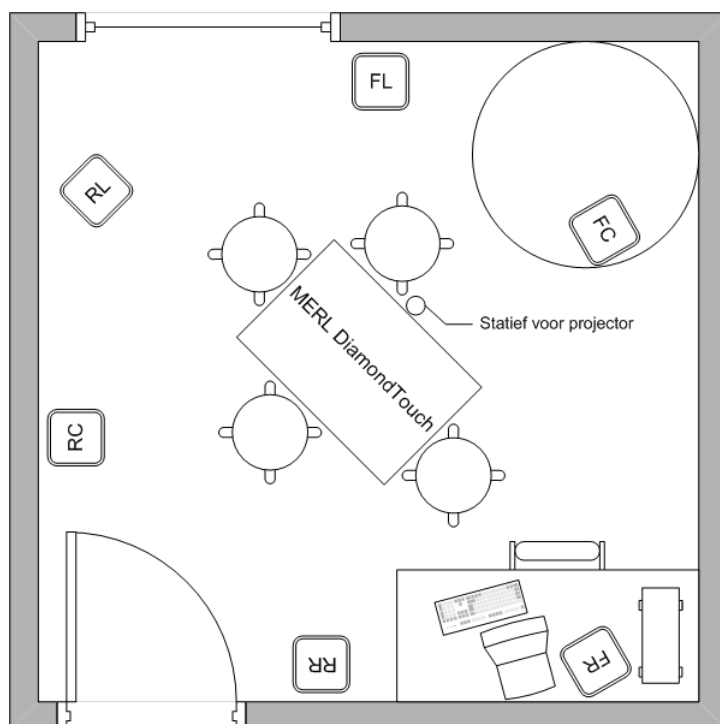
## 5.2 Collaboratieve user interfaces

Om digitale informatie uit te wisselen in het crisiscentrum zal gewerkt worden met een MERL DiamondTouch. Hierop zal geprojecteerd worden aan de hand van een Mitsubishi XD490U DLP Projector. Deze projector staat gemonteerd op een statief dat aan de bovenkant van de tafel gepositioneerd is. De DiamondTouch is verbonden met vier stoeltjes, die rond de tafel staan, zodat maximaal vier personen interactie met de tafel kunnen uitvoeren.

## 5.3 Opstelling eerste case

In figuur 5.2 is een schets terug te vinden van de voorlopige opstelling die gebruikt zal worden tijdens deze thesis. Hierop zijn de zes luidsprekers te zien waarbij aangeduid is op welke positie ze zich bevinden, eerste letter duidt

op Front of Rear en de tweede letter geeft Left, Center of Right aan. Ook is de DiamondTouch weergegeven met rondom vier stoeltjes en de positie van het statief van de projector.



Figuur 5.2: Schets van de opstelling voor de test-case.

## 5.4 Voice over IP (VOIP) audiocommunicatie

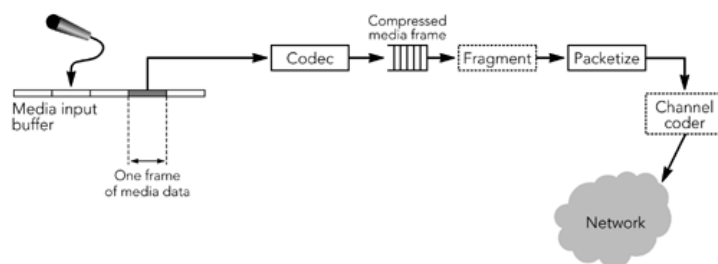
Om de spraakberichten tussen de verschillende partijen te versturen zal er gebruik gemaakt worden van de Voice over IP library EDM Media over IP library (EMIPLIB)<sup>1</sup>. Hierin bevinden zich de standaard zaken die nodig zijn voor het opnemen van geluid van de microfoon en het afspelen van het ontvangen geluid. Ook alle netwerkaftandelingen worden door deze bibliotheek verwerkt. Er zullen wel uitbreidingen voorzien moeten worden op deze library zoals het normaliseren van het geluid, meegeven van ontvangers voor

<sup>1</sup><http://research.edm.uhasselt.be/emiplib/emiplib.html>

iedere audiostroom en het opslaan van de spraakberichten per afzender.

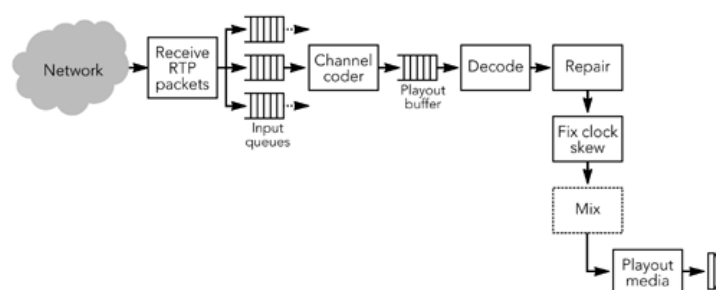
EMIPLIB maakt gebruik van Real-time Transport Protocol (RTP) om het opgenomen geluid of video te versturen (Perkins 2003). RTP is een gestandaardiseerde manier om geluid over een netwerk of internet te transporteren waarbij geen voorkennis nodig is met betrekking tot de kwaliteit en betrouwbaarheid van de netwerkverbinding. RTP wordt vooral gebruikt in communicatie of entertainment systemen die gebruik maken van streaming audio of video. Het protocol is in staat om de data te versturen via een point-to-point principe of via een multicast sessie. Aan de hand van de multicast sessies is het mogelijk om de data, in ons geval de audiocommunicatie, naar een groep van personen te sturen. Dit zorgt ervoor dat bij de verzender slechts één audiostroom vertrekt maar er toch meerdere personen als ontvanger aangeduid kunnen worden. De ontvangers van een multicast groep kunnen op ieder moment veranderen vermits een gebruiker zich kan toevoegen/verwijderen uit een groep. Het toevoegen of verwijderen uit een multicast groep gebeurt door het multicast IP-adres van de groep te gebruiken om vervolgens een groep toe te kunnen voegen in de applicatie of te verwijderen. Zolang gebruikers lid blijven van een multicast groep zullen zij de gesprekken die naar de groep verstuurd zijn blijven ontvangen. Versturen naar een multicast groep kan door het multicast IP-adres op te geven als ontvanger van het gesprek.

Om over een communicatie te kunnen spreken bij RTP is er steeds nood aan minstens één zender en één ontvanger, de zender is verantwoordelijk voor het vastleggen en klaarmaken van de audiovisuele gegevens om deze te verzenden als ook het genereren van RTP-pakketten. Ook moet de zender rekening houden met veranderingen betreffende foutcorrectie en congestie controle door de verzonden datastroom aan te passen naar gelang de feedback van de ontvanger. Een mogelijk schematisch overzicht van de zender is terug te vinden in figuur 5.3. Hierin is te zien dat de opgenomen audio in een buffer wordt geplaatst waarna er een compressie wordt toegepast op de geluidsfragmenten uit de buffer. De gecomprimeerde geluidsfragmenten worden vervolgens opgesplitst en in pakketten geladen om vervolgens te kunnen verzenden.



Figuur 5.3: Overzicht van de zender bij RTP. (Perkins 2003)

De ontvanger is verantwoordelijk voor het binnenhalen van de RTP-pakketten die via het netwerk binnenkomen en deze op correctheid te controleren. Nadien kunnen de ontvangen geluidsstromen gedeprimeerd worden en in een afspeelbuffer geplaatst worden. Deze afspeelbuffer kijkt naar het tijdstip dat bij het geluidsfragment hoort om te weten wanneer dit afgespeeld dient te worden. Daarnaast moet de ontvanger ook geregeld feedback sturen naar de zender zodat de zender kan inspelen om mogelijke vertragingen die opgelopen zijn door een drukker netwerkverbinding. Een mogelijk overzicht van de ontvanger is te zien in figuur 5.4.



Figuur 5.4: Overzicht van de ontvanger bij RTP. (Perkins 2003)

Voor de ontwikkeling van het audiogedeelte binnen deze thesis wordt gebruik gemaakt van EMIPLIB. Het systeem is uiteindelijk opgebouwd uit een client en een server. De client zorgt voor het verzenden en ontvangen van geluid, de client bestaat uit een combinatie van een RTP zender en een RTP ontvanger, zoals hierboven besproken. Daarnaast geeft de client ook een lijst van ontvangers door aan de server per geluidsfragment. De server staat op zijn beurt in om de ontvangen geluidsstromen door te sturen naar

---

de juiste bestemmingen, zoals deze opgegeven zijn door de client. Naast het doorsturen van audio zorgt de server er ook voor dat de ontvangen geluidsstromen met een genormaliseerd volume verzonden worden en dat alle ontvangen geluidsstromen opgeslagen worden op de harde schijf zodat hier op een later tijdstip analyse op uitgevoerd kan worden. Meer uitleg over de implementatie van de audioserver kan gevonden worden in sectie 7.3.3 en over de audioclient in sectie 7.3.4.

## Hoofdstuk 6

# Interactive Conferencing toegepast

### Inhoudsopgave

---

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Inleiding . . . . .                                  | 42 |
| 6.1 Scenario . . . . .                               | 43 |
| 6.1.1 Aandachtspunten tijdens ontwikkeling . . . . . | 43 |
| 6.2 Doelstellingen ontwikkeling . . . . .            | 44 |

---

### Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een situatieschets waarbij het gebruik van interactive conferencing nuttig kan zijn. Dit scenario is opgebouwd op basis van de basisregels tijdens crisiscommunicatie (Boulogne 2003). De basisregels die in dit scenario terugkomen zijn snel handelen (starten crisisprocedure, informatie vergaren), beleid formuleren en nauwkeurig uitvoeren (gebaseerd op vooropgestelde plannen), stel consequent de veiligheid voorop en neem initiatief.

Aan de hand van het uitgewerkte scenario worden vervolgens aandachtspunten geformuleerd waarmee tijdens de implementatie rekening gehouden moet worden. Verder worden er ook doelstellingen vastgelegd waaraan de implementatie moet voldoen om te kunnen functioneren.

## 6.1 Scenario

De gezagvoerders van de verschillende veiligheidsinstanties komen samen in het crisiscentrum en maken snel met elkaar kennis. Men neemt plaats rond de digitale tafel en identificeert zich op het systeem. De eerste stap zal er dan in bestaan om een overzicht te bekomen van ernst van de crisissituatie en de laatste informatie op te vragen van de manschappen die zich op de plaats van de ramp bevinden.

Vanaf dat de personen in het crisiscentrum over de nodige informatie beschikken, kan men proberen een eerste plan op te stellen om de situatie zo vlot en efficiënt mogelijk af te handelen. Van zodra het plan opgesteld is wordt het plan op een gezamenlijke manier overgebracht naar de manschappen van de verschillende veiligheidsinstanties op het veld.

Vanaf dit moment is het de bedoeling dat het crisiscentrum in een soort cyclus terecht komt totdat de crisis volledig opgelost is. Deze cyclus bestaat eruit om de laatste informatie vanop het veld op te vragen en de belangrijke aspecten in het centrum te delen met de andere gezagvoerders. Aan de hand van deze informatie kan men in het crisiscentrum vervolgens bekijken om het vooropgestelde plan aan te passen aan de huidige stand van zaken. De aangepaste plannen kunnen dan weer doorgegeven worden aan de manschappen die zich op de plaats van de ramp bevinden.

### 6.1.1 Aandachtspunten tijdens ontwikkeling

Problemen die zich kunnen voordoen bij het opstarten van het systeem:

- Hoe gaan we de identificatie-fase direct na het binnenkomen van het crisiscentrum aanpakken?
- Wat indien iemand het systeem nog nooit gebruikt heeft?

Aandachtspunten waar rekening mee gehouden moet worden tijdens de werking van het systeem:

- Het moet voor de aanwezige personen mogelijk zijn om met meerdere mensen gelijktijdig te communiceren.
- In groepscommunicatie kan één persoon proberen de andere te overstemmen om zijn mening door te drukken, een techniek om alle audio-stromen op hetzelfde volume te brengen lost dit op.
- Tijdens de uitvoering van het systeem moet het mogelijk zijn om uit te loggen en in te loggen. Dit is bijvoorbeeld vereist wanneer een gezagvoerder van een veiligheidsinstantie vervangen wordt. Hierbij is het dus nodig dat het identificatie systeem dynamisch opgebouwd is en niet enkel bij het opstarten beschikbaar is.
- De personen aanwezig in het crisiscentrum moeten tijdens de crisis de mogelijkheid hebben om van plaats te wisselen zonder dat het systeem volledig opnieuw ingesteld dient te worden (hierbij dan vooral de verschillende audiocommunicaties die behouden moeten blijven en ook de getoonde informatie op de tafel moet dan van plaats verwisseld worden).

Met deze aandachtspunten is tijdens de implementatie rekening gehouden zodat deze in het ontwikkelde systeem niet voor problemen zorgen. Een bespreking in verband met de verwezelijking van de aandachtspunten is verwerkt in de conclusie van de ontwikkeling (sectie 7.3.7).

## 6.2 Doelstellingen ontwikkeling

De doelstellingen voor de implementatie bij deze thesis spitsen zich in eerste instantie toe op de communicatie tussen het crisiscentrum en de manschappen die zich op het veld bevinden. Tijdens de crisis is het ook niet handig om telkens het volume van de luidsprekers aan te passen wanneer iemand zijn communicatie harder doorkomt dan de andere, daarom zou alle communicatie eerst gefilterd moeten worden zodat het volume van de verschillende communicatiestromen genormaliseerd is. Voor latere analyse zou het ook extreem handig zijn mocht de communicatie allemaal opgeslagen kunnen

worden. Verder is het ook belangrijk dat binnen het crisiscentrum op een efficiënte manier informatie gedeeld kan worden tussen de gezagvoerders van de verschillende veiligheidsinstanties. Daarnaast is het ook handig om de locatie van de manschappen op het veld weer te geven op de digitale tafel, zodat het crisiscentrum een overzicht behoudt waar hun manschappen zich bevinden, of hoelang het nog duurt voordat ze op de plaats van de ramp aankomen.

In de conclusie van de ontwikkeling (sectie 7.3.7) worden de doelstellingen overlopen en bij elk van deze een korte uitleg gegeven over de genomen acties om deze doelstelling te verwezelijken.

## Hoofdstuk 7

# Ontwikkeling

### Inhoudsopgave

---

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Inleiding</b> . . . . .                                 | <b>46</b> |
| <b>7.1 Implementatie van eerste case</b> . . . . .         | <b>47</b> |
| 7.1.1 Situering . . . . .                                  | 47        |
| 7.1.2 Beschrijving . . . . .                               | 47        |
| 7.1.3 Opstelling . . . . .                                 | 47        |
| <b>7.2 Usability test van eerste case</b> . . . . .        | <b>49</b> |
| 7.2.1 Beschrijving . . . . .                               | 49        |
| 7.2.2 Resultaten . . . . .                                 | 49        |
| 7.2.3 Conclusie . . . . .                                  | 50        |
| <b>7.3 Implementatie Interactive Conferencing tool</b> . . | <b>50</b> |
| 7.3.1 Situering . . . . .                                  | 50        |
| 7.3.2 Beschrijving . . . . .                               | 51        |
| 7.3.3 Audioserver . . . . .                                | 51        |
| 7.3.4 Audioclient . . . . .                                | 54        |
| 7.3.5 Grafische user interfaces . . . . .                  | 55        |
| 7.3.6 MERL DiamondTouch interface . . . . .                | 55        |
| 7.3.7 PDA interface . . . . .                              | 61        |
| <b>Conclusie</b> . . . . .                                 | <b>65</b> |

---

## Inleiding

In dit hoofdstuk zullen de verschillende toepassingen besproken worden die ontwikkeld zijn. In het eerste deel van de thesis was dit een eerste case om na te gaan of spatial audio bruikbaar is in een collaboratieve omgeving. In het tweede deel van de thesis is er een oplossing ontwikkeld voor het probleem dat in deze thesis gesteld is, namelijk hoe de communicatie tijdens een crisissituatie verbeterd kan worden met een geïntegreerd systeem.

## 7.1 Implementatie van eerste case

### 7.1.1 Situering

De eerste case zal controleren of het haalbaar is voor een gebruiker om een spraakfragment te volgen wanneer er in de ruimte meerdere audiostreams afspelen via een spatial audio setup. Het doel van de case is het bekijken of spatial audio in deze opvatting verder door in de ontwikkeling gebruikt kan worden, of dat er andere technologieën gebruikt dienen te worden, zoals bijvoorbeeld persoonlijke audiokanalen.

### 7.1.2 Beschrijving

De applicatie die hiervoor ontwikkeld is, maakt gebruik van OpenAL (2009) om de geluiden spatiaal te positioneren in de ruimte. Verder is gekozen in deze case om drie geluiden gelijktijdig af te spelen op ongeveer hetzelfde geluidsniveau. De opstelling van zes luidsprekers zorgt voor de integratie van drie geluiden. De geluidsniveau's dienen hetzelfde te zijn om ervoor te zorgen dat de gebruikers zo weinig mogelijk hinder ondervinden van het geluid bestemd voor de andere gebruikers. De gebruikte geluidsfragmenten zijn afkomstig van gesproken versies van Wikipedia teksten.

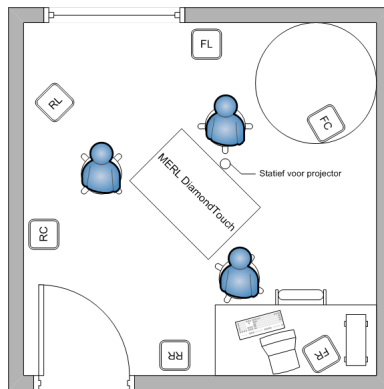
### 7.1.3 Opstelling

Deze eerste case maakt gebruik van de spatial audio opstelling besproken in sectie 5.1. Ieder van de drie geluiden wordt afgespeeld over twee luidsprekers waardoor er gebruik gemaakt wordt van geluid dat voor een gebruiker

relatief gezien van links en rechts komt. In het midden tussen de twee luidsprekers waar hetzelfde geluid op wordt afgespeeld staat een stoel van waaraf het geluid het best hoorbaar is. Een deel van de opstelling is ook te zien in figuur 7.1, hierbij staan de stoelen wel niet meer gepositioneerd op de correcte plaatsen. In figuur 7.2 is een schets terug te vinden van de gebruikte opstelling, met aanduiding van de locatie van de personen.



Figuur 7.1: Opstelling bij eerste case.



Figuur 7.2: Schets van de opstelling bij eerste case.

## 7.2 Usability test van eerste case

### 7.2.1 Beschrijving

De usability test bij de eerste case is vooral om na te gaan of het voor de gebruikers mogelijk is om zich te focussen op één van de afgespeelde geluiden. De testpersonen bestaan uit vier vrijwillige mannelijke medestudenten uit de informaticaopleiding. Hun leeftijd is vooraan twintig en ze hebben geen voorkennis wat betreft dit soort testen. De gebruikerstest zelf is op een informele methode gebeurd waarbij de testpersonen na het binnenkomen een korte uitleg hebben gekregen over het doel van deze test. Er is de testpersonen gevraagd om hun opmerkingen niet direct aan te geven, maar deze na de test door te geven om de rest van de groep niet te storen.

De informele usability test is eerst uitgevoerd in een rustige ruimte met drie personen tegelijk. Daarna is de test herhaald met twee personen uit de vorige groep en een nieuwe persoon. Hierbij luisterde iedereen eerst rustig en naderhand begonnen de twee personen, die de test al uitgevoerd hadden, onderling te praten om een beetje de situatie na te bootsen waarbij er in de ruimte ook nog mensen conversaties voeren. Waarschijnlijk zullen er in realiteit nog meer storende elementen of gesprekken plaatsvinden in dezelfde ruimte, maar naar gelang de resultaten zal dit in een vervolgde test bekeken worden. De testpersonen werden na afloop informeel gevraagd of ze het moeilijk vonden om zich te focussen op hun eigen geluid en of ze dachten dat het mogelijk was om dit te gebruiken in combinatie met microfoon om communicatie in twee richtingen te verwezelijken.

### 7.2.2 Resultaten

De resultaten van de test waren voor de verschillende gebruikers gelijkaardig. Ze vonden dat het mogelijk was om naar hun geluid te luisteren, maar dat het de nodige concentratie vergde. Een opmerking was wel dat sommige klanken van andere geluidsfragmenten storend waren. Verder zagen ze het niet direct zitten om in deze opstelling ook microfoons te integreren om de communicatie in twee richtingen te kunnen laten verlopen. De persoon die de tweede test uitgevoerd heeft vond het in eerste instantie vrij gemakkelijk

om het spraakfragment te verstaan, maar eens de twee andere personen onderling begonnen te praten werd dit zeer moeilijk. Hierbij vond hij zelfs dat de zinnen uit het fragment soms meer als losse woorden begrepen werden in plaats van de volledige context van de zinnen.

### 7.2.3 Conclusie

Aan de hand van bovenstaande resultaten kunnen we concluderen dat het mogelijk is het spraakfragment te volgen wanneer men zich in een rustige omgeving bevindt. Maar op het moment dat in deze ruimte onderlinge conversaties plaatsvinden of dat men via microfoons communicatie in twee richtingen gaat voorzien wordt het bijna onmogelijk om een spatial audio setup te gebruiken. Hieruit kunnen we opmerken dat zelfs met conversaties tussen twee andere personen het moeilijk wordt, hierdoor heeft het weinig zin om een verdere test uit te voeren naar het effect van meer storende factoren, of meerdere conversaties gelijktijdig. Gebaseerd op deze conclusie zal er in het verder verloop van deze thesis gebruik gemaakt worden van persoonlijke audiotoeestellen, zoals bijvoorbeeld oortjes al dan niet met Bluetooth.

## 7.3 Implementatie Interactive Conferencing tool

### 7.3.1 Situering

De bespreking die in deze sectie aan bod zal komen behandelt het ontwikkelen van een oplossing voor het probleem dat binnen deze thesis gesteld is. (Meer bepaald een systeem ontwikkelen dat het communicatieprobleem oplost dat zich tijdens een crisissituatie voordoet.) Op dit moment gebeurt deze communicatie via verschillende toestellen en verschillende technologieën (gsm, walkietalkie, ...). Om het doel van deze thesis te bereiken is er nood aan een uniforme communicatie in een geïntegreerd systeem. Deze communicatie vindt plaats tussen de mensen in het crisiscentrum en de mensen die zich op de plaats van de ramp bevinden. Om dit te kunnen realiseren is er nood aan een oplossing die mobiel te gebruiken is en volledig uitbreidbaar naar een willekeurig aantal personen.

### 7.3.2 Beschrijving

De ontwikkeling van een applicatie die het probleem zal aanpakken is opgesplitst in verschillende onderdelen, omdat er verschillende aspecten bij komen kijken. Zo moeten de gebruikers audio kunnen versturen en ontvangen via een gebruiksvriendelijke interface. Verder is er nood aan een audioserver die zich bezig houdt met het doorsturen van de audiostromen naar de juiste bestemmingen. Daarnaast vindt in de server ook volumenormalisatie plaats en logging van alle ontvangen geluidsstromen per afzender. Aan de hand van deze opgeslagen gegevens kan naderhand nagegaan worden waar zich problemen voordeden tijdens de communicatie zodat deze opgelost kunnen worden tegen een volgende crisissituatie. In het crisiscentrum zelf moet er ook een interface voorzien worden die op de MERL DiamondTouch tafel werkt. Hierop moeten de mensen in het crisiscentrum hun manschappen kunnen volgen en hun eigen audiocommunicatie kunnen beheren.

De audiocommunicatie zal gebeuren aan de hand van de bibliotheek EMIPLIB, zoals besproken in sectie 5.4. In de vermelde sectie is ook informatie terug te vinden over de werking van RTP, het onderliggende protocol dat in EMIPLIB gebruikt wordt om de audiofragmenten te versturen via het netwerk.

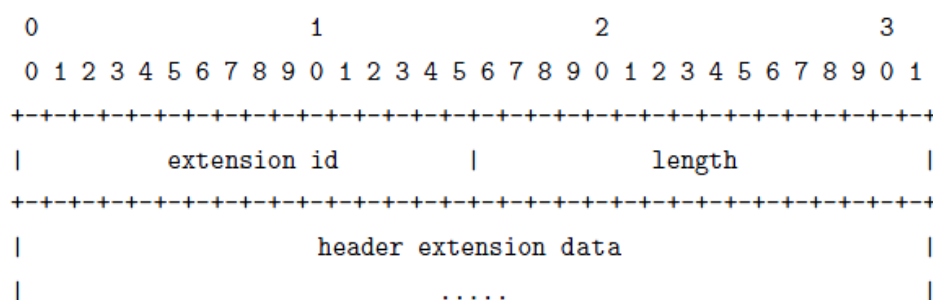
In de volgende secties zal er op ieder afzonderlijk onderdeel van de implementatie ingegaan worden met een gedetailleerde beschrijving.

### 7.3.3 Audioserver

#### Gedetailleerde beschrijving

De audioserver heeft als primair doel ervoor te zorgen dat de binnengekomen audiostromen naar de juiste eindontvangers doorgestuurd worden. Om te weten welk audiofragment naar waar doorgestuurd moet worden, wordt er gebruik gemaakt van de mogelijkheid om bij een RTP pakket header uitbreidingen (extensions) toe te voegen. Deze header uitbreidingen worden door de audioclient (zie sectie 7.3.4) aan ieder pakket toegevoegd. De header uitbreiding bestaat uit een uitbreidingsnummer (extension id), de

lengte van de toegevoegde data en de effectieve data die in de uitbreiding meegestuurd wordt (extension data). Voor een grafische representatie van de header extension, zie figuur 7.3. Het uitbreidingsnummer wordt in deze implementatie vast op de waarde één gehouden, de lengte geeft aan hoeveel ontvangers er zijn, vermits iedere ontvanger bestaat uit één 32-bit woord. De toegevoegde data bevat het ip-adres van iedere bestemming van het huidige audiofragment. Dit kunnen één of meerdere bestemmingen zijn waarbij een bestemming ook een multicast ip-adres mag bevatten waardoor een soort van broadcast optie voorzien wordt voor iedereen die aangesloten is bij de multicast group waar het audiofragment naar verstuurd wordt. Wanneer op de server een RTP pakket ontvangen wordt, wordt de extension data direct opgeslagen in een lijst. Dit om ervoor te zorgen dat deze beschikbaar blijft om naderhand door te zenden en zodat de rest van de audioserver hier geen rekening meer mee moet houden. Net voor het verzenden wordt de opgeslagen header extension uit de lijst gehaald om te weten naar waar het audiofragment doorgestuurd moet worden. EMIPLIB respecteert de volgorde van de pakketten. Hierdoor is het mogelijk de lijst van header extensions telkens achteraan aan te vullen en vooraan uit te lezen en te verwijderen. Op deze manier weet de audioserver bij het verzenden steeds welke header uitbreiding bij welk audiofragment hoort.



Figuur 7.3: Grafische representatie van de RTP Header Extension.

Naast het doorsturen van de audiostromen naar de correcte bestemmingen zorgt de audio server er ook voor dat het volume van de verschillende audiofragmenten genormaliseerd wordt. Dit wordt gedaan om ervoor te zorgen dat de ontvanger niet telkens het volume van zijn/haar toestel (hoofdtele-

foon of oortje) moeten aanpassen op het moment dat ze met andere personen gaan communiceren. Door de volumenormalisatie wordt het schreeuwen van een bepaalde correspondent ook niet als dusdanig ontvangen, maar ligt het volume slecht een beetje hoger. De volumenormalisatie is gerealiseerd door per ontvangen geluidsfragment een gemiddelde te berekenen van de samples in het fragment. Samples zijn die waarden die digitale versie van het geluid voorstellen na analoog naar digitaal conversie. Wanneer het berekende gemiddelde hoger ligt dan een vastgestelde waarde worden de samples vermenigvuldigd zodat na de vermenigvuldiging het gemiddelde onder de vastgestelde waarde ligt. Er is gekozen om de geluidsfragmenten met een zeer laag volume niet te versterken want hierbij zouden teveel ongewenste achtergrondgeluiden versterkt worden, ook zou de ruis die aanwezig is hierdoor te hard doorgezonden worden. Hierdoor zou de communicatie dan niet meer zonder problemen verlopen. Er moet nu weliswaar meer moeite gedaan worden om de correspondent te verstaan maar is er geen probleem met betrekking tot versterking van ongewenste factoren waardoor de correspondent deze bijkomende factoren eveneens slecht zou verstaan.

Een laatste functionaliteit die de audioserver toepast is logging. Meer bepaald alle ontvangen audiostromen worden opgeslagen op de harde schijf per afzender zodat naderhand geanalyseerd kan worden welke problemen zich tijdens de communicatie hebben voorgedaan. De resultaten van deze analyse kunnen zeer nuttig zijn om te bespreken met de betrokken personen zodat hiervoor naar een oplossing gezocht kan worden tegen een volgende keer dat het systeem ingezet zal worden. Er is gekozen om de opgeslagen fragmenten niet te comprimeren omdat dit voor teveel overhead zou zorgen wanneer er teveel audiostromen op de server binnenkomen. Ook zou er bij compressie zeer goed opgelet moeten worden dat er geen automatische ruisonderdrukking toegepast wordt, want ruis kan een oorzaak zijn van problemen tijdens de communicatie. Wanneer deze door de compressie verwijderd wordt, is het tijdens de analyse moeilijk, zo niet onmogelijk, om de oorzaak van de problemen vast te stellen. Het nadeel van het opslaan van de geluidsstromen zonder compressie is wel dat er veel vrije schijfruimte vereist is om de pc waarop de audioserver draait.

### 7.3.4 Audioclient

#### Gedetailleerde beschrijving

De audioclient staat in voor het versturen van het opgenomen geluid van de microfoon naar de audioserver. Naast het geluid wordt in de header uitbreidingen van het RTP pakket ook aangegeven wie de ontvangers van de huidige audiofragmenten zijn. Verder staat de audioclient in voor het ontvangen van audiofragmenten die afgespeeld moeten worden. Doordat de client enkel geluid opneemt van de microfoon en afspeelt wat er via RTP ontvangen wordt, is er naast het encoderen en decoderen van het geluid weinig extra rekenkracht nodig. Hierdoor is ervoor gekozen om een aparte versie van de audioclient te ontwikkelen die zijn werk kan doen op een Personal Digital Assistant (PDA). De versie die geschikt is voor de PDA zal voornamelijk gebruikt worden door de mensen die zich op het veld bevinden. Een PDA is compact en meestal standaard al uitgerust met draadloze netwerkmogelijkheden (wifi en tegenwoordig zelfs 3G). Naast de versie voor de PDA is er ook een versie die op een normale computer gebruikt kan worden. Deze versie zal voornamelijk gebruikt worden door mensen die zich in het crisiscentrum bevinden. Hier is een mobiele variant niet noodzakelijk vermits er plaats is om verschillende computers/laptops neer te zetten welke uitgerust zijn met bluetooth zodat de mensen in het crisiscentrum hun audiocommunicatie kunnen voeren via een bluetooth oortje. Dit zorgt er in het crisiscentrum ook voor dat er niet overal kabels over de grond liggen voor de hoofdtelefoons of oortjes. Ook geeft het de gebruiker de vrijheid om vrij in het crisiscentrum rond te bewegen zonder onderbreking in de audiocommunicatie.

De audioclient maakt evenals de audioserver ook gebruik van EMIPLIB als onderliggende bibliotheek voor het verzorgen van alle aspecten betreffende versturen/ontvangen van de RTP berichten en het opnemen en afspelen van geluid op het gebruikte toestel. Door gebruik te maken van dezelfde bibliotheek in de client (zowel pc als PDA versie) en de server wordt er gezorgd voor een grote compatibiliteit doordat grote delen van de code met betrekking tot de RTP header uitbreidingen overgenomen kunnen worden. De

audioclient zelf beschikt niet over een user interface, het bedienen van de audioclient is enkel mogelijk door een externe grafische interface te koppelen via een TCP connectie. Hierdoor is het mogelijk dat de grafische user interface op een afzonderlijke computer getoond wordt. Dit is vooral in het crisiscentrum nuttig vermits hier op een collaboratieve interface de communicatie van meerdere gebruikers beheert dient te worden.

### 7.3.5 Grafische user interfaces

#### Situering

De grafische user interfaces zorgen hoofdzakelijk voor de controle van de audioclients. Er is gekozen om het audio gedeelte afzonderlijk van de grafische user interface te ontwikkelen zodat er meerdere user interfaces ontwikkeld kunnen worden die gebruik maken van dezelfde achterliggende audioclient. Verder is het op deze manier ook mogelijk om met één grafische interface meerdere audioclients te bedienen, dit is een vereiste voor in het crisiscentrum.

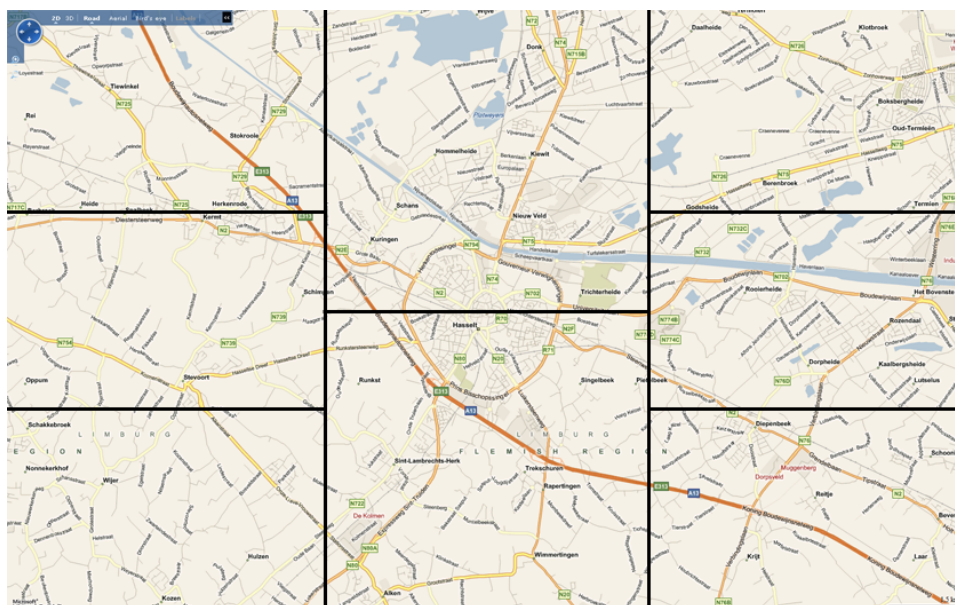
Bij het ontwikkelen van de grafische user interfaces is ervoor geopteerd om een grafische interface te ontwikkelen die op de MERL Diamondtouch beidiend kan worden en een tweede die op de PDA gebruikt kan worden. Deze laatste kan ook op een laptop of netbook weergegeven worden met enkele kleine aanpassingen. De grafische interfaces moeten ervoor zorgen dat de gebruikers zich kunnen identificeren en hun audiocommunicatie kunnen beheren. Verder zouden de posities van de verschillende personen op het veld zichtbaar moeten zijn in het crisiscentrum op de MERL Diamondtouch tafel. Deze user interface zorgt ook ervoor dat tot 4 gebruikers gelijktijdig hun audiocommunicatie kunnen beheren.

### 7.3.6 MERL DiamondTouch interface

#### Gedetailleerde beschrijving

De grafische interface die gemaakt is voor op de MERL DiamondTouch tafel is ontwikkeld met behulp van het .NET framework en Windows Presentation Foundation (WPF) als grafisch subsysteem. De user interface biedt

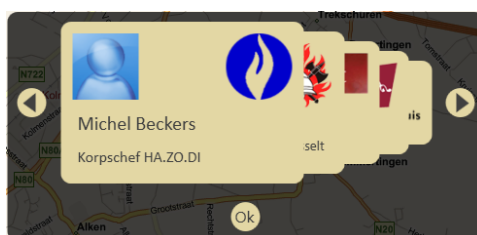
meerdere gebruikers de mogelijkheid zich in te loggen op het systeem door op een willekeurige plaats op het scherm te klikken, vervolgens zal het inlogwidget/inlogvenster verschijnen aan de buitenrand van de regio waarin de gebruiker geklikt heeft. De verdeling van de 8 regio's op het scherm is te zien in figuur 7.4. De keuze om met regio's te werken waarin de gebruiker kan werken is er gekomen om ervoor te zorgen dat een deel van het scherm steeds gereserveerd blijft voor deze gebruiker. Wanneer bijvoorbeeld een tweede gebruiker in dezelfde regio zou klikken om in te loggen en deze is al door een andere gebruiker bezet, zal er in deze regio geen tweede inlogvenster weergegeven worden voor de nieuwe persoon. Hierdoor wordt de zichtbaarheid voor de gebruikers gegarandeerd en overlapping van vensters van verschillende gebruikers geminimaliseerd. Dit is belangrijk om het gebruiksgemak te verhogen. Wanneer meerdere vensters elkaar overlappen zorgt dit voor een onoverzichtelijk resultaat wat zeer slecht zou zijn voor de tijd die nodig is om de acties uit te voeren, zoals het opzetten van een nieuw gesprek.



Figuur 7.4: MERL DiamondTouch interface: Scherm opgedeeld in 8 regio's.

Het inlogvenster is opgebouwd uit een lijst van fiches (zie figuur 7.5), waarbij

iedere fiche een persoon voorstelt die zich kan inloggen op het systeem. Op iedere fiche is informatie terug te vinden van de desbetreffende persoon, meer bepaald zijn naam, functie, pasfoto en een logo van de veiligheidsinstantie, gemeente, stad of provincie waarvoor deze persoon aanwezig is. Het kiezen van de juiste gebruiker in het inlogscherf kan op twee manieren gebeuren, de eerste manier bestaat eruit om met de pijltjes aan de zijkant door de fiches van gebruikers te bladeren. Een tweede methode die sneller de juiste persoon kan weergeven, is door op de fiche van de persoon te klikken, hierdoor zal deze fiche naar bovenkomen. De fiches kunnen herkend worden aan de logo's die nog gedeeltelijk zichtbaar zijn. Er is ook gekozen om achter de vensters van de gebruikers een zwarte, transparante achtergrond aan te brengen om het contrast met de achtergrond (kaart) te verhogen, maar er toch voor te zorgen dat de achtergrond nog minimaal zichtbaar is rondom de werkelijke inhoud.



Figuur 7.5: MERL DiamondTouch interface: Loginvenster.

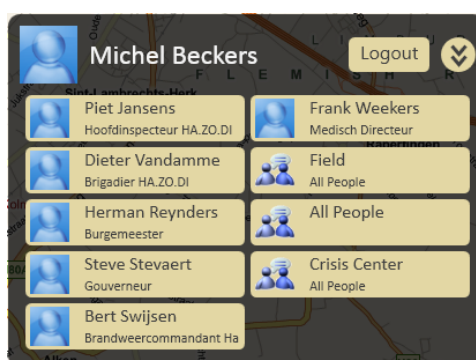
Het inloggen op het systeem beperkt zich ook niet tot het moment dat de interface wordt opgestart, dit kan op ieder moment tijdens de uitvoering van de toepassing gebeuren, zoals te zien is in figuur 7.6. Reeds ingelogde gebruikers zullen hier dan ook geen hinder van ondervinden en kunnen zonder problemen blijven communiceren met andere personen en zelfs nieuwe gesprekken opzetten, of huidige gesprekken afsluiten.

Nadat een gebruiker zich heeft ingelogd in de applicatie, door zijn fiche te selecteren en te bevestigen door op “ok” te klikken, wordt het callwid- get/gespreksvenster aangemaakt en weergegeven. In het gespreksvenster is het mogelijk aan te duiden met wie men wil communiceren (zie figuur 7.7). Dit kunnen één of meerdere personen zijn, of er kan gekozen worden om



Figuur 7.6: MERL DiamondTouch interface: Login tijdens werking.

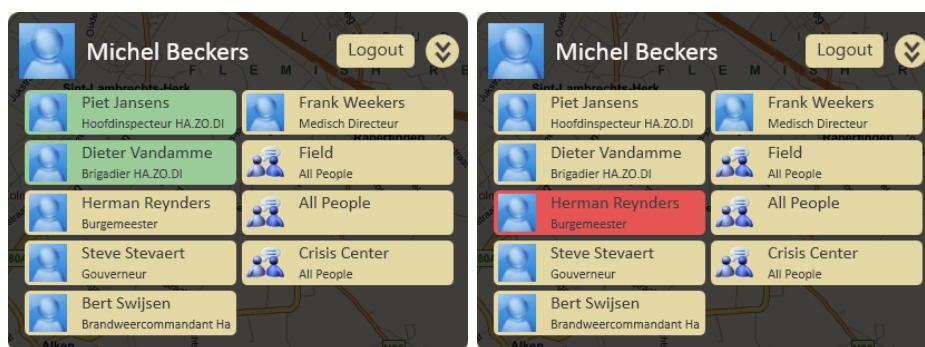
direct met een groep personen te communiceren. Communiceren met een groep van personen wordt gedaan op basis van multicast, zoals dit beschreven wordt bij de uitleg van de audioserver (7.3.3). De drie groepen die in de applicatie gebruikt worden zijn in de onderstaande figuur aan de rechterkant te zien, namelijk alle personen, alle manschappen op de plaats van de ramp of alle personen aanwezig in het crisiscentrum.



Figuur 7.7: MERL DiamondTouch interface: Callwidget.

Wanneer er op de naam van een persoon geklikt wordt waarmee men wil

communiceren, zal de achtergrond bij deze persoon van kleur veranderen om aan te geven dat er met deze persoon gecommuniceerd wordt. Omdat de actie succesvol verlopen is, is er gekozen om een groene achtergrond te voorzien, zoals te zien is in figuur 7.8(a). Wanneer er echter onverwachts een fout is opgetreden bij het opzetten van het gesprek zal de achtergrond bij deze rood kleuren om aan te geven dat er een fout is opgetreden en dat nog niet met de persoon gecommuniceerd kan worden. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 7.8(b). Er is wel gekozen om de rode kleur slechts enkele seconden weer te geven en dan terug te schakelen naar de normale achtergrondkleur om niet teveel verwarring te creëren door de verschillende achtergrondkleuren.



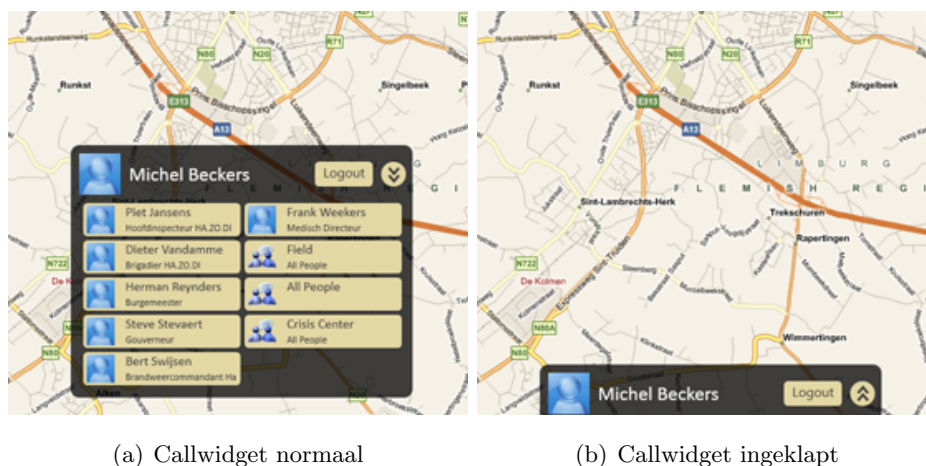
(a) Overzicht van huidige communicatie

(b) Fout bij opzetten communicatie

Figuur 7.8: MERL DiamondTouch interface: Callwidget met kleuraanduidingen.

Het is ook mogelijk om het gespreksvenster weg te schuiven naar de rand van het scherm zodat de achtergrond beter zichtbaar is. Dit kan handig zijn om aankomende voertuigen beter te volgen op de onderliggende kaart. Om het callwidget weg te schuiven is er bovenaan een knop voorzien met 2 pijltjes op die naar beneden wijzen om het wegschuiven aan te geven. Als de gebruiker hierop klikt, zal het gespreksvenster zich in zijn geheel naar beneden bewegen en stoppen op het moment dat enkel de naam van de ingelogde gebruiker en zijn pasfoto zichtbaar zijn. In weggeschoven toestand zullen de pijltjes ook omgedraaid worden om aan te geven dat het callwidget teruggeschoven kan worden. Een voorbeeld hiervan is te zien in 7.9 waarbij

7.9(a) de normale weergave is en 7.9(b) laat zien wat er overblijft na het wegschuiven van gespreksvenster.

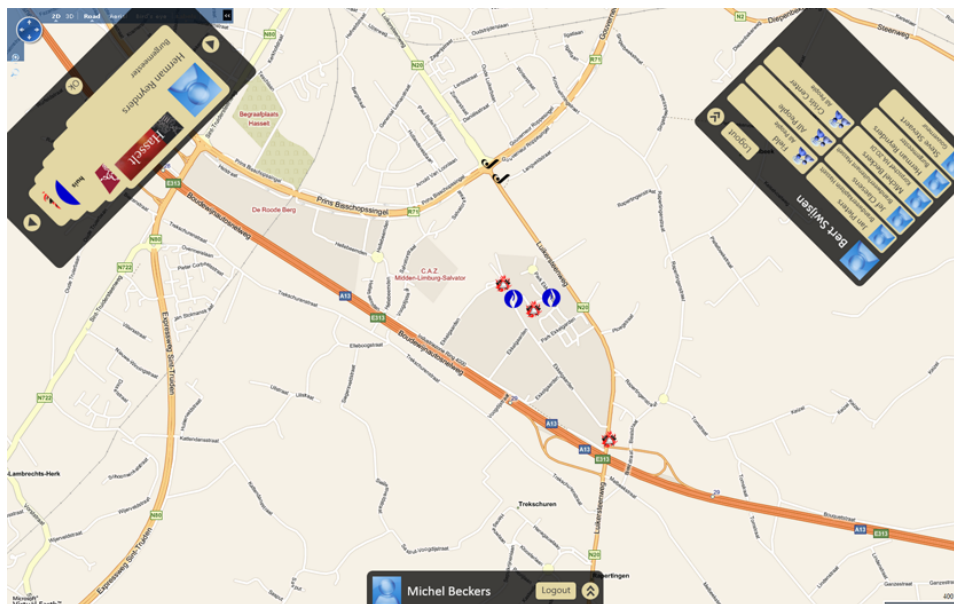


Figuur 7.9: MERL DiamondTouch interface: Callwidget.

Bovenaan het gespreksvenster is er ook een logout knop voorzien om de ingelogde gebruiker af te melden en zijn communicatie af te sluiten. Deze knop kan gebruikt worden wanneer een persoon vervangen wordt tijdens een crisissituatie omdat hij polshoogte gaat nemen op het veld en zijn communicatie verder via de mobiele applicatie zal voeren. Verder is het ook mogelijk om het callwidget naar een andere regio van het scherm te verplaatsen. Dit kan gedaan worden door in een beschikbare regio, niet bezet door een andere gebruiker, te klikken en in te loggen met dezelfde persoonsgegevens. Het gespreksvenster zal dan gewoon overgezet worden naar de nieuwe regio en de communicatie met aangeduide personen blijft behouden. De oude regio zal tevens vrijgegeven worden zodat andere gebruikers deze kunnen gebruiken om in te loggen.

Zoals te zien in verschillende screenshots wordt er op de achtergrond van de applicatie een kaart weergegeven, dit kan bijvoorbeeld de plaats van ramp zijn. Hierop wordt vervolgens de positie van de verschillende manschappen op het veld weergegeven door middel van Global Positioning System (GPS)-coördinaten die doorgestuurd worden naar het crisiscentrum vanop het mobiel toestel van de manschappen. Deze kaart kan in het crisiscen-

trum niet alleen gebruikt worden om de positie van de manschappen bij te houden, maar ook om een idee te krijgen van hoelang het duurt voordat versterking op de plaats van de ramp zal aankomen. Een voorbeeld van hoe de posities op de kaart worden weergegeven is te zien in figuur 7.10.



Figuur 7.10: MERL DiamondTouch interface: Locatie manschappen.

### 7.3.7 PDA interface

#### Gedetailleerde beschrijving

De grafische gebruikersinterface die voor de PDA ontwikkeld is, is opgebouwd rond hetzelfde concept als de user interface op de MERL Diamond-Touch tafel. Dit om ervoor te zorgen dat een gebruiker zonder problemen kan wisselen tussen de twee interfaces. Dit heeft als gevolg dat er een kortere leercurve nodig is om het systeem onder de knie te krijgen. De grafische gebruikersinterface voor de PDA is ontwikkeld door middel van het .NET framework en Windows Forms als grafisch subsysteem. De achterliggende communicatie met de audioclient is overgenomen vanuit de grafische interface voor de digitale tafel evenals de structuur om de inloggegevens en contactpersonen op te slaan. Verder konden de grafische elementen die

overeenkwamen niet overgenomen worden vermits op de PDA geen ondersteuning is voor WPF.

De PDA is meestal een persoonlijk toestel, toch er is geopteerd om in de grafische gebruikersinterface een identificatie/inlog fase toe te voegen. Hierdoor is het mogelijk dat de veiligheidsinstanties een aantal PDA's voorzien die door de manschappen met de hoogste rangen gebruikt worden. Dit zorgt ervoor dat niet voor iedere persoon een PDA voorzien hoeft te worden, maar dat een toestel doorgegeven kan worden wanneer iemand op het veld vertrekt of als iemand dringend iets moet melden aan het crisiscentrum.

De gebruiker kan inloggen in de toepassing door op het kaartje/fiche van zijn naam te klikken waarmee hij wenst in te loggen. In figuur 7.11 is te zien dat de interface naast de kaartjes vrij simpel gehouden is. Er is bijvoorbeeld niet gekozen om met een bladersysteem door de kaartjes te lopen, zoals bij de digitale tafel, maar om deze fiches onder elkaar weer te geven. Het voordeel hiervan is dat het overzicht op het kleine scherm beter behouden blijft. Met een kaartenbak concept zouden de kaartjes kleiner gemaakt moeten worden. Vervolgens zou het niet meer mogelijk zijn om de achterliggende kaartjes te identificeren om er rechtstreeks op te klikken.

Nadat de gebruiker ingelogd heeft zal er naar analogie met de interface op de MERL tafel een gespreksventer weergegeven worden. Hier is ook weer gekozen om de namen allemaal onder elkaar weer te geven omdat het door het kleine scherm niet mogelijk is om twee personen naast elkaar weer te geven zonder de namen te klein weer te geven. De contactpersonen in deze lijst zijn ingedeeld volgens prioriteiten. Eerst zullen de personen van dezelfde veiligheidsinstantie weergegeven worden. Vervolgens worden de manschappen weergegeven van de andere veiligheidsinstanties waarmee communicatie vereist is evenals de mensen die zich in het crisiscentrum bevinden. Aan het einde van de lijst zijn ook de groepen van personen toegevoegd. Deze zijn op het einde geplaatst zodat ze voor een gebruiker gemakkelijk bereikbaar zijn. Wanneer de lijst alfabetisch geordend weergegeven zou worden, moet de gebruiker veel meer door de lijst scrollen om de juiste personen terug te vinden. Zie figuur 7.12 voor een voorbeeld van het gespreksvenster.



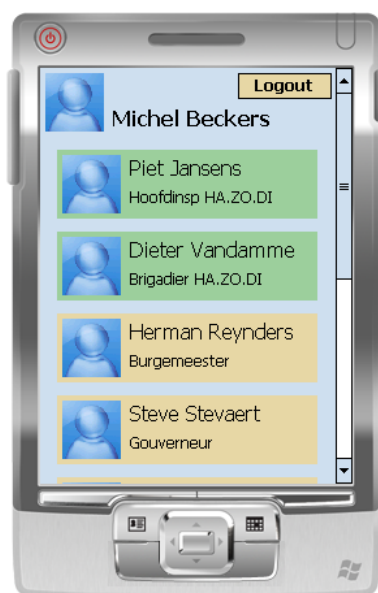
Figuur 7.11: PDA interface: Loginscherm.

Wanneer een gesprek opgezet is met een contactpersoon zal dit in het gespreksvenster weergegeven worden door de achtergrond kleur van het kaartje aan te passen. Wanneer het opzetten succesvol verlopen is zal de achtergrond groen weergegeven worden, zoals te zien is in figuur 7.13. Wanneer er echter een fout opgetreden is zal de achtergrond rood gekleurd worden om dit aan te geven. Hierdoor behoudt de gebruiker op ieder moment een overzicht met wie hij/zij aan het communiceren is.

Naast het beheren en controleren van de communicatie, zorgt deze toepassing ervoor dat de positie van de gebruiker doorgestuurd wordt naar de grafische gebruikersinterface die op de MERL DiamondTouch tafel weergegeven wordt. Hiervoor moet de PDA wel beschikken over een GPS ontvanger zodat de positie van het toestel bepaald kan worden. Om de netwerkverbinding niet te veel te belasten met het versturen van GPS data worden enkel relevante GPS gegevens naar de digitale tafel doorgestuurd. Meer bepaald de informatie over de persoon, de positie (latitude en longitude) en de tijd van de positiebepaling. Alle andere GPS-data die van de GPS-ontvanger binnenkomt wordt genegeerd om de netwerkverbinding vrij te houden voor het versturen en ontvangen van de audiocommunicatie die belangrijker is



Figuur 7.12: PDA interface: Callvenster.



Figuur 7.13: PDA interface: Callvenster met overzicht actieve gesprekken.

dan het versturen van alle GPS-data die niet nuttig is om weer te geven. Daarnaast is het mogelijk om de huidige positie door te geven door die in het gesprek aan te geven, dus mocht er een probleem optreden met het versturen van de GPS-data is dat nog steeds geen groot probleem.

## Conclusie

Na een eerste case en bijbehorende gebruikstest is geconcludeerd dat er in het crisiscentrum niet gewerkt kon worden met een spatial audio systeem om alle audiocommunicatie op af te spelen. Dit zou voor de mensen in het crisiscentrum te moeilijk worden om zich op het geluid te concentreren en dit zou ook de vrijheid van de aanwezige mensen te fel beperken. Daarom is er in de ontwikkeling van de Interactive Conferencing tool gebruik gemaakt van een systeem gebaseerd op Personal Audiochannels (sectie 2.2). Iedere persoon zal beschikken over een eigen audiotestel waarmee geluid wordt opgenomen en afgespeeld, dit audiotestel kan ook uitgerust zijn met bluetooth zodat de gebruikers in het crisiscentrum vrij kunnen rondlopen en ondertussen verder blijven communiceren. Voor de gezagvoerders van de veiligheidsinstanties in het crisiscentrum is ook een collaboratieve interface ontwikkeld, welke de aanwezige gebruikers de mogelijkheid biedt om hun audiocommunicatie te beheren via de digitale MERL DiamondTouch tafel. De mensen op het veld kunnen hun audiocommunicatie uitvoeren aan de hand van een toepassing die ontwikkeld is voor de PDA.

Er is ook gekozen om een opsplitsing te maken tussen het audiocommunicatie gedeelte en het grafische aspect van de implementatie. Het belangrijkste voordeel dat we hiermee bekomen is dat we de achterliggende audiocommunicatie code slechts één keer hoeven te ontwikkelen, maar dat het toch mogelijk is om deze te besturen vanuit verschillende grafische user interfaces. Hierdoor is het ook perfect realiseerbaar dat de audioclient en de grafische interface niet op dezelfde computer uitgevoerd worden, iets waar nuttig gebruik van gemaakt wordt in de collaboratieve user interface.

In het vorige hoofdstuk hadden we enkele doelstellingen vooropgesteld die zeker voorzien moesten worden om over een geslaagde implementatie te kun-

nen spreken. Deze doelstellingen bestaan uit het realiseren van de communicatie tussen het crisiscentrum en de mensen op het veld. Dit is gerealiseerd aan de hand van de audioserver en de audioclient besproken in respectievelijk sectie 7.3.3 en 7.3.4. Het normaliseren van het volume is voorzien in de audioserver, hierdoor hoeft de gebruiker niet constant het volume van zijn hoofdtelefoon bij te regelen maar worden de verschillende geluidsstromen om een gelijk volume ontvangen. Om naderhand analyse toe te passen op de gevoerde communicatie is er tevens een logging functionaliteit aan de server toegevoegd. Deze slaat alle binnengekomen audiocommunicatie op harde schijf op per afzender.

Voor het delen van globale informatie binnen het crisiscentrum is er gekozen om dit eveneens via audiocommunicatie op te lossen, anders moest dit eerst gedigitaliseerd worden om vervolgens naar iedereen door te kunnen sturen. De mensen die zich in het crisiscentrum bevinden kunnen informatie delen door gebruik te maken van de multicast groep die alle personen binnen het crisiscentrum groepeerd. Als laatste doelstelling werd gesteld dat de positie van de manschappen op het veld doorgegeven kon worden aan de mensen in het crisiscentrum zodat deze een overzicht behouden van de locatie en eventueel ook tijd tot aankomst op deze locatie. Deze locatiebepaling is toegevoegd aan de mobiele grafische interface op basis van GPS. De positie van de gebruiker wordt doorgestuurd naar de interface die op de digitale tafel werkt. Deze interface vertoont vervolgens de GPS-locatie van de personen op het veld op de kaart die zich op de achtergrond van de toepassing bevindt.

Naast de doelstellingen waren er ook nog enkele aandachtspunten waar rekening mee gehouden moest worden. Wanneer deze aandachtspunten nu terug naast de ontwikkelde toepassingen gelegd worden, kunnen we vaststellen dat de problemen die in deze punten beschreven stonden opgelost zijn. De identificatiefase in het crisiscentrum gebeurt op basis van de collaboratieve interface. Er is gekozen om niet met een ander systeem te werken omdat hier weer beperkingen waren met betrekking tot de positie rond de tafel. Zo zou het met RFID of biometrische identificatie moeilijk zijn om de huidige 8 regio's te verwezenlijken zonder 8 lezers rond de tafel te plaatsen. Dit zou op zijn beurt weer ervoor zorgen dat er altijd met meerdere

systemen rekeningen gehouden moest worden terwijl nu enkel input vereist is op de digitale tafel. Ook het wisselen van plaats aan de digitale tafel of het bijkomen/verlaten van personen in het crisiscentrum is opgelost door ervoor te zorgen dat op ieder moment nieuwe personen kunnen inloggen zonder dat andere gebruikers van de collaboratieve interface hier last van ondervinden. Het probleem in verband met het geluidsverschil tussen praten en schreeuwen is eveneens aangepakt aan de hand van de volumenormalisatie. Hierdoor wordt het schreeuwen onderdrukt zodat niemand met zijn audiocommunicatie de andere personen kan overheersen.

Voor de gebruikers die de interface op de collaboratieve conferencing tool nog nooit gebruikt hebben is ervoor gekozen om het systeem zo eenvoudig mogelijk op te bouwen. Het inlogvenster kan opgeroepen worden door op de digitale tafel te klikken, het inlogvenster zelf is opgebouwd uit het kaartenbak principe. Ook zijn hierbij de knoppen goed gescheiden van de fiches zelf, waardoor de werking snel duidelijk is. Het callvenster is op zijn beurt opgebouwd uit een lijst van namen waar op geklikt kan worden om communicatie op te zetten. Verder is er geen kennis nodig om de collaboratieve interface te kunnen bedienen.

## Hoofdstuk 8

# Conclusie

Deze thesis bestaat uit een literatuurstudie die de implementatie vooraf gaat. Op basis van de literatuurstudie is er vervolgens een Interactive Conferencing tool ontwikkeld. De literatuurstudie omvat de belangrijkste aspecten van deze thesis, met name de audiocommunicatie, de identificatie van personen en het gebruik van collaboratieve user interfaces. Voor ieder van deze aspecten is gekeken welke methoden er beschikbaar zijn en hoe toepasbaar deze zijn binnen deze thesis. Zo is er bij audiocommunicatie aandacht besteed aan spatial audio, persoonlijke audiokanalen, bone-conducting headsets en the audio spotlight. Ook is er gekeken hoe speakernormalisatie en ruisonderdrukking bereikt kunnen worden. Verder is er bij identificatie van personen gekeken naar RFID, biometrische identificatie en identificatie via de DiamondTouch. Bij collaboratieve user interfaces is er tot slot enkel gekeken naar de DiamondTouch vermits deze collaboratieve omgeving beschikbaar is om te testen. Op het einde van deze hoofdstukken is ook telkens gekeken welke technieken het meest geschikt zijn om te gebruiken tijdens de implementatie.

Het eerste deel van de implementatie bestaat uit een kleine usability test die uitgevoerd is op de eerste case. Het doel hiervan bestond eruit inzicht te krijgen in de haalbaarheid van het gebruik van spatial audio in het vooropgestelde scenario. Meer bepaald of het haalbaar is om spatial audio te gebruiken in een ruimte waarin meerdere personen communicatie voeren met mensen van buitenaf en waar ondertussen in deze ruimte ook nog eens

onderlinge communicatie moet plaatsvinden. Uit deze test is gebleken dat het volgen van het eigen geluidsfragment mogelijk is wanneer er de nodige aandacht aan besteed wordt, maar op het moment dat er ook nog eens onderlinge communicatie plaatsvindt, wordt het zeer moeilijk om de aandacht bij het geluidsfragment te houden. Mede door deze usability test is er gekozen om tijdens de ontwikkeling te werken met een opstelling aan de hand van persoonlijke audiokanalen.

Het tweede deel van de implementatie bestaat uit een bespreking van de ontwikkeling van de Interactive Conferencing tool. Hier is terug te vinden hoe we de implementatie opgesplitst hebben in het audiogedeelte, bestaande uit een audioserver en een audioclient. En een grafisch gedeelte dat bestaat uit de collaboratieve grafische interface die op de MERL DiamondTouch tafel werkt en een grafische interface die geschikt is voor de PDA. De audioserver staat in voor het ontvangen van de audiocommunicatie en deze vervolgens door te sturen naar de aangegeven bestemmingen. Daarnaast zorgt de audioserver ook voor volumenormalisatie en logging van alle ontvangen audiocommunicatie. De audioclient stuurt de opgenomen audio steeds door naar de audioserver met een lijst van bestemmingen. Hierdoor moet de audioclient zijn audio slechts één keer te versturen ongeacht het aantal ontvangers.

De opsplitsing tussen het audio deel en het grafische deel zorgt ervoor dat het mogelijk is om de audiocommunicatie te regelen op een afzonderlijk toestel. Dit wordt dan ook gebruikt bij de collaboratieve interface waarbij tot 4 personen hun audiocommunicatie kunnen beheren via één grafische interface, waarbij de audioclient op een andere computer operationeel is en via een bluetooth oortje de gebruiker zijn audiocommunicatie laat uitvoeren. Naast audiocommunicatie is het middels de collaboratieve user interface ook mogelijk om de positie van de personen op het veld te controleren. De PDA toepassing stuurt namelijk GPS-coördinaten door naar de collaboratieve interface. Hierdoor is het voor de gezagvoerders ook mogelijk om af te leiden hoelang het duurt voordat er versterking op de plaats van de ramp aankomt.

# Bibliografie

- Anastasakos, T., McDonough, J. & Makhoul, J. (1997), ‘Speaker adaptive training: a maximum likelihood approach to speakernormalization’, *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1997. ICASSP-97., 1997 IEEE International Conference on* **2**.
- Blauert, J. (1997), *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization*, MIT Press.
- Blog, I. (2001), ‘Bone-conducted sound lateralization of interaural time difference and interaural intensity difference in children and a young adult with bilateral microtia and atresia of the ears’, *Acta Oto-Laryngologica* **121**(2), 274–277.
- Boulogne, G. (2003), *Crisiscommunicatie*, Kluwer.
- Cheng, C. & Wakefield, G. (2001), ‘Introduction to head-related transfer functions (hrtfs): Representations of hrtfs in time, frequency, and space’, *Journal of the Audio Engineering Society* **49**(4), 231–249.
- de Luis-García, R., Alberola-López, C., Aghzout, O. & Ruiz-Alzola, J. (2003), ‘Biometric identification systems’, *Signal Processing* **83**(12), 2539–2557.
- Dietz, P. & Leigh, D. (2001), ‘Diamondtouch: a multi-user touch technology’, *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology* pp. 219–226.
- Domdouzis, K., Kumar, B. & Anumba, C. (2007), ‘Radio-frequency identification (rfid) applications: A brief introduction’, *Advanced Engineering Informatics* **21**, 350–355.

- Elliott, S. & Nelson, P. (1993), 'Active noise control', *Signal Processing Magazine, IEEE* **10**(4), 12–35.
- Finkenzeller, K. (2003), *RFID Handbook*, Wiley Hoboken, NJ.
- Gardner, W. G. (1995), 'Transaural 3-d audio', *MIT Media Laboratory Perceptual Computing* **342**.
- Gardner, W. G. (1999), '3d audio and acoustic environment modeling', *Wave Arts, Inc* .
- Gerzon, M. A. (1985), 'Ambisonics in multichannel broadcasting and video', *J. Audio Eng. Soc* **33**(11), 859–871.
- Holosonics Research Labs (2008), 'Audio spotlight - put sound where you want it.'. <http://www.holosonics.com/technology.html>, laatst bekeken op 11 mei 2008.
- Hong, L. & Jain, A. (1998), 'Integrating faces and fingerprints for personal identification', *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on* **20**(12), 1295–1307.
- Jain, A., Ross, A. & Prabhakar, S. (2004), 'An introduction to biometric recognition', *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on* **14**(1), 4–20.
- Landt, J. (2005), 'The history of rfid', *IEEE Potentials* **24**(4), 8–11.
- Lindeman, R. W., Noma, H. & de Barros, P. G. (2008), 'An empirical study of hear-through augmented reality: Using bone conduction to deliver spatialized audio', *Virtual Reality Conference, 2008. VR'08. IEEE* pp. 35–42.
- McDonough, J., Byrne, W. & Luo, X. (1998), Speaker normalization with all-pass transforms, in 'Fifth International Conference on Spoken Language Processing', ISCA.
- MERL (2008), 'Merl diamondtouch'. <http://www.merl.com/projects/DiamondTouch>, laatst bekeken op 2 mei 2008.

- Morris, M. R., Morris, D. & Winograd, T. (2004), 'Individual audio channels with single display groupware: effects on communication and task strategy', *Computer supported cooperative work* .
- OpenAL (2009), 'Openal'. <http://www.openal.org>, laatst bekeken op 29 mei 2009.
- Perkins, C. (2003), *RTP: Audio and Video for the Internet*, Addison-Wesley Professional.
- Pye, D. & Woodland, P. (1997), 'Experiments in speaker normalisation and adaptation for large vocabulary speech recognition', *Proc. ICASSP* **2**, 1047–1050.
- Rieback, M., Crispo, B. & Tanenbaum, A. (2006), 'The evolution of rfid security', *IEEE Pervasive Computing* pp. 62–69.
- Roberts, C. (2006), 'Radio frequency identification (rfid)'.
- Ruckman, C. E. (2007), 'Active noise control faq'. <http://www.chrisruckman.com/ancfaq.htm>, laatst bekeken op 28 mei 2008.
- Rumsey, F. (2001), *Spatial Audio*, Focal Press.
- Sohmer, H., Freeman, S., Geal-Dor, M., Adelman, C. & Savion, I. (2000), 'Bone conduction experiments in humans – a fluid pathway from bone to ear', *Hearing Research* **146**(1-2), 81–88.
- Sun Microsystems (2003), 'Enabling smart objects: Breakthrough rfid-enabled supply chain execution infrastructure'.
- van der Putte, T., Keuning, J. & Origin, A. (2000), 'Biometrical fingerprint recognition: Don't get your fingers burned', *Smart Card Research and Advanced Applications: Ifip Tc8/Wg8. 8 Fourth Working Conference on Smart Card Research and Advanced Applications, September 20-22, 2000, Bristol, United Kingdom* .
- Walker, B. N., Stanley, R., Iyer, N., Simpson, B. D. & Brungart, D. S. (2005), 'Evaluation of bone-conduction headsets for use in multitalker

- communication environments', *Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society, Orlando, FL* .
- Walker, B., Stanley, R., Przekwas, A., Tan, X., Chen, Z., Yang, H., Wilkerson, P., Harrand, V., Chancey, C. & Houtsma, A. (2007), High fidelity modeling and experimental evaluation of binaural bone conduction communication devices, in '19th International Congress on Acoustics Madrid'.
- Weeks, R. A., Aziz-Sultan, A., Bushara, K. O., Tian, B., Wessinger, C. M., Dang, N., Rauschecker, J. P. & Hallett, M. (1999), 'A pet study of human auditory spatial processing', *Neuroscience Letters* **262**(3), 155–158.
- Weisstein, E. W. (2008), 'Fast fourier transform.'. From <http://mathworld.wolfram.com/> – A Wolfram Web Resource <http://mathworld.wolfram.com/FastFourierTransform.html>, laatst bekeken op 14 mei 2008.
- Wozniowski, M., Settel, Z. & Cooperstock, J. R. (2006), 'A framework for immersive spatial audio performance', *Proceedings of the 2006 conference on New interfaces for musical expression* pp. 144–149.
- Wu, M. & Balakrishnan, R. (2003), 'Multi-finger and whole hand gestural interaction techniques for multi-user tabletop displays', *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology* pp. 193–202.
- Yoneyama, M. & Fujimoto, J.-i. (1983), 'The audio spotlight: An application of nonlinear interaction of sound waves to a new type of loudspeaker design', *Journal of the Acoustical Society of America* **73**(5), 1532–1536.