

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: Usage of spatial audio for coordination of simultaneous interaction and feedback
Richting: master in de informatica - Human Computer Interaction Jaar: 2008

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,

VOLDERS, Sven

Datum: 5.11.2008

Usage of spatial audio for coordination of simultaneous interaction and feedback

Sven Volders

promotor :
Prof. dr. Karin CONINX

co-promotor :
Prof. dr. Kris LUYTEN

Voorwoord

Er zijn heel wat mensen die geholpen hebben met het tot stand brengen van deze thesis. Daarom ik zou van deze gelegenheid gebruik willen maken om hen te bedanken.

Eerst en vooral wil ik mijn promotor, Prof. dr. Karin Coninx en copromotor, Prof. dr. Kris Luyten bedanken, alsook mijn begeleider Frederik Winters. Zij hebben deze thesis tijdens het academiejaar in goede banen geleid.

Daarnaast zou ik ook nog het EDM (Expertisecentrum voor Digitale Media in Diepenbeek) willen bedanken voor het beschikbaar stellen van hun faciliteiten.

Vervolgens bedank ik mijn familie, vrienden en collega's voor hun steun en interesse, en in het bijzonder mijn ouders die mij de kans hebben gegeven om deze opleiding te volgen.

Tenslotte wil ik ook nog alle testpersonen bedanken.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	7
1.1.	Een steeds veranderende wereld	7
1.2.	Probleemstelling.....	7
1.3.	Implementatie.....	8
2.	Auditieve feedback	9
2.1.	Voordelen	9
2.2.	Nadelen	9
2.3.	Meer dan een waarschuwing	10
2.4.	Spatial audio nader bekeken.....	11
2.4.1.	Spatial audio in de natuur.....	12
2.4.2.	Spatial audio in het dagelijks leven	12
2.4.3.	Andere onderzoeken	13
2.5.	Besluit.....	16
3.	Spatial audio	17
3.1.	Auditory cues	17
3.1.1.	Interaural time difference.....	17
3.1.2.	Head Shadow	18
3.1.3.	Interaural Intensity Difference	19
3.1.4.	Pinna Response	19
3.1.5.	Shoulder echo	20
3.1.6.	Head Motion	20
3.1.7.	Early echo response/reverberation	20
3.1.8.	Vision	22
3.2.	Head-related transfer functions.....	22
3.2.1.	Recording Methods	22
3.2.2.	Wat zijn HRTF's?.....	23
3.2.3.	Hoe worden HRTF's berekend?	24
3.3.	Spatial audio weergeven.....	24
3.3.1.	Mono.....	25
3.3.2.	Stereo	25
3.3.3.	Quadrophonic	26
3.3.4.	Uitgebreide setups en speaker arrays.....	27
3.4.	Besluit.....	29
4.	Case.....	30
4.1.	Situatie	30
4.2.	Opstelling	30
4.3.	Interface	32
4.3.1.	Cluttering	33
4.4.	Case verloop	34
4.5.	Spatial Audio	36
4.6.	Implementatie.....	39
4.6.1.	DiamondSpin	39
4.6.2.	DiamondSpin uitbreidingen	42

4.6.3.	JOAL / OpenAL	44
4.6.4.	DiamondSpin en JOAL.....	45
4.6.5.	Opmerkingen	46
4.7.	Besluit.....	47
5.	Test case	48
5.1.	Scenario	48
5.2.	De test	49
5.2.1.	Opstelling.....	49
5.2.2.	Testpersonen.....	49
5.2.3.	Het testverloop	49
5.3.	Resultaten	50
5.3.1.	Score	50
5.3.2.	Fouten	51
5.3.3.	Totale tijd	51
5.3.4.	Zichtbare tijd	52
5.3.5.	Questionnaire	53
5.3.6.	Observatie	57
5.3.7.	Opmerking	58
5.4.	Discussie	59
5.4.1.	Problemen	59
5.4.2.	Spatial audio, de oplossing?	60
5.5.	Besluit.....	61
6.	Conclusie	62
	Bibliografie	63
	Bijlagen	66

Lijst van figuren

Figuur 2-1: Interface uit [31].....	14
Figuur 3-1: Interaural time difference.....	18
Figuur 3-2: Head Shadow.....	19
Figuur 3-3: Weerkaatsing van geluidsgolven.....	21
Figuur 3-4: Binaural recording	23
Figuur 3-5: Mono.....	25
Figuur 3-6: Stereo	26
Figuur 3-7: Quadrophonic.....	27
Figuur 3-8: Speaker array	28
Figuur 4-1: Werking van de DiamondTouch	31
Figuur 4-2: Schets van de opstelling	32
Figuur 4-3: Schets van de "incident manager".....	33
Figuur 4-4: "Incident manager" om cluttering tegen te gaan	34
Figuur 4-5: Afhandelen van een incident.....	36
Figuur 4-6: Auditieve waarschuwing ruimtelijk weergegeven.....	38
Figuur 4-7: Verplaatsing van de auditieve waarschuwing	39
Figuur 4-8: DiamondSpin architectuur	41
Figuur 5-1: Scores	51
Figuur 5-2: Totale tijd	52
Figuur 5-3: Zichtbare tijd.....	53
Figuur 5-4: Een vraag uit de questionnaire.....	54
Figuur 5-5: Antwoorden op de stelling over lokaliseerbaarheid van de geluiden	55
Figuur 5-6: Antwoorden op de stelling over een gelijkaardige score zonder geluiden	56

1. Inleiding

1.1. Een steeds veranderende wereld

In een wereld waar de rol van computers steeds groter wordt, verandert ook de manier waarop de mens met computers omgaat. Er worden steeds meer technieken ontwikkeld die afstappen van het beeld van één persoon die met muis en toetsenbord achter zijn/haar computer zit te werken. Zo wordt er al jaren onderzoek verricht naar virtual reality [17], augmented reality [25] en ubiquitous computing [18].

Verder zijn er ook systemen ontwikkeld waar meerdere personen samen, en op hetzelfde moment kunnen werken op één apparaat. Het door Microsoft ontwikkelde "Surface" [23] en het door Merl ontwikkelde DiamondTouch [9] zijn maar enkele voorbeelden.

De mogelijkheden van deze systemen zijn enorm. Denk bijvoorbeeld maar aan projectontwikkelaars die de inplanting van gebouwen moeten plannen. Door gebruik te maken van een apparaat als de DiamondTouch kunnen alle leden van een team samenwerken op één digitale plattegrond. Combineer dit nog eens met de reeds bestaande CAD technieken [8] en het ontwikkelingsproces zal een hele nieuwe dimensie krijgen.

Maar ook voor de consument bieden dergelijke systemen een waaier aan nieuwe mogelijkheden. Alleen al bij het bekijken van de introductiefilmpjes van Microsoft Surface komen enkele interessante voorbeelden naar boven. Een avondje uit met vrienden zal er volgens Microsoft in de toekomst helemaal anders uit zien. Bestellen op restaurant zal via een digitale menukaart gebeuren. Deze kaart zal uiteraard getoond worden op de tafel. En ook afrekenen zal door de tafel gemakkelijker gemaakt worden. Iedereen die een deel van de rekening wil betalen, plaatst gewoon zijn/haar creditcard op de tafel en sleept vervolgens de gekozen gerechten en drankjes naar die creditcard om te betalen.

1.2. Probleemstelling

Alhoewel de ontwikkeling van deze technieken al goed gevorderd is, zal het nog een hele tijd duren alvorens ze deel zullen uit maken van ons dagelijkse leven. Dit neemt echter niet weg dat deze nieuwe technieken ook nieuwe problemen met zich meebrengen.

Bij de huidige situatie van één gebruiker per systeem heeft deze gebruiker de volledige controle over het systeem. Hiermee wordt bedoeld dat de gebruiker de controle heeft over alle invoerapparaten en zo dus als enige directe interactie heeft met het systeem. Bij de zogenaamde “multi-user” systemen is de situatie anders. Hier hebben meerdere gebruikers samen de controle over het systeem. Zoals bij elke vorm van samenwerking zullen ook de gebruikers van een multi-user systeem hun interacties met het systeem moeten coördineren.

“Hoe kunnen we het coördineren van deze simultane interacties vlotter en makkelijker doen verlopen?” Dat is een vraag die ontwikkelaars van dergelijke systemen zich moeten stellen. Deze thesis brengt een mogelijke oplossing voor dit probleem naar voor, namelijk het gebruik van “spatial audio” oftewel ruimtelijk geluid.

1.3. Implementatie

Om de in deze thesis voorgestelde oplossing te ondersteunen is er een case uitgewerkt die hiervan gebruik maakt. Het gaat hier over een applicatie die een mobiele controle post (MCP) van de ordediensten tijdens een betoging simuleert. De details van deze implementatie komen later in deze thesis uitgebreid aan bod.

2. Auditieve feedback

Zonder er echt bij stil te staan worden wij in ons dagelijks leven constant geconfronteerd met auditieve feedback. Het gaat hier lang niet alleen om feedback die wij van de computer krijgen. Ook het rinkelen van een telefoon of de klikjes en piepjes van huishoudapparaten zijn vormen van auditieve feedback. In dit hoofdstuk wordt auditieve feedback onder de loep genomen. De voor- en nadelen van het gebruik van auditieve feedback worden besproken, net als de resultaten van enkele onderzoeken die reeds gevoerd werden in dit domein.

2.1. Voordelen

- Het gehoor is een primair waarschuwingszintuig. [8]
- Er kan sneller gereageerd worden op auditieve dan op visuele waarschuwingen. [6]
- Als de waarschuwingen een correct volume hebben zullen ze zo goed als altijd worden opgemerkt. [30]
- Auditieve waarschuwingen kunnen waargenomen worden ongeacht waar de gebruiker naar kijkt. [8]
- Om naar meerdere gebruikers tegelijk informatie over te brengen is auditieve feedback zeer geschikt. [30]
- Geluid kan worden waargenomen op momenten dat het zicht beperkt of verstoord is.
- Geluid kan informatie overbrengen, die op andere manier moeilijk over te brengen is. [15]

2.2. Nadelen

- Bij een groot aantal gelijktijdige waarschuwingen zullen deze wel worden waargenomen, maar kunnen ze leiden tot een panieksituatie. [8]
- Auditieve waarschuwingen kunnen de onderlinge communicatie verstoren. [8] (in [16] wordt dit echter tegengesproken)

- Als twee of meer geluiden op hetzelfde moment beginnen te spelen kunnen ze, door hun samengesteld geluid, beide niet begrepen worden. [31]
- Ontwikkelaars gaan er te vaak van uit dat gebruikers hun huidige taak stopzetten om op een auditieve waarschuwing te reageren. [29]
- Vaak worden hoge frequentie geluiden gebruikt die door het menselijk oor niet kunnen gelokaliseerd worden. [31]

2.3. Meer dan een waarschuwing

Bij de meeste soft- en hardware die gebruik maakt van auditieve waarschuwingen is de informatie die door een bepaalde waarschuwing wordt weergegeven beperkt. Vaak kan een gebruiker enkel afleiden welke gebeurtenis heeft plaats gevonden. Een voorbeeld is het bekende “You’ve got mail” geluidje. Op het moment dat een gebruiker dit geluidje hoort, weet hij/zij enkel dat er zojuist een e-mail is binnengekomen.

Soms heeft de gebruiker de kans om de geluiden te personaliseren. In dergelijk geval kan een bepaald geluid meer informatie aan de gebruiker leveren. Denk hier bijvoorbeeld aan de verschillende beltonen die tegenwoordig kunnen ingesteld worden op een telefoon of gsm. Door een contactpersoon (of een groep contactpersonen) te koppelen aan één specifieke beltoon weet de gebruiker niet alleen dat hij/zij een oproep ontvangt, maar ook van wie die oproep komt. Hier worden echter verschillende geluiden aan één gebeurtenis gekoppeld.

Een andere manier om meer informatie mee te delen, is het afspelen van een geluid zo aan te passen dat de belangrijkheid van de gebeurtenis wordt overgebracht. Men kent dan aan één gebeurtenis, bijvoorbeeld het ontvangen van een SMS, één geluid toe. Afhankelijk van de belangrijkheid van het bericht wordt dit geluid dan anders afgespeeld. Er moet wel een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen belangrijkheid en dringendheid. Als een gebeurtenis dringender is dan een ander, wil dit zeggen dat de gebruiker sneller zal moeten reageren op de ene gebeurtenis dan op de andere. Zo is een binnenkomende oproep op een gsm dringender dan een ontvangen bericht. Het bericht blijft op de gsm staan terwijl de oproep snel zal beëindigd worden. Twee gebeurtenissen kunnen dezelfde dringendheid hebben, maar verschillen dan weer in belangrijkheid. Als een gebruiker 2 e-mails ontvangt is de e-mail van de CEO veel belangrijker dan de mail met reclame over een nieuw medicijn. In [14] werd onderzocht hoe men de waargenomen belangrijkheid van een

geluid kan aanpassen. Men kwam tot de conclusie dat vooral de vibrato en het filteren van hoge frequenties een invloed had op de waargenomen belangrijkheid. Hoe hoger de vibratosnelheid, en hoe minder hoge frequentie filtering, hoe belangrijker een waarschuwing voor de gebruikers leek.

Het overbrengen van ruimtelijke informatie voegt weer een extra dimensie aan een geluid toe. In [16] werden verschillende manieren van het overbrengen van ruimtelijke informatie met elkaar vergeleken, en werd onderzocht welk effect de verschillende methoden hadden op auditieve communicatie die op hetzelfde moment werd gevoerd. In de test kregen soldaten via hun headset een sitrep (situation report) te horen terwijl ze op zoek moesten gaan naar vijandelijke troepen. Ze moesten zo snel mogelijk de vijandelijke troepen neerschieten. Op het einde van elke "sessie" kregen ze een vragenlijst over de sitrep. Er werden vijf verschillende types van waarschuwingen met elkaar vergeleken: geen waarschuwing, een auditieve waarschuwing zonder informatie over de locatie van de vijand, een visuele waarschuwing, een gesproken waarschuwing (enemy at 5 o'clock) en spatial audio. De resultaten toonden dat er geen merkbaar verschil was tussen het gebruik van visuele waarschuwingen en spatial audio. Deze laatste twee scoorden wel beter als gesproken waarschuwingen, die op hun beurt weer beter werkten als de eerste twee types. Op gebied van het onthouden van de sitrep bleek alleen de methode zonder cues slechter te scoren. Dit was waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de soldaten dan verplicht waren om constant te scannen naar vijandige troepen. Belangrijk was ook dat de auditieve waarschuwingen de informatie die de soldaten via hun headset te horen kregen niet verstoorden.

Het onderzoek in [16] heeft aangetoond dat er geen merkbaar verschil was tussen visuele waarschuwingen en waarschuwingen die met spatial audio werden overgebracht bij het lokaliseren van bepaalde objecten. (in dit geval vijandige soldaten) Als we bij dit resultaat de voordelen van auditieve waarschuwingen nemen lijkt dit een geschikte oplossing voor het gestelde probleem.

2.4. Spatial audio nader bekeken

Spatial audio geeft geluiden zo weer dat elke geluid vanuit een bepaalde locatie lijkt te komen. Dit kan zowel op een natuurlijke als een virtuele manier gebeuren. In het volgende hoofdstuk wordt besproken hoe spatial audio tot stand komt, en hoe het nagebootst kan worden. Nu worden

enkele toepassingen en onderzoeken in verband met spatial audio toegelicht.

2.4.1. Spatial audio in de natuur

Al van in de oudheid speelt het ruimtelijk waarnemen van geluid een belangrijke rol in de overlevingsstrijd van mens en dier. Tijdens een tocht door het woud is niet het enkel belangrijk om de geluiden van roofdieren te herkennen. Het correct lokaliseren van zo een geluid kan het verschil tussen leven en dood betekenen. Het is niet moeilijk om voor te stellen wat er gebeurt als een mens of dier niet correct inschat waar het gegrom van een leeuw vandaan komt, en vervolgens recht naar de leeuw toe loopt.

2.4.2. Spatial audio in het dagelijks leven

Vandaag de dag moeten het merendeel van de mensen niet meer bang zijn voor het gegrom van wilde dieren, maar dat neemt niet weg dat het lokaliseren van geluiden nog steeds van belang is. Voetgangers en fietsers moeten vaak op hun gehoor vertrouwen om te bepalen uit welke richting de naderende auto komt. (In de vorige zin staan twee belangrijke eigenschappen voor het waarnemen van ruimtelijk geluid, namelijk de richting van en de afstand tot de geluidsbron.)

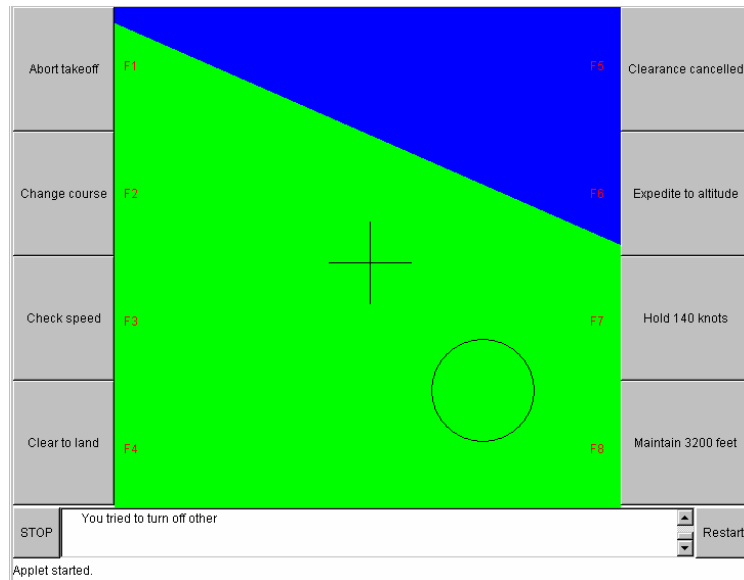
Er zijn echter ook verschillende toepassingen waar het lokaliseren van geluiden een belangrijke rol speelt. Denk bijvoorbeeld maar aan de vele computer games waar het realistisch weergeven van geluid een steeds grotere rol krijgt. Een andere toepassing speelt zich dan weer af op de openbare weg. Daar gebruiken politie, brandweer en ambulances hun zwaailichten en sirenes om duidelijk te maken dat ze onderweg zijn en dat de andere bestuurders de weg moeten vrijmaken. De zwaailichten zijn niet altijd zichtbaar (zeker in dichtbebouwde gebieden). Op zo'n moment is het enkel de sirene die de andere weggebruikers waarschuwt. Als de andere automobilisten de sirenen niet correct weten te lokaliseren kan dit leiden tot ongevallen (als auto's niet stoppen aan een kruispunt omdat ze denken dat het prioritair voertuig achter hen komt) of vertragingen (als de auto's niet aan de kant gaan omdat ze denken dat het prioritair voertuig uit een andere richting komt).

Uit de studie beschreven in [22] blijkt dat de sirenes die gebruikt worden door politie, brandweer en ambulances slecht te lokaliseren zijn. Als een gevolg van de slechte lokaliseerbaarheid gebeuren er nog veel ongevallen of duurt de rit te lang. Sirenes zijn volgens de auteur goed lokaliseerbaar

als ze bestaan uit pulsen van snel stijgende frequentie gevolgd door een burst van breedband geluid. Een test in het lab wees uit dat de vooruit/achteruit bepaling van deze nieuwe sirenes 82% correct gebeurt (t.o.v. 44% met de oude), en de links/recht bepaling 97% (t.o.v. 79%). Vervolgens werd een ambulance uitgerust met een van deze nieuwe sirenes. Na afloop van de testperiode bleek de reisduur met 10% te verminderen omdat de weg nu sneller werd vrijgemaakt. De auteur stelt vervolgens ook dat, als verkeerde geluiden worden gekozen de lokaliseerbaarheid van de geluiden zo vermindert, het gebruik ervan tot slechtere resultaten kan leiden dan wanneer er geen geluid gebruikt wordt. Verder geeft ze ook aan dat het gebruik van geluiden met ruimtelijk informatie in controlekamers de werking ervan ten goede kan komen. Deze laatste opmerking is zeer nuttig voor de implementatie die bij deze thesis hoort.

2.4.3. Andere onderzoeken

In [31] werd het gebruik van spatial audio in vliegtuigen onderzocht. Alarmen, in spatial audio weergegeven, werden vergeleken met hetzelfde alarm, maar dan in mono of stereo weergegeven. Er werd getest op reactietijd, error rate, leercurve, uitvoer van de primaire taak en workload. De testpersonen kregen de taak om in een soort van flight simulator applicatie te zorgen dat ze gelijk met de horizon vlogen. Tijdens hun vlucht moesten ze reageren op verschillende gesproken waarschuwingen door op de overeenkomstige F-toets te drukken. Welke toets moest ingedrukt worden, werd weergegeven naast het "speelscherm". Rond de gebruiker stonden acht speakers opgesteld, vier links en vier rechts. In stereo modus werd de auditieve waarschuwing links of rechts weergegeven. Dit kwam overeen met de kant van het "speelscherm" waar de te drukken knop vermeld stond. In spatial audio modus kreeg elke regio naast het speelscherm een eigen speaker toegewezen. Een waarschuwing waarvan de te drukken knop links boven stond vermeld, kwam uit de speaker links voor. Uit de speaker links achter kwam dan weer een waarschuwing waarvan de te drukken knop links onder stond vermeld. Dezelfde mapping geldt voor de andere waarschuwingen. Figuur 2-1 (overgenomen uit [31]) geeft deze interface weer.



Figuur 2-1: Interface uit [31]

Uit de gevoerde test kon niet worden opgemaakt of het gebruik van spatial audio op deze manier en met de gebruikte technologie tot betere resultaten leidde dan stereo geluid. Beiden scoorden wel beter dan monogeluid. De auteur stelt de het gebruikt van geavanceerdere technologie wel een voordeel voor spatial audio kan teweegbrengen.

De opstelling die in dit onderzoek werd gebruikt voor het weergeven van spatial audio kan in vraag worden gesteld. Men plaatst acht speakers in een cirkel rond de gebruiker. Het scherm staat recht voor de gebruiker. Als men deze opstelling vertaalt in coördinaten van een driedimensionaal assenstelsel XYZ (met X de as voor de breedte, Y de as voor de hoogte en Z de as voor de diepte) komt met tot de vaststelling dat de speakers allemaal dezelfde Y-coördinaat hebben en dat de verschillende regio's op het scherm allemaal dezelfde de Z-coördinaat hebben. Wat men in deze test doet is het mappen van een XY (visueel) naar een XZ (auditief) coördinatenpaar. Nu kan de vraag gesteld worden of deze mismatch niet aan de basis ligt van de bekomen resultaten. Men had misschien een beter resultaat bekomen indien men de speakers in een cirkel rond het scherm had geplaatst, dus op zo een manier dat ze ook allemaal dezelfde Z coördinaat hadden. In dat geval zou er een directe mapping gebeuren tussen hetgeen op het scherm getoond wordt en hetgeen de gebruiker

hoort. (Deze opmerking is enkel gesteund door een kritische kijk op het beschreven onderzoek)

In [2] werd er onderzocht of het gebruik van spatial audio een positief effect had op het lokaliseren van andere vliegtuigen in een cockpit. Tijdens de test moesten ervaren flightcrews een vlucht maken met een simulator. Tijdens deze vlucht gebruikte de helft van de groepen de standaard TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System), de andere helft gebruikte een aangepaste versie. In deze aangepaste werden de visuele waarschuwingen van de TCAS verwijderd en werden de auditieve waarschuwingen van het type "TRAFIC – TRAFIC" vervangen door hun ruimtelijk weergegeven varianten. Er werd berekend hoe snel de crews vliegtuigen die drie mijl verwijderd waren konden lokaliseren. Uit de metingen bleek dat het gebruik van spatial audio een snelheidswinst van 500 milliseconden opleverde. Dit lijkt op het eerste zicht niet veel, maar men moet er ook rekening mee houden dat in deze test de gebruikers met spatial audio geen enkel visueel hulpmiddel hadden. Dit wijst er op dat als het bestaande systeem uitgebreid zou worden met spatial audio de piloten minder snel naar hun instrumenten zouden moeten kijken. In een situatie waar men een botsing probeert te vermijden is dit een zeer gunstig effect.

De auteurs van [7] hebben twee testen uitgevoerd om het effect van spatial audio in een augmented reality te onderzoeken. Tijdens de eerste test werd aan de testpersonen gevraagd om te bepalen welk van twee virtuele objecten het dichtst bij hen stond. De resultaten van de test toonden aan dat, als er gebruik werd gemaakt van spatial audio om meer informatie over de locatie van de objecten weer te geven, men 2,5 keer meer het juiste object koos. In de tweede test moesten twee testpersonen samen een spel spelen. Tijdens de eerste fase moesten ze opzoek gaan naar het kasteel waar de prinses werd vast gehouden. Eenmaal ze het kasteel hadden gevonden moesten ze samen de heks verslaan door haar tien keer neer te schieten. Tijdens dit gevecht moesten de spelers bij elkaar komen om te herladen. Eenmaal de heks was verslagen, werd de zoektocht naar de prinses in het kasteel verdergezet. Hier werd in de helft van de testen spatial audio gebruikt om de locatie van zowel de verschillende doelen als de medespeler weer te geven. Ook in deze tweede test bleek het gebruik van spatial audio een positief effect te hebben. De testpersonen die het spel zonder spatial audio speelden, deden er ongeveer 1,5 keer zolang over dan de degenen met spatial audio. (gemiddeld 133,05 seconden zonder en 88,1 seconden met spatial audio)

2.5. Besluit

In dit hoofdstuk werden de voor- en nadelen van auditieve feedback besproken. Vervolgens werd bekeken hoe een auditieve waarschuwing extra informatie kan overbrengen. Tenslotte werd spatial audio onder de loep genomen. Uit de onderzoeken die reeds naar spatial audio zijn gebeurd blijkt dat spatial audio een positief effect kan hebben op de prestaties van, en onderlinge samenwerking tussen gebruikers. Dit alles geeft aan de spatial audio ook een oplossing kan zijn voor het gestelde probleem. Deze thesis zal dit dan ook gaan onderzoeken.

3. Spatial audio

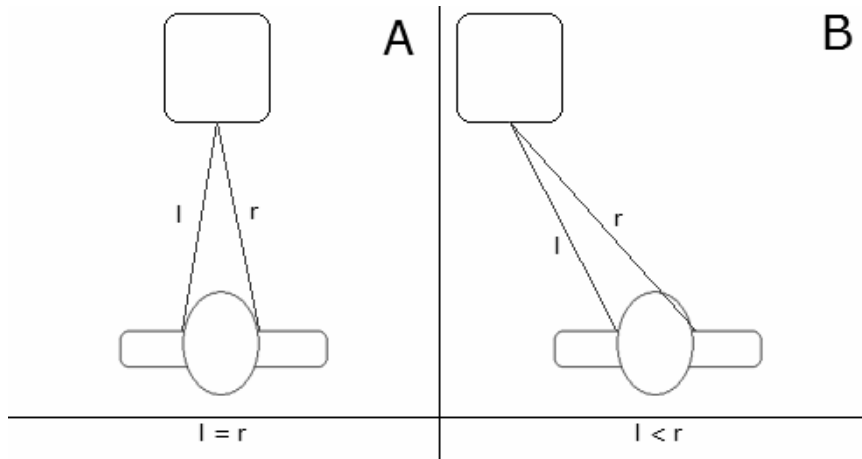
In het vorige hoofdstuk werd de motivatie voor het gebruik van spatial audio besproken. Dit hoofdstuk onderzoekt hoe spatial audio wordt waargenomen en hoe men spatial audio kan nabootsen.

3.1. Auditory cues

Om de realisatie van spatial audio te kunnen bespreken is het van belang om na te gaan hoe een mens de locatie van een geluid kan bepalen. Naar dit fenomeen zijn doorheen de jaren al verschillende onderzoeken gedaan. Uit die onderzoeken zijn negen algemeen aanvaarde factoren gekomen die ons in staat stellen om geluiden te lokaliseren. Deze factoren zijn: interaural time difference, head shadow, interaural intensity difference, pinna response, shoulder echo, head motion, early echo response, reverberation en vision. Samen worden ze auditory cues genoemd.

3.1.1. Interaural time difference

Afhankelijk van de positie van een geluidsbron zal er een vertraging optreden tussen het aankomen van het geluid bij de twee oren. Bij geluiden die van recht voor of recht achter de luisteraar komen, zal dit verschil zo goed als nihil zijn; bij geluiden die van geheel rechts of links komen, zal dit verschil ongeveer 0.63 milliseconden bedragen. [4] Op de volgende figuur worden deze verschillen afgebeeld.

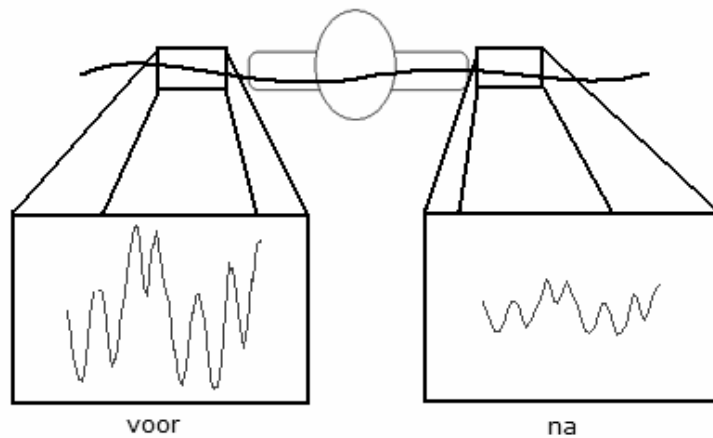


Figuur 3-1: Interaural time difference

In B van Figuur 3-1 is duidelijk te zien dat de afstand tussen de geluidsbron en het rechter oor groter is dan de afstand tot het linker oor. Aangezien geluid aan een constante snelheid beweegt (met lucht als medium en bij kamertemperatuur is de geluidssnelheid ca. 340 meter per seconde) kunnen we stellen dat het geluid langer onderweg is naar het rechter oor.

3.1.2. Head Shadow

Vaak moeten de geluidsgolven door of rond het hoofd van de luisteraar gaan om het andere oor te bereiken. Afhankelijk van de positie van de geluidsbron zal het hoofd meer in de weg zitten dan anders. In Figuur 3-1 A is duidelijk geen sprake van head shadow, terwijl dit in B van dezelfde figuur wel het geval is. Als het hoofd in de weg zit, zal het geluid een lagere amplitude hebben. Het hoofd zal ook als een soort filter werken en de originele geluidsgolf veranderen, waardoor het moeilijker wordt om de afstand en de richting van de geluidsbron te bepalen.[4] Op de volgende figuur zien we geluidsgolf voor en na hij 'door' het hoofd van de luisteraar is gegaan.



Figuur 3-2: Head Shadow

3.1.3. Interaural Intensity Difference

De interaural intensity difference is een verschil in volume dat ontstaat als gevolg van de interaural time difference en de head shadow. Zoals hierboven vermeld wordt, zorgt headshadow voor een lagere amplitude, maar ook de langere afstand die het geluid moet afleggen, zorgt er voor dat het volume daalt. [31]

3.1.4. Pinna Response

De oorschelp, of pinna, heeft ook een belangrijk effect op de manier waarop de mens geluid waarneemt. Hoge frequenties worden door de oorschelp zo gefilterd dat het een invloed heeft op de waargenomen positie van het geluid, en dit zowel op lateraal vlak als in de hoogte. De pinna response is sterk afhankelijk van de positie van de geluidsbron. [4] Deze afhankelijkheid van de positie van de geluidsbron zorgt ervoor dat de filtering die in beide oren gebeurt verschillend is. Dit komt omdat de geluidsgolven beide oorschelpen vanuit een andere hoek benaderen. Dit verschil geeft de hersenen een hint met betrekking tot de positie van de geluidsbron. [31]

3.1.5. Shoulder echo

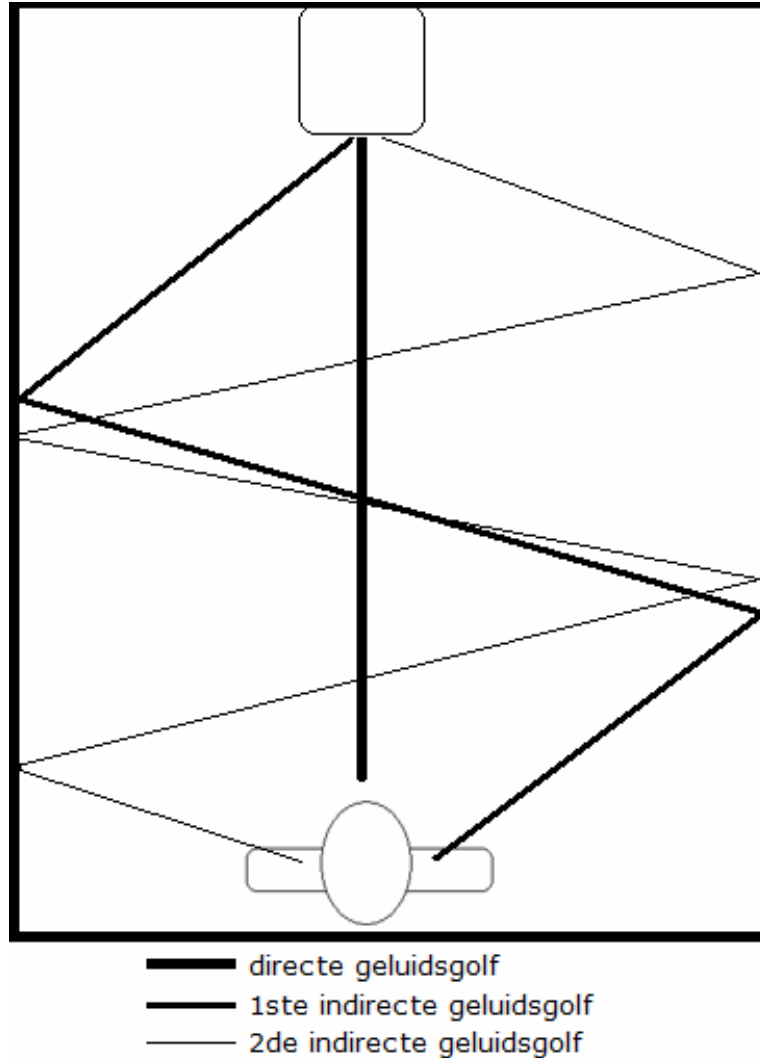
Geluiden met een frequentie tussen 1 en 3 kHz die van een bepaalde richting komen, worden volgens [4] door de torso van het menselijk lichaam gereflecteerd. De hoogte van de geluidsbron heeft een effect op de vertraging die door de reflectie wordt veroorzaakt. Alhoewel dit informatie geeft over de locatie van de geluidsbron, wordt shoulder echo niet als een primaire auditory cue aanzien.

3.1.6. Head Motion

De beweging die een luisteraar met zijn/haar hoofd maakt, is erg belangrijk bij het lokaliseren van een geluid. Volgens [4] is het voor de mens een natuurlijke reactie om zijn hoofd te bewegen om te bepalen waar een geluid vandaan komt. Naargelang de frequentie van het geluid hoger wordt, zal ook het aantal bewegingen toenemen. Dit komt omdat geluiden met een hogere frequentie moeilijker te lokaliseren zijn en omdat ze niet zo goed rond objecten kunnen buigen.

3.1.7. Early echo response/reverberation

Geluid bestaat uit geluiden die zich door de lucht verplaatsen. De golven worden tijdens hun reis door de lucht door alle mogelijke obstakels weerkaatst. Dit kan gaan van de vloer en de muren, tot stoelen en tafels. Maar ook in de openlucht zorgen onder andere de grond en de bomen voor deze weerkaatsingen. Figuur 3-3 illustreert deze weerkaatsingen.



Figuur 3-3: Weerkaatsing van geluidsgolven

Early echo response heeft tussen de 50 en 100 milliseconden na het ontstaan van een geluid plaats. De combinatie van early echo response met de nagalm (reverberation) die daarop volgt, hebben een invloed op de perceptie van afstand en richting. [4] Hoe verder een geluidsbron van de luisteraar verwijderd is, hoe meer echo's er zullen zijn.

3.1.8. Vision

Het lijkt misschien raar om te stellen dat visuele waarnemingen een invloed hebben op hoe de mens een geluid kan lokaliseren, maar eigenlijk is het vrij logisch. Als u klokken hoort luiden en u ziet in de verte een kerk, dan is het redelijk duidelijk waar het geluid vandaan komt. Hetgeen een mens ziet kan dus als het ware de richting die hij auditief waarneemt bevestigen. [4]

3.2. Head-related transfer functions

Spatial audio systemen hebben als doel het zo goed mogelijk realiseren van een realistisch geluidsveld. Om dit doel te bereiken moet een dergelijk systeem in staat zijn om geluiden zo weer te geven dat de positie van hun bron anders wordt waargenomen dan effectieve fysieke locatie (namelijk de geluidsinstallatie). Dit kan bereikt worden door de auditory cues die hierboven werden beschreven na te bootsen. Op die manier wordt de luisteraar als het ware misleid. Alvorens men kan overgaan tot het nabootsen van deze cues moet men begrijpen welke invloed ze hebben op geluiden die door een mens worden waargenomen. Hiervoor worden head-related transfer functions (HRTF's) gebruikt.

3.2.1. Recording Methods

Voordat HRTF's uitgelegd kunnen worden moet eerst gekeken worden hoe men bepaalde geluidstypes opneemt.

Monaural: Dit type geluid bevat geen enkele vorm van positionele informatie. Voor het opnemen van een dergelijk geluid maakt men gebruik van één microfoon.

Stereo: Stereo geluid wordt opgenomen met twee microfoons. Deze worden enkele meters van elkaar opgesteld, enkel gescheiden door lucht. Bij het afspelen van stereo geluiden wordt het opgenomen geluid van de ene microfoon naar het linker oor gestuurd en die van de andere microfoon naar het rechter oor. De luisteraar kan zo de positie van het geluid bepalen ten opzichte van de twee microfoons. Vaak wordt stereo geluid waargenomen alsof de bron ervan in het hoofd van de luisteraar zit. Dit komt omdat de mens niet gewend is om geluid waar te nemen op de manier waarop stereo geluid wordt opgenomen (enkel gescheiden door lucht). [4]

Binaural: Bij dit type geluid wordt een opnametechniek gebruikt die dichter bij de werking van het menselijk gehoor ligt. Hier worden geluiden opgenomen door gebruik te maken van twee microfoons die in een hoofd van kunststof worden geplaatst. Op deze manier klinken de geluiden realistischer omdat het kunststoffen hoofd het geluid op gelijkaardige manier beïnvloedt als het hoofd van een echte mens. [4] Op de volgende afbeelding (overgenomen van [10]) is een dergelijke setup zichtbaar.



Figuur 3-4: Binaural recording

3.2.2. Wat zijn HRTF's?

HRTF's is een principe waarop bijna alle spatial audio systemen op een bepaald niveau steunen. Een HRTF kan het best beschreven worden als een set van twee filters, één voor elk oor. Deze filters bevatten alle auditory cues die een effect hebben op een bepaald geluid als het van de geluidsbron, door de omgeving, naar de luisteraar gaat. De filters veranderen als de positie van de geluidsbron ten opzichte van de luisteraar verandert. [19]

3.2.3. Hoe worden HRTF's berekend?

HRTF's worden berekend aan de hand van opnamen die van een bepaald geluid worden gemaakt. Voor deze opnames gaat men nog een stap verder dan bij het opnemen van binaural geluid. Hier plaats men in elk oor van een proefpersoon een microfoonje. Vervolgens wordt een gekend geluid vanuit een bepaalde locatie afgespeeld. Men neemt via de microfoonjes in de twee oren het geluid op dat bij de mens aankomt. Vervolgens worden de opnamen vergeleken met het originele geluid. Uit deze vergelijking volgen twee functies (één voor elke oor) die gebaseerd zijn op de locatie van de geluidsbron en rekening houden met de verschillende auditory cues die het lokaliseren van een geluidsbron mogelijk maken. Door deze functies toe te passen op een geluid wordt dit geluid gefilterd om de locatie van de geluidsbron te simuleren. [4], [19]

Aangezien elke HTRF afhankelijk is van de locatie van de geluidsbron moeten er vanuit voldoende (verschillende) locaties opnamen en berekeningen gebeuren om een virtuele omgeving voor geluid te kunnen creëren.

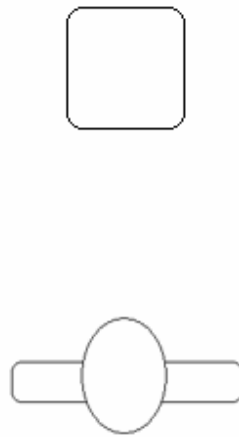
Iedere persoon heeft andere HRTF's. Dit is logisch, want sommige auditory cues zijn afhankelijk van de fysieke bouw van een persoon. Denk hier bijvoorbeeld aan head shadow, interaural time difference, pinna response en shoulder echo. Voor algemene doeleinden zoals games en video conferencing kunnen de HRTF's van een persoon die geluiden goed kan lokaliseren gebruikt worden. Deze zullen er in de meeste gevallen voor zorgen dat iedereen de geluiden uit een gesimuleerde omgeving kan lokaliseren. Voor life critical applicaties, zoals het waarschuwingssysteem in een F16, is het echter aan te raden om de HRTF's van de specifieke gebruiker te meten en vervolgens ook toe te passen. [19]

3.3. Spatial audio weergeven

Tot nu toe werd in dit hoofdstuk besproken hoe een mens geluiden kan lokaliseren met behulp van auditory cues en hoe men deze cues kan gebruiken om geluiden in een virtuele wereld te positioneren. Een laatste stap is het waarneembaar maken van deze virtuele wereld. Daarom worden nu verschillende manieren besproken om audio voor de gebruikers waarneembaar te maken. Er zal ook telkens besproken worden of de bepaalde manier geschikt is voor het weergeven van spatial audio.

3.3.1. Mono

Bij een mono geluidswaergave is er meestal sprake van één speaker die voor de gebruiker geplaatst wordt. Figuur 3-5 toont hoe mono geluid wordt waergegeven.

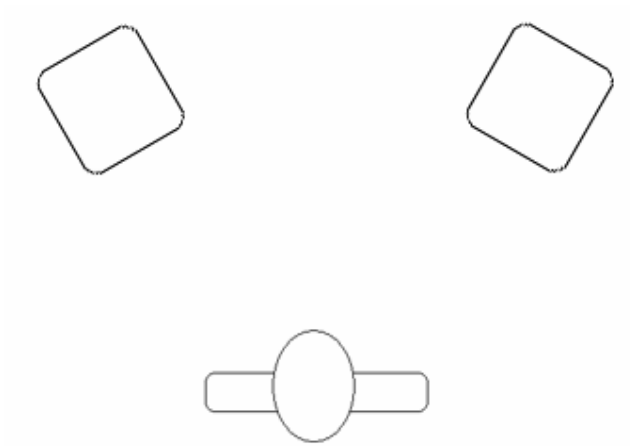


Figuur 3-5: Mono

Zoals reeds eerder beschreven, proberen spatial audio systemen de gebruiker op zo een manier te misleiden dat hij/zij denkt dat een geluidsbron een andere positie heeft dan de feitelijke fysieke positie. Dit gebeurt door een bestaand geluid met behulp van HRTF's aan te passen. Het blijft natuurlijk een feit dat geluidsgolven wel degelijk vanuit een fysieke geluidsbron vertrekken, in dit geval die ene speaker. Het is duidelijk dat men een geluid zo kan aanpassen om een bepaalde locatie te simuleren, maar dat men de fysieke geluidsgolven op deze manier niet kan manipuleren. Een mono geluidswaergave is daarom ook niet geschikt om spatial audio weer te geven. Het waergeefbare veld zou zich beperken tot een lijn voor de gebruiker.

3.3.2. Stereo

Een stereo setup bestaat uit twee speakers die links en rechts voor de gebruiker zijn geplaatst. Dit wordt waergegeven op Figuur 3-6. Men kan ook gebruik maken van een headset om een stereo waergaven te creëren.

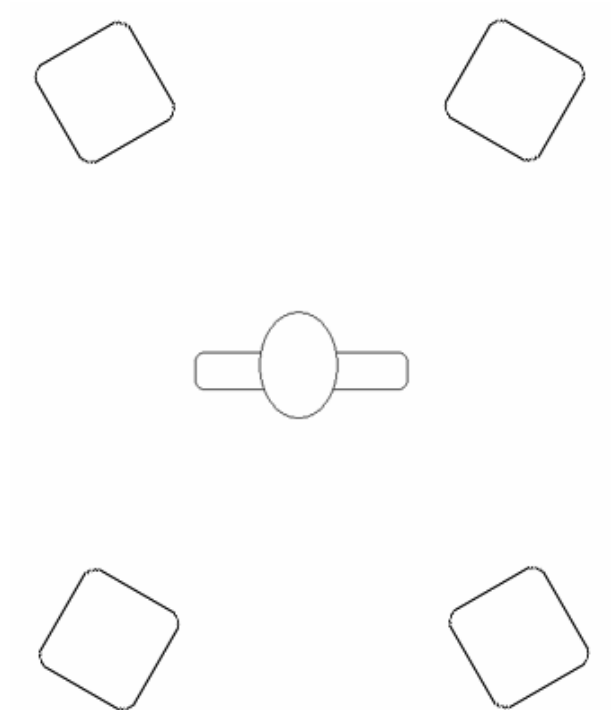


Figuur 3-6: Stereo

Door gebruik te maken van een stereo weergave kan men geluiden weergeven op de lijn die tussen de twee speakers loopt. Door de besproken technieken voor spatial audio te gebruiken kan het bereik enigszins verhoogd worden, maar ook hier gelden weer de beperkingen van de fysieke geluidsgolven. Aangezien alle geluidsgolven van voor de gebruiker komen is het realistisch weergeven van geluiden die achter de gebruiker liggen zeer moeilijk.

3.3.3. Quadrophonic

Hier wordt de stereo setup uitgebreid met twee extra speakers die links en rechts achter de gebruiker geplaatst worden. Op Figuur 3-7 wordt deze setup getoond.



Figuur 3-7: Quadrophonic

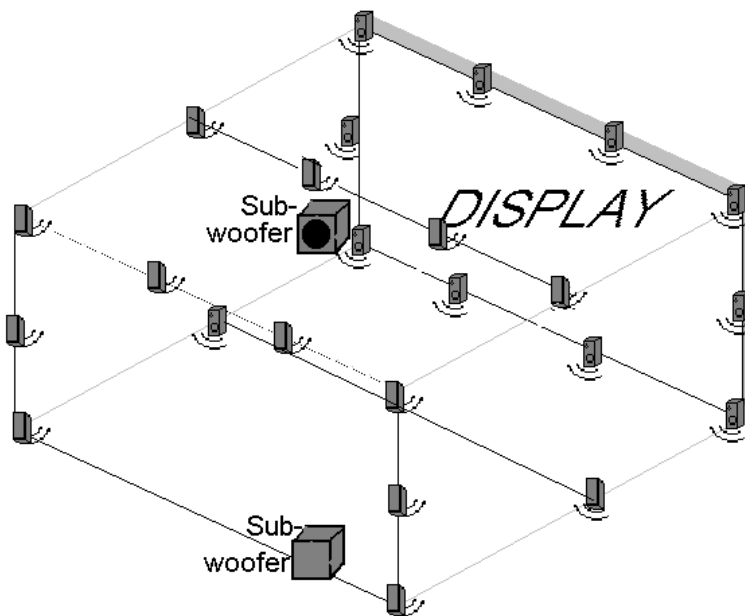
Door het toevoegen van twee extra speakers aan de stereo setup wordt ook het fysieke bereik van deze laatste vergroot. Bij een quadrophonic setup wordt er een vierkant rond de gebruiker gevormd waarop er geluiden kunnen worden weergegeven. Door het gebruik van HRTF's te combineren met deze setup bekomt men een eerste setup die in beperkte mate geschikt is voor het weergeven van spatial audio. Dit geldt vooral voor het weergeven van spatial audio in een vlak.

3.3.4. Uigebreide setups en speaker arrays

Er zijn ondertussen al vele uitbreidingen op de quadrophonic setup. Deze uitbreidingen werden gerealiseerd door het toevoegen van extra speakers. Vaak worden bij die speakers ook één of meerdere subwoofers geplaatst. Deze subwoofers zijn speciaal ontwikkeld voor het weergeven van lage frequentie geluiden. De combinatie van speakers en subwoofers zorgt ook voor de naamgeving van deze setups. Zo bestaat een 6.1 setup uit zes

speakers en één subwoofer. Volgens [1] is een setup met zes speakers, geplaatst in een cirkel met 60° tussen elke speaker, in staat om vrij nauwkeurig geluiden in een vlak weer te geven. Het is duidelijk dat, hoe meer speakers men aan een setup toevoegt, hoe beter men spatial audio kan weergeven.

De uitbreidingen op de quadrophonic setup blijven met een probleem kampen. Aangezien zij enkel speakers in een vlak plaatsen is hun geschiktheid voor het weergeven spatial audio in drie dimensies eerder beperkt. Om dit probleem op te lossen, heeft men zogenaamde speaker arrays ontwikkeld. Deze speaker arrays gaan nog een stap verder dan de tot nu toe besproken setups. Zij plaatsen niet enkel speakers in een vlak rond de gebruiker, maar ook boven en onder dit vlak worden speakers geplaatst. Het resultaat van een dergelijke setup is zichtbaar op Figuur 3-8. (overgenomen uit [26])



Figuur 3-8: Speaker array

Deze speaker arrays zijn uitermate geschikt voor het weergeven van spatial audio in drie dimensies. Aangezien de speakers in alle dimensies worden geplaatst, kunnen zij ook geluiden in meerdere dimensies

weergeven. Dit zorgt voor een realistische en precieze weergave van ruimtelijk geluid.

3.4. Besluit

Dit hoofdstuk heeft onderzocht hoe de mens aan de hand van auditory cues ruimtelijk geluid kan waarnemen en lokaliseren. Vervolgens werd besproken hoe deze auditory cues met behulp van HRTF's nagebootst kunnen worden. Tenslotte werden verschillende manieren voor het weergeven van audio onder de loep genomen en werd nagegaan of zij geschikt zijn voor het weergeven van spatial audio.

4. Case

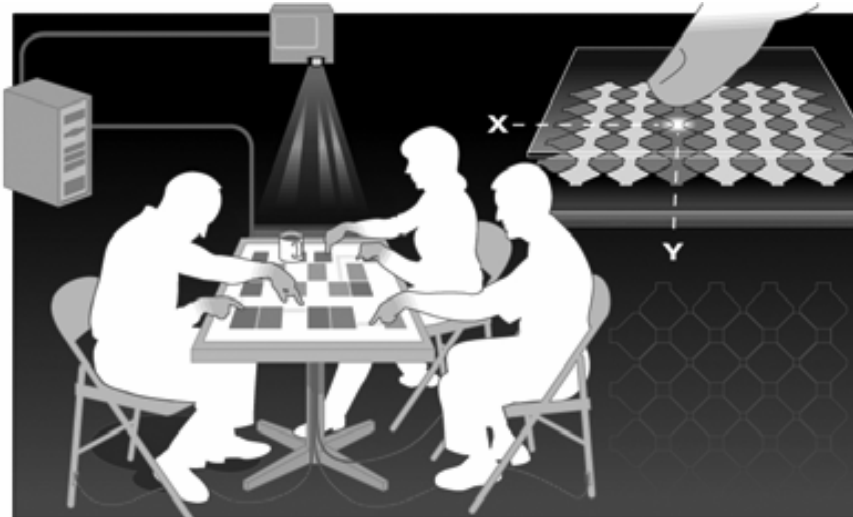
In de vorige hoofdstukken werd een oplossing voorgesteld die het coördineren van simultane interacties in een multi-user omgeving moet vergemakkelijken. In dit hoofdstuk wordt deze oplossing in de praktijk gebracht.

4.1. Situatie

In een fictieve stad is een grote betoging aan de gang. Men verwacht dat de spanningen hoog zullen oplopen, daarom zijn de ordediensten massaal uitgerukt. De bevelhebbers van politie en brandweer zitten in een mobiele controlepost om alles in goede banen te leiden. Zij volgen de betoging op de voet en zullen bij incidenten de nodige manschappen ter plaatse sturen.

4.2. Opstelling

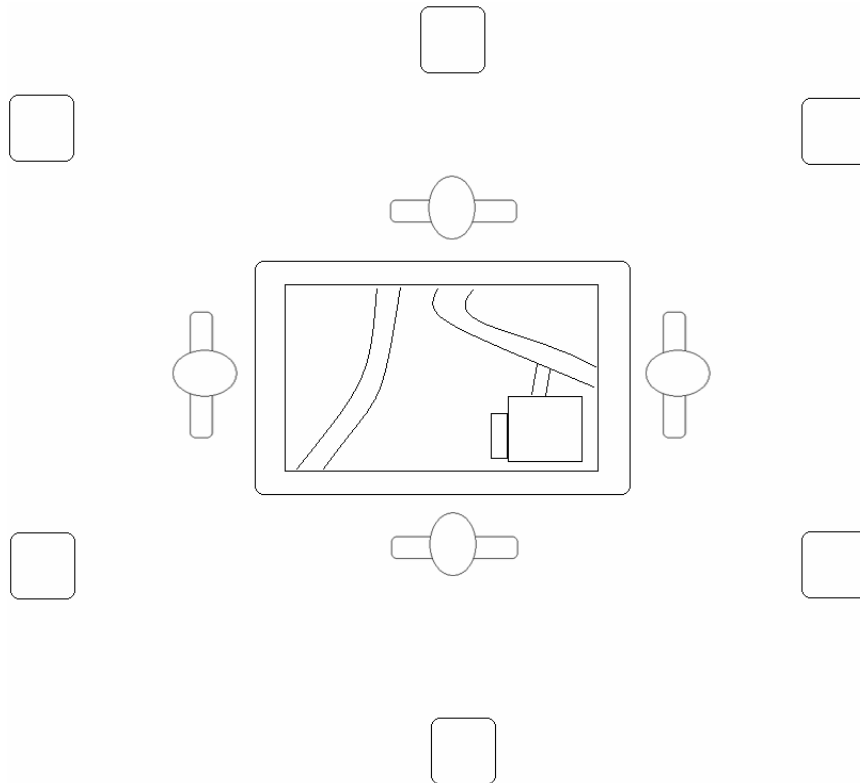
Centraal in de kamer bevindt zich een DiamondTouch waarop de applicatie wordt uitgevoerd. De DiamondTouch is een uniek stukje technologie dat gebruik maakt van frontprojectie. De tafel bestaat uit een reeks antennes die in het oppervlak zijn verwerkt. Elk van deze antennes zendt een uniek signaal uit. Elke gebruiker heeft een eigen ontvanger waarmee hij, via de stoel waarop hij zit, in verbinding staat. Wanneer een gebruiker het oppervlak aanraakt, sturen de antennes in de buurt van het raakpunt een klein signaal door het lichaam van de gebruiker naar de ontvanger. Deze unieke technologie stelt de DiamondTouch in staat om een onderscheid te maken tussen de verschillende gebruikers. Figuur 4-1 (overgenomen van [13]) geeft een mooi beeld van hoe deze technologie werkt.



Figuur 4-1: Werking van de DiamondTouch

Rondom de display staan 6 Adam Artist speakers [5] in een surround sound opstelling geplaatst. Zoals reeds eerder aangehaald, stelt [1] dat het gebruik van zes speakers in een dergelijke setup volstaat om spatial audio in een vlak voldoende nauwkeurig weer te geven. Aangezien in deze case enkel in een vlak gewerkt zal worden, is dit dan ook geschikte opstelling.

De zes Adam Artist speakers zijn aangesloten op een Creative SoundBlaster X-Fi Xtreme Gamer geluidskaart [33]. Het spreekt natuurlijk voor zich dat de speakers zo afgesteld zijn dat er een correcte mapping is vanuit de applicatie. Op de onderstaande afbeelding ziet u een schets van hoe deze opstelling eruitziet met vier gebruikers.



Figuur 4-2: Schets van de opstelling

4.3. Interface

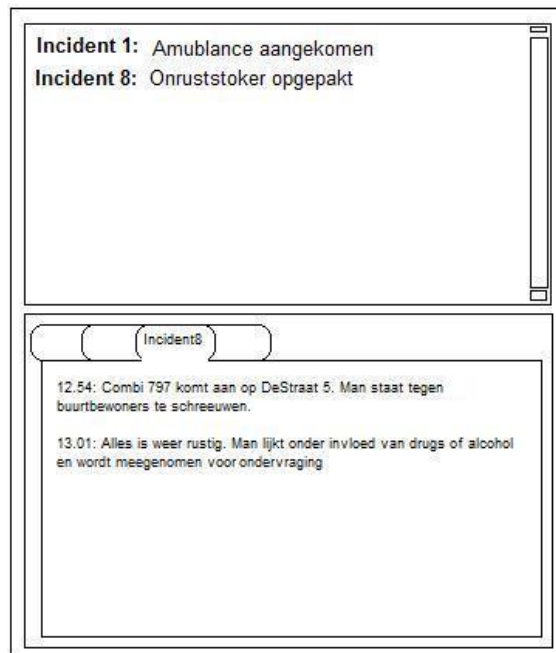
De interface bestaat uit een gedetailleerde plattegrond van een fictieve stad. Deze plattegrond kan door de gebruikers versleept worden zodat ze het gewenste gebied in beeld krijgen. Op de kaart is in realtime het verloop van de betoging te volgen. Verder zijn ook de posities van de ordetroepen en van eventuele incidenten op de kaart zichtbaar.

Boven de plattegrond worden vensters getoond met extra informatie over de betoging. Denk hier bijvoorbeeld aan het beschikbaar aantal manschappen of updates over een bepaald incident.

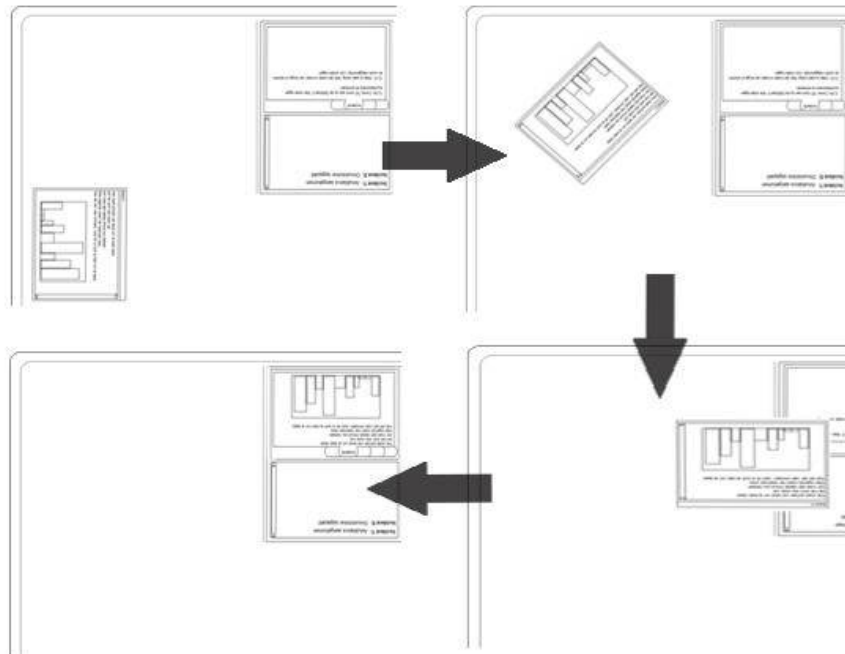
4.3.1. Cluttering

Het is niet moeilijk om in zich te beelden dat er zich tijdens zo een betoging meerdere incidenten (tegelijk) voordoen. Als elk incident dan zijn eigen statusvenster genereert, wordt de display al snel een chaos. Daarom is het noodzakelijk dat de gebruikers van het systeem ervoor kunnen zorgen dat het aantal vensters beperkt blijft, zonder dat de interactie mogelijkheden verloren gaan. Om dit probleem op te lossen kan er gebruik gemaakt worden van een "incident manager". Een incident manager bestaat uit één venster, dat opgebouwd is uit twee delen. De bovenste helft is een soort logboek waarin alle gebeurtenissen kort (1 regel) worden weergegeven. Aan de onderste helft kan de gebruiker andere vensters toevoegen; deze vensters verdwijnen dan van de gedeelde omgeving. Indien dit later zou nodig zijn, kunnen de vensters terug naar de gedeelde omgeving worden gebracht.

Figuur 4-3 geeft een idee hoe de incident manager er kan uitzien. In Figuur 4-4 ziet u een schets van hoe de incident manager gebruikt kan worden om cluttering te voorkomen.



Figuur 4-3: Schets van de "incident manager"



Figuur 4-4: "Incident manager" om cluttering tegen te gaan

Op figuur 4-4 is te zien hoe het venster, met informatie over een bepaald incident, van de ene naar de andere gebruiker wordt verplaatst. Deze laatste zal dat bepaald incident blijven volgen. Om ervoor te zorgen dat de plattegrond nog duidelijk zichtbaar blijft, voegt hij het incident toe aan zijn incident manager, waardoor het originele venster verdwijnt.

4.4. Case verloop

Zoals reeds eerder vermeld speelt deze case zich af tijdens een betoging in een fictieve stad. De bevelhebbers van brandweer en politie moeten in de mobiele controle post alles in goede banen leiden.

De voortgang van de betoging zal op de kaart worden weergegeven. Zodra de staart van de betoging voorbij een bepaald punt is gekomen, zal het normale verkeer er weer door mogen. De agenten die verantwoordelijk waren voor het afzetten van de weg zijn op dat moment weer beschikbaar om elders ingezet te worden. Deze informatie zal dan ook realtime worden aangepast in het venster met beschikbare eenheden.

Op bepaalde tijdstippen zullen er zich enkele incidenten voor doen. Zodra de bevelhebbers in de MCP een melding binnen krijgen, moeten ze op een correcte manier op het probleem reageren. Enkele mogelijke incidenten zijn:

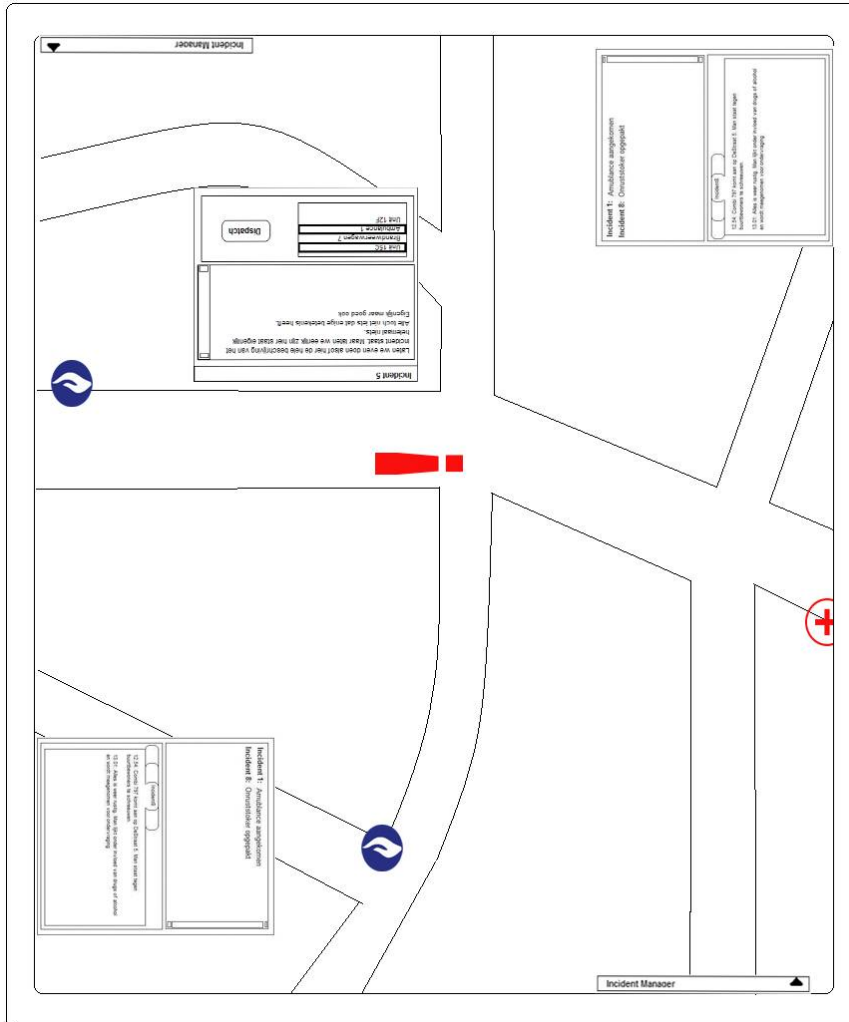
- Ergens in de stoet van betogers valt een persoon flauw. Er moeten dan zo snel mogelijk hulpverleners naar die persoon gestuurd worden.
- Een groep betogers is van het vooropgestelde traject afgeweken. De politie moet hen terug op de juiste weg brengen.
- Enkele heethoofden hebben zich van de betoging afgescheurd en hebben een auto in brand gestoken. Politie en brandweer moeten ter plaatse worden gestuurd om de situatie onder controle te krijgen.

In een normale situatie zullen de bevelhebbers hun radiocommunicatiesysteem gebruiken om eenheden naar een bepaald incident te sturen. Aangezien er hier geen sprake is van echte agenten of brandweermannen die gecontacteerd kunnen worden, zal hier het bevel gegeven worden via de applicatie. Zodra de plaats van het incident op de plattegrond gevonden is, kan het incident venster opgeroepen worden door het overeenkomstige icoontje met de vinger aan te raken. De bevelhebbers kunnen dan een gedetailleerde beschrijving van het incident lezen en vervolgens beslissen welke eenheden ze naar de plaats sturen. Het incident venster kan dan open blijven staan, of een van de bevelhebbers kan de opvolging van het incident voor zijn rekening nemen en het incident venster aan zijn "incident manager" toevoegen.

Een van de incidenten zal na verloop van tijd escaleren. Op dat moment zal de verantwoordelijke van dat incident het incident venster terug voor iedereen toegankelijk moeten maken. Daarna zullen ze opnieuw moeten beslissen hoe ze op de gewijzigde situatie reageren.

Figuur 4-5 schetst hoe de applicatie er uit ziet bij het afhandelen van een incident.

Door een reeks van incidenten te behandelen zou het duidelijk moeten worden hoe het voorgestelde systeem in een praktische omgeving gebruikt kan worden.



Figuur 4-5: Afhandelen van een incident

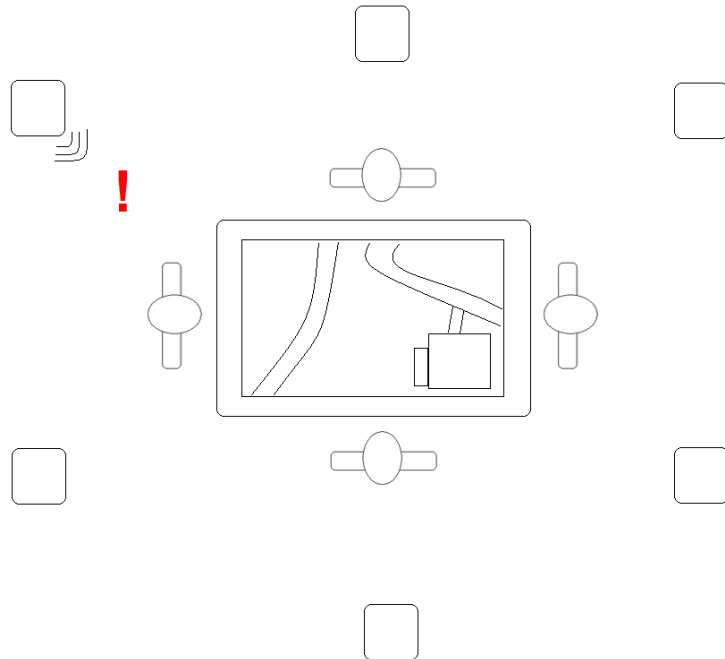
4.5. Spatial Audio

Tot nu toe ging dit hoofdstuk enkel over hoe de interface van de applicatie eruitziet en over het verloop van de case. Nu wordt het belangrijkste onderdeel van deze case besproken, namelijk hoe spatial audio gebruikt wordt om het afhandelen van incidenten tijdens de betoging te versnellen en te vergemakkelijken.

In deze case is de belangrijkste taak van de gebruikers het afhandelen van incidenten. Aangezien het niet vooraf te voorspellen is waar en wanneer een incident zal plaats vinden is de kans reëel dat dit niet altijd op een locatie gebeurt die op dat moment zichtbaar is. De gebruikers zullen opzoek moeten gaan naar de plaats van het incident. Zonder hulp kan dit veel tijd in beslag nemen, zeker als de kaart een groot oppervlak bestrijkt.

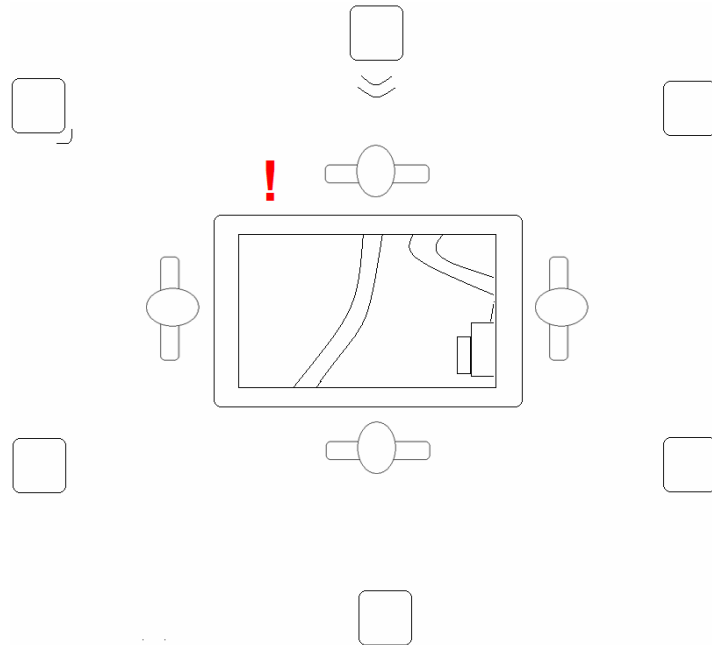
Door elk incident van een auditieve waarschuwing te voorzien kan de aandacht van de gebruikers getrokken worden. Dit principe wordt al jaren gebruikt in de ontwikkeling van software. Denk maar aan het geluidje dat wordt gespeeld bij het ontvangen van een e-mail. Het voordeel van deze auditieve waarschuwingen is dat ze kunnen worden waargenomen zelfs als de applicatie niet actief of zichtbaar is. Maar deze "klassieke" waarschuwingen bieden geen oplossing voor het probleem van het lokaliseren van een incident. Daarom wordt er in deze case een stap verder gegaan.

Als de klassieke auditieve waarschuwing vervangen wordt door een auditieve waarschuwing die ruimtelijk wordt weergegeven vanuit de positie van het incident kunnen de gebruikers deze informatie gebruiken om het incident sneller op de kaart te lokaliseren. (Dit is althans hetgeen deze thesis probeert te bewijzen; of dit werkelijk het geval is wordt in een volgend hoofdstuk besproken.) Figuur 4-6 schetst een dergelijke situatie.



Figuur 4-6: Auditieve waarschuwing ruimtelijk weergegeven

Het rode uitroepteken stelt een incident voor dat niet zichtbaar is op de plattegrond. De auditieve waarschuwing komt in dit geval enkel uit de speaker links boven. Het geluid zelf wordt met behulp van HRTF's aangepast zodat zowel de richting als de afstand van de geluidsbron (het incident) kan worden waargenomen. De gebruikers weten dan dat er zich een incident ergens in die richting heeft voorgedaan en kunnen de plattegrond zo verslepen dat het incident in beeld komt, waarna ze er op de gepaste manier op kunnen reageren. Ook belangrijk om op te merken is dat wanneer de kaart wordt bewogen, de positie van de auditieve waarschuwing mee verplaatst. Dit stelt de gebruikers in staat om na te gaan of ze de kaart wel in de juiste richting verplaatsen. Figuur 4-7 toont wat er gebeurt als de gebruikers in Figuur 4-6 de kaart naar rechts versleept.



Figuur 4-7: Verplaatsing van de auditieve waarschuwing

Het is duidelijk zichtbaar dat het geluid nu ook uit de speaker in het midden komt. Achter de schermen zullen ook weer andere HRTF's op het geluid worden toegepast.

4.6. Implementatie

4.6.1. DiamondSpin

De implementatie van de user interface maakt gebruik van de DiamondSpin toolkit [11], [12]. Deze in Java geschreven toolkit is ontwikkeld om aan de speciale eisen van een tabletop applicatie te voldoen. Enkele van deze eisen zijn:

- Verschillende gebruikers zitten rond de tafel.
- Elke gebruiker heeft een eigen gezichtspunt op de applicatie en heeft dus een eigen voorkeur voor de oriëntatie van tekst, afbeeldingen, enz.

- De verschillende gebruikers willen op hetzelfde moment met het systeem kunnen interageren.

DiamondSpin maakt gebruik van verschillende engines om de layout in de interface te bepalen. De engines gebruiken de positie van de objecten binnen de interface om de rotatie ervan te bepalen. Omdat alles berekend wordt tot het middelpunt gebruikt DiamondSpin poolcoördinaten in plaats van de Cartesische coördinaten die gebruikelijk zijn bij het implementeren van user interfaces. Bij het verplaatsen van een object binnen de interface zal de gebruikte engine berekenen of de oriëntatie van het object veranderd moet worden. Bij de cirkel engine zal elke verplaatsingen een onmiddellijke rotatie tot gevolg hebben, terwijl bij de rechthoekige engine de rotatie niet zal veranderen als men de diagonalen niet overschrijdt. Als er wel een diagonaal wordt overschreden zal het object een rotatie van 90° of -90° maken, afhankelijk van welke diagonaal overschreden wordt. Naast de cirkel en rechthoekige zijn er ook nog de diamand en emerald engines met elk hun specifieke eigenschappen.

Om input van verschillende gebruikers gelijktijdig te kunnen verwerken heeft DiamondSpin multi threaded input streams en kunnen er meerdere objecten tegelijk actief zijn.

Figuur 4-8 (overgenomen uit [11]) geeft een overzicht van de architectuur binnen DiamondSpin.

Alhoewel ze in deze case niet worden gebruikt, is het toch interessant om te vermelden dat DiamondSpin ook nog de volgende features ondersteunt:

- Scaleren van objecten
- Vouwen van objecten
- Stapelen van objecten
- Annoteren

4.6.2. DiamondSpin uitbreidingen

In deze paragraaf volgen enkele beschrijvingen van uitbreidingen en aanpassingen aan de DiamondSpin toolkit.

Zoals reeds eerder vermeld, maakt DiamondSpin gebruik van poolcoördinaten om de positie van objecten te bepalen. Hoewel dit zeker een voordeel is voor de berekening die DiamondSpin intern moet maken, is dit niet het geval voor het merendeel van de berekeningen die nodig zijn voor de implementatie van deze case. Voor die berekeningen is het logischer om met de Cartesische coördinaten te werken. Het is echter vrij eenvoudig om deze om te rekenen met de volgende formules:

$$x = r \cos(\alpha)$$

$$y = r \sin(\alpha)$$

met r de afstand tussen het punt en de oorsprong en α de poolhoek.

Deze conversie gebeurt dan ook op verschillende plaatsen in de code. Het spreekt natuurlijk voor zich dat deze Cartesische coördinaten terug moeten geconverteerd worden als er instructies naar DiamondSpin gegeven worden. Voor deze conversie worden volgende formules gebruikt:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\alpha = \arctan(x, y)$$

In het vervolg van deze thesis worden altijd de Cartesische coördinaten bedoeld als er gesproken wordt over coördinaten binnen DiamondSpin. Indien de poolcoördinaten bedoeld worden zal dit uitdrukkelijk vermeld worden.

Standaard ondersteunt DiamondSpin het verplaatsen van de achtergrond of het verplaatsen van de view (de view bestaat uit alle objecten waarmee de gebruiker kan interageren, zoals windows en afbeeldingen). Voor deze

case is het echter noodzakelijk dat zowel de achtergrond als de view tegelijk kunnen verplaatst worden. Verder moet er rekening mee gehouden worden dat binnen DiamondSpin de view geen afmetingen heeft en bijgevolg oneindig ver kan worden verplaatst. Daarom zijn deze twee nu aan elkaar gekoppeld zodat ze altijd samen bewegen en dat de view niet meer in een bepaalde richting kan verplaatst worden als de achtergrond aan die zijde zijn grens heeft bereikt.

Voor het implementeren van de incident manager zijn er statische objecten aan DiamondSpin toegevoegd. De objecten maken deel uit van de view, zodat de gebruikers er mee kunnen interageren, maar zij behouden altijd hun locatie en oriëntatie ten opzichte van het middelpunt. Dus als de view verplaatst wordt, maken deze objecten de omgekeerde translatie zodat het voor de gebruikers lijkt alsof ze niet verplaatsen.

Het verplaatsen van de achtergrond (nu gekoppeld aan het verplaatsen van de view) zorgt voor een probleem als meerdere gebruikers dit op hetzelfde moment willen doen. Bij het aanraken van de achtergrond slaat DiamondSpin de coördinaten van het aanrakingspunt op. Vervolgens berekent hij bij elke sleepbeweging de afstand tot dit punt en gebruikt die afstand om te bepalen hoe ver, en in welke richting, de achtergrond verplaatst moet worden. Als een tweede gebruiker de achtergrond aanraakt worden de nieuwe coördinaten gebruikt om dit te berekenen. Dit zorgt ervoor dat de achtergrond (enorme) sprongen gaat maken. De afstand van de eerste gebruiker tot de nieuwe coördinaten zijn immers anders dan de afstand tot het originele aanrakingspunt. Dus als hij sleept zal de achtergrond plots een sprong maken omdat de afstanden niet meer op elkaar volgen. Als de tweede gebruiker dan weer sleept is zijn afstand tot de nieuwe coördinaten weer anders en zal de kaart weer verspringen. Om dit te verduidelijken volgt een vereenvoudigde berekening van de verplaatsing over de X-as (Dit is niet de manier waarop DiamondSpin de berekening doet, deze berekening dient enkel om het bovenstaande probleem te verduidelijken):

Initieel staat de achtergrond op (0,0)
Gebruiker1 duwt op (5,0)
Gebruiker1 sleept naar (10,0) => verplaatsing van 5 over de X-as
Achtergrond op (5,0)
Gebruiker1 sleept naar (20,0) => verplaatsing van 15 over de X-as
(15 omdat altijd vergeleken wordt met de startcoördinaten)
Achtergrond op (15,0)
Gebruiker2 duwt op (-20,0)
(dit zijn dus de nieuwe startcoördinaten)
Gebruiker1 sleept naar (30,0) => verplaatsing van 50 over X-as
Achtergrond op (50,0)

Gebruiker 2 sleept naar (-25,0) =>verplaatsing van -5 over de X-as
Achtergrond op (-5,0)

....

Het is duidelijk dat deze sprongen niet gewenst zijn. Daarom zijn er twee constraints toegevoegd aan het systeem. Een eerste constraint zorgt ervoor dat slechts één gebruiker de achtergrond kan verplaatsen. Een tweede constraint beperkt de afstand die toegestaan is tussen twee opeenvolgende "sleppunten". Het volgende stukje pseudocode geeft deze constraint weer.

```
If(abs (huidigeX - vorigeX) < drempel && abs (huidigeY - vorigeY) <
drempel){
    totaleXVerplaatsing +=( huidigeX- vorigeX);
    totaleYVerplaatsing +=( huidigeY- vorigeY);
    verplaatsAchtergrond(totaleXVerplaatsing, totaleYVerplaatsing);
}
vorigeX = huidigeX
vorigeY = huidigeY
```

De drempelwaarde werd bepaald na uitvoerige testen om een balans te vinden tussen een toelaatbare afwijking en de snelheid waarmee een gebruiker de achtergrond mag verplaatsen. Bij een te lage drempelwaarde moet de gebruiker te traag slepen om een vlotte interactie mogelijk te maken. Bij een te hoge drempelwaarde kunnen er zich nog steeds sprongen voordoen als de gebruiker bijvoorbeeld zijn andere hand op het oppervlak legt. Door de vorigeX en vorigeY toch aan te passen als de drempel wordt overschreden kan de gebruiker wel van hand wisselen tijdens het verplaatsen van de achtergrond, maar worden sprongen vermeden.

4.6.3. JOAL / OpenAL

Voor het audio gedeelte van de implementatie is gebruik gemaakt van JOAL [20]. JOAL, wat staat voor Java OpenAL, is een project dat de Java bindings van de OpenAL api [27] verzorgt, en is ontwikkeld om (hardware ondersteund) 3D ruimtelijk geluid voor Java applicaties toegankelijk te maken.

OpenAL, oftewel Open Audio Library, is ontwikkeld als een cross-platform 3D audio api voor games. Er zijn dan ook een hele reeks games die van

OpenAL gebruik maken [27]. Omdat in deze context OpenAL vaak gebruikt wordt in combinatie met OpenGL [28] hanteert OpenAL, waar mogelijk, dezelfde syntax, codeer stijl en conventies als OpenGL.

In OpenAL staan drie objecten centraal: het listener-, het source- en het bufferobject.

- **Listener:** Dit object stelt de positie en de oriëntatie van de luisteraar of gebruiker voor. Alle audio wordt gerenderd vanuit het perspectief van dit object. Daarom kan er slechts één listenerobject zijn.
- **Source:** Dit object stelt de positie van een audiobron voor.
- **Buffer:** Dit object bevat de eigenlijk audio data. Eens een buffer gekoppeld is aan een sourceobject kan de data worden afgespeeld. Om resources te besparen kan elke buffer aan meerdere sourceobjecten worden gekoppeld.

4.6.4. DiamondSpin en JOAL

JOAL maakt gebruik van een 3D coördinaten stelsel (ruimte); de X-as voor de breedte, de Y-as voor de hoogte en de Z-as voor de diepte. In DiamondSpin wordt slechts een 2D coördinaten stelsel (vlak) gebruikt; X-as voor de breedte en de Y-as voor de lengte. Aangezien in deze case gewerkt wordt in een vlak is de derde dimensie in JOAL overbodig. Daarom wordt de Y-waarde van alle coördinaten binnen JOAL op 0 gehouden. Op deze manier wordt er enkel ruimtelijk geluid in het vlak gecreëerd. Dit zorgt er ook voor dat de mapping van coördinaten tussen de twee stelsels op een eenvoudige manier kan gebeuren: de X-waarden van beide stelsels is gelijk, en de Y-waarde binnen DiamondSpin is gelijk aan het negatief van de Z-waarde binnen JOAL. Dus het punt (5,10) binnen DiamondSpin krijgt binnen JOAL (5,0,-10) als coördinaten.

Om de interactie tussen DiamondSpin en JOAL te vereenvoudigen werd de class JoalObject gecreëerd. Door aan deze class een URL naar een, door JOAL ondersteund, audio bestand te geven, wordt automatisch de data uit het bestand in een Buffer geladen, en wordt deze buffer met een nieuw Sourceobject gekoppeld. Verder biedt deze class functies voor het afspelen, pauzeren en stoppen van het bestand. Ook kunnen eigenschappen als pitch, gain, positie en loep op een eenvoudige manier worden aangepast. Een tweede class, de JoalManager, zorgt voor het creëren van de context (de “wereld” waarin het geluid zal gerenderd worden) en beheert ook de het listenerobject. Omdat alle onderdelen van

de JoalManager slechts één keer binnen de applicatie voorkomen, maar wel op vele plaatsen gebruikt worden, is de JoalManager een singleton. Op deze manier wordt het alsmaar opnieuw doorgeven van de JoalManager als argument tegen gegaan.

Alle objecten binnen DiamondSpin die gebruik maken van audio instantiëren dus JoalObject. Om een correcte weergave van de audio mogelijk te maken is het noodzakelijk dat de positie van het JoalObject bij elke verplaatsing van het DiamondSpin object met de positie van deze laatste wordt gesynchroniseerd.

Het volstaat echter niet om enkel de positie van elk object aan te passen. Er ontstaat namelijk een probleem bij het verplaatsen van de achtergrond; deze is namelijk gekoppeld met de view. Dus zal ook de view in zijn geheel verslepen. Dat kan het best vergeleken worden met het verplaatsen van een foto. Als je een foto van een basketballer 10 cm naar rechts verplaatst, wordt deze speler door ons op een andere plaats waargenomen. Maar de speler is binnen het kader niet van plaats veranderd. Dit gebeurt ook met de objecten binnen de view. Voor de gebruikers zullen ze visueel zijn verplaatst, maar hun locatie binnen de view is niet veranderd. Om ervoor te zorgen dat de audio gekoppeld aan die visuele objecten ook correct wordt weergegeven, wordt het listenerobject ook verplaatst tijdens het verplaatsen van de achtergrond (en de view). Het listenerobject verplaatst in de tegengestelde richting van de achtergrond. Door deze verplaatsing komen de auditieve en visuele weergave voor de gebruikers met elkaar overeen.

4.6.5. Opmerkingen

Alhoewel in deze case de 1 op 1 mapping van de visuele en auditieve coördinaten het beoogde resultaat geeft, is het belangrijk om op te merken dat dit niet noodzakelijk altijd het geval is. Zeker wanneer er sprake is van zooming zal een andere (waarschijnlijk dynamische) verhouding gekozen moeten worden.

Een tweede probleem kan zich voordoen bij grote oppervlaktes. Indien een object ergens in een uithoek een auditieve waarschuwing activeert is de kans reëel dat deze, door de afstand tot het listenerobject, niet of nauwelijks waarneembaar is. In dat geval is het misschien nuttig om gebruik te maken van limieten. Als de afstand van een object tot het listenerobject groter wordt dan een limietwaarde kunnen er maatregelen getroffen worden om de waarneembaarheid van de auditieve waarschuwingen te garanderen. Denk hier bijvoorbeeld aan het kiezen van

een andere mapping tussen de visuele en auditieve coördinaten om er zo voor te zorgen dat de waarneembaarheid trager afneemt. Verder is het ook mogelijk om de gain eigenschap van het Sourceobject te verhogen, waardoor het geluid versterkt wordt. Of men kan er voor kiezen om het Sourceobject niet meer te verplaatsen na het overschrijden van de limietwaarde.

4.7. Besluit

In dit hoofdstuk werd een case beschreven die een praktische toepassing van de voorgestelde oplossing toont. De gebruikte hardware en toolkits werden besproken en de implementatie werd toegelicht. Verder werden nog enkele problemen besproken die bij deze case niet van toepassing waren, maar waar in de toekomst rekening mee gehouden moet worden.

5. Test case

In het vorige hoofdstuk werd een case besproken die een voorbeeld geeft van hoe spatial audio gebruikt kan worden in een multi-user omgeving. Het is natuurlijk wenselijk dat wordt nagegaan of de voorgestelde oplossing effectief een positief resultaat heeft op de interactie en coördinatie. Omdat de case uit het vorige hoofdstuk een zeer specifieke doelgroep heeft, zorgt dat ervoor dat deze minder geschikt is om in een testsessie met algemene gebruikers gebruikt te worden. Daarom bespreekt dit hoofdstuk een case die speciaal voor een dergelijke test is opgezet. Aangezien de implementatie van de test case gebruik maakt van de code uit de vorige case, zal dit hoofdstuk zich beperken tot het scenario, de test en de resultaten van de test.

5.1. Scenario

Voor deze case werd een spel uitgewerkt dat door vier spelers gespeeld wordt. Elke speler neemt plaats aan een zijde van de DiamondTouch, en krijgt een kleur toegewezen. Het scorebord dat elke speler in zijn/haar rechter onderhoek ziet heeft ook deze kleur. Net als bij de eerste case stelt de achtergrond een plattegrond voor. Centraal op de plattegrond staat een gebouw. Dit gebouw is de basis. Tijdens het spel zal de basis aangevallen worden door terroristen in bomauto's. Het is de bedoeling dat de spelers samen hun basis beschermen. Dit doen ze door elke bomauto die de basis nadert met hun vinger aan te raken. De spelers kunnen echter niet zomaar eender welke auto stoppen. Elke auto heeft namelijk een bepaalde kleur, die overeenkomt met de kleur van een speler. Elke speler kan dus enkel de bomauto's stoppen die dezelfde kleuren hebben als hijzelf. Voor elke bomauto die hij/zij stopt krijgt de speler een bepaald aantal punten. Hoeveel punten een speler krijgt, hangt af van de snelheid waarmee de bomauto is gestopt. Hoe dichterbij de basis, hoe minder punten de speler krijgt. Als een bomauto de basis bereikt, ontploft hij en worden er 3 punten van de overeenkomstige speler afgetrokken.

Aan elke kleur is ook een bepaalde sirene gekoppeld (de sirenes zijn van de verschillende types zoals besproken in [22]). Zodra een bomauto begint te rijden loeit de sirene. De spelers kunnen de sirene gebruiken om een bomauto te gaan zoeken. Dit doen ze door met hun hand de achtergrond te verplaatsen. Als ze op deze manier een bomauto weten te vinden zal deze verder van de basis verwijderd zijn en zullen ze dus meer punten

krijgen als ze hem stoppen. De speler die op het einde van het spel de meeste punten heeft is natuurlijk de winnaar.

5.2. De test

5.2.1. Opstelling

Voor deze test case werd dezelfde opstelling gebruikt als bij de case die in het vorige hoofdstuk werd beschreven.

5.2.2. Testpersonen

Aan deze test namen 20 studenten en personeelsleden van de UHasselt, met een leeftijd variërend van 21 tot 27 jaar, deel (6 vrouwen en 14 mannen). Slechts 20% van deze testpersonen heeft een achtergrond in de informatica. De overige 80% procent is verbonden aan de studierichtingen Chemie en/of Biomedische wetenschappen. Alle testpersonen gaven aan dat zij geen gehoorproblemen hadden. 40% gaf aan dat zij ervaring hadden met spatial audio. Meestal ging het over spatial audio gebruikt in games, maar één persoon gaf aan dat zij al had meegewerkt aan experimenten met geluid. 50% van de testpersonen had ervaring met apparaten die gebruik maken van een drukgevoelig oppervlak. Het ging hier over PDA, GSM, GPS of Nintendo DS.

Om het effect van spatial audio te kunnen meten, moeten er ook gegevens zijn om mee te vergelijken. Daarom werd bij sommige testgroepen gebruik gemaakt van stereo, de andere groepen kregen wel spatial audio te horen. Omdat op de dag van de test niet duidelijk was hoeveel personen gingen komen, werd afwisselend spatial audio en stereo gebruikt. Uiteindelijk had dit als gevolg dat er 3 groepen spatial audio en 2 groepen stereo waren.

5.2.3. Het testverloop

Zodra een groep testpersonen volledig was, werd hen gevraagd plaatst te nemen rond de DiamondTouch. Op de DiamondTouch waren vier vensters zichtbaar. In deze vensters stond alle informatie die de testpersonen nodig hadden om de test uit te voeren. Ze werden daarom gevraagd om de vensters onder elkaar te verdelen en te lezen. De tekst werd niet op papier gegeven omdat op deze manier de leesbaarheid en intuïtiviteit van de interface kon getest worden.

Na het lezen van de tekst konden de testpersonen nog vragen stellen over het spel. Vervolgens kregen ze één voor één de bomauto's te zien en waren tegelijkertijd de bijhorende sirene hoorbaar. Daarna begon het spel.

Tijdens het spel mochten de testpersonen enkel met elkaar communiceren. De testpersonen werden gedurende het spel geobserveerd en ook softwarematig werden hun acties zorgvuldig bijgehouden.

Na afloop van de test werd hen gevraagd om een korte questionnaire in te vullen. Daarna kregen ze de kans om nog vragen te stellen er werd hen uitgelegd wat er precies getest werd.

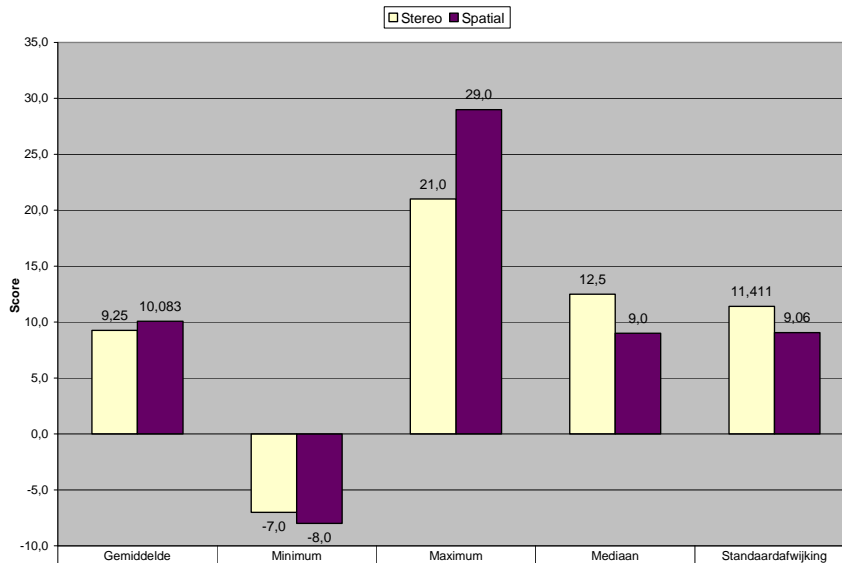
5.3. Resultaten

5.3.1. Score

Zoals reeds eerder vermeld is het aantal punten dat een speler krijgt voor het stoppen van een bomauto afhankelijk van de snelheid waarmee hij/zij deze taak volbrengt. De volgende tabel toont de scores die tijdens de test werden behaald. Elke rij stelt één testgroep voor.

	rood	groen	blauw	geel
Stereo	3	16	18	-7
	-6	21	20	9
Surround	4	11	15	16
	15	29	4	7
	7	6	15	-8

Als we deze gegevens bekijken komen we tot de resultaten die in Figuur 5-1 worden weergegeven.



Figuur 5-1: Scores

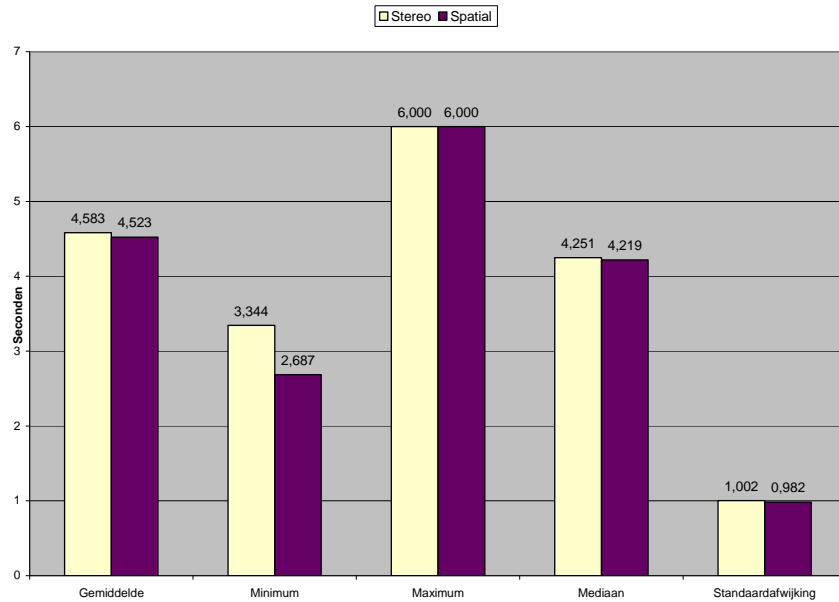
We zien hier dat de spelers met spatial audio gemiddeld ongeveer 9% beter scoren dan die met stereo.

5.3.2. Fouten

Met een fout wordt het 'er niet inslagen van een bomauto op tijd te stoppen' bedoeld. Bij de stereo spelers weten op een totaal van 80 bomauto's 24, of 30%, de basis te bereiken. Bij spatial audio zijn dit er 31 op een totaal van de 120, oftewel 25,83%.

5.3.3. Totale tijd

Als volgende bekijken we het aantal seconden dat een bomauto heeft rond gereden. Het was ook mogelijk om te meten hoe lang een speler nodig had om een bomauto te stoppen. Dit zou voor alle gestopte bomauto's dezelfde waarde geven maar dan zouden de ontplofte bomauto's niet in rekening gebracht worden.

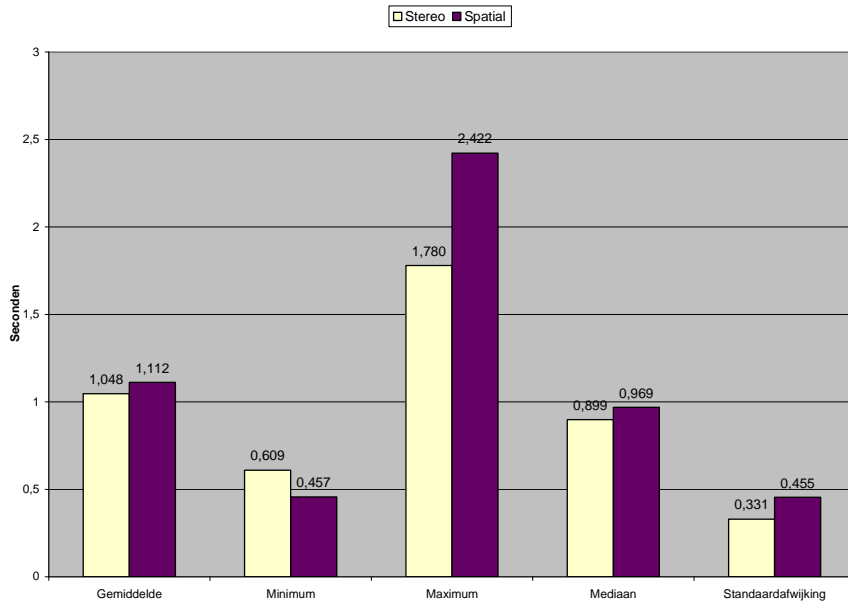


Figuur 5-2: Totale tijd

Zoals Figuur 5-2 toont is er slechts een klein verschil tussen de gemiddelde totale tijden van stereo en spatial audio. Tijdens een spel met stereo geluid reden de bomauto's gemiddeld 0,05947 seconden langer over het speelveld.

5.3.4. Zichtbare tijd

Vervolgens bekijken we het aantal seconden dat een bomauto zichtbaar was alvorens hij werd gestopt.



Figuur 5-3: Zichtbare tijd

Hier zien we dat, als een bomauto gestopt wordt, deze bij een speler die met stereo geluid gespeeld hebben gemiddeld 0,06413 seconden minder lang in beeld is.

5.3.5. Questionnaire

Na de test werd de testpersonen gevraagd om een kleine questionnaire in te vullen. In deze questionnaire kregen ze een reeks stellingen voorgeschoteld. Ze konden dan op een Likert scale [21] met vijf levels aanduiden in hoeverre ze met deze stelling akkoord gingen. Ze werden ook aangemoedigd om, waar mogelijk, hun antwoorden te motiveren. Figuur 5-4 toont hoe een vraag uit de questionnaire er uit zag. (In bijlage 1 ziet u een leeg exemplaar van de questionnaire, bijlage 2 toont een samenvatting van alle antwoorden.)

Stelling				
Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commentaar <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%;"></div>				

Figuur 5-4: Een vraag uit de questionnaire

Stelling: De besturing werkt op een intuïtieve manier.

14 van de 20 testpersonen gingen akkoord met deze stelling en 5 personen waren zelfs helemaal akkoord. Slechts 1 persoon ging niet akkoord met de stelling. Jammer genoeg gaf deze persoon geen motivatie voor zijn antwoord.

Stelling: De interactie en coördinatie met de andere spelers verliep vlot.

Met deze stelling gingen 9 testpersonen akkoord, 4 helemaal akkoord en 4 niet akkoord. De overige 3 personen gaven "neutraal" als antwoord.

Bij deze stelling kwamen enkele problemen aan het licht. Zo bleek dat de schaduw van de andere spelers er vaak voor zorgde dat niet het gehele speelveld zichtbaar was. Dit was vooral te wijten aan spelers die hun hand boven het speelveld hielden terwijl ze op een auto van hun kleur aan het wachten waren. Hun hand ving dus de projectie op; zo was deze dus niet op de tafel zichtbaar.

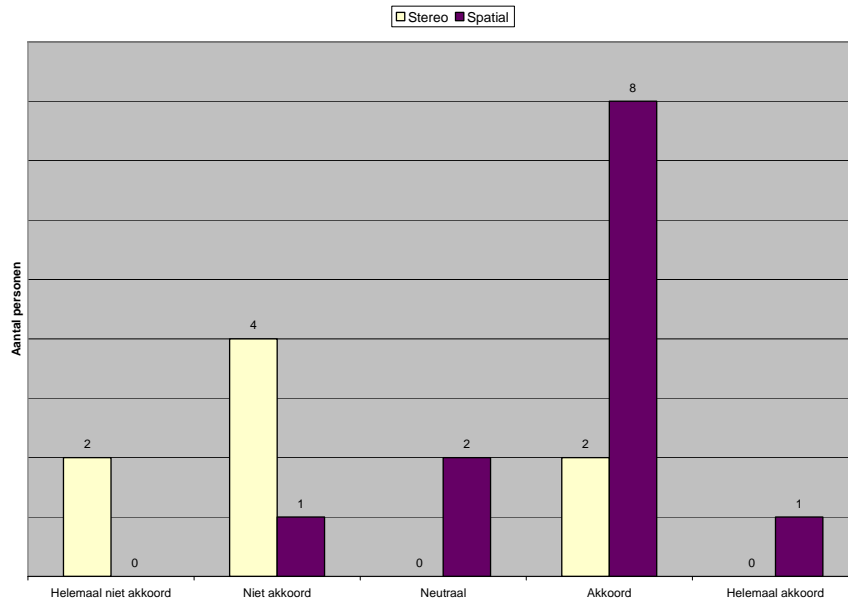
Ook wanneer er verschillende bomauto's gelijktijdig over het speelveld reden was er een probleem. Spelers gingen elkaar hinderen omdat ze op dat moment enkel dachten aan het tegenhouden van hun bomauto. Deze opmerking werd door 6 testpersonen gemaakt.

Stelling: De gebruikte geluiden waren duidelijk, en goed van elkaar te onderscheiden.

3 testpersonen gingen niet akkoord met deze stelling, 1 persoon was neutraal, 10 personen gingen akkoord met de stelling en 6 personen gingen helemaal akkoord. Verschillende personen gaven wel aan dat ze zich enkel op hun eigen geluid hadden geconcentreerd.

Stelling: Ik kon duidelijk horen uit welke richting de auto's kwamen.

Figuur 5-5 geeft een vergelijking tussen de antwoorden van de twee verschillende types audio.



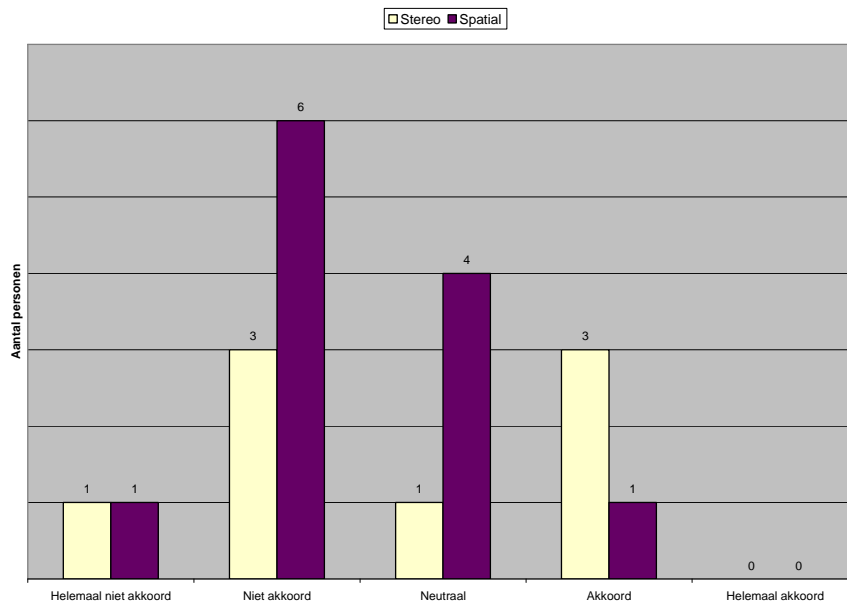
Figuur 5-5: Antwoorden op de stelling over lokaliseerbaarheid van de geluiden

We zien duidelijk dat, bij de testpersonen die met stereo geluid gespeeld hebben, 75% niet akkoord of helemaal niet akkoord gaat met deze stelling. Bij spatial audio daarentegen, gaan maar liefst 75% van de testpersonen akkoord of helemaal akkoord met de stelling.

Dit resultaat werd kracht bij gezet door opmerkingen van testpersonen uit de stereo groepen als: "Ik had helemaal niet door dat het geluid uit verschillende richtingen kwam." en "Auto's werden meer gezocht door te kijken."

Stelling: Ik denk dat ik zonder de geluiden een gelijkaardige score kan neerzetten.

Figuur 5-6 geeft de resultaten weer.



Figuur 5-6: Antwoorden op de stelling over een gelijkaardige score zonder geluiden

We zien hier duidelijk dat er vooral bij stereo een verdeeldheid is. Deze verdeeldheid kan verduidelijkt worden door de opmerkingen die de testpersonen van de stereo groepen hebben gegeven. Zij die 'niet akkoord' of 'helemaal niet akkoord' hebben geantwoord merkten op dat ze waarschijnlijk lager zouden scoren omdat ze geen idee meer zouden hebben wanneer er een bomauto van hun kleur zou vertrekken. Voor hen waren de geluiden dus enkel een waarschuwingen dat er een bomauto op komst was, zonder daarbij enige vorm van richting aan te geven. De andere personen uit de stereo groepen meenden dat ze, aangezien ze geen idee hadden vanwaar het geluid kwam, zonder geluid waarschijnlijk even goed zouden scoren.

Stelling: Beoordeel de volgende aspecten van de interface. (design/layout, leesbaarheid, gebruiksvriendelijkheid, leercurve en de snelheid van het systeem)

Bijna alle aspecten kregen een overwegend goede of zeer goede beoordeling. Enkel over de leesbaarheid was 40% van de testpersonen niet echt tevreden. Uit gesprekken na de test bleek dat alles wel leesbaar was, maar dat vooral de korreligheid van de letters voor ergernis zorgde. Er werd ook opgemerkt dat deze afnam naarmate de afstand tot de DiamondTouch groter werd.

Stelling: Ik vond het aangenaam om met dit type interface te werken.

Over deze stelling waren alle testpersonen het eens. Iedereen ging ofwel akkoord ofwel helemaal akkoord met de stelling. Vooral het feit dat er geen toetsenbord of muis aan te pas kwam, werd als een pluspunt aanzien.

Vervolgens konden de testpersonen nog problemen aankaarten die nog niet werden behandeld en werd hen gevraagd welke aanpassingen volgens hen zou leiden tot het behalen van een hogere score. Hier werden twee problemen door verschillende personen naar voor gebracht.

Het eerste probleem kwam eerder in dit hoofdstuk al aan bod, namelijk het probleem van de schaduw. Verschillende testpersonen stelden zelfs voor om gebruik te maken van backprojectie.

Het tweede probleem had te maken met het stoppen van de bomauto's. Sommige testpersonen vonden dat de DiamondTouch niet gevoelig genoeg was. Soms gebeurde het dat ze een bomauto aanraakten, maar dat deze gewoon verder reed.

5.3.6. Observatie

Tijdens de verschillende testen werden de testpersonen nauwlettend geobserveerd. Tijdens die observaties waren er al snel enkele belangrijke verschillen tussen de stereo en de spatial audio groepen zichtbaar.

Alhoewel het gebruik van de kaart bij alle groepen beperkt bleef viel het toch op dat de stereo groepen nog minder van deze functionaliteit gebruik maakten. Uit gesprekken met de testpersonen bleek dat ze het gewoon gemakkelijker vonden om de kaart te laten staan. Het feit dat ze daardoor minder punten scoorden was voor hen niet zo belangrijk.

Er was echter een groter verschil in de manier waarop men met het systeem omging. Bij de stereo groepen was de interactie als volgt te beschrijven: Alle testpersonen zaten rustig op hun stoeltje te wachten tot ze een bomauto, die zij moesten stoppen, hoorden aankomen. Eens dit gebeurde, namen ze bijna allemaal dezelfde houding aan. Ze hielden dan hun wijsvinger ergens centraal boven het speelveld, klaar om toe te slaan. Je kan deze houding het best vergelijken met iemand die een op het punt staat om een insect met een vliegenmepper dood te slaan, maar nog even moet wachten tot het beestje ergens op de tafel blijft zitten. Vervolgens hielden ze alle zijden van het speelveld in de gaten om te zien waar de bomauto tevoorschijn zou komen. Er werd dus de ganse tijd rond gekeken. Eenmaal ze de bomauto zagen, probeerde ze hem zo snel mogelijk te stoppen.

Bij de groepen die het spel met spatial audio speelden was het beeld enigszins anders. Zodra zij een bomauto van hun kleur hoorden aankomen namen zij ongeveer dezelfde houding aan als de personen in de stereo groepen. Zij hielden hun vinger echter in de buurt van waar de bomauto zou verschijnen en hielden enkel deze regio in het oog. Soms hielpen de testpersonen in deze groepen elkaar, door aan te geven waar een bomauto zou verschijnen.

5.3.7. Opmerking

Na hun test, en nadat ze te horen hadden gekregen wat er nu juist getest werd, hebben twee groepen de vraag gesteld of ze het spel opnieuw mochten spelen, maar dan met het andere geluidstype. Een van die groepen had de test juist afgelegd met stereo geluid, bij de andere groep was dit spatial audio. Omdat er op dat moment nog geen andere groepen aanwezig waren kregen ze de kans om het spel opnieuw te spelen. De gegevens van deze tweede speelronden werden niet in de hierboven beschreven resultaten opgenomen, maar enkele bevindingen worden nu louter ter informatie vermeld.

Beide groepen scoorden in hun tweede spelronde beter dan de eerste keer dat ze het spel speelden. Dit is niet geheel onverwacht, aangezien de bomauto's op precies dezelfde manier over het speelveld rijden. Ook het feit dat ze nu wisten hoe ze precies met het spel moesten interageren kan hier een rol hebben gespeeld. Verder waren er geen opmerkelijke verschillen met de reeds eerder besproken resultaten.

De groep die de eerste keer met stereo geluid gespeeld had sprak na de tweede ronde een duidelijke voorkeur uit voor spatial audio. Volgens hen

was het veel makkelijker om te bepalen waar de bomauto's tevoorschijn zouden komen. Ondanks het feit dat ze met stereo geluid beter scoorden, deelden ook de spelers van de andere groep dezelfde mening.

5.4. Discussie

In 5.3 werden de resultaten van de test case gegeven. In deze paragraaf zullen de resultaten en de opgedoken problemen besproken worden.

5.4.1. Problemen

Tijdens het uitvoeren van de testen zijn er enkele problemen opgedoken. Deze problemen werden onderzocht. De oorzaken en eventuele oplossingen worden hier besproken.

De oorzaak van het probleem van de schaduw ligt voor de hand. Omdat de DiamondTouch gebruik maakt van frontprojectie verhindert alles wat tussen de DiamondTouch en de projector komt dat de projectie volledig het projectieoppervlak bereikt. Dit probleem kan worden opgelost door gebruik te maken van backprojectie, of door het integreren van een display in de DiamondTouch. Jammer genoeg is de techniek voor deze oplossingen op dit moment nog niet aanwezig.

Een tweede probleem werd veroorzaakt door spelers die elkaar hinderden. Bij dit type van interface is het echter niet mogelijk om te vermijden dat twee of meer gebruikers op hetzelfde moment met een bepaald object willen interageren. Als deze objecten dan zo gepositioneerd zijn dat verschillende gebruikers een object aan de andere kant van de tafel proberen te bereiken, kan dit probleem zich altijd voordoen. Men kan echter wel maatregelen treffen om dit probleem te beperken. Eén daarvan is een goede onderlinge communicatie tussen de gebruikers. Een andere oplossing is het gebruik van persoonlijke menubars of regionen zoals de "incident manager" uit de eerste case.

Het verbeteren van de leesbaarheid kan op verschillende manier worden gerealiseerd. De DiamondTouch geeft ook de mogelijkheid om speciale matjes te gebruiken in plaats van de stoeltjes. Door deze matjes te gebruiken zullen gebruikers rond de DiamondTouch staan, waardoor de afstand tot het oppervlak groter wordt en de korreligheid van de letters afneemt. Bij langdurig gebruik kan dit echter minder aangenaam voor de gebruiker zijn. Een tweede oplossing bestaat er in de projector, die nu het

beeld verzorgt, te vervangen door een exemplaar dat een hogere resolutie ondersteunt.

Het laatste probleem dat tijdens de test naar boven kwam was dat sommige testpersonen er niet altijd in slaagden om een bomauto te stoppen, ook al werden ze wel aangeraakt. De oorzaak van dit probleem was niet meteen duidelijk. Pas na enkele uitvoerige testen werd duidelijk dat dit kwam door de manier waarop de testpersonen de bomauto's aanraakten. Als ze maar heel even contact hadden met het oppervlak werd dit contact niet geregistreerd door DiamondSpin. Als ze daarentegen hun vinger even op het oppervlak hielden werd alles correct afgehandeld. Om dit probleem op te lossen volstaat het dat de gebruikers duidelijk geïnformeerd worden over hoe ze met het systeem moeten omgaan en dat ze de kans krijgen om met het systeem te oefenen alvorens ze het in de praktijk moeten gebruiken.

5.4.2. Spatial audio, de oplossing?

De resultaten van de test case tonen aan dat bij gebruik van spatial audio:

- de scores gemiddeld hoger liggen (ongeveer 9%)
- er minder bomauto's hun doel bereiken (4,17%)
- de bomauto's minder lang over het spelbord rijden (0,05947 seconden)

Anderzijds worden de bomauto's bij stereo geluid sneller nadat ze zichtbaar geworden zijn, gestopt (0,06413 seconden). Als we dan de observatie bekijken geeft spatial audio weer de indruk om voor een betere interactie te zorgen.

Deze objectieve data spreekt dus in het voordeel van spatial audio. Maar ook alle subjectieve data lijkt er op te wijzen dat spatial audio zorgt voor een vlottere interactie.

Alhoewel de resultaten positief lijken, zijn er toch enkele aspecten die niet uit het oog verloren mogen worden. De groep testpersonen was erg beperkt in aantal en de homogeniteit van de testpersonen was hoog. Ook het feit dat bij stereo geluid de bomauto's minder lang zichtbaar waren vraagt een verklaring. Met dit alles in het achterhoofd kan niet met zekerheid gezegd worden dat spatial audio de voorkeur geniet boven stereo.

Het lijkt daarom gepast om te stellen dat de bekomen resultaten een goede indicatie geven dat het gebruik van spatial audio wel degelijk een

positieve invloed kan hebben met betrekking tot het gestelde probleem, maar ook dat verder onderzoek en meer uitgebreide testen nodig zijn om tot een definitieve conclusie te kunnen komen.

5.5. Besluit

Dit hoofdstuk beschreef de case die uitgewerkt werd om de effecten van de geïmplementeerde oplossing tijdens een user test te onderzoeken. Verder werden ook alle aspecten van de test besproken. Tenslotte werden de resultaten van de test en de daarop volgende questionnaire samen met de opgedoken problemen besproken en geïnterpreteerd.

6. Conclusie

Deze thesis heeft een onderzoek beschreven naar het gebruik van spatial audio in een multi-user omgeving. Na een inleidend hoofdstuk met de probleemstelling werden de voor- en nadelen van auditieve feedback besproken. Vervolgens werd bekeken hoe een auditieve waarschuwing extra informatie kan overbrengen en werden onderzoeken naar één van deze manieren, namelijk spatial audio, beschreven. Hier volgde een motivatie voor het gebruik van spatial audio als een oplossing voor het gestelde probleem.

Het derde hoofdstuk onderzocht de auditory cues en beschreef hoe deze auditory cues met behulp van HRTF's nagebootst kunnen worden. Verder werd de geschiktheid van verschillende manieren van audio weergave voor het weergeven van spatial audio besproken. Hiermee werd de nodige achtergrond over spatial audio gegeven.

In de daarop volgende hoofdstukken werd het uitwerken van twee cases beschreven. De eerste case was een praktische toepassing voor het gebruik van spatial audio. De tweede case werd geïmplementeerd om een applicatie te hebben die zich beter leende tot een user test. De resultaten van deze user test en de daarop volgende questionnaire wezen op een mogelijk succes van de voorgestelde oplossing. Door de homogeniteit van de testpersonen en enkele resultaten die toch vragen deden oproepen, werd geconcludeerd dat de resultaten van de user test een indicatie gaven dat spatial audio wel degelijk een oplossing voor het gestelde probleem kan zijn, maar dat een uitgebreider onderzoek nodig is om definitieve conclusies te kunnen trekken.

Rekening houdend met de resultaten van deze thesis en gerelateerde onderzoeken kan gesteld worden dat het gebruik van spatial audio in zowel single- als multi-user omgevingen in de toekomst een nieuwe manier kan worden voor het overbrengen van informatie. Een manier die de coördinatie tussen verschillende gebruikers zeker ten goede zal komen.

Bibliografie

- [1] *"3-D Audio Using Loudspeakers"* William G. Gardner, Massachusetts Institute of Technology, 1997
- [2] *"3-D Audio Versus Head Down TCAS Displays"* Durand R. Begault, Marc T. Pittman, 1994
- [3] *"3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia"* Durand R. Begault, Ames Research Center, 2000
- [4] *"3D Sound Synthesis"* C. Tonnesen, J. Steinmetz, The Encyclopaedia of Virtual Environments, 1993
- [5] *"Adam Audio - Artist"* Link: http://www.soundtools.co.uk/Templates_T1/Adam/Artist.htm
- [6] *"An Empirical Study of Auditory Warnings in Aircraft"* C. H. Morris, Y. K. Leung, Interact '99. M. Angela Sasse and Chris Johnson (eds.). IOS Press, IFIP TC.12, 1999
- [7] *"An experimental study on the role of 3D sound in augmented reality environment"* Zhiying Zhou, Adrian David Cheok, Xubo Yang, Yan Qiu, Department of Electrical and Computer Engineering, National University of Singapore, 2004
- [8] *"Auditory warning sounds in the work environment"* R. D. Patterson, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, B327, 482-492, 1990
- [9] *"Autodesk AutoCAD Architecture"* Link: <http://www.autodesk.nl/adsk/servlet/index?siteID=431528&id=10498933>
- [10] *"Binaural recording"* Link: http://en.wikipedia.org/wiki/Binaural_recording
- [11] *"DiamondSpin"* Link: <http://www.diamondspin.org>
- [12] *"DiamondSpin: An Extensible Toolkit for Around-the-Table Interaction"* Chia Shen, Frédéric D. Vernier, Clifton Forlines, Meredith Ringel, SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2004
- [13] *"DiamondTouch: The World's First Multi-User Touch Technology"* MERL, Link: <http://www.merl.com/projects/DiamondTouch/DTflier.pdf>, 2006

- [14] *"Dynamic Auditory Cues For Event Importance Level"* Jonna Häkkinä, Sami Ronkainen, Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display 2003
- [15] *"Effective Sounds In Complex Systems - The Arkola Simulation"* William W. Gaver, Randall B. Smith, Tim O'Shea, Proceedings of CHI '91, 1991
- [16] *"Effects of Visual and Auditory Cues About Threat Location on Target Acquisition and Attention to Auditory Communications"* Monica M. Glumm, Kathy L. Kehring, and Timothy L. White, Army Research Laboratory, 2005
- [17] *"Evaluating the Influence of Multimodal Feedback on Egocentric Selection Metaphors in Virtual Environments"* Lode Vanacken, Chris Raymaekers, Karin Coninx, First International Workshop on Haptic Audio Interaction Design, August 31 - September 1 2006, Glasgow, UK
- [18] *"Everyware: The Dawning Age of Ubiquitous Computing"* Adam Greenfield, New Riders, 2006, ISBN 0-321-38401-6
- [19] *"HeadWize Technical Paper: 3-D Audio Primer"* Aureal Corporation, Link: http://www.headwize.com/tech/aureal1_tech.htm, 1998
- [20] *"Joal"* Link: <https://joal.dev.java.net>
- [21] *"Likert Scale"* Link: http://en.wikipedia.org/wiki/Likert_scale
- [22] *"Localisable Alarms"* Deborah J. Withington, Extract from Human Factors in Auditory Warnings, Ashgate Publishing Ltd, 1999, ISBN 0-291-39849-9
- [23] *"Merl DiamondTouch"* Link: <http://www.merl.com/projects/DiamondTouch>
- [24] *"Microsoft Surface"* Link: <http://www.microsoft.com/surface/index.html>
- [25] *"Mobile Augmented Reality Interface Sign Interpretation Language"* Link: <http://marisil.org/>
- [26] *"N>>2 Multi-speaker Display Systems for Virtual Reality and Spatial Audio Projection"* Perry R. Cook, Department of Computer Science Princeton University, 1998
- [27] *"OpenAL Cross-Platform 3D Audio"* Link: <http://www.openal.org>
- [28] *"OpenGL - The Industry Standard for High Performance Graphics"* Link: <http://www.opengl.org>
- [29] *"The Alarm Problem and Directed Attention in Dynamic Fault Management"* D. D. Woods, Ergonomics 38(11), 2371-93, 1995

- [30] *"The Design and Implementation of Non-verbal Auditory Warnings"* Edworthy J., Ergonomics 25(4), 202-10, 1994
- [31] *"The Use of 3D Audio to Improve Auditory Cues in Aircraft"* William Dell, Department of Computing Science, University of Glasgow, 2000
- [32] *"Three-dimensional Auditory Localization As A Cue For Spatial Orientation In Aircraft"* Mica R. Endsley, S. Armida Rosiles, Hua Zhang, Jose Macedo, Texas Tech University, 1996
- [33] *"X-Fi Xtreme Gamer"* Link: <http://be-nl.europe.creative.com/products/product.asp?category=209&subcategory=669&product=15853>

Bijlagen

Bijlage 1: Questionnaire van de user test	7 pagina's
Bijlage 2: Antwoorden op de questionnaire	7 pagina's
Bijlage 3: Resultaten van de user test	2 pagina's

DiamondSpin Defender Questionnaire:

Antwoordinstructies

Hierna volgen 13 vragen. Probeer bij elk antwoord rekening te houden met het geheel van uw ervaringen. Laat het met andere woorden niet teveel afhangen van één positieve of één negatieve ervaring. Probeer bij zoveel mogelijk vragen uw antwoord te verduidelijken. Dit kan in de ruimte voor commentaar. Het is de bedoeling dat u uw commentaar zo formuleert, dat de ontwikkelaars er rekening mee kunnen houden. Ze verwachten dat u uw opmerking opbouwend verwoordt.

Voorbeeld

Vraag 4, niet akkoord: De toepassing deed het tegenovergestelde van wat ik verwachtte. Als ik de kaart naar rechts wou verplaatsen ging hij naar links.

Het commentaar veld mag u open laten (tenzij expliciet gevraagd wordt iets in te vullen). Vul wel alle gesloten vragen in. Indien u niet genoeg plaats hebt in het commentaar veld, mag u altijd op de achterzijde van het blad verder schrijven. Geef wel aan bij welke vraag de tekst hoort.

Hartelijk dank voor uw medewerking.

Algemene gegevens:

Leeftijd: _____ Geslacht: M V

Kleur: Rood Groen Blauw Geel

Hebt u gehoorproblemen? Ja Neen

Vraag 1: Ik heb ervaring met toepassingen die gebruik maken van ruimtelijk geluid, zoals bijvoorbeeld 3D games en virtuele omgevingen. (Geef een korte opsomming in het commentaar veld)

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 2: Ik heb ervaring met toepassingen die door middel van een drukgevoelig oppervlak bestuurd worden. (Geef een korte opsomming in het commentaarveld)

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 3: Ik wist wat er tijdens het spelen van mij verwacht werd.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 4: De besturing van het spel werkt op een intuïtieve manier.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 5: De interactie en coördinatie met de andere spelers verliep vlot. (Beschrijf eventuele problemen kort in het commentaar vak)

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 6: De gebruikte geluiden waren duidelijk en goed van elkaar te onderscheiden.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 7: Ik kon duidelijk horen uit welke richting de auto's kwamen.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 8: Ik denk dat ik zonder de geluiden een gelijkaardige score kan neerzetten.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Commentaar

Vraag 9: Beoordeel de volgende aspecten van de interface

	Verbetering nodig	Redelijk	Neutraal	Goed	Zeer goed
Design / layout	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leesbaarheid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gebruiksvriendelijkheid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leercurve	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Snelheid van het systeem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vraag 10: Ik zou een hogere score halen als de volgende verbeteringen worden doorgevoerd:

--

Vraag 11: Ik vond het aangenaam om met dit type interface te werken

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Geen mening	Akkoord	Helemaal akkoord
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DiamondSpin Defender Questionnaire:

Antwoordinstructies

Hierna volgen 13 vragen. Probeer bij elk antwoord rekening te houden met het geheel van uw ervaringen. Laat het met andere woorden niet teveel afhangen van één positieve of één negatieve ervaring. Probeer bij zoveel mogelijk vragen uw antwoord te verduidelijken. Dit kan in de ruimte voor commentaar. Het is de bedoeling dat u uw commentaar zo formuleert, dat de ontwikkelaars er rekening mee kunnen houden. Ze verwachten dat u uw opmerking opbouwend verwoordt.

Voorbeeld

Vraag 4, niet akkoord: De toepassing deed het tegenovergestelde van wat ik verwachtte. Als ik de kaart naar rechts wou verplaatsen ging hij naar links.

Het commentaar veld mag u open laten (tenzij expliciet gevraagd wordt iets in te vullen). Vul wel alle gesloten vragen in. Indien u niet genoeg plaats hebt in het commentaar veld, mag u altijd op de achterzijde van het blad verder schrijven. Geef wel aan bij welke vraag de tekst hoort.

Hartelijk dank voor uw medewerking.

Algemene gegevens:

Leeftijd: 21-27 (gem. 24)

Geslacht: M **14** V **6**

Kleur: Rood **5** Groen **5** Blauw **5** Geel **5**

Hebt u gehoorproblemen? Ja **0** Neen **20**

Vraag 1: Ik heb ervaring met toepassingen die gebruik maken van ruimtelijk geluid, zoals bijvoorbeeld 3D games en virtuele omgevingen. (Geef een korte opsomming in het commentaar veld)

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 3 ste: 2	sur: 3 ste: 1	sur: 2 ste: 2	sur: 3 ste: 3	sur: 1 ste: 0

Commentaar
<ul style="list-style-type: none"> - Heb al aan een paar experimenten met beeld/geluid meegedaan. - Games, 3Div - Games. X6

Vraag 2: Ik heb ervaring met toepassingen die door middel van een drukgevoelig oppervlak bestuurd worden. (Geef een korte opsomming in het commentaarveld)

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 2 ste: 2	sur: 2 ste: 3	sur: 3 ste: 0	sur: 3 ste: 2	sur: 2 ste: 1

Commentaar
<ul style="list-style-type: none"> - Heel soms PDA, maar geen uitgebreide ervaring. - Gebruik GPS met touchscreen. - Touchscreen. - PDA, TomTom x4 - Mp3 speler, PDA, Nintendo DS, Wacom (tekentablet) - GSM X2

Vraag 3: Ik wist wat er tijdens het spelen van mij verwacht werd.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 0	sur: 6 ste: 4	sur: 6 ste: 4

Commentaar
<ul style="list-style-type: none">- Duidelijke instructies, principe van het spel was niet moeilijk.- Goed dat we de geluiden op voorhand konden horen.

Vraag 4: De besturing van het spel werkt op een intuïtieve manier.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 1	sur: 0 ste: 0	sur: 9 ste: 5	sur: 3 ste: 2

Commentaar
<ul style="list-style-type: none">- Reactievermogen- Simpel spel, ook omdat je maar met 1 vinger de tafel moet raken.- Als de auto van de overkant komt is dit redelijk ver voor mijn korte armpjes.

Vraag 5: De interactie en coördinatie met de andere spelers verliep vlot. (Beschrijf eventuele problemen kort in het commentaar vak)

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 0 ste: 0	sur: 4 ste: 0	sur: 1 ste: 2	sur: 5 ste: 4	sur: 2 ste: 2

Commentaar
<ul style="list-style-type: none"> - Hinder van schaduw medespelers. X4 - Als bij meerdere spelers op hetzelfde moment de auto van de overkant komt, hinderen ze elkaar. X6 - Weinig coördinatie. X2 (ste) - Spelers werken elkaar tegen. X2

Vraag 6: De gebruikte geluiden waren duidelijk en goed van elkaar te onderscheiden.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 0 ste: 0	sur: 3 ste: 0	sur: 0 ste: 1	sur: 6 ste: 4	sur: 3 ste: 3

Commentaar
<ul style="list-style-type: none"> - Goed herkenbare geluiden. - Mijn geluid kon ik goed herkennen, de rest genegeerd - Wist wel niet waar het geluid vandaan kwam (ste) - Mijn geluid was duidelijk, maar ik kon de geluiden van de andere spelers moeilijk onderscheiden.

Vraag 7: Ik kon duidelijk horen uit welke richting de auto's kwamen.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 0 ste: 2	sur: 1 ste: 4	sur: 2 ste: 0	sur: 8 ste: 2	sur: 1 ste: 0

Commentaar
<ul style="list-style-type: none"> - Boxen en stoelen goed opgesteld. - Auto werd meer gezocht door te kijken (ste) - Je kan duidelijk horen vanwaar de auto's komen, dan kan je ook de kaart naar je toe trekken om sneller op de auto's te duwen. (sur) - Als meerdere auto's tegelijk rijden is het moeilijker, misschien zou het beter gaan als de geluiden nog meer verschillen. (ste) - Helemaal niet door gehad dat het geluid uit verschillende richtingen kwam. (ste) -

Vraag 8: Ik denk dat ik zonder de geluiden een gelijkaardige score kan neerzetten.

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Neutraal	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 1 ste: 1	sur: 6 ste: 3	sur: 4 ste: 1	sur: 1 ste: 3	sur: 0 ste: 0

Commentaar
<ul style="list-style-type: none"> - Misschien uit oefening. (sur) - Dan zou er meer concentratie zijn, nu lette ik alleen op bij mijn geluid.X2 - Zonder geluid zal de reactie trager zijn. (ste) - Geluid help echt wel veel. (sur) - Nee, want je kan niet inschatten uit welke richting de auto's komen. (sur) - Het zou wel lukken, maar toch denk ik dat de score lager zou liggen. (ste) - Ja, omdat het geluid niet helpt, bij het lokaliseren moet je toch in alle richtingen kijken. (ste)

Vraag 9: Beoordeel de volgende aspecten van de interface

	Verbetering nodig	Redelijk	Neutraal	Goed	Zeer goed
Design / layout	sur: 0 ste: 1	sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 1	sur: 9 ste: 4	sur: 3 ste: 2
Leesbaarheid	sur: 0 ste: 1	sur: 4 ste: 3	sur: 0 ste: 1	sur: 5 ste: 1	sur: 3 ste: 2
Gebruiksvriendelijkheid	sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 0	sur: 3 ste: 0	sur: 7 ste: 5	sur: 2 ste: 3
Leercurve	sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 0	sur: 1 ste: 2	sur: 7 ste: 3	sur: 4 ste: 3
Snelheid van het systeem	sur: 0 ste: 0	sur: 3 ste: 0	sur: 3 ste: 0	sur: 5 ste: 5	sur: 1 ste: 3

Vraag 10: Ik zou een hogere score halen als de volgende verbeteringen worden doorgevoerd:

<ul style="list-style-type: none"> - Betere drukgevoeligheid (sommige spelers hadden problemen met het drukken, ze drukken heel kort, soms zorgde dit voor een mis) X5 - Als de auto niet zo snel zou gaan. - Project stond in de weg - Hinder van schaduw.X2 - Projector langs onder. X4 - Als ik zou horen uit welke richting een auto komt (ste) - Meer samenwerken.X2 - Hints tijdens het spel
--

Vraag 11: Ik vond het aangenaam om met dit type interface te werken

Helemaal niet akkoord	Niet akkoord	Geen mening	Akkoord	Helemaal akkoord
sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 0	sur: 0 ste: 0	sur: 6 ste: 5	sur: 6 ste: 3

Commentaar

- Leuke ervaring. X2
- Leuk, je kan rechtstreeks je handen gebruiken i.p.v. een muis of controller. X2

Vraag 12: Hebt u nog problemen gehad die in deze questionnaire niet werden behandeld? Zo ja, welke?

- Beweging van de kaart kan het spel beïnvloeden.

Vraag 13: Eventuele opmerkingen kan u hier kwijt.

- Goed concept.
- Gebruik van backprojection.
- Spelers kunnen elkaar tegenwerken door de kaart te bewegen. X2

Dit waren alle vragen. Bedankt voor uw medewerking!

Score				
	rood	groen	blauw	geel
Stereo	3	16	18	-7
	-6	21	20	9
Surround	4	11	15	16
	15	29	4	7
	7	6	15	-8

Metingen Surround								
	Totale tijd (sec.)				Tijd zichtbaar (sec.)			
	rood	groen	blauw	geel	rood	groen	blauw	geel
Sessie 1	3,704	2,687	3,562	4,359	0,782	0,457	0,703	1,125
	6	3,875	3,125	3,485 *		0,828	0,75	0,922
	6	4,109	3,422	4,422 *		0,625	0,813	2,297
	4,453	3,797	3,64	3,719	1,453	0,875	1,93	1,47
	3,781	4,47	3,39	3,813	0,703	1,63	0,703	0,985
	6	6	3,797	3,813 *	*		0,859	0,703
	3,766	3,781	6	3,922	1,79	1,141 *		1,484
	6	4,125	3,766	6 *		0,89	1,141 *	
	3,844	5,63	6	6	0,734	2,172 *		*
4,47	6	3,624	3,843	0,875 *		1,312	1,125	
Sessie 3	4,421	4,25	3,766	4,5	1,25	0,594	0,61	0,625
	3,891	3,844	3,266	4,657	0,797	0,844	0,484	1,75
	4,969	3,5	3,266	6	2,234	0,922	0,797 *	
	3,922	3,375	4,172	4,25	1,422	0,718	1,812	0,969
	6	3,844	6	4,313 *		0,969 *		1,266
	4,422	3,75	6	3,922	1,281	0,594 *		0,75
	4,797	3,563	3,735	4,39	1,203	0,86	1,25	1,5
	4,14	3,593	6	6	0,75	0,922 *		*
	3,641	3,203	4,421	6	1,16	0,922	1,921 *	
4,531	3,812	6	3,625	0,984	0,844 *		1,141	
Sessie 5	3,625	3,937	3,891	6	0,547	0,578	1 *	
	6	4,797	3,531	4,328 *		1,641	1	1,641
	3,547	6	3,984	5,329	0,813 *		1,328	2,422
	6	3,75	5,265	6 *		0,985	2,281 *	
	6	6	3,703	4,938 *	*		0,625	1,578
	4,94	6	3,984	6	1,407 *		0,828 *	
	4,62	3,36	6	3,812	0,953	1 *		1,312
	4,39	4,125	3,531	6	0,875	0,875	0,703 *	
	4,157	4,672	4,203	6	0,766	1,422	1,109 *	
4,453	3,719	6	4,234	1,78	0,859 *		1,188	

Metingen Stereo								
	Totale tijd (sec.)				Tijd zichtbaar (sec.)			
	rood	groen	blauw	geel	rood	groen	blauw	geel
Sessie 2	6	4,672	3,547	6 *		1,359	0,656 *	
	6	4,468	3,657	6 *		1,187	1,16 *	
	4,203	3,953	3,688	3,344	1,672	0,844	0,875	0,829
	6	4,297	6	4,141 *		1,5 *		1,313
	3,734	4,63	4,63	6	0,844	1,172	0,828 *	
	3,766	3,61	4,266	3,953	1,313	0,672	0,875	0,859
	4,31	3,407	3,937	3,844	1,234	1,78	1,406	1,359
	3,981	4,641	3,5	6	0,641	1,297	0,625 *	
	4,235	6	4,344	6	0,891 *		1,672 *	
	6	3,625	6	6 *		0,984 *		*
Sessie 4	3,594	6	3,813	4,172	0,687 *		0,703	0,687
	3,515	4,469	3,5	3,906	0,734	0,828	0,797	1,62
	6	4,78	3,906	3,36 *		0,782	0,859	0,782
	6	3,61	3,547	6 *		0,75	1,172 *	
	6	3,781	3,485	4,344 *		1,109	0,829	1,16
	6	4,594	4,94	3,515 *		1,515	0,813	0,609
	6	3,625	3,766	4,16 *		1,156	1,391	1,375
	4,484	3,703	3,93	6	0,796	1,63	0,625 *	
	4,16	3,469	6	6	0,906	0,844 *		*
	4,859	3,609	6	3,625	1,609	0,922 *		1,125