

Spelares inställning till HRTF-teknik i FPS-spel

SEBASTIAN BRIEGER
och FREDRIK GÖTHNER



**KTH Datavetenskap
och kommunikation**

Spelares inställning till HRTF-teknik i FPS-spel

SEBASTIAN BRIEGER
och FREDRIK GÖTHNER

Examensarbete i medieteknik om 15 högskolepoäng
vid Programmet för medieteknik
Kungliga Tekniska Högskolan år 2011
Handledare på CSC var Trille Fellstenius
Examinator var Johan Stenberg

URL: [www.csc.kth.se/utbildning/kandidatexjobb/medieteknik/2011/
brieger_sebastian_OCH_gothner_fredrik_K11017.pdf](http://www.csc.kth.se/utbildning/kandidatexjobb/medieteknik/2011/brieger_sebastian_OCH_gothner_fredrik_K11017.pdf)

Kungliga tekniska högskolan
Skolan för datavetenskap och kommunikation

KTH CSC
100 44 Stockholm

URL: www.kth.se/csc

Spelares inställning till HRTF-teknik i FPS-spel

Sammanfattning

Ljudåtergivningen i datorspel är ansedd vara en viktig kvalitetsaspekt, men har trots det fått lite utrymme i forsknings- och utvecklingsarbete. Ingen av de tekniker för 3D-ljudåtergivning som existerar används i större utsträckning i datorspel och vi vill undersöka möjligheterna med att använda s.k. HRTF-teknik för att positionera ljud i en virtuell miljö.

Studien har baserats på speltester och standardiserade frågor och har genomförts med erfarna spelare i "First Person Shooter"-genren. Studien visar att spelarna är genomgående positiva till tekniken. Tekniken anses ge ett tydligt förbättrat resultat jämfört med traditionell återgivning genom hörlurar och studien indikerar även att tekniken kan jämföras med eller till och med uppnå bättre resultat än mer sofistikerade ljudåtergivningsalternativ som exempelvis surround.

Players' attitudes towards HRTF-technology in FPS games

Abstract

In spite of being considered an important quality aspect in computer games, sound reproduction has received little attention in research and development. None of the available 3D sound techniques are used to any greater extent in computer games and we would like to examine the possibilities with using HRTF technology to position sounds in a virtual environment.

The study is based on play tests and standardized questionnaires and has been conducted using players with experience in the "First Person Shooter" genre. The study shows that players have a positive attitude towards the technique. The technique is considered being a clear improvement to traditional sound reproduction through headphones and the study indicates that the technique can be compared to or perhaps supersede more sophisticated playback options, for example surround.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	1
1.1 Studiens bakgrund och syfte	2
1.2 Frågeställning	2
2. Teori	3
2.1 Ljud	4
2.1.1 Ljudvågor	4
2.1.2 Spektrum och frekvenskomponenter	4
2.1.3 Digitala Ljudsignaler	5
2.1.4 Sampling och kvantisering	5
2.1.5 Filter	6
2.1.6 Impulssvar	7
2.1.7 Faltning	8
2.2 Människans riktningshörsel	8
2.2.1 Vanliga termer och begrepp	8
2.2.2 Signaler för lokalisering	8
2.2.3 Avståndsbedömning	10
2.2.4 Precedence-effekten	11
2.3 Spatial Ljudåtergivning	11
2.3.1 "Out-of-head experience"	12
2.3.2 Olika ljudåtergivningstekniker	12
2.4 Datorspelsdesign	15
2.4.1 Kort om spelutveckling	15
2.4.2 Inlevelse och immersion	15
2.4.3 Ljud i datorspel	16
3. Metod	23
3.1 Introduktion	24
3.2 Deltagare	24
3.3 Studiens utformning	24
3.3.1 Introduktion	24
3.3.2 Unreal Tournament 3 och Rapture3D	25
3.3.3 Introduktion till spatialt ljud över hörlurar i datorspelsmiljöer	25
3.3.4 Hörseltest	25
3.3.5 Speltest 1	26
3.3.6 Speltest 2	30
3.3.7 Frågor efter testet	30
4. Resultat	34
4.1 Hörseltest	35
4.2 Frågor	35

4.2.1 Bakgrundsfrågor	35
4.2.2 Spelarens uppfattning av spatialt ljud och människans riktningshörsel	37
4.2.3 Lokalisering av ljud med de olika teknikerna.....	40
4.2.4 Spelarens prestation.....	44
4.2.5 Spelarens attityd gentemot tekniken	45
5. Diskussion och Slutsats.....	52
5.1 Analys av studiens resultat.....	53
5.2 Felkällor	53
5.3 Förslag till fortsatta studier	54
Litteraturlista.....	55
Böcker & artiklar	55
Webbkällor & övrigt.....	55
Bilaga 1: Frågeformulär	57
Bilaga 2: Spelares kommentarer	61

1. Introduktion

Presentation av studiens syfte och frågeställningar.

1.1 Studiens bakgrund och syfte

I förarbetet till studien undersökte vi genom litteraturstudier nuvarande och möjliga användningsområden för olika tekniker för 3D-ljudåtergivning. Människans riktningshörsel och förmåga att positionsbestämma ljudkällor är något som tyvärr inte utnyttjas till fullo inom underhållningsindustrin. Våra studier pekade på att praktiska svårigheter med högtalaruppställningar och konceptuella oklarheter om hur lyssnarens position förhåller sig till ljud och bild hindrar möjligheterna till och nyttan med spatial ljudåtergivning.

Den underhållningsplattform som främst fängade vårt intresse var datorspel i "First Person"-genren, dvs. datorspel som gestaltas direkt ur spelkaraktärens synvinkel. I dessa spel bör både ljud och bild återges på ett sätt som liknar det vi upplever i verkligheten, vilket borde innebära att spatial ljudåtergivning lämpar sig väl för denna typ av spel. Då det visat sig att många spelare spelar denna typ av spel med hörlurar valde vi att fokusera på den teknik som kallas HRTF eftersom den fungerar då hörlurar används.

I teorin verkade HRTF-teknik och "First Person"-spel vara en väldigt gynnsam kombination och vi valde att genomföra en studie för att undersöka om det stämde. Vi valde även att fokusera på den kategori av spel där spelarens karaktär är utrustad med vapen och ska eliminera motståndare, s.k. "First Person Shooters" (FPS), då en spelares förmåga att avgöra var en motståndare befinner sig i dessa spel visat sig vara väldigt viktig.

Denna studie syftar alltså till att utreda om HRTF-teknik kan användas för att förstärka upplevelsen i datorspel i FPS-genren. Vi hoppas kunna ge en indikation om vilka eventuella för- och nackdelar stöd för HRTF-teknik skulle innebära för framtida spel och API:er.

Studien fokuserar genomgående på *spelaren* och *spelupplevelsen* snarare än de tekniska aspekterna av att använda tekniken i datorspel. Till vår kännedom har ingen tidigare studie med samma fokus genomförts och publicerats.

1.2 Frågeställning

Studien behandlar följande frågeställning;

"Hur ställer sig spelare till att använda HRTF-teknik för ljudåtergivning i FPS-spel?"

För att besvara detta kommer vi utreda

- i första hand om HRTF-teknik kan användas för att förbättra ljudupplevelsen då spelaren spelar med hörlurar

samt

- i andra hand hur spelaren ställer sig till HRTF-teknik som ljudåtergivningsalternativ jämfört med andra tillgängliga alternativ.

2. Teori

Följande kapitel behandlar en del av den teori som är nödvändig att känna till för att kunna följa rapporten.

2.1 Ljud

Teorin om ljudvågor och människans hörsel är mycket omfattande och rymmer inte helt inom ramarna för denna rapport. För en grundlig genomgång av ljudvågors fysiska egenskaper hänvisas till första kapitlet i *An Introduction to the Psychology of Hearing* av Brian Moore.

Nedan går vi kortfattat igenom ett antal begrepp som är nödvändiga att känna till för att kunna följa studien.

2.1.1 Ljudvågor

Ljud är det vi kallar vår uppfattning av variationer i lufttrycket vid våra trumhinnor. Människan kan normalt uppfatta förändringar som sker ungefär mellan 20 och 20 000 gånger per sekund.

Ljud beskrivs normalt som en vågrörelse och brukar gestaltas i ett diagram där x-axeln motsvarar tid och y-axeln motsvarar avvikelse från normalt lufttryck.

Nedan följer förklaringar till några relevanta termer för ljudvågor.

Period – Det intervall under vilket ljudvågen upprepar sig.

Frekvens – antal perioder per sekund, anges i Hz.

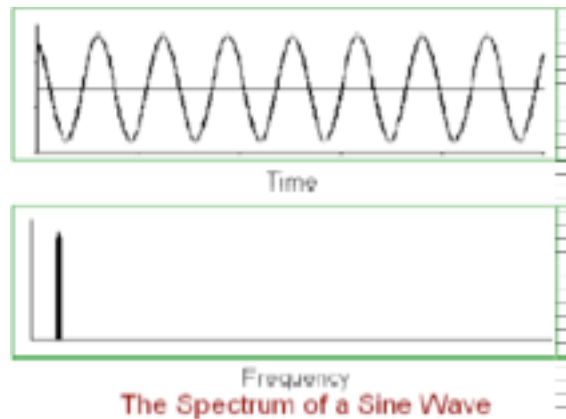
Amplitud – den maximala avvikelsen från nominellt lufttryck varje period.

Fas – ljudvågens relativa position i tid eller rum.

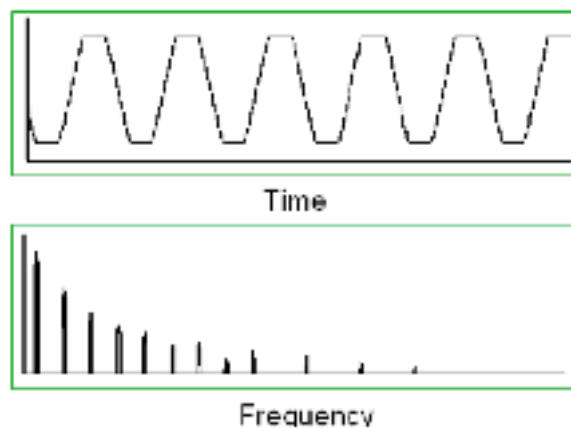
2.1.2 Spektrum och frekvenskomponenter

Enligt den matematiska teori som kallas fourier-serier kan alla typer av periodiska signaler (ljudvågor i vårt sammanhang) delas upp i komponenter av sinusvågor¹. Detta innebär att alla ljudvågor, oavsett form, kan beskrivas som en summa av (eventuellt oändligt många) sinusformade ljudvågor med olika frekvens, amplitud och fas. Dessa sinusvågor kallas ljudets *frekvenskomponenter*. Detta är bakgrunden till hur ljudvågor beskrivs med hjälp av *spektrum*. Ett spektrum är alltså en beskrivning av frekvens och amplitud för alla frekvenskomponenter för en ljudvåg (fasen bortser man ofta ifrån). Nedan följer två exempel där första diagrammet beskriver signalen i amplitud som funktion av tid och det andra i amplitud som funktion av frekvens.

¹ Pohlman, Ken C. 2011. *Principles of Digital Audio*, s. 4.



Figur 2.1.1. Spektrum för en sinusvåg



Figur 2.1.2. Spektrum för en komplex vågform

Bilder från <http://www.dliengineering.com/vibman/examplesofsomewaveformsandtheirspectra.htm>

2.1.3 Digitala Ljudsignaler

Nedan följer en kort genomgång av hur ljud behandlas i den digitala domänen och en förklaring till några av de termer som kommer att användas i rapporten. För en mer omfattande introduktion till digitala ljudsignaler hänvisar vi till *Principles of Digital Audio* av Ken Pohlman.

2.1.4 Sampling och kvantisering

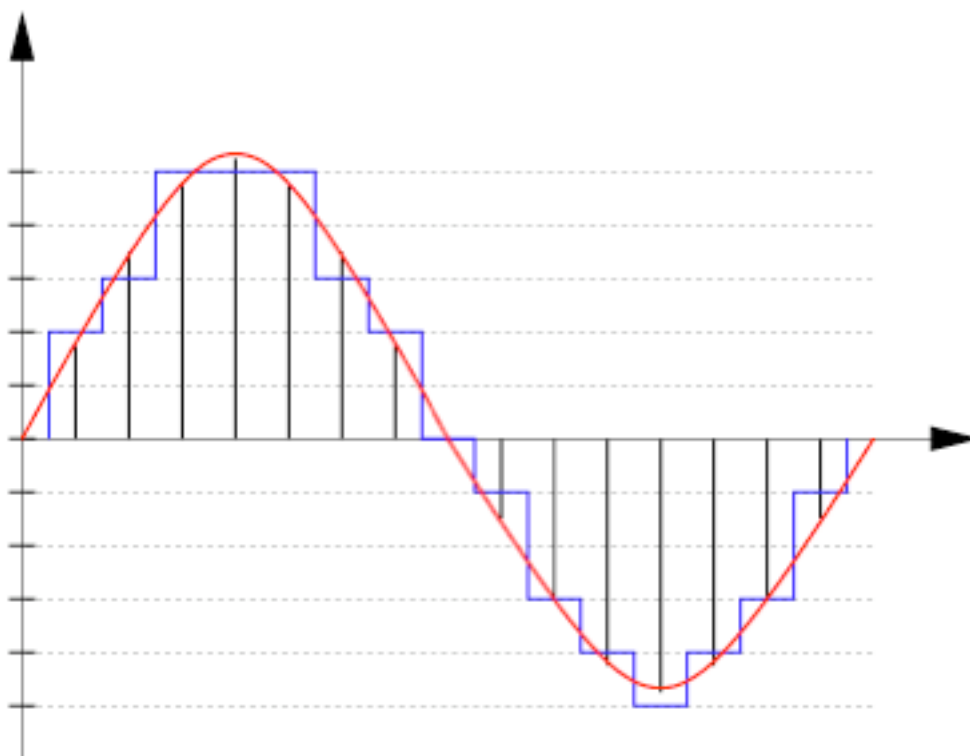
En digital ljudsignal är en numerisk beskrivning av en inspelad ljudvåg. Signalen som kommer från analog utrustning (mikrofon, förstärkare, etc.) passerar en analog/digital-omvandlare (A/D-omvandlare) där den *sampleas* och *kvantiseras*.

Sampling innebär att vågrörelsens läge beskrivs i diskreta tidsintervall. Antalet gånger per sekund som vågen beskrivs kallas *sampleningsfrekvens* och anges i Hz. Enligt Nyquist-teoremet behöver en vågrörelse sampleas minst två gånger per period². Detta innebär att sampleningsfrekvensen måste vara minst dubbelt så hög som den högsta frekvenskomponent man vill återge i den digitala signalen. Sampleningsfrekvensen för en

² Pohlman, Ken C. 2011. *Principles of Digital Audio*, s. 21.

CD-skiva är 44100 Hz, vilket innebär att den högsta frekvensen som kan återges är 22050 Hz, vilket är över människans högsta hörbara frekvens. Är samplingsfrekvensen dubbelt så hög som högsta frekvenskomponenten i signalen kan vågrörelsen sedan återskapas utan någon förlust av information³. Är den inte det kommer *vikning* att uppstå vilket innebär att en hög frekvenskomponent återges som en lägre frekvenskomponent – det innebär alltså att falska ljud kommer att introduceras. Bakgrunden till detta faller tyvärr utanför rapportens ramar. Då sampling behandlas i resten av rapporten kommer vi att anta att alla samplingsfrekvenser är tillräckligt höga för att återge ljudet korrekt. Den samplade signalen beskrivs som *tidsdiskret* då den innehåller ett begränsat antal samplingar per tidsenhet.

Kvantisering innebär att vågrörelsens läge beskrivs i diskreta nivåer med en viss noggrannhet. Hur kvantisering görs och hur många bitar som tillåts beskriva ljudet spelar en stor roll för ljudets kvalitet, men teorin bakom detta är inte relevant för resten av rapporten – vi kommer därför anta att all kvantisering är gjord med tillräcklig bitupplösning för att ljudet ska återges väl.



Figur 2.1.3. Den röda kurvan motsvarar ljudvågans ursprungliga form, medan den blå kurvan motsvarar den digitala signalen. Större samplingsfrekvens innebär mindre avstånd mellan de svarta markeringarna och större kvantiseringsdjup innebär fler möjliga nivåer för den blå kurvan.

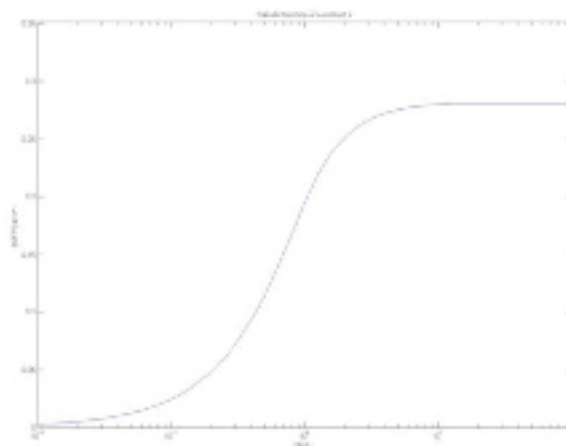
Bild från http://musikality.net/wp-content/uploads/2009/01/quantised_waveform.png

2.1.5 Filter

Ett filter är något som påverkar fas eller amplitud för en eller flera frekvenskomponenter hos en digital ljudsignal. Denna påverkan på ljudsignalens spektrum påverkar vår uppfattning av ljudets klang. Ett filters påverkan på fas och amplitud är frekvensberoende

³ Pohlman, Ken C. 2011. *Principles of Digital Audio*, s. 20.

och kallas överföringsfunktion. Denne brukar ofta gestaltas i ett diagram med frekvens på x-axeln och amplitud (eller fas) på y-axeln. Se nedan.



Figur 2.1.4. Överföringsfunktion för ett högpasfilter (se förklaring nedan)

Nedan följer några exempel på vanliga filter.

- **Lågpasfilter.** Ett filter som försvagar amplituden för höga frekvenser (och därmed enbart låter låga frekvenser passera).
- **Högpasfilter.** Ett filter som försvagar amplituden för låga frekvenser.
- **Bandpassfilter.** Ett filter som försvagar frekvenser ovanför och under ett visst frekvensintervall.

Digitala filter kan åstadkommas på flera sätt, bland annat genom återkoppling (att mixa signalen med sig själv) eller faltning som beskrivs nedan.

2.1.6 Impulssvar

En impuls är en signal som har hög amplitud i ett – kortast möjliga – tidsintervall och noll amplitud i alla andra tidpunkter (i den digitala domänen innebär detta ett sampel). En impulssignal har egenskapen att dess spektrum har samma magnitud över alla frekvenser⁴. Det innebär att om man låter en impuls passera ett filter kommer signalen som kommer ut från filtret att ha ett spektrum som helt motsvarar filtrets överföringsfunktion. Signalen som skapas genom att låta en impuls passera ett filter kallas för filtrets *impulssvar*. Vissa filter har impulssvar som är begränsade i tiden, medan andra har oändligt långa impulssvar. Dessa kallas FIR- respektive IIR-filter (finite impuls response/infinite impulse response)⁵.

De filter vi kommer att behandla i rapporten är *linjära*, vilket innebär att impulser med olika amplitud orsakar lika impulssvar men med amplituder motsvarande impulsernas.

Med hjälp av impulssvar och *faltning* kan man effektivt återskapa nästan alla typer av linjära filter.

⁴ Smith, Steven W. 2007. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, kap. 11. (<http://www.dspguide.com/ch11/1.htm>)

⁵ Pohlman, Ken C. 2011. *Principles of Digital Audio*, s. 661-665.

2.1.7 Faltning

Som vi diskuterat ovan har varje filter ett speciellt impulssvar som innehåller all information om filtrets överföringsfunktion. Eftersom linjära filter åstadkommer likadana impulssvar för alla impulser så när som på en faktor motsvarande impulsens amplitud, är det lätt att veta hur utsignalen från ett filter kommer att se ut då den matas med en impuls. Genom att betrakta varje sampel i en tidsdiskret signal som individuella impulser med olika amplitud och fas (position i tiden) kan man därför beräkna hela utsignalen genom att kombinera impulssvaren som insignalen åstadkommer⁶. Detta innebär att om man vet ett filters impulssvar och detta kan trunckeras till en rimlig längd kan man återskapa dess överföringsfunktion utan operationer i frekvensdomänen. Denna teknik kallas faltning. För en mer detaljerad beskrivning av faltning hänvisar vi till kapitel 6 i *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing* av Steven Smith.

2.2 Människans riktningshörsel

För att förstå hur olika tekniker för positionering av ljud fungerar är det viktigt att känna till hur människans riktningshörsel fungerar. Det första som är värt att påpeka är att människans förmåga att avgöra vilken riktning och vilket avstånd ett ljud kommer från är ganska begränsad och varierar dessutom med ett antal faktorer. Människans förmåga att lokalisera ljudkällor varierar med olika riktningar, frekvenser och typer av ljud.

2.2.1 Vanliga termer och begrepp

Lokalisering

Att avgöra vilken riktning ett ljud kommer ifrån kommer vi att kalla *lokalisering* av en ljudkälla och en människas förmåga att göra detta kallas *lokaliseringsförmåga*.

Dimensioner och vinklar

Lokalisering av ett ljud utgår från den position där lyssnarens huvud befinner sig. Vi kommer att diskutera lokalisering i *sidled* då lyssnaren avgör hur långt till höger eller vänster en ljudkälla befinner sig, *höjdled* då lyssnaren avgör hur långt ovanför eller nedanför sig en ljudkälla befinner sig och *djupled* då lyssnaren avgör hur långt framför eller bakom sig en ljudkälla befinner sig.

För att beskriva en ljudkällas riktning används två vinklar, *azimutvinkel* och *höjdvinkel*. Azimutvinkel anger en ljudkällas position i det *horisontella planet* som utgörs av axlarna i sidled och djupled medan höjdvinkel anger en ljudkällas position i *medianplanet* som utgörs av axlarna i djupled och höjdled. Det tredje planet som utgörs av axlarna i sidled och höjdled kallas för *frontalplanet*.

2.2.2 Signaler för lokalisering

Människan tolkar ett antal olika *signaler* eller ”ledtrådar” i ljudinformationen för att kunna lokalisera en ljudkälla. De flesta av dessa bygger på att jämföra informationen som

⁶ Smith, Steven W. 2007. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, kap. 6. (<http://www.dspguide.com/ch6.htm>)

mottas i höger respektive vänster öra, men människan har även en viss lokaliseringsförmåga med enbart ett öra⁷.

Nivåskillnad mellan öronen

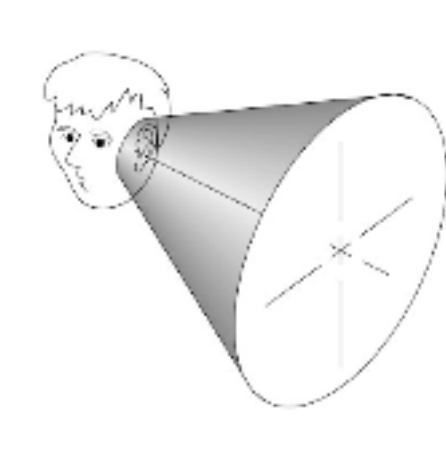
Den kanske mest intuitiva signalen människan tolkar är skillnad i ljudnivå mellan öronen. Denna förkortas ILD (interaural level difference) och beror främst på att ett ljud som kommer från sidan måste passera igenom och diffraktera runt huvudet för att nå ena örat, medan det träffar det andra mer direkt. Låga frekvenser diffrakterar lättare runt ett hinder i huvudets storleksordning och därför blir denna effekt försumbar för ljud under 500 Hz.⁸

Denna effekt påverkar alltså främst lokaliseringsförmågan i sidled.

Tidsskillnad mellan öronen

Nästa signal är skillnaden i tiden då ljudet når de båda öronen. Ett ljud från en ljudkälla som inte befinner sig på exakt samma avstånd från båda öronen kommer nå öronen vid olika tidpunkter. Fenomenet förkortas ITD (interaural time difference). Varje position i rummet runt lyssnaren ger upphov till en bestämd tidsskillnad, och dessa kan sträcka sig mellan 0 (för ljud som är på samma avstånd från båda öronen) och ca 690 μ s (för ljud som är rakt åt sidan från lyssnaren)⁹.

I princip finns en obegränsad mängd positioner som kan ge upphov till en och samma tidsskillnad. Dessa brukar gestaltas genom att markera den yta de bildar i förhållande till huvudet. Då denna yta ofta har formen av en kon som går ut från örat, kallas fenomenet för *cone of confusion*. Detta innebär att tidsskillnaden inte ensam är tillräcklig för att kunna lokalisera en ljudkälla.¹⁰



Figur 2.2.1. Exempel på punkter som ger upphov till samma ITD, vilket kallas 'cone of confusion'.

Bild från <http://www1.appstate.edu/~kms/classes/psy3203/SoundLocalize/confusion.jpg>

Ytterligare en signal som brukar räknas till tidsskillnaden är skillnad i fas mellan de ljudvågor som når de båda öronen, också på grund av skillnaden i sträcka som ljudet färdats. Denna skillnad kan bara tolkas för ljud upp till ca 1500 Hz, eftersom

⁷ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 233.

⁸ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 235.

⁹ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 236

¹⁰ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 249.

avståndsskillnaderna för frekvenser över denna gräns kan påföra en fasskillnad som motsvarar mer än en period¹¹.

Spektrala skillnader

Innan ett ljud når trumhinnorna påverkas det av huvudet, ytterörat och i viss mån överkroppen. Ljudet absorberas, diffrakteras och transmitteras runt och igenom kroppen. Graden till vilken ljudet påverkas beror dels på ljudets frekvens och dels på vilken riktning ljudet sprids från. Huvudet och ytterörat agerar alltså som riktningberoende filter. Överföringsfunktionen som huvud och ytteröra påför på ljudet brukar betecknas HRTF (head-related transfer function).

Människan tolkar hur ljudet påverkats av HRTF:er för att lokalisera ljudkällor både genom att jämföra skillnader mellan öronen och genom att bedöma ljudets absoluta klang. I det senare fallet antar man att det krävs någon tidigare uppfattning om hur ljudet normalt låter.¹²

Eftersom HRTF:er beror på formen på huvud och ytteröra finns det signifikanta skillnader i HRTF:er mellan olika lyssnare. Det har studerats till vilken grad en lyssnare kan ta till sig signaler från en annan lyssnarens HRTF:er för att lokalisera ljud och resultatet har varit varierande. Detta diskuteras vidare i avsnittet om spatialt ljud.

Ytterligare hjälpmedel

Det finns ytterligare två hjälpmedel för människans lokaliseringsförmåga. Den första är de visuella signaler vi får från vår syn. Om vi hör ett ljud men inte ser ljudkällan kan vi genast utesluta alla riktningar inom synfältet, eller om vi ser ljudkällan förstärker synintrycket och hörselintrycket varandra.¹³

Det andra hjälpmedlet är huvudrörelser. Om hörselintrycket i ett läge ger en mängd möjliga positioner för ljudkällan kan vi genom att flytta huvudet en aning få ett nytt hörselintryck med en annan mängd möjliga positioner och på så sätt genom uteslutning avgöra var ljudkällan befinner sig.

2.2.3 Avståndsbedömning

Människans förmåga att med hjälp av hörseln bedöma en ljudkällas avstånd är begränsad. 20 % felmarginal är inte ovanligt, och vi tenderar att överdriva avståndet för ljudkällor nära oss samt underdriva avståndet för ljudkällor på långt avstånd.¹⁴

I datorspelssammanhang är det av flera anledningar inte alltid önskvärt att skapa realistiska avståndssignaler för ljudkällor – däribland att den totala ljudnivån skulle bli för hög i actionfyllda spel och att spelaren har större nytta av vissa ljud än andra. Dessa ljud får därför större utrymme även på längre avstånd.¹⁵ Av denna anledning kommer vår rapport inte att behandla avståndsbedömning i större utsträckning.

¹¹ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 238.

¹² Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 238.

¹³ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 264.

¹⁴ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 266.

¹⁵ Bogen Eriksson, Markus. 2010. *The Sound of Reality*, s. 23.

Nedan följer en kort genomgång av de signaler människan använder för att avståndsbedöma ljudkällor.¹⁶

- **Absolut ljudnivå.** Ljud försvagas när det sprids och för bekanta ljud kan vi avgöra avståndet genom att bedöma hur starkt ljudet låter. Detta är mer effektivt då ljudet kan jämföras med ljud från andra ljudkällor eller reflektioner. Förhållandet mellan direktljud, reflektioner och resonans är en viktig faktor i avståndsbedömning.
- **Förändringar i ljudnivå** då vi rör oss mot eller från ljudkällan. Ju mindre dessa förändringar är desto större är avståndet till ljudkällan.
- **Ljudets klang.** För bekanta ljud kan vi utnyttja att höga frekvenser absorberas av luften i större grad än låga och därmed avgöra hur ljudets spektrum påverkats av att ha färdats i luften.

2.2.4 Precedence-effekten

I en sluten ljudmiljö kommer inte ljudet från en punkt utan från olika riktningar som direktljud, direktreflektioner från väggar och andra objekt samt resonans från hela miljön. Trots detta har människan förmågan att avgöra var en ljudkälla befinner sig även i dessa miljöer. Detta beror på precedence-effekten som innebär att människan lokaliserar ljudet i den riktning som ljudet *först uppfattades komma från*.¹⁷

2.3 Spatial Ljudåtergivning

Med spatial ljudåtergivning menas ljudåtergivning genom högtalare eller hörlurar på ett sätt så att lyssnaren upplever att ljudet kommer från en viss riktning och från ett visst avstånd. Att spela upp ett ljud så att lyssnaren upplever att det kommer från en speciell punkt kommer vi att kalla för *positionering*.

Ljud kan återges på en rad olika sätt. Nedan följer en kort beskrivning av vad en standard för ljudåtergivning normalt beskriver.

- **Högtalaruppsättning.** En standard anger normalt hur många högtalare som används och hur dessa ska placeras runt lyssnaren. Högtalaruppsättningen beskrivs ofta genom två siffror som beskriver antalet fullregisterhögtalare och antalet bashögtalare åtskiljda med en punkt. 2.1 betyder således två fullregisterhögtalare och en bashögtalare. Bashögtalarens placering är ofta godtycklig då människans förmåga att lokalisera lågfrekventa ljud är begränsad (*se avsnittet 2.2 om människans riktningshörsel*).
- **Kanaler.** Varje standard har en eller flera kanaler som överför information om ljudet. Observera att antalet kanaler inte nödvändigtvis motsvarar antalet högtalare.

Inom de ljudåtergivningstekniker som idag används finns två huvudsakliga tillvägagångssätt för spatial positionering. Den ena bygger på att återskapa ljudvågor på samma sätt som om de spridits från en riktig ljudkälla och den andra bygger på imitationer av de signaler människan använder för att lokalisera ljud.

¹⁶ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 265.

¹⁷ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 253.

2.3.1 "Out-of-head experience"

Ett vanligt fenomen som lyssnare upplever när de lyssnar på ljud med hörlurar är att ljuden upplevs komma från positioner inuti huvudet snarare än från rymden omkring lyssnaren. Man brukar tala om *lateralisering* då en lyssnare bedömer var en ljudkälla verkar befinna sig på en tänkt axel som går mellan lyssnarens öron snarare än *lokalisering* då lyssnaren bedömer en riktig position där ljudkällan verkar befinna sig.

Förmågan att åstadkomma en "*out-of-head experience*", dvs. upplevelsen av att en ljudkälla verkligen befinner sig utanför huvudet är ett vanligt kvalitetsmått då man studerar spatiala tekniker baserade på hörlurar.

2.3.2 Olika ljudåtergivningstekniker

Nedan följer en kort genomgång av de vanligast förekommande teknikerna för ljudåtergivning och hur dessa positionerar ljudkällor.

Stereo

Stereo är förmodligen den mest välkända standarden för ljudåtergivning. All modern musik mixas i stereo. I stereo används en 2.0- eller 2.1-uppsättning för högtalarna. Antalet kanaler är två – en för vänster (betecknas ofta L) och en för höger (R) och kanalerna styr helt enkelt motsvarande högtalare. Om en bashögtalare används återger den lågfrekvent ljud från båda kanalerna.

Fullregisterhögtalarna ska placeras framför lyssnaren med en vinkel på 60° – eller precis vid hörselgången då hörlurar används. Positioneringen bygger på att återskapa nivåskillnader mellan öronen (ILD) genom att låta de båda högtalarna återge samma ljud med olika intensitet. Detta möjliggör en trovärdig positionering för sträckan mellan högtalarna.

Surround

Surround beskriver en rad olika standarder för ljudåtergivning med fyra högtalare eller fler. 5.1 eller 7.1 är de vanligaste högtalaruppsättningarna. Detta är den ledande tekniken för tvådimensionell positionering av ljud.

I moderna standarder motsvaras antalet kanaler av antalet högtalare, där bashögtalaren antingen har en egen signal eller återger lågfrekvent innehåll från övriga kanaler, men i äldre standarder kodades signalerna ofta om till två kanaler för att kunna stödjas av äldre system¹⁸.

Fullregisterhögtalarna placeras runt lyssnaren enligt illustrationerna nedan medan bashögtalarens placering är godtycklig.

Positioneringen bygger huvudsakligen på nivåskillnader mellan högtalare på samma sätt som stereo, men den kan även inkludera viss simulering av HRTF då ljud som kommer från de bakre högtalarna passerar ett lågpassfilter med en överföringsfunktion som i stora drag ska motsvara huvudets överföringsfunktion på ljud som kommer bakifrån lyssnaren.

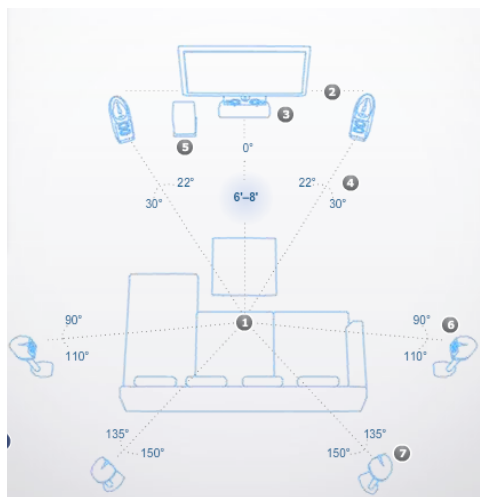
Placeringen av högtalarna i 5.1 och 7.1 ger inte en fullgod positionering i 360° runt lyssnaren, utan en kompromiss måste ske mellan positionering i djupled och i sidled på ljud bakom lyssnaren, varför standarden anger ett intervall av placeringen för höger och vänster bakre högtalare. 5.1 och 7.1 ger inga möjligheter till positionering i höjled.

¹⁸ Murphy, Damian. *An Introduction to Spatial Sound*, s 35-43.

För en mer detaljerad genomgång av surround hänvisas till *An Introduction to Spatial Sound* av Damian Murphy.



Figur 2.3.1. Specifikation för 5.1



Figur 2.3.1. Specifikation för 7.1

Bilder från <http://www.dolby.com/consumer/setup/speaker-setup-guide/index.html>

Ambisonics

Ambisonics bygger till skillnad från ovan nämnda tekniker på att återskapa ljudtrycksvariationerna som en riktig ljudkälla skulle ha skapat i den punkt där lyssnaren befinner sig. Ambisonics bygger på två olika format, A-format och B-format. B-format bygger på inspelning med en speciell typ av mikrofon som kombinerar en rundupptagande mikrofon med tre ortogonalt ställda figure-of-8-mikrofoner (mikrofoner som tar upp ljud i två motsatta riktningar) och innehåller alltså 4 kanaler. Dessa mikrofoner ger upphov till kanalerna X, Y, Z och W, vilket motsvarar ljudets transient i tre riktningar samt tryck i mikrofonens position. Dessa kan sedan användas för att beräkna en ljudkällas transient för alla riktningar. A-format har en annan mikrofonuppsättning som sedan kan beräknas om till B-format.¹⁹

¹⁹ Murphy, Damian. *An Introduction to Spatial Sound*, s 5-8.

Genom att återge signalen från de fyra kanalerna i B-formatet med olika förhållanden kan det inspelade ljudet återges som om det vore inspelat med en mikrofon med godtycklig riktningskaraktär (från rundupptagande till figure-of-8) och riktning. På så sätt kan signalen koda så att varje högtalare återger ljudet från en simulerad mikrofon riktad rakt mot högtalaren, där riktningskaraktären bestäms av hur tätt placerade högtalarna är. Ambisonics fungerar alltså med ett godtyckligt antal högtalare, men med varierande resultat.

För en mer detaljerad genomgång av Ambisonics hänvisas till *An Introduction to Spatial Sound* av Damian Murphy.

Binaural återgivning och HRTF

Binaural ljudåtergivning bygger på att så noggrant som möjligt återskapa de signaler som människan använder för att riktningsbestämma ljud. Som vi diskuterat i avsnittet om människans riktningshörsel påverkas ljudet av huvudet och ytterörats form på olika sätt beroende på varifrån det kommer. Huvudet och ytterörat agerar alltså som ett filter. Genom att spela in ljud vid hörselgångarna på en riktig person eller docka inkluderas huvudets och ytterörats påverkan på ljudet. Om ljudet sedan spelas upp precis vid en lyssnarens motsvarande hörselgångar kan denne ta till sig riktningsinformationen som huvudet och ytterörat framkallade vid inspelningen. Detta innebär att man i praktiken måste använda hörlurar eller extremt riktade högtalare för att binaural återgivning ska fungera. I resten av rapporten kommer vi att anta att hörlurar används då binaural återgivning eller HRTF-teknik diskuteras.

Som vi diskuterade i avsnittet om människans riktningshörsel orsakar huvud och ytteröra huvudsakligen tre skillnader mellan ljudet i höger och vänster öra som funktion av ljudkällans ursprung – nivåskillnad, tidsskillnad och skillnad i spektrum. Hur dessa skillnader beror på huvudets och ytterörans form är mycket komplicerat. Att göra en binaural inspelning för en person är alltså relativt okomplicerat, men att sedan avgöra hur väl den kommer att fungera för en annan person är svårt att veta. Vissa studier har pekat på att förmågan att riktningsbestämma ljud inte påverkas av personens fysiska egenskaper i större utsträckning, medan andra visat att skillnaden mellan att lyssna på en egen binaural inspelning jämfört med någon annans är tydlig²⁰. Vi nöjer oss med att konstatera att den upplevda lokaliseringsförmågan för en och samma binaurala inspelning kan skilja mellan lyssnare.

Att göra en binaural inspelning fungerar givetvis inte då man vill skapa en syntetisk ljudmiljö, som exempelvis i ett datorspel. Detta löser man genom att kartlägga en lyssnarens HRTF (head-related transfer function, *se avsnitt 2.2 om människans riktningshörsel*) för ljudkällor från alla olika riktningar och sedan låter ljudet passera genom den HRTF som bäst motsvarar den riktning ljudet ska komma ifrån. Det gör man genom att spela in impulssvar i båda hörselgångarna i ett antal punkter runt huvudet. Som vi diskuterade i avsnittet om digitala ljudsignaler kan dessa impulssvar sedan användas för att filtrera vilket ljud som helst med motsvarande överföringsfunktion (*se avsnitt 2.1.7 om faltning*).

När ett ljud ska positioneras använder man alltså en inspelning (i en kanal – mono) och låter den passera de filter som motsvarar de HRTF för den position där de ska positioneras. Till exempel; vi vill positionera ljudet av en skällande hund 60° till höger om och 40° nedanför lyssnaren. Då behöver vi använda de båda impulssvar (ett för höger öra och ett för vänster) som är inspelade 60° till höger om och 40° nedanför lyssnaren. Om inga impulssvar är inspelade just från just den riktningen används den som är närmast

²⁰ Moore, Brian C.J. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*, s. 252.

eller en kombination av dem som är inspelade närmast. Genom faltning passerar ljudet av den skällande hunden överföringsfunktionerna för höger och vänster öra och kommer därmed att inkludera motsvarande nivå-, tids- och spektrumskillnader.

Då vi i denna rapport diskuterar positionering av ljud med hjälp av HRTF-filtrering kommer vi för enkelhetens skull helt enkelt att kalla tekniken för HRTF.

2.4 Datorspelsdesign

2.4.1 Kort om spelutveckling

Datorspelsindustrin har på senare år utvecklats enormt, och konkurrerar med både musikindustrin och filmindustrin²¹. Förr utvecklades spel av enstaka personer eller smågrupper, men idag kan ett spel ta många år och kosta många miljoner kronor att utveckla. Spelen blir inte bara större och mer komplexa, utan innehåller även ofta material som aldrig förr har setts. Den kontinuerliga utvecklingen bidrar till att varje nytt spel som släpps avancerar i någon riktning, för att den visuella grafiken och det auditiva ljudet i spelet ska bli så verklighetstroget och/eller nyskapande som möjligt. När ett datorspel skapas idag, delas det in i olika områden (3D-grafik, story, AI, ljud, etc.) som alla bearbetas upp till flera år av expertgrupper för respektive område, och i slutskedet av spelskapandet sammanfogas dessa element till en sammansättning (eng. *Game authoring*).²²

2.4.2 Inlevelse och immersion

Det engelska ordet *immersion*, översätts till svenska som *inlevelse*, och kan ses som det enskilt viktigaste kvalitetsmättet i ett datorspel²³. Ordet *immersion* är dock mer anpassat till att beskriva upplevelsen man får just av att spela datorspel, varför ordet *inlevelse* inte fångar det engelska ordets fulla betydelse.

Immersion är ett bredare begrepp som innebär att spelaren får *ökad prestationsförmåga, förlorar tidsuppfattningen*, och (för tillfället) *tror på vad denne gör i spelet*²⁴. Spelaren accepterar för stunden fiktion som verklighet, för att kunna öka sin egen inlevelse i spelet. I boken *On Game Design*, förklarar Rollings och Adams deras definition av begreppet immersion som ”The suspension of disbelief” på följande sätt: ”*Suspension of disbelief is a mental state in which you choose, for a period of time, to believe that this pack of lies, this fiction, is reality. When you go inside the game world and temporarily make it your reality, you suspend your belief.*”²⁵

Observera att uttrycket immersion skiljer sig från uttrycket *realism*, som är en spelares subjektiva uppfattning om hur väl en viss spelvärld stämmer överens med spelarens förväntningar om hur den verkliga världen skulle ha sett ut i en liknande situation²⁶. Det

²¹ Goodwin, Simon N. 2009. *3D Sound for 3D Games – Beyond 5.1*, s. 1-3.

²² Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

²³ Günzel, Stephan. 2010. *Logic and Structure of the Computer Game*, s. 202.

²⁴ Bodén, Marcus. 2010. *Immersion och lärande*, s. 4-5.

²⁵ Rollings, Andrew & Adams, Ernest. 2003. *On Game Design*, s. 58.

²⁶ Bogren, Marcus. 2010. *The sound of reality, simulated spatial acoustics in modern game worlds*, s. 3

finns således inget direkt samband mellan realism och immersion, även om realism i många fall kan vara till god hjälp för att spelaren ska uppleva ett läge av immersion.

2.4.3 Ljud i datorspel

Ljudåtergivning

Ljudåtergivningen och ljudmixningen i datorspel skiljer sig från den i exempelvis bio och musik, där många personer lyssnar över samma högtalare. Detta innebär att ljudåtergivningen och mixningen inom bio och musik ofta kompromissas, och bästa scenariot offras för att rädda lyssnarna från värsta scenariot. Ljud i datorspel optimeras oftast i stället för *en* lyssnare och kan anpassas efter kontext, men även efter olika spellägen (singleplayer/multiplayer, LAN/split screen, första person/tredje person etc.)²⁷

Ljudkortet och grafikkortet (ATI, Nvidia, Intel etc. vilka ofta även levererar ljud) som används idag är även de mycket kraftfulla och eftersom dagens generation datorer har ungefär tio gånger mer RAM-minne än föregående generation, kan de flesta aktiviteter ske i RAM med mindre komprimering och/eller datastreamande²⁸.

API

Ett API (*application programming interface*), är en regeluppsättning som beskrivs av en lista med funktionsanrop (även kallat API:ets kontrakt) för hur olika programvaror kan kommunicera med varandra. Så gott som alla kommersiella programvaror idag är applikationer som knyter samman funktionaliteter i diverse mjukvaror till en enhet, och det är denna sammankoppling som sker med stöd från API:er²⁹.

Ljud-API:er, som vi fokuserar på i denna uppsats, är API:er som är inbyggda i spelkonsoller och ljudkort, och används för att spela upp en programmerad ljudsekvens vid en viss tidpunkt. I ljud-API:et har man även vetskap om var i en rymd ljudsekvensen befinner sig, samt vilken typ av rymd det rör sig om.³⁰

OpenAL

OpenAL (Open Audio Library), är ett exempel på ett ljud-API som har använts i stor utsträckning, dels på grund av att man kan använda det oberoende av plattform, och dels för att det innehåller öppen källkod (och är således vanligt i spel där man har valt att arbeta med öppen källkod). OpenAL används för att i program och datorspel kunna skapa och positionera flerkanaliga ljud i tre dimensioner, och är till designen väldigt likt OpenGL (motsvarigheten för grafik)³¹.

Rapture3D

Rapture3D OpenAL Game Engine är en driver till ljud-API:et OpenAL. Rapture3D tar över positioneringen av ljudkällor från den ursprungliga mjukvaran. Spelet talar om vilka ljud som ska spelas var och när, och sedan gör Rapture3D beräkningarna som krävs för att placera ut ljuden i de givna positionerna.

²⁷ Goodwin, Simon N. 2009. *3D Sound for 3D Games – Beyond 5.1*, s. 1-3.

²⁸ Goodwin, Simon N. 2009. *How Players Listen*, s. 5- 6.

²⁹ Application Programming Interface, Wikipedia. 2011. http://sv.wikipedia.org/wiki/Application_Programming_Interface

³⁰ Tozer, Jonathan. 2010. *An exploration into the effectiveness of 3D Sound on video games*, s. 13.

³¹ Open Audio Library, Wikipedia. 2011. <http://sv.wikipedia.org/wiki/OpenAL>

Den teoretiska ljudbilden skickas sedan till Rapture3D Decoder som spelar upp ljudbilden på de tillgängliga högtalarna³². Det finns en mängd inställningar för olika typer av högtalarkonfigurationer, både vanligare och mer ovanliga alternativ.

Bland de mer sällsynta högtalaruppsättningarna återfinns bland annat ett alternativ för Ambisonics (se avsnittet för olika ljudåtergivningstekniker 2.3.2), samt Rapture3D:s specialvariant för 3D-ljud över 7.1, så kallad 3D7.1. Det finns även stöd för HRTF, där fem olika HRTF:er, eller grupper av impulssvar kan väljas (se avsnittet för olika ljudåtergivningstekniker 2.3.2).

Dessa HRTF:er är benämnda med olika färger (*Blue, Green, Orange, Red, Yellow*), och kommer från tre olika länder, Japan (*Blue, Green*), Frankrike (*Orange*) och USA (*Red, Yellow*)³³.

Grupperna av impulssvar från respektive färg är inspelade på olika huvudformer (människohuvuden eller dockor), och de har ett varierat antal punkters noggrannhet. Vi har tyvärr inte möjlighet att på detaljnivå förklara hur varje HRTF är skapad, utan hänvisar för vidare läsning till länkarna om HRTF i fotnoten. Syftet med de olika HRTF:erna är att de tillsammans ska ge ett godtagbart resultat för en större grupp lyssnare.

Ljudmiljöer

När vi spelar datorspel förlitar vi oss allra mest på informationen som kommer från synen och hörseln. Vårt hörfält skiljer sig dock från vårt synfält, och informationen som fås av de olika sensoriska fälten belyser ofta olika delar i miljön. Den information vi får från hörselns auditiva sensoriska system används ofta för att förstärka informationen vi får från ögonens visuella sensoriska system. Man brukar säga att *öronen styr ögonen*, vilket är något man bör ta hänsyn till när man designar ett datorspel³⁴.

Ofta inom både filmindustrin och datorspelsindustrin har man dock uppfattningen att ljudet är någonting sekundärt som ska komplettera det visuella, istället för att man ser filmen eller spelet som en helhet, uppbyggd av en mängd olika funktioner för olika sinnesintryck. Detta gör att man i de flesta fall konfigurerar och mixar ljudet baserat främst på den visuella informationen, istället för att fokusera på den auditiva informationen som en separat del av helhetsintrycket, som bygger på både ljud och bild³⁵.

I designen av ett datorspel delar man in spelet i olika miljöer som ska aktivera våra auditiva och visuella sensoriska system när vi spelar spelet. En auditiv miljö, eller *ljudmiljö*, är analog med en visuell miljö, och innehåller auditiva element eller *ljudobjekt* (spelare, lagkamrater, motståndare, och andra föremål), som beskriver objekten i miljön, såväl som *tal* och *musik*³⁶.

³² Blue Ripple Sound, Rapture3D Technology. 2011. <http://www.blueripplesound.com/index.php?target=technology>

³³ HRTF:er från Japan. 2011. <http://www.sp.m.is.nagoya-u.ac.jp/HRTF/database.html>.

Frankrike, 2011. <http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/index.html>.

USA, 2011. <http://sound.media.mit.edu/resources/KEMAR.html>

³⁴ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

³⁵ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

³⁶ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

För att skapa en ljudmiljö i ett datorspel måste man välja, placera och behandla ljuden på en mängd olika sätt. Detta sker enligt följande:

1. Positioner och riktning

I en värld i ett datorspel finns all information om ljudobjektens placering i spelmotorn. Detta innebär att spelmotorn kan beräkna alla riktningar och avstånd för varje ljudobjekts placering relativt spelarens placering³⁷.

2. Avstånd

En annan viktig funktion i alla ljudmotorer är distanseffekter. Ju närmare ljudet är spelaren desto starkare låter det, och vice versa. Den simplaste modellen är att sänka nivån på ljudkällan ju längre bort den befinner sig.

Ljuddesignern bestämmer den initiala gränsen efter vilken ljuden från ljudobjekten i spelet ska börja sjunka i nivå. Innanför detta *minimala avstånd* kan endast ljudkällans position förändras, och efter minimala avståndet sjunker ljudnivån med -6 dB/m tills ljudkällan når det *maximala avståndet* då det inte längre hörs. Här brukar man ofta stänga av ljudet på ljudkällan för att spara processorkraft.

Oftast ligger ljudnivån för de olika ljudobjekten på en logaritmisk skala, och ljuddesignern kan välja olika minimala och maximala avstånd för varje ljudobjekt. Till exempel kan ljudet av en mygga dö ut efter en halvmeter, medan ljudet av en rymdraket kan hålla i sig på flera kilometers avstånd³⁸.

3. Rumsakustik

Genom att skicka ett ljud genom en digital ljudprocessor för reverb, är det möjligt att lägga till olika typer artificiella reflektioner. Detta kan användas för att simulera klangeffekterna från ett verkligt rum eller en verklig miljö, vilket sedan kan appliceras på ett rum eller en miljö i spelet³⁹.

4. Wavetracing

För att kunna återskapa effekten av en riktig akustisk miljö simulerar man ljudvågornas utbredning i ett rum, samt ljudvågornas interaktion med objekten i rummet⁴⁰. Detta kallas för Wavetracing. Det finns en mängd olika sätt ljuden kan nå lyssnaren, där de främsta är beskrivna nedan.

³⁷ Bogren, Marcus. 2010. *The sound of reality, simulated spatial acoustics in modern game worlds*, s. 21-23.

³⁸ Game Developer Conference in Moscow. 2003. *Modern Audio Technologies in Games*

³⁹ Bogren, Marcus. 2010. *The sound of reality, simulated spatial acoustics in modern game worlds*, s. 21-23.

⁴⁰ Game Developer Conference in Moscow. 2003. *Modern Audio Technologies in Games*

4.1 Direktljud

Ljuden transporteras direkt från ljudobjektet till lyssnarobjektet

4.2 Första ordningens reflektioner

Ljuden når lyssnarobjektet efter en reflektion mot en annan yta eller ett annat objekt. Normalt räknas ljud som inkommer upp till 60 ms efter direktljudet hit.

4.3 Senare ordnings reflektioner

Ljuden når lyssnarobjektet efter flera reflektioner mot andra ytor eller objekt. Normalt räknas ljud som inkommer mer än 60 ms efter direktljudet hit.

4.4 Ocklusioner

Ljuden når lyssnarobjektet från ett annat rum genom en vägg. Direktljud och reflektioner dämpas vilket enkelt kan imiteras genom att sänka ljudnivån eller på ett mer sofistikerat sätt genom ett lågpasfilter, där lågpasfiltret blir brantare ju tjockare väggen är (detta för att lågfrekventa ljud har längre våglängd och lättare passerar genom väggar än högfrekventa ljud som absorberas av väggen).

4.5 Exklusioner

Ljuden når lyssnaren från ett annat rum men genom en öppning i en vägg. Direktljud är klara, medan reflektioner dämpas av väggen (främst andra ordningens reflektioner men även första ordningens reflektioner beroende på storleken på hålet).

4.6 Hinder

Ljuden når lyssnaren med ett objekt i vägen. Direktljud dämpas av objektet medan reflektioner är klara.

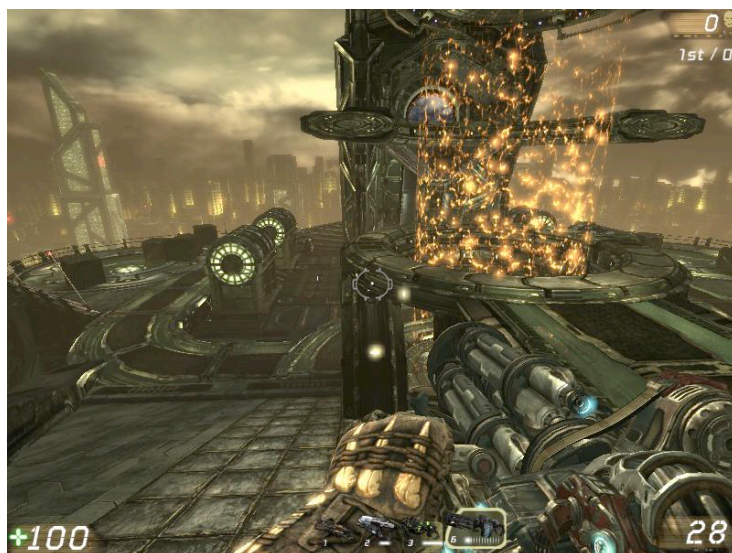
5. Dopplereffekten

Dopplereffekten uppstår när en ljudkälla förflyttas snabbt i förhållande till lyssnaren, vilket gradvis förändrar tonhöjden på ljudet (t.ex. en ambulans som snabbt passerar).

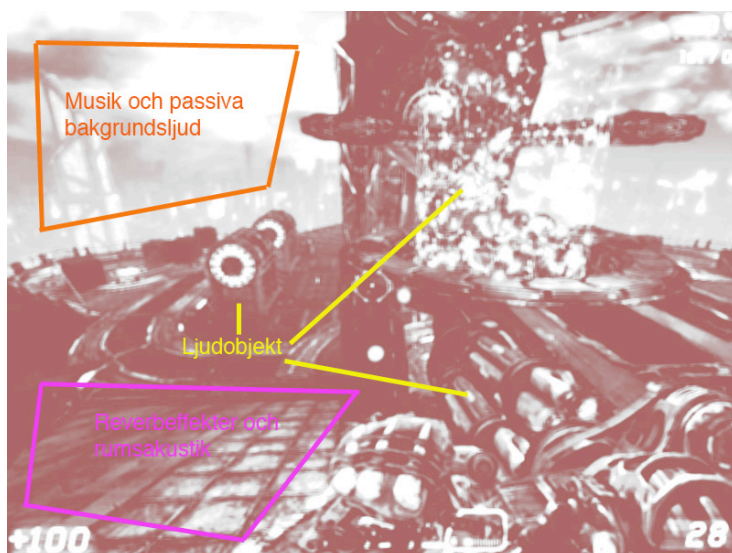
När ljudobjektet transporteras snabbt *mot* lyssnarobjektet kortas våglängden på ljuden och tonhöjden höjs, och när ljudobjektet transporteras snabbt *från* lyssnaren förlängs våglängden på ljuden och tonhöjden sänks.

6. Övergångar mellan ljudmiljöer

Som vi nämnde tidigare (*se rumsakustik ovan*), kan man simulera olika ljudmiljöer med olika reverbeffekter. När en spelare rör sig mellan två olika miljöer ändrar man därför gradvis parametrarna på reverbeffekterna för att övergången mellan miljöerna ska ske smidigt.



Figur 2.4.1. Visuell scen från banan Gateway i spelet Unreal Tournament 3



Figur 2.4.2. Auditiv scen från banan Gateway i Unreal Tournament 3

De olika miljöerna i ett datorspel kan beskrivas av auditiva och visuella scener (Figur 2.4.1 & Figur 2.4.2) eller områden som är specifika för den miljön. Den auditiva miljön skiljer sig ofta från den visuella miljön, och kombinationen av dessa två sensoriska miljöer ger oftast ett mer verklighetstroget och fulländat intryck. Den interaktiva miljön i datorspelet förväntas även ge en underhållande cirkulär återkoppling mellan spel och spelare (spelet ger respons på någonting spelaren gör, vilket får spelaren att handla på nytt)⁴¹.

3D-ljud i datorspel

Tredimensionellt ljud i datorspel är någonting som introducerades redan på 90-talet (där företag som QSound, Sensura, Aureal och Creative Labs IASIG 1997 gjorde sig kända

⁴¹ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

med egna tekniker för återgivning av 3D-ljud), och sedan dess har mer fokus i spelutvecklingen riktats mot att ge en bra ljudåtergivning i datorspel⁴².

Dock har satsningen på 3D-ljud varit låg, och trots att man har experimenterat med 3D-ljud i årtionden har det aldrig tagit fart på marknaden, även om dess relevans kan tyckas vara stor inom datorspel (på grund av den interaktiva miljön, att ljuden oftast är optimerade för en lyssnare osv.)⁴³. I början var patenten en bromsande faktor, men idag finns det ett helt hav av väldokumenterade och fritt tillgängliga metoder för att rendera ljud i två eller tre dimensioner för ett godtyckligt antal högtalare, där vissa metoder fungerar bättre än andra (*se avsnittet om tekniker för spatial ljudåtergivning 2.3*).

Dock väljer man idag oftast att i ljudsystemen ignorera den tredje dimensionen (höjdd), eller simulera den med olika distanseffekter (*se ljudmiljöer och avstånd*). Detta trots att all information, exempelvis positioner, orientering, ocklusion, reflekterande ytor etc. (*se ljudmiljöer ovan*) som behövs för att lokalisera ett ljud i tre dimensioner i ett datorspel finns i varje spelmotor och är redo för användning⁴⁴.

De vanligaste ljuduppsättningarna som spelare idag använder, är stereohörlurar, stereohögtalare och surround 5.1 (*se "Hur spelare normalt lyssnar" nedan*). Ett stort problem är dock att högtalarkonfigurationerna ofta är dåligt definierade och svåra att uppnå för en vanlig konsument bland annat eftersom det vanligtvis är svårt att få plats med högtalare bakom lyssnaren. Detta gör att mer komplexa högtalarkonfigurationer ofta ignoreras av såväl spelare som speltillverkare⁴⁵.

Idag finns det bara ett fåtal sätt att uppleva sant 3D-ljud i datorspel. Ett sätt är genom tekniker för HRTF som t.ex. Creative Labs CMSS-3DHeadphone⁴⁶ eller genom att köpa eller skapa en extern driver till ett vanligt ljud-API som exempelvis OpenAL (*se Rapture3D nedan*)⁴⁷. Andra metoder inkluderar alternativa högtalarkonfigurationer med tekniker för ambisonics (*se avsnittet om olika ljudåtergivningstekniker 2.3.2*). Även detta kan uppnås genom att köpa eller skapa sin egen driver till ett vanligt ljud-API, och ett exempel på detta är Rapture3D:s specialvarianter, som 3D7.1. (*se Rapture3D nedan*).

Ljudmixning

Ljudmixningen för ett spel sker i två steg, där det första steget behandlar själva inspelningen av ljuden och musiken, och det andra steget behandlar hur ljuden och musiken integreras i den virtuella miljön. Tal och musik placeras i miljön och aktiveras av spelets handling. Resten av ljuden väljs och grupperas i *storyrelaterade* respektive *miljörelaterade* ljud.

Ljudmixningen konfigureras för varje enskilt ljudobjekt, och sedan konfigureras den totala ljudmixen⁴⁸.

⁴² Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

⁴³ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

⁴⁴ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

⁴⁵ Goodwin, Simon N. 2009. *3D Sound for 3D Games – Beyond 5.1*, s. 1-3.

⁴⁶ Creative Labs Sound Blaster X-Fi Review. 2011. <http://www.pcper.com/reviews/General-Tech/Creative-Labs-Sound-Blaster-X-Fi-Review/Feature-CMSS-3D-and-Testing>

⁴⁷ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

⁴⁸ Röber, Niklas & Masuch, Maic, *Auditory Game Authoring*, s. 1-5.

Hur spelare normalt lyssnar

I en enkätundersökning som genomfördes av Codemasters 2009, där över 700 spelare deltog, frågade man spelarna vilka ljuduppsättningar de normalt brukade använda när de spelade. Resultatet för datorspel var en nästan jämn fördelning mellan stereohörlurar (29.5%), stereohögtalare (30%) och surroundhögtalare (31%)⁴⁹.

Spelarna tillfrågades inte om de använde, eller hade möjlighet att använda tekniker för HRTF i sina spel. Dock var en av slutsatserna av undersökningen att det höga antalet personer som lyssnar med hörlurar när de spelar datorspel indikerar att en större satsning bör göras på tekniker som HRTF. Man frågade även spelarna hur viktigt de kände att stöd för surroundljud är när de spelar datorspel, där majoriteten svarade viktigt till väldigt viktigt (75.2%).

⁴⁹ Goodwin, Simon N. 2009. *How Players Listen*, s. 5-6.

3. Metod

Följande kapitel behandlar studiens metodik och genomförande.

3.1 Introduktion

För att besvara studiens frågeställning utformade vi ett test där spelaren jämför olika aspekter av spelet med ljudåtergivning genom stereohörlurar respektive HRTF. Spelaren fick sedan svara på en rad frågor med standardiserade svarsalternativ men med möjlighet att lämna kommentarer och förklaringar till sina svar. Denna metodik är inspirerad av *The Playtest Method* föreslagen av Davis et. al. i *The International Journal of Computer Game Research*.⁵⁰

3.2 Deltagare

Testdeltagarna var alla manliga spelare i åldrarna 13-24 år. Spelare innebär i detta fall personer som spelar eller har spelat datorspel, och genom hela uppsatsen kommer deltagarna att benämnas som just *spelare*.

Hälften av spelarna var studenter på KTH, varav fyra av dessa hade genomgått vissa högskolestudier inom området ljud, varför dessa kan sägas ha haft en högre kunskapsnivå inom ljud och människans riktningshörsel än normalt.

Eftersom spelarens individuella huvudform och form på ytteröronen har en inverkan på hur ljud positionerade genom HRTF lokaliseras, valdes spelarna i testgruppen med så skilda fysiska egenskaper med avseende på huvud- och öronformer som möjligt.

Av samma anledning valdes spelare med varierande ålder.

Vi valde även att informera spelarna om vilken teknik de använde i de olika momenten under testet. Detta för att omständigheterna under testet skulle bli så lika de omständigheter som råder för spelaren i normala fall, där denne är medveten om vilken teknik som har valts och används.

3.3 Studiens utformning

3.3.1 Introduktion

Det har påvisats en skillnad mellan erfarna och oerfarna lyssnare beträffande lokaliseringsförmåga vid användande av HRTF-teknik, där en erfaren lyssnare är en person som tidigare har upplevt ljud genom HRTF-teknik⁵¹. Därför har vi i designen av metoden ansett att det är viktigt att spelarna har haft ungefär samma förutsättningar när de utfört testet. För att säkerställa att spelarna utförde testet på så lika premisser som möjligt valde vi att dela in testet i fyra delar. De två första delarna behandlade teknikens introduktion och kalibrering, medan de två senare delarna behandlade spelarnas egna upplevelser när de fick spela datorspelet Unreal Tournament 3 med stereo respektive HRTF.

⁵⁰ Davis et al. 2005. *A survey method for assessing perceptions of a game: The consumer playtest in game design*. http://gamestudies.org/0501/davis_steury_pagulayan/

⁵¹ Tozer, Jonathan. 2010. *An exploration into the effectiveness of 3D Sound on video games*, s. 27.

3.3.2 Unreal Tournament 3 och Rapture3D

Spelet som användes till testerna heter Unreal Tournament 3 och är ett First-Person-Shooter-spel. Spelet har ett antal olika spellägen att välja mellan (Deathmatch, Capture the Flag, Warfare etc.) men går främst ut på att spelaren, med olika former av vapen eliminerar motståndare, antingen i form av *bots* (datorstyrd spelare), eller andra mänskliga spelare, antingen i singleplayer, eller via LAN/Internet. Spelet är inte verklighetstroget och tillhör kategorin action-spel. Det finns en mängd olika banor och miljöer i spelet, varav vissa banor innehåller flera miljöer. Ett exempel på en sådan bana är *Gateway*, som vi har valt att använda i testen.

För att åstadkomma ljudåtergivning med HRTF och stereo användes Rapture3D (se avsnitt 2.4.3 om ljud i datorspel) respektive spelets ursprungliga ljuddriver.

3.3.3 Introduktion till spatialt ljud över hörlurar i datorspelsmiljöer

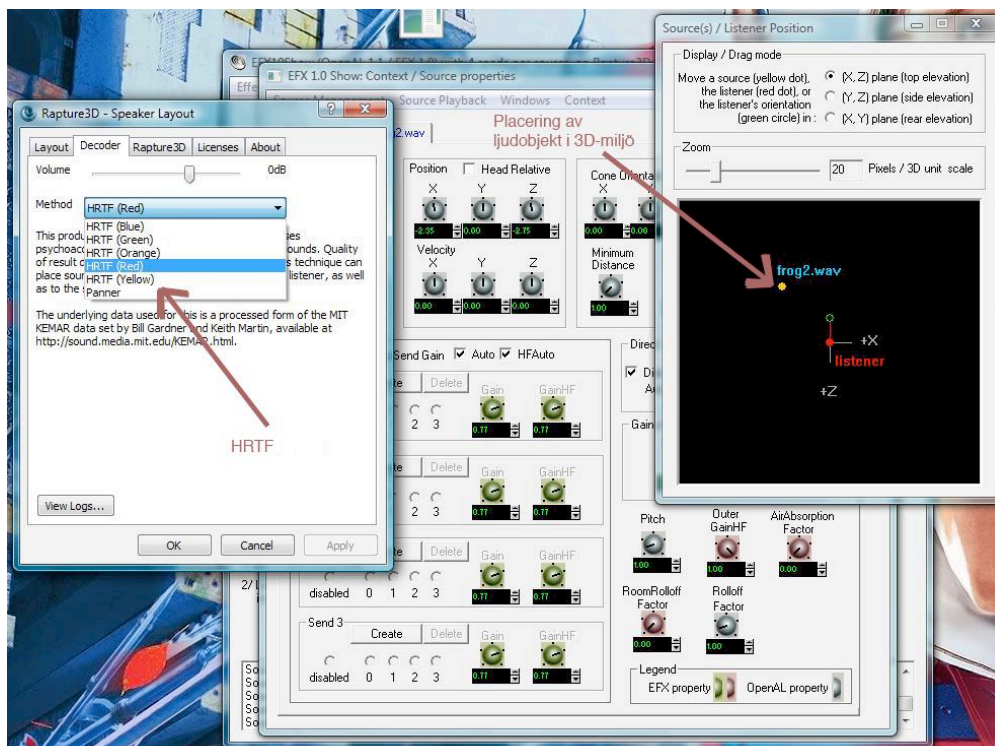
I den första delen av testet fick spelaren en kort överblick över hur tekniker för HRTF kan användas i datorspelsmiljöer, samt hur spatialt ljud förhåller sig till stereo över hörlurar.

Spelaren fick titta på en kort video⁵² innehållande diverse spelsekvenser från spelet Unreal Tournament 3 där direkta jämförelser görs mellan stereo och HRTF. Eftersom endast en av de fem HRTF-grupperna med impulssvar (green), användes i videon (se bakgrundsavsnittet om Rapture3D), fanns det en risk att vissa spelare inte uppfattade positioneringen lika väl som de hade kunnat med en annan, eventuellt mer passande, inställning (som de senare använde i speltestet). Dock var inte syftet med videon att visa spelaren hur tekniken fungerar under optimala förhållanden, utan snarare att ge korta direkta jämförelser mellan ljudåtergivning i hörlurar för stereo, samt en vidgad spatial ljudåtergivning i hörlurar. Majoriteten av spelarna upplevde dock en tydlig skillnad mellan teknikerna även under denna introduktion.

3.3.4 Hörseltest

Den andra delen var ett mer djupgående hörseltest, där vi dels kontrollerade att spelaren uppfattade 3D-ljudet, och dels gjorde en uppskattning av vilken HRTF-grupp av impulssvar som fungerade bäst för spelaren (se *Rapture3D* i avsnitt 2.4.3). Även om det hade varit högst intressant att ta fram ett standardiserat test för att avgöra vilken tillgänglig HRTF-grupp eller kombination av tillgängliga HRTF-grupper som passade en viss spelare bäst, rymdes inte detta i omfattningen av vår studie. Hörseltestet var således ett enkelt test där vi försökte hitta den HRTF-grupp som passade spelaren bäst. Spelaren fick, med fem olika HRTF:er, lyssna på ljudet av en skällande hund som vi placerade ut och flyttade runt i en 3D-rymd. Placeringen av ljudobjektet gjordes med mjukvaran EFX 1.0 Show som ingår i OpenAL 1.1 Core SDK-paketet (se *Figur 3.3.1*).

⁵² Rapture3D Audio Demonstration in UT3. 2011. <http://www.youtube.com/watch?v=lqqiIR017SQ>



Figur 3.3.1. EFX Show 1.0. Till vänster syns valet av HRTF-grupp i Rapture3D, och till höger ljudobjektets placering i förhållande till lyssnarens position.

Hörseltestet genomfördes med dubbla hörlurar så att en av testledarna och spelaren hörde ljudet.

Hörseltestet var ett blindtest, vilket alltså innebar att spelaren inte fick se skärmen, och tog ungefär 10-15 minuter.

Då och då genomfördes sticktester, där spelaren ombads förklara varifrån det lät som att ljudet kom ifrån. Rapture3D placerade således ut ljudet på en given plats i 3D-rymden, och vi gjorde en bedömning av hur väl spelaren klarade av att lokalisera ljudkällan.

Ljudobjektet spelades upp kontinuerligt, vilket innebar att spelaren kunde relatera till ljudobjektets tidigare position och förflyttning. Detta för att i så stor mån som möjligt eliminera eventuella förvirringar som kan uppstå när ett ljud på en viss position har samma tidsskillnad och intensitetsskillnad mellan öronen som samma ljud hade haft på en annan position i 3D-rymden.

Noteringar gjordes hur väl spelaren klarade av att positionsbestämma ljud i sidled, djupled och höjddled. Med hjälp av detta tillsammans med en subjektiv bedömning av vilken HRTF-grupp som gav bäst positionering gjorde vi en uppskattning av vilken HRTF-grupp som passade spelaren bäst.

3.3.5 Speltest 1

Den tredje delen av testet blev spelarens första riktiga interaktion med HRTF-tekniken i spelet Unreal Tournament 3 (se ovan). Spelaren fick i detta steg spela spelet utan motståndare, för att i egen takt bekanta sig med spelmiljön. I denna initiering spelade ljudet mindre roll, då fokus låg i att bekanta spelaren med spelets kontroller och utförande.

När spelaren kände sig redo gick vi vidare i testet. Spelaren vägledades genom en bana i spelet och fick undersöka olika ljud i olika vinklar. Även detta skedde utan motståndare, eftersom vi i detta test genomförde en mer kontrollerad undersökning av ljudmiljöerna (se *ljudmiljöer i datorspel i avsnitt 2.4.3*).

Testet genomfördes först med traditionell stereo och sedan med HRTF.

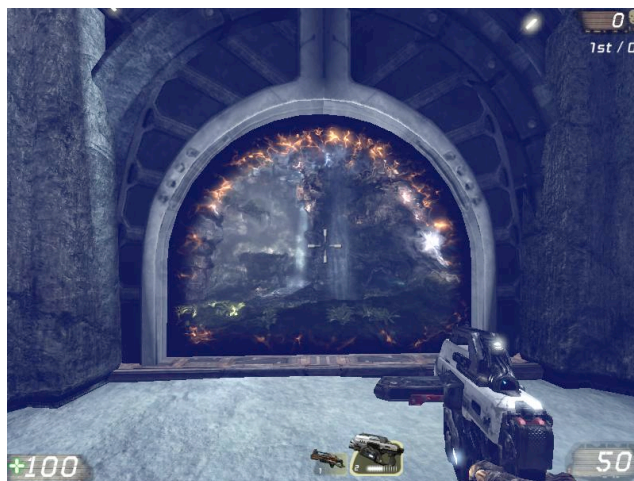
Ljuden som bad spelaren lyssna extra på under detta testmoment utan motståndare var:

- Passiva bakgrundsljud, till exempel rinnande vatten, fåglar, maskiner som lät etc.
- Skottljud från spelaren själv
- Explosioner och explosionsliknande ljud.

Spelaren fick även möjligheten att själv utforska ljudet som denne själv ville när vägledningen var klar.

Vägledning

För att vi effektivt skulle kunna testa så många olika ljudmiljöer som möjligt, valde vi att använda oss av banan *Gateway* i spelet (se *Unreal Tournament 3*). Denna bana innehåller tre olika miljöer som spelaren kan teleporteras till genom diverse portar (se *figur 3.3.2*). Spelaren fick börja i en snöfylld miljö med starka vindar (se *figur 3.3.3*), där denne fick vandra runt, lyssna på vindarna samt avfira diverse vapen.

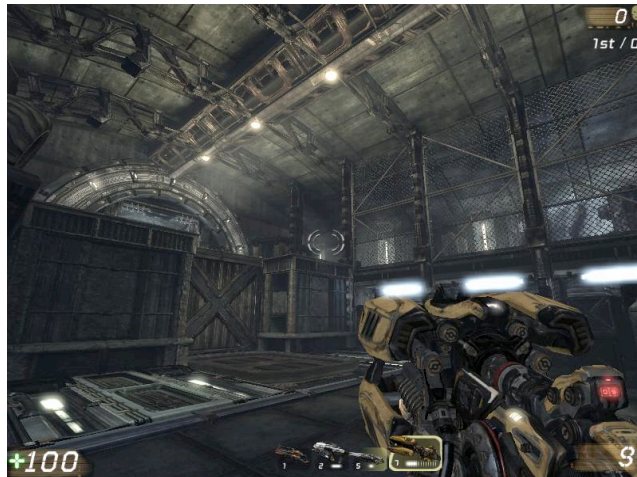


Figur 3.3.2. En port som teleporterar spelaren till en ny spelmiljö.



Figur 3.3.3. Snömiljö från banan Gateway.

Spelaren leddes sedan upp ovanpå en hangar ståendes i snömiljön (*Figur 3.3.3, till vänster*), där denne ombads avfyra skott med ett explosivt vapen för att lyssna på explosioner underifrån och från sidorna.



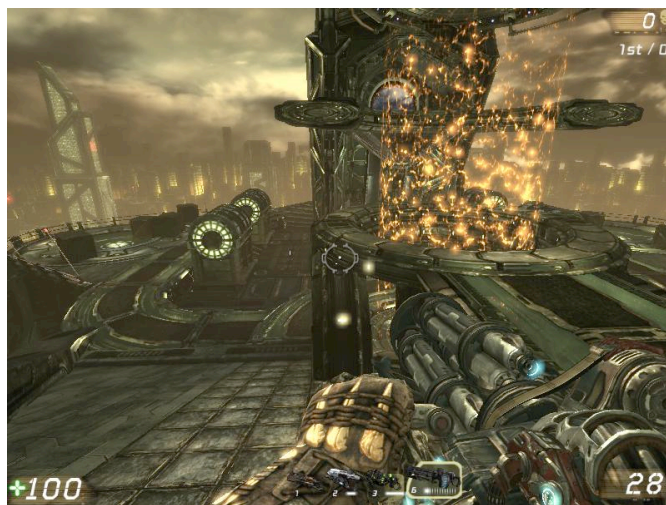
Figur 3.3.4. En hangar från banan Gateway.

Därefter fick spelaren fortsätta in inuti hangaren för att lyssna på den bullriga ljudmiljön från fläktarna, samt använda en hiss där ljudet kommer underifrån och i nivå med spelaren (*se figur 3.3.4*).



Figur 3.3.5. Vattenfall från banan Gateway.

Efter hangaren leddes spelaren genom första porten till nästa ljudmiljö (se Figur 3.2.5 & 3.3.5) som är ett slags djungelliknande naturmiljö med växter, träd och vattenfall. Här fick spelaren lyssna på ljuden från vattenfall och fågelkvitter, vandra i vattnet samt använda en *Bio Rifle* – ett vapen som avfyra ett slags organiska skott som efter ett tag exploderar. Spelaren ombads avfyra skott i en cirkel, och sedan lyssna på hur skotten exploderade runt sig själv, samt avfyra skott på stenväggarna för att lyssna hur skotten exploderade ovanför sig.



Figur 3.3.6. Framtida industriell värld från Gateway

I sista steget av vägledningen leddes spelaren genom en port från vattenfallsmiljön till en slags industriell framtidsmiljö (se figur 3.3.6). Denna ljudmiljö innehåller en mängd icke-verklighetstroga objekt, vars ljud inte heller kan kopplas till något verkligt objekt (på samma sätt som vapnen i spelet). Ett exempel på ett sådant objekt är ett slags glittrande sfär som låter spelaren vandra i alla riktningar. Denna sfär avger ett bullrigt ljud ovanifrån och runt omkring, som spelaren fick lyssna på. Efter detta var vägledningen färdig, och spelaren fick valet antingen att fortsätta att utforska på egen hand, eller att inleda *Speltest 2*.

3.3.6 Speltest 2

Efter de kontrollerade testerna fick spelaren spela ett fritt spel, först med stereo, och sedan med HRTF, utan vägledning, i samma miljö som innan (*Gateway*) fast med motståndare (se figur 3.3.7).



Figur 3.3.7. Bild tagen från spel med motståndare

Speltypen var *Deathmatch*, vilket är den enklaste spelformen som går ut på att man får poäng efter antal motståndare man eliminerar, samtidigt som man själv ska undvika att bli eliminerad. Innan testet påbörjades bad vi spelaren vara extra uppmärksam på följande typer av ljud:

- Skottljud från motståndare.
- Tal över intercom/radio-kontakt (mellan spelare, bots, instruktioner)
- Ljud från andra spelare (fotsteg, andetag, tal)
- Musik (*Om spelaren välde att ha musiken påslagen*)

Spelaren tillfrågades om denne normalt har spelets bakgrundsmusik igång i när denne spelar, samt ombads att välja om denne ville ha musiken påslagen under spelets gång. Det är möjligt att påslagen musik kan ha en inverkan på spelarens förmåga att lokalisera ljudobjektens riktning i ljudmiljön (se *ljudobjekt i avsnitt 2.4.3*), eftersom musiken spelas upp i stereo i hörlurarna (se *Rapture3D i bakgrundsavsnittet*). Dock är det normalt bäst att undersöka spelarens upplevelse av ljudet utifrån de omständigheter och ljuduppsättningar som spelaren normalt föredrar⁵³. Det fria spelet pågick tills spelaren kände sig ha upplevt en rättvis jämförelse mellan stereo och HRTF.

3.3.7 Frågor efter testet

Efter att de fyra första delarna av testet var genomförda, fick spelaren svara på en mängd flervalsfrågor som testledaren gick igenom muntligt tillsammans med spelaren.

Spelaren tilläts lämna kommentarer till alla sina svar och testledaren kunde be spelaren motivera sina svar på vissa frågor och kortare diskussioner kunde förekomma för att testledaren på bästa möjliga sätt skulle förstå hur spelaren tänkte. Anteckningar fördes då

⁵³ Goodwin, Simon N. 2009. *How Players Listen*, s. 3.

spelaren sade något som inte framgick i svarsalternativen, eller om spelaren hade andra uppfattningar eller åsikter som kunde vara av intresse för undersökningen.

Spelaren instruerades att det var dennes subjektiva uppfattning som var intressant och att inget svar var rätt eller fel.

Frågorna som ställdes till spelaren behandlade följande områden (för en komplett överblick över frågorna och svarsalternativen hänvisar vi till bilagan i slutet av rapporten):

Bakgrundsfrågor

Dessa frågor utformades för att få en bild av hur spelaren normalt spelar och för att kunna göra jämförelser med svar i senare frågor. Dessa uppgifter ansåg vi var viktiga för att kunna dra slutsatser om spelarens attityd gentemot tekniken.

1. Spelarens normala ljuduppsättning

Vi ansåg att det är viktigt att kunna jämföra en spelares svar på frågor om HRTF med den teknik de normalt använder samtidigt som de jämför med stereo genom hörlurar som de använt under testet.

2. Ljuduppsättningar spelaren har provat för FPS-spel

För att kunna göra ytterligare jämförelser.

3. Ljuduppsättningar spelaren har provat för annat (exempelvis spel)

För att spelaren ska ta sig till minnes så många ljudupplevelser som möjligt och för att kunna göra jämförelser med dessa.

4. Spelarens vanor kring musiken i spelet

I speltestet spelade användaren som denne normalt brukade göra.

Spelarens uppfattning av spatialt ljud och människans riktningshörsel

Följande två frågor syftade till att få en bild av spelarens uppfattning och förväntningshorisont gällande människans riktningshörsel och begreppet 3D-ljud i allmänhet. Vi undersökte även huruvida spelaren sedan tidigare kände till begreppet HRTF, då det påvisats skillnader i hur spelare uppfattar en ny ljudåtergivningsteknik och en de känner till sedan tidigare⁵⁴.

5. Lokalisering av ljud i datorspel och i verkligheten

Denna fråga behandlade hur lätt eller svårt spelaren upplevde att det är att riktningbestämma ett ljud i ett FPS-spel i jämförelse med verkligheten.

6. Spelarnas uppfattning om begreppet "3D-ljud"

Denna fråga ställde vi för att få en bild av spelarens förväntningar av något som benämns som 3D-ljud.

Lokalisering av ljud med de olika teknikerna

7. "Out-of-head experience"

⁵⁴ Tozer, Jonathan. 2010. An exploration into the effectiveness of 3D Sound on video games, s. 27.

Vi ville undersöka om spelarna upplevde någon ”out-of-head-experience” (se avsnittet 2.3 om *spatialt ljud*) och om det var någon skillnad mellan teknikerna.

8. Jämförelse mellan teknikerna för lokalisering av ljud i de tre dimensionerna.

Här undersökte vi hur lokaliseringen i olika dimensioner påverkades av de två olika teknikerna. Vi tror att skillnad i lokaliseringsförmåga hos spelaren kan påverka både spelarens prestationsförmåga i spelet samt till vilken grad ljudupplevelsen har en inverkan på spelglädjen, och att detta är en viktig aspekt då man analyserar spelarens attityd gentemot tekniken.

9. Ljudkvalitet och musik

När HRTF-teknik används filtreras ljudeffekterna för att kunna positioneras och deras karaktär ändras en aning från det spelets ljuddesigner avsett. Vi ville därför undersöka hur spelarna uppfattade kvaliteten på ljudeffekter och musik.

Spelarens prestation

10. Teknikernas påverkan på spelarens prestation

Här frågade vi om spelaren ansåg att dennes prestation kunde påverkas av att använda HRTF istället för stereo vid spelandet av FPS-spel. Vi tror att det finns en stark koppling mellan prestation och spelglädje, och att detta kan påverka spelarens attityd till tekniken.

Spelarens attityd gentemot tekniken

Denna del undersöker spelarens attityd till HRTF genom en mängd frågor som bland annat behandlar ekonomiska och tekniska aspekter.

11. Benämning av tekniken

Här undersökte vi om spelarna tyckte det var rättvist att benämna det de just upplevt i spelet som ”3D-ljud”.

12. Teknikernas påverkan på spelarens spelglädje

Här ombads spelarna bedöma hur de trodde att spelglädjen skulle påverkas av att använda HRTF istället för stereo genom hörlurar.

13. Användning av HRTF

Här frågade vi om spelaren skulle använda HRTF när de normalt spelar om de hade möjligheten. Frågan ställdes inte som en jämförelse mellan HRTF och stereo som vid de tidigare frågorna, utan som en jämförelse mellan HRTF och det ljuduppsättningsalternativ som spelaren normalt använder.

14. Rangordning av olika ljudåtergivningstekniker i FPS-spel

För att få en bild av hur spelarna förhåller sig till HRTF jämfört med andra tekniker bad vi dem bedöma vilka alternativ för ljuduppsättning (stereo 2.0/2.1, surround 5.1, stereo genom hörlurar, HRTF genom hörlurar) de föredrog genom att rangordna dem mellan 1-4 där en etta var det alternativ de föredrog mest.

15. Spelarens ekonomiska perspektiv på HRTF

Här ställde vi frågor för att undersöka om spelaren är beredd att betala för möjligheten att använda HRTF och i så fall hur mycket.

16. Ljudkvalitet och bildkvalitet

Ur prestandasynpunkt kan det vara intressant att undersöka huruvida spelaren kan tänka sig att göra kompromisser med andra kvalitetsfaktorer i spelet för att kunna använda HRTF. Vi ville bedöma spelarens inställning till HRTF genom att göra jämförelser till åtminstone en aspekt av bildkvaliteten. Till detta valde vi att fokusera på bildupplösning då vi tror att det är något de flesta spelare är bekanta med.

17. Konfiguration av fil i operativsystemet

I dagsläget finns det bara ett fåtal spel som har en valbar inställning för HRTF i spelets ljudinställningar. För att kunna använda HRTF-teknik krävs ofta en modifiering av spelet och ljudåtergivningen. Därför ville vi veta hur många spelare som kunde tänka sig att genomföra en förändring – liknande den vi gjorde för att kunna genomföra testet – för att kunna använda HRTF i ett spel, om de hade instruktioner för hur de skulle göra.

4. Resultat

Följande kapitel behandlar studiens resultat. Resultaten är sammanställda för varje fråga, antingen i diagram eller i tabeller.

4.1 Hörseltest

Vi valde för varje spelare ut den HRTF-grupp som gav bäst resultat i hörseltestet. Varje HRTF-grupp valdes för minst en spelare. Den HRTF-grupp som blev vald för flest spelare var den vid namn *Green*. Fördelningen kan ses nedan:

Vald HRTF	
Blue	1
Green	4
Orange	1
Red	3
Yellow	3

Tabell 4.1.1. Vald inställning i *Rapture3D*, där varje färg motsvarar en HRTF-grupp.

Under hörseltestet fann vi att olika personer skiljde stort i förmåga att riktningbestämma ljud. Vissa spelare hade väldigt svårt att lokalisera ljud i djupled, och det var vanligt att ljud som var positionerade framför spelaren uppfattades som att de istället kom bakifrån. Höjdled var även det svårt för vissa spelare, och förväxlingar kunde ske mellan ljud i höjdled och i djupled (ett ljud ovanifrån uppfattades som att det istället kom bakifrån osv.). Dessa svårigheter kan delvis förklaras av fenomenet *cone of confusion* (se avsnitt 2.2 om människans riktningshörsel).

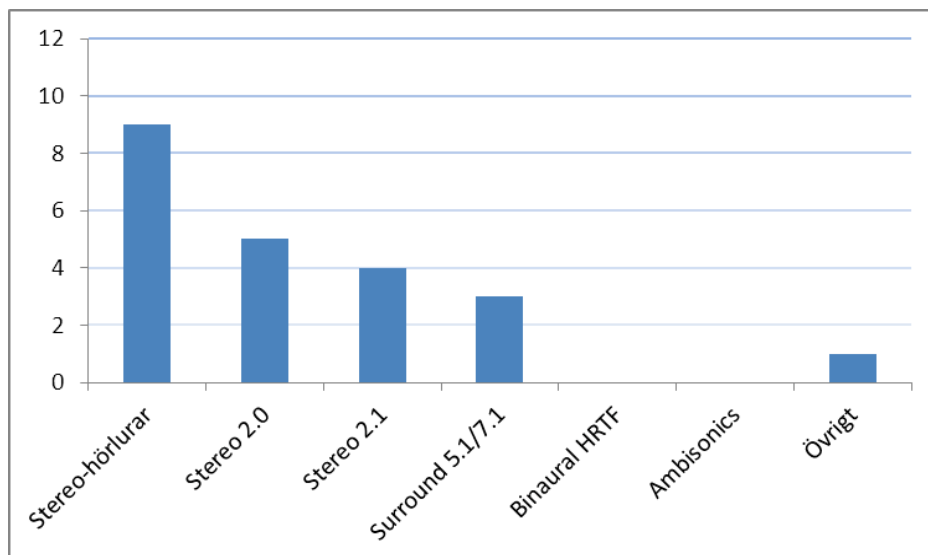
Vissa spelare fick emellertid utmärkt resultat med alla HRTF-grupper medan andra fick svagare resultat med nästan alla HRTF-grupper, vilket vi inte hade förväntat oss. Vi återkommer till detta i diskussionsavsnittet.

4.2 Frågor

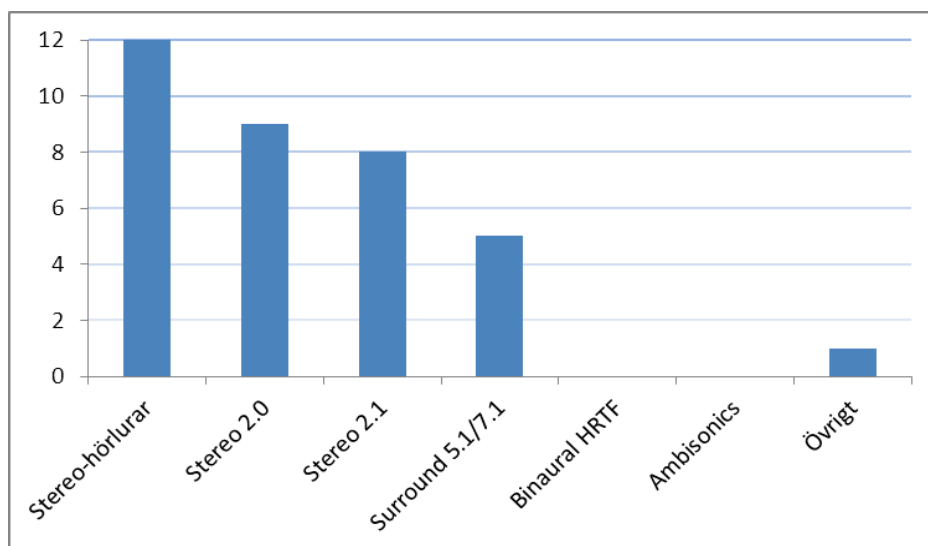
4.2.1 Bakgrundsfrågor

Ljuduppsättningar

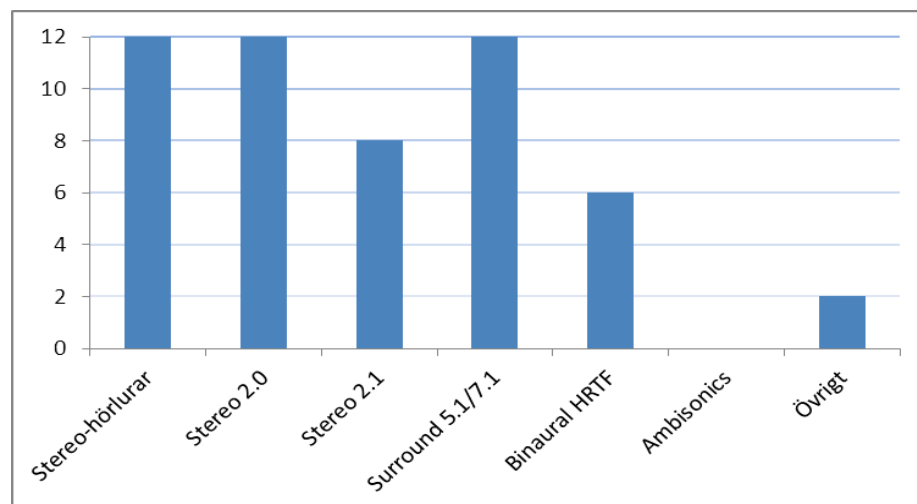
Majoriteten av spelarna använde normalt hörlurar när de spelade datorspel, men de var alla bekanta med uppsättningar för surroundljud i något sammanhang. Ungefär hälften (5/12) av spelarna hade även tillgång till en 5.1-uppsättning vilken de kunde använda när de spelade datorspel, eller hade provat att använda en 5.1-uppsättning när de spelade datorspel. En spelare använde normalt en annan ljuduppsättning än de vi hade listat (surround genom hörlurar). Fördelningen såg ut enligt diagrammen:



Figur 4.2.1. "Vilka ljuduppsättningar använder du normalt när du spelar datorspel?"



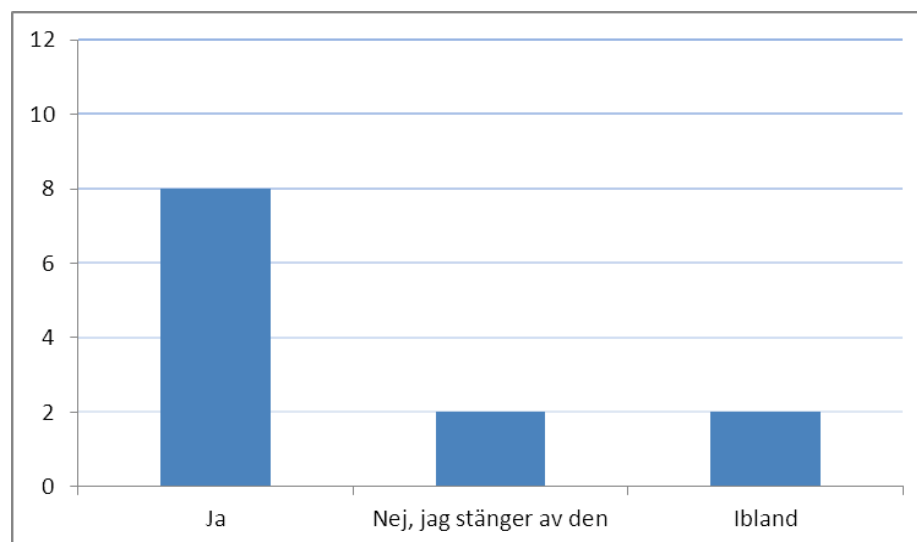
Figur 4.2.2. "Vilka ljuduppsättningar har du provat för datorspel?"



Figur 4.2.3. "Vilka ljuduppsättningar har du provat för annat, exempelvis film?"

Inga av spelarna hade tidigare provat HRTF i datorspel, men hälften av spelarna var bekanta med begreppet. Hälften av spelarna hade även provat HRTF i andra sammanhang (*observera att dessa personer inte nödvändigtvis var samma personer som var bekanta med begreppet!*), där det vanligaste sammanhanget var videon "Virtual Barbershop" som finns tillgänglig på videokanalen Youtube⁵⁵.

Musik



Figur 4.2.4. "Brukar du spela med spelets egen musik?"

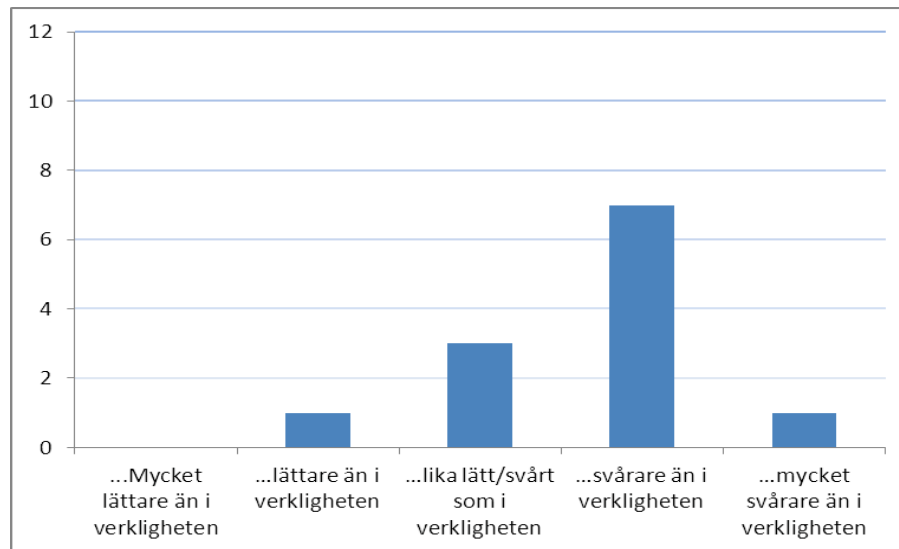
Majoriteten av spelarna spelade med spelets egen musik om detta fanns som ett valbart alternativ, men de flesta sänkte volymen på musiken så att den var låg i förhållande till spelets övriga ljud.

4.2.2 Spelarens uppfattning av spatialt ljud och människans riktningshörsel

Lokalisering av ljud i datorspel och i verkligheten

Som tidigare nämnt var följande två frågor ämnade att utreda spelarens uppfattning och förväntningshorisont gällande människans riktningshörsel i allmänhet. Denna fråga gällde hur lätt eller svårt spelaren upplevde att det är att riktningsbestämma ett ljud i ett FPS-spel i jämförelse med verkligheten.

⁵⁵ Virtual Barbershop, Youtube. 2011. <http://www.youtube.com/watch?v=IUDTlvagjJA>



Figur 4.2.5. "Att lokalisera en ljudkälla i ett datorspel jämfört med i verkligheten är normalt..."

Endast en av deltagarna tyckte att det var lättare att lokalisera ljudkällor i FPS-spel jämfört med verkligheten, där motiveringen var att dynamiken på ljudet i datorspel är bättre anpassad än i verkligheten. Majoriteten av spelarna hade dock uppfattningen att det är lika lätt/svårt (3/12), svårare (7/12) eller mycket svårare (1/12) att lokalisera ljudkällor i datorspel jämfört med verkligheten.

Spelarnas uppfattning om uttrycket "3D-ljud"

Följande fråga ställde vi för att få en bild av spelarens förväntningar av en återgivningsteknik som benämns som 3D-ljud. I vissa fall nämnde spelaren även sina åsikter om hur detta kunde relateras till FPS-spel. Spelarnas kommentarer kan ses i följande tabell (nästa sida):

Beskriv kort vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud!
Spelare 1: <i>"Man är i spelet (mer än att man styr en gubbe), och upplever spelvärlden som om man vore där"</i>
Spelare 2: <i>"Man ska verkligen kunna känna en 'source of direction'"</i>
Spelare 3: <i>"Lite åt surroundhållet, man kan placera ett ljud i de tre dimensionerna. 3D-ljud låter lite "säljande'"</i>
Spelare 4: <i>"Man hör vilken riktning ljudet kommer ifrån"</i>
Spelare 5: <i>"Bra positionering av en ljudkälla"</i>
Spelare 6: <i>"Surround"</i>
Spelare 7: <i>"Man känner sig "inuti" (spelet) och hör ljud runt omkring"</i>
Spelare 8: <i>"Ett verkligt perspektiv, som om man vore där"</i>
Spelare 9: <i>"Att man kan höra ljud från olika riktningar, i alla dimensioner"</i>

fortsättning på nästa sida

Spelare 10: "Man kan höra vilket håll ljudet kommer ifrån, 5.1 är som halvtaskig surround i jämförelse"
Spelare 11: "3-dimensionellt ljud"
Spelare 12: "Ljud fast i tre dimensioner"

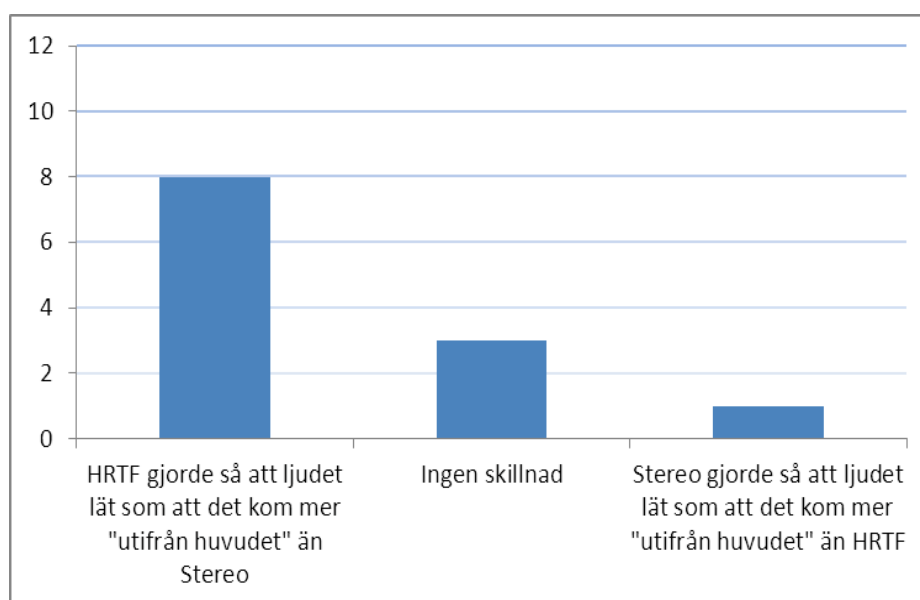
Tabell 4.2.2. Spelares förväntningar på uttrycket "3D-ljud".

Spelarna som fokuserade mer på hur upplevelsen av 3D-ljud borde vara i ett datorspel (istället för sin individuella lokaliseringsförmåga), nämnde alla att man som spelare ska känna sig som att man verkligen är *inuti* världen *som om man vore där*. Detta tyder på att dessa spelare upplever att det finns en koppling mellan en 3D-ljudupplevelse i datorspel och den förväntade graden av immersion.

4.2.3 Lokalisering av ljud med de olika teknikerna

"Out-of-head experience"

Spelarnas upplevelse av out-of-head-fenomenet såg ut enligt diagrammet nedan:



Figur 4.2.6. "Välj det påstående som bäst beskriver skillnaden mellan teknikerna"

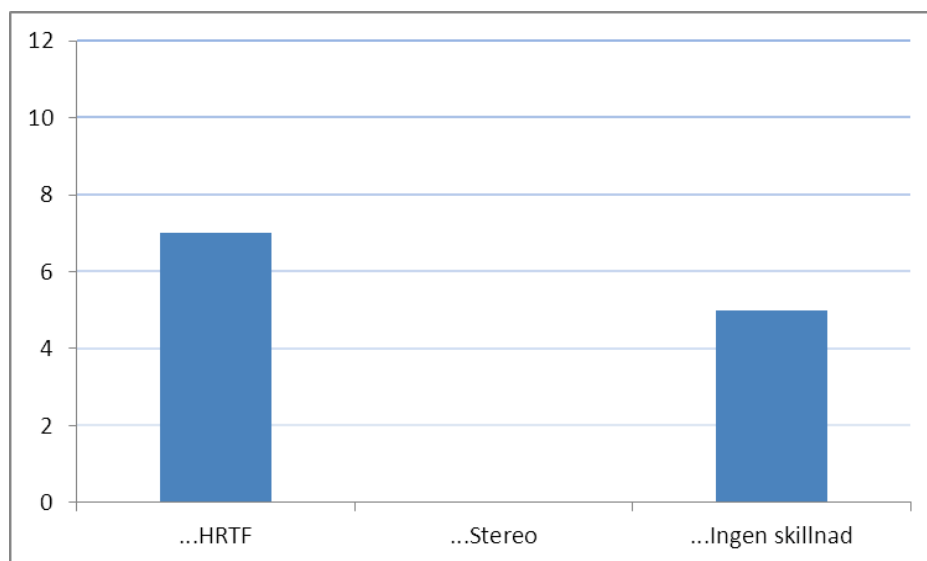
Majoriteten av spelarna upplevde att HRTF gjorde så att ljudet lät som att det kom mer utifrån huvudet än stereo.

Det fanns ingen tydlig koppling mellan resultatet i hörseltestet med spelare som inte uppfattade någon skillnad mellan teknikerna, då både spelare som hade fått ett väldigt starkt resultat i hörseltestet, och spelare som hade fått ett svagt resultat i hörseltestet hade denna åsikt.

Vissa av spelarna fann denna fråga svår att förstå, vilket kan tyda på att de inte upplevde fenomenet.

Jämförelse mellan teknikerna i lokalisering av ljud i de tre dimensionerna

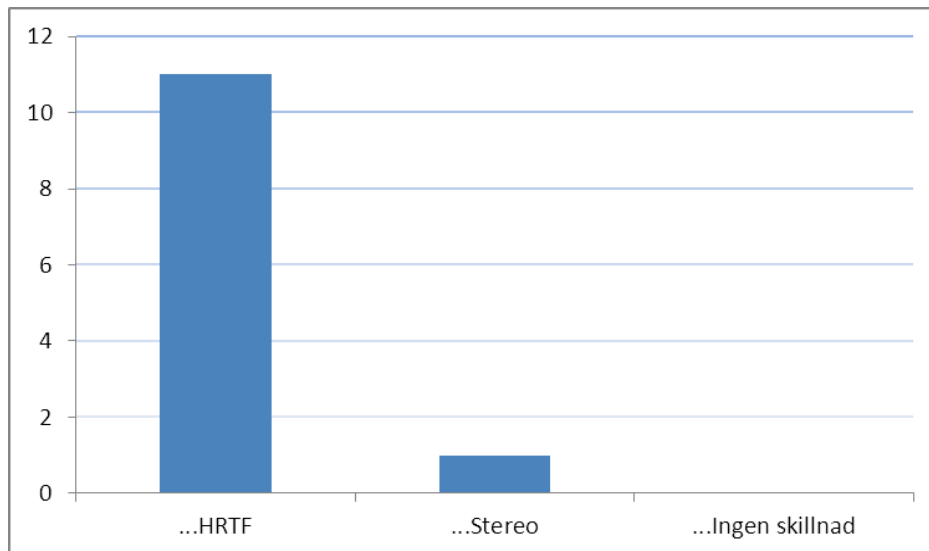
Spelarnas upplevda lokaliseringsförmåga i de tre dimensionerna med de olika teknikerna kan ses i följande diagram:



Figur 4.2.7. "Att lokalisera ljud i sidled var lättare med..."

I sidled fann mer än hälften av testpersonerna (7/12) att HRTF var bättre än stereo, medan resten (5/12) inte märkte någon skillnad mellan teknikerna. Detta resultat kan tyckas vara märkligt, eftersom sidled är den enda riktiga dimension där stereo borde kunna konkurrera med HRTF. Dock hade spelarna många motiveringar till varför HRTF gav bättre lokaliseringsförmåga även i sidled.

Vissa fann ljuden lättare att lokalisera i sidled med HRTF på grund av att ljuden lät mer som att de kom utifrån huvudet än stereo. Andra spelare motiverade på liknande sätt att helhetsintrycket av HRTF gav en mer naturlig ljudbild och att ljudet från ett ljudobjekt i spelet verkligen lät som att det kom från en riktig ljudkälla, och att detta skilde teknikerna åt, även i sidled. Andra upplevde att det var lättare att bedöma *avståndet* till en ljudkälla i sidled med HRTF. Vissa av spelarna uppfattade en mindre skillnad till HRTF:s fördel utan att riktigt kunna sätta fingret på vad skillnaden var.

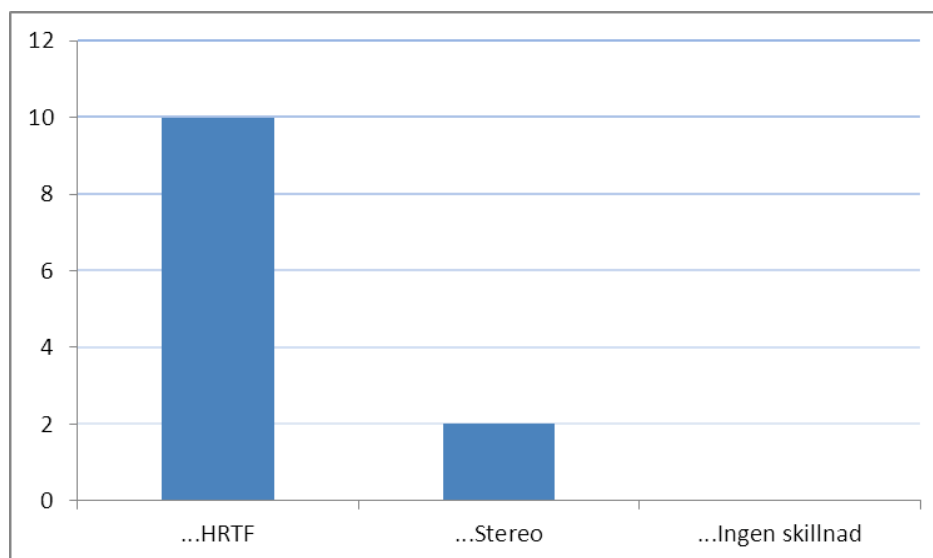


Figur 4.2.8. "Att lokalisera ljud i djupled var lättare med..."

I djupled upplevde alla spelare utom en att det var lättare att lokalisera ljud med HRTF än stereo, där de flesta upplevde mycket stor skillnad mellan teknikerna.

En spelare menade att det var en klar skillnad till HRTF:s fördel, men att detta ändå inte spelade någon större roll, då den visuella informationen från spelet är viktigare än den auditiva informationen, och att om man inte ser en spelare framför sig eller hör denne från sidorna, vet man att denne är någonstans bakom en.

Spelaren som upplevde att det var lättare att lokalisera ljud i djupled med stereo än med HRTF fick mycket svaga resultat i djupled under hörseltestet, och fann även denna dimension mycket svår med stereo i spelet.



Figur 4.2.9 "Att lokalisera ljud i höjdled var lättare med..."

I höjdled var uppfattningen om skillnaden i lokaliseringsförmåga i spelet mellan teknikerna väldigt lik den i djupled. Alla spelare utom två fann att det var lättare att lokalisera ljud i höjdled med HRTF än stereo, och de flesta av spelarna menade att skillnaden mellan teknikerna var störst i denna dimension.

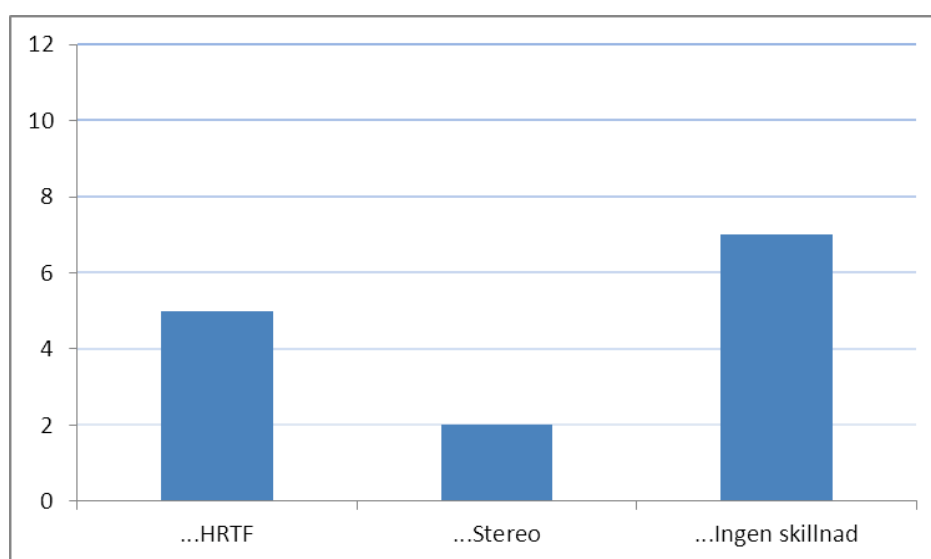
En spelare tyckte att den ökade lokaliseringsförmågan med HRTF i höjded gjorde att inlevelsen i spelet ökade. En annan spelare menade att HRTF var bättre, men att det generellt är svårt att lokalisera ljud i höjded genom hörlurar jämfört med i verkligheten.

Ingen av de två spelarna som fann att det var lättare att lokalisera ljud i höjded med stereo än HRTF lämnade någon särskild förklaring till detta. Det är svårt att dra paralleller till hörseltestet i det här fallet, eftersom att en av spelarna fick ett ganska svagt resultat, medan den andra spelaren fick ett väldigt starkt resultat.

En av spelarna kände att HRTF möjliggjorde en lokaliseringsförmåga i de tre dimensionerna som kunde upplevas som *för bra* och att detta kunde leda till förvirring när man som spelare hade så många ljudintryck att bearbeta.

Ljudkvalitet

Nedan visas uppfattningen om upplevd skillnad i ljudkvalitet mellan teknikerna:



Figur 4.2.10. "Ljudeffekterna lät mer verklighetstrogna med..."

Majoriteten av spelarna (7/12) upplevde ingen skillnad i ljudkvalitet mellan teknikerna. Av dem som upplevde skillnad var det däremot fler (5/12) som föredrog HRTF framför stereo, gentemot resten (2/12) som föredrog stereo framför HRTF. Den främsta motiveringen till att spelarna föredrog HRTF i det här fallet, var att ljuden lät mer levande i förhållande till stereoljuden, som beskrevs som mer "råa" och "uppspelade". Andra spelare menade att vissa ljud lät bättre med HRTF, och andra ljud lät bättre med stereo.

Några av spelarna fann att vissa av ljuden i spelet hade *opassande nivåer*, exempelvis ett alltför högt ljud på fotstegen från den egna spelaren. Detta är dock någonting som har med ljudmixningen i det individuella spelet att göra (se ljudmixning i avsnitt 2.4.3 om ljud i datorspel), och har alltså ingenting att göra med teknikerna för positionering.

Musik

Spelarna som spelade med musik under testet blev även frågade om de upplevde någon skillnad på musikens kvalitet mellan teknikerna när de spelade spelet.

Musiken lät bättre med	
HRTF	0
Stereo	1
Ingen skillnad	4

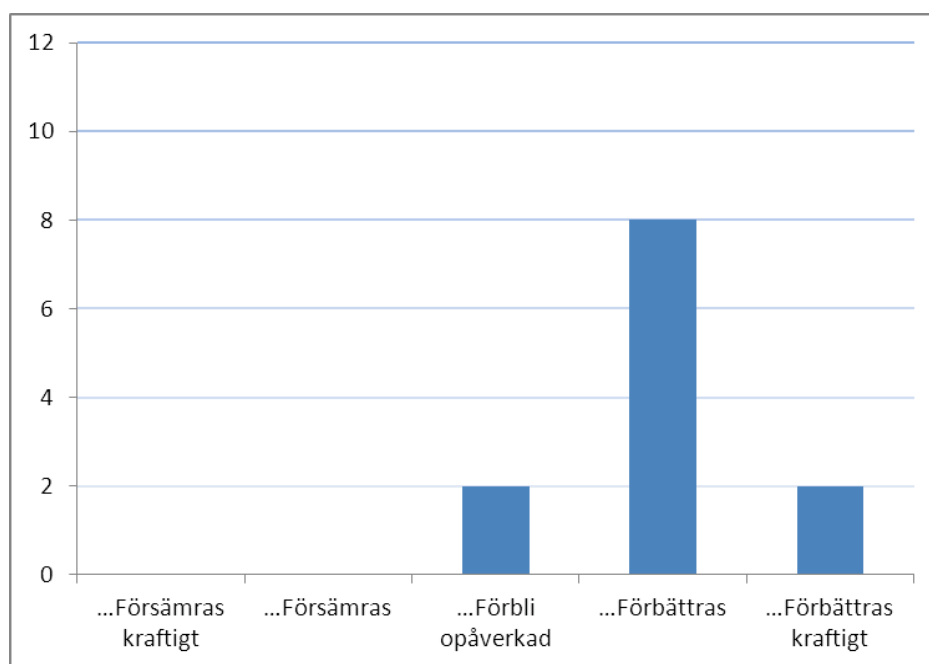
Tabell 4.2.3. Spelares kommentarer om teknikernas påverkan på musiken

En person fann att musiken lät bättre i stereo än HRTF, medan resten som spelade med musik (4/12) inte märkte någon skillnad mellan teknikerna.

4.2.4 Spelarens prestation

Teknikernas påverkan på spelarens prestation

Spelarnas uppfattning om prestationspåverkan med de olika teknikerna blev följande:



Figur 4.2.11. "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag min prestation skulle..."

Majoriteten av testpersonerna (8/12) trodde deras prestation skulle förbättras om de använde HRTF istället för stereo, där motiveringen främst var att motståndarna var lättare att lokalisera än med stereo, och att man som spelare således kunde reagera snabbare. Flera av dessa spelare påpekade att de inte trodde att skillnaden skulle vara speciellt stor.

Vissa av dessa spelare ansåg att ljudets påverkan på spelarens prestation även kunde kopplas till spelgenren, och att information från ljudet spelar olika stor roll i olika spel.

Andra spelare i denna grupp trodde att ljudets påverkan på spelarens prestation även kunde kopplas till spelarens skicklighet, och att påverkan på prestationen blev högre ju högre nivå man spelade på.

Två av de fyra spelare med tillgång till 5.1 och som ansåg att spelnivån skulle förbättras med HRTF jämfört med stereo nämnde även hur de trodde att deras prestation skulle påverkas av att använda HRTF istället för 5.1. En av spelarna trodde att HRTF skulle förbättra prestationen jämfört med 5.1 på grund av att det är svårt att få till en bra 5.1-uppställning, samt att andra faktorer t.ex. rummets klangpåverkan och andra ljud eliminerades när man spelade med HRTF över hörlurar. Den andra spelaren i denna grupp trodde inte att det skulle bli någon större skillnad i prestationspåverkan mellan HRTF och 5.1, men sa att det eventuellt kunde bli en liten förbättring med HRTF.

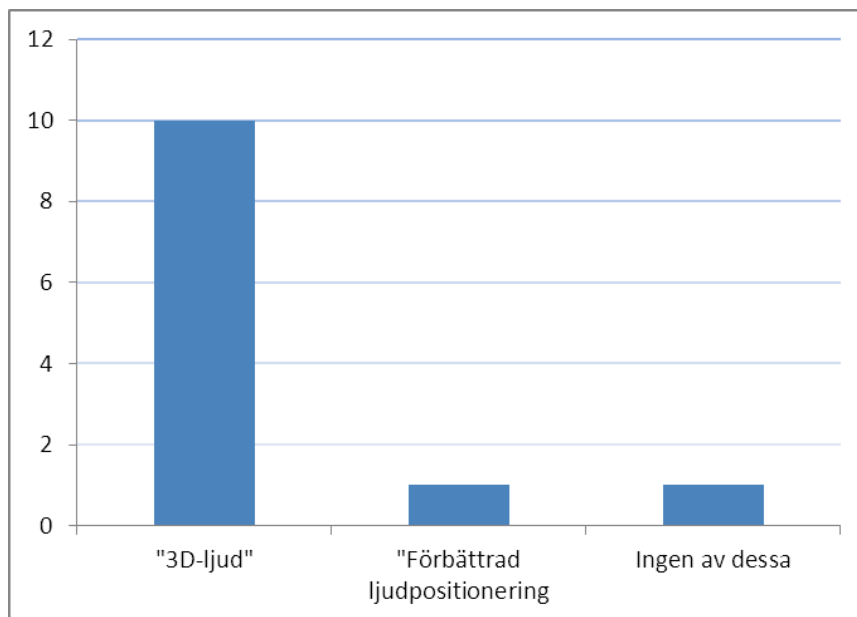
Två spelare trodde att prestationen skulle förbli opåverkad om de använde HRTF istället för stereo. Den ena spelaren upplevde generellt ingen större skillnad mellan HRTF och stereo i spelet, och hade heller inte upplevt HRTF genom hörlurar vid något tidigare tillfälle. Den andra spelaren hade tidigare upplevt HRTF genom hörlurar, och trodde att prestationen kunde påverkas om man spelade på elitnivå, men inte för sitt personliga bruk. Båda dessa spelare fick mycket svaga resultat under hörseltestet, den ena spelaren i djupled, och den andra spelaren i djupled och höjled.

Två spelare ansåg att prestationen skulle höjas kraftigt om de använde HRTF istället för stereo. Båda dessa spelare var väldigt positiva till HRTF i spelet, och ansåg att de med HRTF direkt kunde höra var fienden var till skillnad från stereo. Dessa spelare fick även väldigt starka resultat i alla dimensioner under hörseltestet.

4.2.5 Spelarens attityd gentemot tekniken

Benämning av tekniken

Här undersökte vi om spelarna tyckte det var rättvist att benämna det de just hört i spelet som "3D-ljud":



Figur 4.2.12. "Tycker du det är rättvist att benämna det du just hört som: "

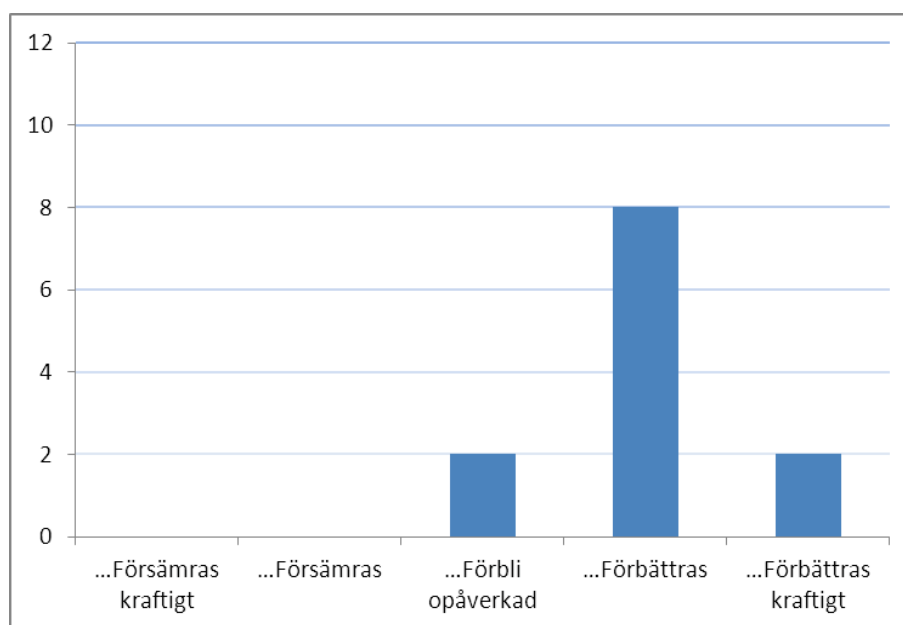
Nästan alla spelare (10/12) tyckte att det var rättvist att benämna tekniken som ”3D-ljud”, där den främsta motiveringen var den ökade lokaliseringsförmågan i höjddled. I denna grupp fanns både personer som hade fått svaga till mycket svaga resultat på hörseltestet, samt de som hade fått normala, starka eller mycket starka resultat på hörseltestet.

En spelare tyckte inte tekniken var rättvis att benämna som ”3D-ljud”, utan menade att ”förbättrad ljudpositionering” var en bättre beskrivning. Denna spelare fick svaga resultat i djupled under hörseltestet.

En annan spelare tyckte inte tekniken var rättvis att benämna som ”3D-ljud”, och heller inte som ”förbättrad ljudpositionering”. Motiveringen var att den förbättrade lokaliseringsförmåga endast var i höjddled. Denna spelare fick mycket svaga resultat i djupled under hörseltestet.

Teknikernas påverkan på spelarens spelglädje

Då spelarna tillfrågades hur de trodde att spelglädjen skulle påverkas av att använda HRTF istället för stereo blev fördelningen av svar precis samma som för frågan om prestationspåverkan – även om alla spelare inte svarade likadant på de båda frågorna.



Figur 4.2.13. ”Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag att spelglädjen skulle...”

Majoriteten av spelarna (10/12) trodde att spelglädjen skulle förbättras eller förbättras kraftigt av att använda HRTF istället för stereo. Många angav motiveringen att HRTF ökade inlevelsen i spelet, eller att HRTF gav en mer verklighetstrogen och fulländad upplevelse, och därför var bättre än stereo. En av spelarna påpekade även att spelglädjen skulle förbättras med HRTF jämfört med en 5.1-uppställning. I denna grupp fanns både spelare som hade fått väldigt svaga resultat och väldigt starka resultat på hörseltestet.

På samma sätt som för frågan om prestationspåverkan trodde några spelare att spelglädjens påverkan vid användandet av HRTF jämfört med stereo kunde variera beroende på spelgenren. En spelare menade att FPS-spel som *Call of Duty*-serien⁵⁶ och *Unreal Tournament 3* var passande, medan en annan spelare ansåg att ett lugnare, mer

⁵⁶ Call of duty-serien, officiell hemsida. 2011. <http://www.callofduty.com/>

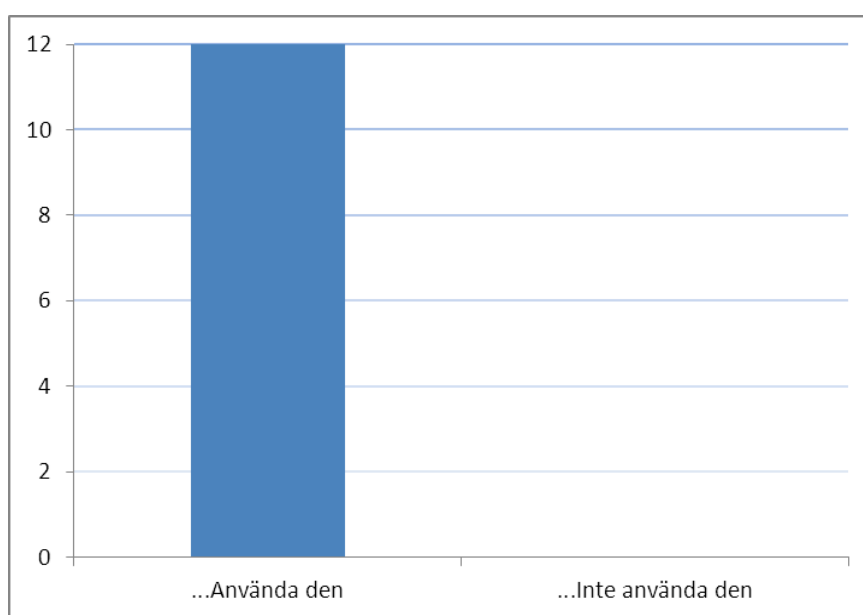
utforskande spel som *Mirror's Edge*⁵⁷ eventuellt skulle lämpa sig bättre, eftersom man använder sig mer av ljudet i dessa typer av spel.

En spelare drog parallellen till spelprestationen och menade att *"spelglädjen ökar med bättre prestation"*.

Två personer ansåg att spelglädjen inte skulle påverkas av att använda HRTF istället för stereo. En av dessa spelare fick ett mycket svagt resultat i djupled under hörseltestet, medan den andra spelaren fick normala till starka resultat i alla dimensioner under hörseltestet.

Användning av HRTF

Alla spelare svarade att de skulle ha använt HRTF om det fanns som en valbar inställning i spelet. Alla spelare ansåg dock att HRTF var ett bättre alternativ än stereo, även om den upplevda skillnaden skiljde sig från spelare till spelare.



Figur 4.2.14. *"Om mitt FPS-spel hade en inställning för den HRTF jag nyss använt skulle jag..."*

Flera spelare sade att de skulle använda HRTF om man enkelt kunde se HRTF som ett valbart alternativ i menyn för ljudinställningar. En spelare menade att han endast skulle använda HRTF om han *visste* att det fanns som ett valbart ljudalternativ, och alltså inte självmant skulle gå in i inställningarna och leta efter HRTF.

Spelaren med tillgång till surroundhörlurar var osäker på vad som vore bäst att använda mellan dessa och HRTF, och ville jämföra teknikerna innan han bestämde sig. En annan spelare skulle använda HRTF eftersom han fann att det fungerade bättre än stereo. Dock upplevde han surround som bästa alternativet.

Ytterligare en spelare kunde tänka sig att använda HRTF istället för 5.1 ibland, men att det främst berodde på situationen (t.ex. när han hade sällskap och inte).

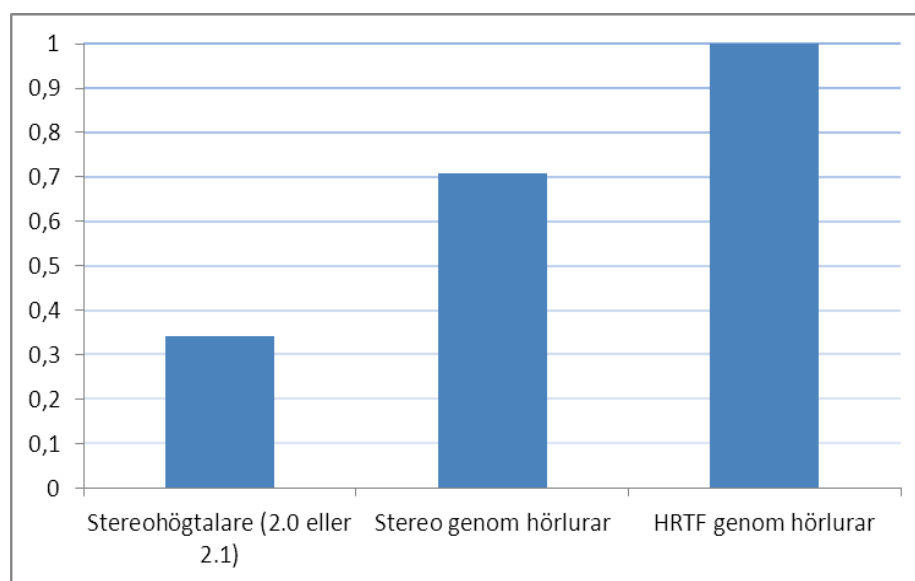
⁵⁷ Mirrors Edge, Wikipedia. 2011. http://sv.wikipedia.org/wiki/Mirror's_Edge

Rangordning av olika ljudåtergivningstekniker i FPS-spel

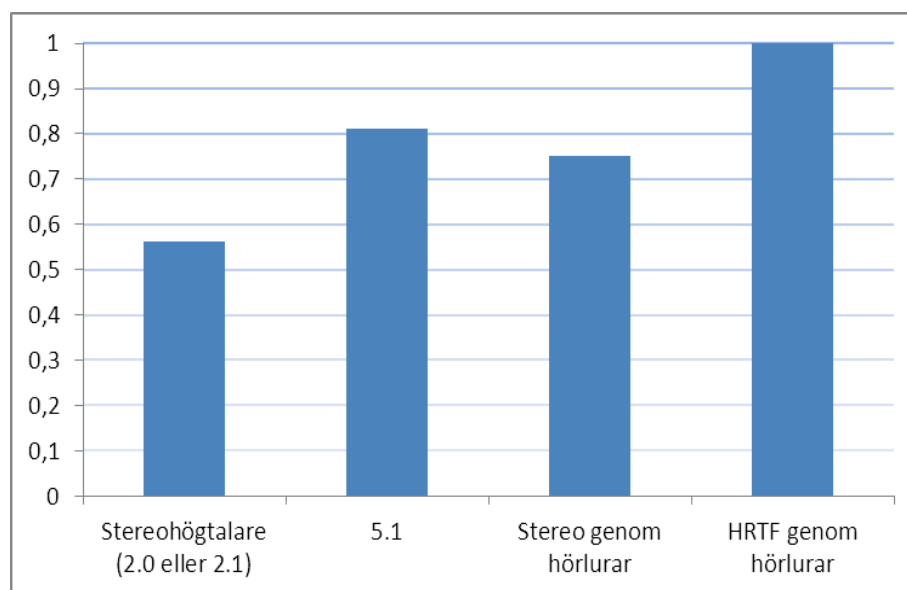
Vi lät spelarna bedöma vilka alternativ för ljuduppsättningar (stereo 2.0/2.1, surround 5.1, stereo genom hörlurar, HRTF genom hörlurar) de föredrog genom att rangordna dem mellan 1-4 där en etta var det alternativ de föredrog mest.

Hälften av testpersonerna hade spelat FPS-spel med surround och vi gjorde således två jämförelser, en för de spelare som spelat med surround och en för de spelare som inte gjort det (de som inte spelat med surround rangordnade alternativen mellan 1-3 istället för 1-4).

Spelarnas rangordning räknades sedan om till poäng på skalorna 1-4 respektive 1-3 där en etta i rangordning för ett alternativ motsvarar högsta poängen. Poängen summerades och normaliserades i förhållande till det mest föredragna alternativet.



Figur 4.2.14. Rangordning av ljuduppsättningar för spelare som inte provat surrounduppsättningar för FPS-spel.



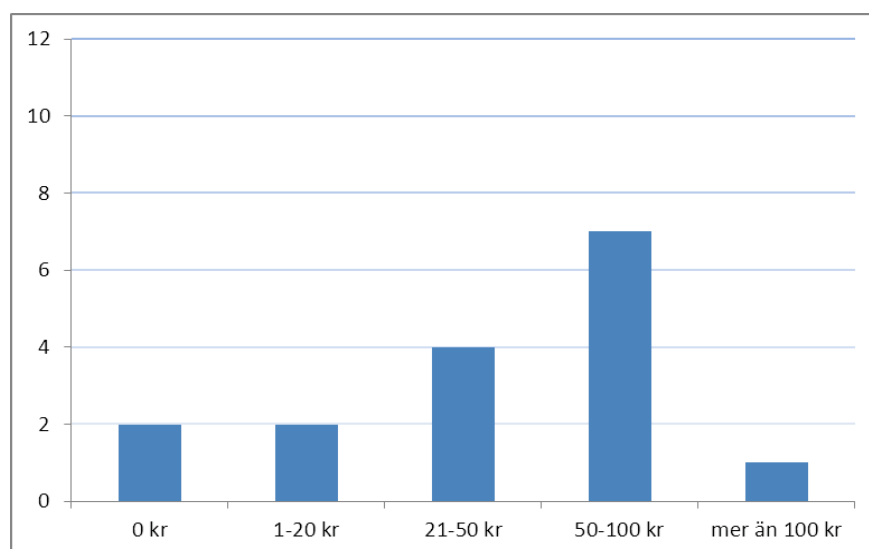
Figur 4.2.15. Rangordning av ljuduppsättningar för spelare som hade provat surrounduppsättningar för FPS-spel.

Resultatet visar att HRTF anses vara klart bättre än stereo, men även att HRTF definitivt kan anses konkurrera med 5.1-opsättningar. De spelare som föredrog 5.1 framför HRTF angav som främsta anledning att de inte ville spela med hörlurar.

Spelaren som spelat med surroundhörlurar föredrog denna teknik. Denna teknik inkluderades inte eftersom ingen annan provat denna teknik.

Spelarens ekonomiska perspektiv på HRTF

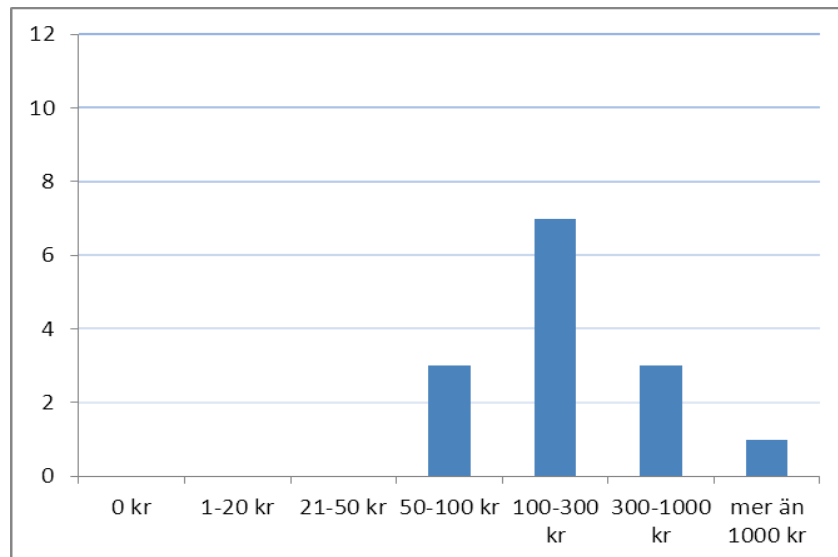
I den första frågan ville vi veta hur mycket spelaren var beredd att betala för att kunna använda HRTF i *ett* FPS-spel, om det låg som en extra kostnad i det enskilda spelet.



Figur 4.2.16. "Hur mycket skulle du kunna tänka dig att betala för att få stöd för HRTF i ett spel du gillar?"

Spelarnas åsikter på denna punkt varierade, och vissa menade att det berodde på vad spelet i sig kostade, samt hur mycket de gillade eller hade sett fram emot spelet. Då detta gjorde att vissa spelare ville svara i intervaller som var större än de vi föreslagit tilläts spelarna välja flera alternativ. Den största tänkbara kostnaden verkade dock oftast ligga i intervallet 20-100 kr.

I den andra frågan undrade vi istället hur mycket spelaren var beredd att betala om kostnaden låg i en extern mjukvara som möjliggjorde för spelaren att använda HRTF i *alla* sina spel.



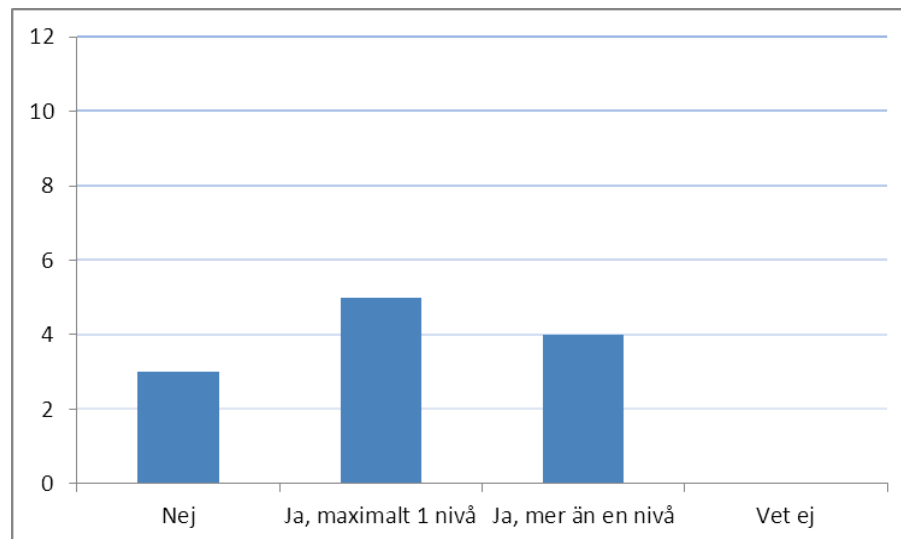
Figur 4.2.17. "Hur mycket skulle du kunna tänka dig att betala för att få stöd för HRTF i alla dina spel?"

Här var alla spelarna villiga att betala mer. De flesta svarade i överkanten av intervallet 100-300 kr eller i underkanten av intervallet 300-1000 kr. Det vanligaste svaret var alltså runt 300 kr.

En spelare motiverade sitt val av de högre intervallen med att han var villig att betala mycket, såvida det var en officiell programvara från ett välkänt företag.

Ljudkvalitet och bildkvalitet

De flesta av spelarna (9/12) kunde tänka sig att sänka bildupplösningen, antingen ett eller flera steg om det krävdes för att kunna använda HRTF.



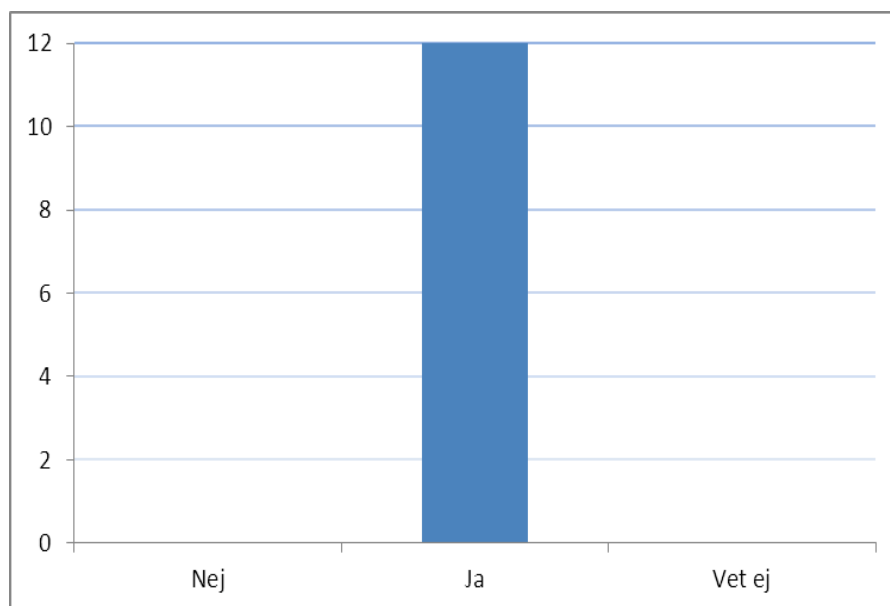
Figur 4.2.18. "Om det krävdes, skulle du kunna tänka dig sänka bildupplösningen för att kunna använda HRTF?"

En spelare som valde "maximalt en nivå" menade att det var en avvägning, då det i FPS-spel ofta handlar om att så lätt som möjligt finna motståndare, och att detta kanske blir svårare om man sänker bildupplösningen för mycket.

De som inte skulle kunna tänka sig att sänka bildupplösningen (3/12) motiverade alla sitt val med att det visuella var viktigare för dem än ljudet. Inga direkta paralleller kan här dras till hörseltestet, eftersom en av spelarna från denna grupp fick ett mycket starkt resultat i alla dimensioner under hörseltestet, och i övrigt var väldigt positiv till HRTF som ett ljudalternativ. De två andra spelarna i denna grupp fick mycket svaga resultat i djupled under hörseltestet.

Konfiguration av fil i operativsystemet

Här ville vi undersöka hur många spelare som kunde tänka sig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF i spelet, om de hade instruktioner för hur de skulle göra.



Figur 4.2.19. Spelares svar på om de skulle kunna tänka sig att modifiera en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF.

Alla spelare svarade att de skulle kunna tänka sig att göra detta, och ungefär hälften hade även gjort någonting liknande vid ett tidigare tillfälle.

Vissa svarade att de skulle kunna tänka sig göra detta om de visste att det fungerade.

En spelare sade att han skulle göra det om det hade marknadsförts i ett officiellt sammanhang, men att han däremot inte skulle lägga ner mycket tid på att hitta instruktioner via Internet på egen hand. En annan spelare skulle kunna tänka sig göra det om det inte tog för lång tid.

5. Diskussion och Slutsats

Följande kapitel behandlar analys av studiens resultat, felkällor och förslag på fortsatt forskning.

5.1 Analys av studiens resultat

Vi anser att studiens resultat tydligt visar att spelares inställning till att använda HRTF-teknik för ljudåtergivning under de förutsättningar som testet inneburit är mycket positiva. Vi tror att detta innebär att det finns stora möjligheter till positiv inställning gentemot tekniken även under andra förhållanden, exempelvis med ett annat spel. Samtliga spelare påstod att de skulle använda HRTF om de hade tillgång till det. Samtliga spelare angav också att de under någon förutsättning skulle kunna tänka sig att betala för att få tillgång till HRTF-teknik, och majoriteten av spelarna angav att de skulle kunna betala mellan 20 och 50 kr för att få tillgång till HRTF i *ett* spel som de gillar och ca 300 kr för att få tillgång till HRTF i *alla* spel de spelar. En majoritet av spelarna angav också att de kan tänka sig att sänka bildupplösningen i spelet samt att konfigurera om spelet för att kunna använda HRTF.

Beträffande möjligheten att använda HRTF-teknik för att förbättra ljudupplevelsen då spelaren spelar med hörlurar anser vi att studien tydligt visar att HRTF-teknik har stora möjligheter att göra detta. En tydlig majoritet av spelarna trodde att både prestation och spelupplevelse skulle förbättras av att använda HRTF istället för traditionell stereo och övriga spelare trodde att dessa aspekter skulle förbli opåverkade. En stor majoritet av spelarna angav också att de föredrog HRTF framför både stereohörlurar och stereohögtalare. Många spelare upplevde också att det var lättare att lokalisera ljudkällor med HRTF, framförallt i höjdded. Spelarnas resultat på hörseltestet hade dock inte någon stark koppling till upplevd lokaliseringsförmåga i spelet eller attityd gentemot tekniken. Vi tror att effekten av visuella signaler och möjlighet till huvudrörelser är stor och att tester utan dessa element – exempelvis studiens hörseltest – ska tolkas med försiktighet.

Beträffande spelarnas inställning till HRTF som ljudåtergivningsalternativ jämfört med andra tillgängliga alternativ anser vi att studien indikerar att HRTF kan konkurrera med andra uppsättningar, exempelvis surround, då flera spelare sagt att de föredrar HRTF framför något annat de har provat, men att det inte går att dra några egentliga slutsatser om detta då inga direkta jämförelser gjorts till andra tekniker är traditionell stereo genom hörlurar. Studien har inte heller undersökt resultaten med HRTF-teknik under optimala förhållanden, utan snarare hur spelarna ställer sig till en generell implementering av HRTF. Hur spelarna ställer sig till HRTF under optimala förhållanden faller tyvärr utanför studiens ramar.

5.2 Felkällor

I planeringen och utförandet av studien har vi jobbat noggrant med att eliminera felkällor i största möjliga utsträckning. Hur som helst bör följande saker beaktas vid analys av studiens resultat.

Vi fick intrycket av att vissa spelare upplevde en viss prestationsångest under hörseltestet vilket kan ha påverkat deras resultat och eventuellt även deras inställning till tekniken. Vi upplevde dock inte detta under speltestet som låg till grund för frågorna.

Vissa av frågorna vi ställer till spelarna är i sin utformning spekulativa och spelarna ombeds att göra jämförelser med tidigare erfarenheter snarare än med sådant de upplevt i speltestet. Resultatet på dessa frågor bör därför ses som en sammanställning över vad spelarna *tror* att de tycker snarare än deras direkta åsikter. Vi har under studiens genomförande varit mycket noggranna med att tillåta spelare att uttrycka eventuell osäkerhet och att notera denna så att vi kunnat tolka svaren på ett lämpligt sätt.

Vi har försökt att använda en testgrupp med skiljda fysiska egenskaper då huvudform och form på ytteröra kan påverka resultatet vid användning av generella HRTF:er vilket vi anser att vi lyckats med, men tyvärr deltog inga kvinnliga spelare i testet. Det är mycket svårt att dra slutsatser om på vilket sätt fysiska egenskaper påverkar resultatet och vi vet tyvärr inte i vilken utsträckning studiens resultat hade varit relevant för en kvinnlig testgrupp.

I studien har enbart ett spel använts. Som flera spelare påpekat kan spelets karaktär påverka relevansen med bra lokaliseringsförmåga vilket i sin tur kan påverka spelarnas inställning till att använda tekniken och vi tror även att spelets ljudmixning och akustiska miljösimulering kan påverka resultatet i viss mån. Dock påpekade flera spelare att de tror att de skulle ha *större* nytta av förbättrad lokaliseringsförmåga i andra typer av spel.

5.3 Förslag till fortsatta studier

För att bättre kunna besvara hur HRTF står sig som alternativ till andra tekniker föreslår vi ytterligare studier där tekniken testas under förhållanden som är närmare de optimala. För att ordentligt kunna utvärdera HRTF som ljudåtergivningsteknik tror vi att det är nödvändigt att jämföra resultaten för HRTF under optimala förhållanden med kostnaden för att uppnå dem.

Vi föreslår också att direkta jämförelser görs mellan HRTF och andra ljudåtergivningsalternativ, exempelvis surround.

En oväntad detalj vi uppmärksammade under hörseltestet var att spelarna fick väldigt olika resultat varandra emellan men ganska lika resultat för de fem olika HRTF-grupperna, i motsats till vad som skulle kunna förväntas enligt områdets teori. Vi tror att det kanske finns en skillnad i människors lokaliseringsförmåga överlag och att den skillnaden är större än skillnaden i resultat mellan olika HRTF:er. Detta är ett område vi tror är nödvändigt att utforska vidare för att framgångsrikt kunna arbeta med generella HRTF:er och spatialt ljud för underhållning i allmänhet.

Litteraturlista

Böcker & artiklar

- BODÉN, M. 2010. *Immersion och lärande*
- BOGREN ERIKSON, M. 2010. *The Sound of Reality, simulated spatial acoustics in modern game worlds*
- CSIKSZENTMIHALYI, M & RATHUNDE, K. 1993. *The measurement of flow in everyday life*
- GOODWIN, S. 2009. *3D Sound for 3D Games – Beyond 5.1*
- GOODWIN, S. 2009. *How Players Listen*
- GÜNZEL, S. 2010. *Logic and Structure of the Computer Game*
- MOORE, B. 2008. *An Introduction to the Psychology of Hearing*
- MURPHY, D. *An Introduction to Spatial Sound.*
- POHLMAN, K. 2011. *Principles of Digital Audio*
- ROLLINGS, A & ADAMS, E. 2003. *On Game Design*
- RÖBER, N & MASUCH, M. *Auditory Game Authoring*
- SMITH, S. 2007. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*
- TOZER, J. 2010. *An exploration into the effectiveness of 3D Sound on video games*
- Game Developer Conference in Moscow. 2003. *Modern Audio Technologies in Games*

Webbkällor & övrigt

- A Survey Method for Assessing Perceptions of a Game: The Consumer Playtest in Game Design. The International Journal of Computer Game Research. 2005.
http://gamestudies.org/0501/davis_steury_pagulayan/
- Application Programming Interface, Wikipedia. 2011.
http://sv.wikipedia.org/wiki/Application_Programming_Interface
- Blue Ripple Sound, Rapture3D Technology. 2011.
<http://www.blueripplesound.com/index.php?target=technology>
- Call of duty-serien, officiell hemsida. 2011. <http://www.callofduty.com/>
- Creative Labs Sound Blaster X-Fi Review. 2011. <http://www.pcper.com/reviews/General-Tech/Creative-Labs-Sound-Blaster-X-Fi-Review/Feature-CMSS-3D-and-Testing>
- HRTF från Japan. 2011. <http://www.sp.m.is.nagoya-u.ac.jp/HRTF/database.html>
- HRTF från Frankrike. 2011. <http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/index.html>

HRTF från USA. 2011. <http://sound.media.mit.edu/resources/KEMAR.html>

Mirrors Edge, Wikipedia. 2011. http://sv.wikipedia.org/wiki/Mirror's_Edge

Open Audio Library, Wikipedia. 2011. <http://sv.wikipedia.org/wiki/OpenAL>

Rapture3D Audio Demonstration in UT3. 2011.

<http://www.youtube.com/watch?v=lqqiIR017SQ>

Virtual Barbershop, Youtube. 2011. <http://www.youtube.com/watch?v=IUDTlvagjJA>

Bilaga 1: Frågeformulär

Frågor om spelarbakgrund

Vilka FPS-spel spelar du åtminstone en gång i månaden?						
Ungefär hur många timmar i veckan spelar du FPS-spel?						
Vilka ljuduppsättningar använder du normalt när du spelar?						
Stereo-hörlurar	Stereo 2.0	Stereo 2.1	Surround 5.1/7.1	Binaural HRTF	Ambisonics	Övrigt
Vilka ljuduppsättningar har du provat för datorspel?						
Stereo-hörlurar	Stereo 2.0	Stereo 2.1	Surround 5.1/7.1	Binaural HRTF	Ambisonics	Övrigt
Vilka ljuduppsättningar har du provat för annat? (Exempelvis film)						
Stereo-hörlurar	Stereo 2.0	Stereo 2.1	Surround 5.1/7.1	Binaural HRTF	Ambisonics	Övrigt
Vilka ljuduppsättningar vet du att de FPS-spel du spelar stöder?						
Stereo	Surround 5.1/7.1	Binaural HRTF	Ambisonics	Övrigt		
Hur ofta spelar du...						
...Singleplayer	Aldrig	0-3 h/månad	3-10 h/månad	10-20 h/månad	>20 h/månad	
...Internet Multiplayer	Aldrig	0-3 h/månad	3-10 h/månad	10-20 h/månad	>20 h/månad	
...LAN Multiplayer	Aldrig	0-3 h/månad	3-10 h/månad	10-20 h/månad	>20 h/månad	
Vilken bildupplösning använder du normalt när du spelar? (Uppskatta)						
640x480	800x600	1024x768	1280x1024	1600x1200 eller mer	vet ej	
Vilken är den lägsta bildupplösning du tycker är acceptabel?						
640x480	800x600	1024x768	1280x1024	1600x1200 eller mer	vet ej	
Brukar du spela FPS-spel med spelets egen musik?						
Ja	Nej, jag stänger av den					

Frågor om spelarens uppfattning av spatialt ljud och människans riktningshörsel

Känner du till begreppet Binauralt ljud eller HRTF?				
Ja	Nej			
Har du någonsin upplevt "3D-ljud" genom hörlurar? Beskriv! (exempelvis 'Virtual Barbershop')				
Ja	Nej			
Beskriv kort vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud!				
Att uppskatta var en ljudkälla utanför ditt synfält i ett FPS-spel befinner sig är normalt...				
...Mycket lättare än i verkligheten	...lättare än i verkligheten	...lika lätt/svårt som i verkligheten	...svårare än i verkligheten	...mycket svårare än i verkligheten

Frågor om lokalisering av ljud med de olika teknikerna

Välj det påstående som bäst beskriver skillnaden mellan teknikerna:		
HRTF gjorde så att ljudet lät som att det kom mer "utifrån huvudet" än Stereo	Ingen skillnad	Stereo gjorde så att ljudet lät som att det kom mer "utifrån huvudet" än HRTF
Att lokalisera ljud i sidled var lättare med...		
...HRTF	...Stereo	...Ingen skillnad
Att lokalisera ljud som var framför/bakom mig var lättare med...		
...HRTF	...Stereo	...Ingen skillnad
Att lokalisera ljud i höjded var lättare med...		
...HRTF	...Stereo	...Ingen skillnad
Ljudeffekterna lät mer verklighetstrogna med...		
...HRTF	...Stereo	...Ingen skillnad
Musiken lät bättre med...		
...HRTF	...Stereo	...Ingen skillnad

Fråga om spelarens prestation

Om jag skulle använda HRTF istället för Stereo när jag spelar FPS spel tror jag min prestation skulle...				
...Försämras kraftigt	...Försämras	...Förbli opåverkad	...Förbättras	...Förbättras kraftigt

Frågor om spelarens attityd gentemot tekniken

Tycker du det är rättvist att benämna det du just hört som:				
"3D-ljud"				
Ja	Nej	Vet ej		
Något annat? Vad?				
Om jag skulle använda HRTF istället för Stereo när jag spelar FPS spel tror jag att spelglädjen skulle...				
...Försämras kraftigt	...Försämras	...Förbli opåverkad	...Förbättras	...Förbättras kraftigt
Om mitt FPS-spel hade en inställning för den HRTF jag nyss använt skulle jag...				
...Använda den	...Inte använda den			
Rangordna följande alternativ för ljuduppsättningar efter vad du föredrar (1 för den du föredrar mest, 4 för den du föredrar minst, x om du inte provat tekniken)				
Stereohögtalare (2.0 eller 2.1)				
5.1 eller 7.1				
Stereo genom hörlurar				
HRTF genom hörlurar				
Tänk dig att du köper ett spel och får valet att betala extra för att spelet ska stödja HRTF, hur mycket skulle du som mest kunna tänka dig att betala?				
0 kr				
1-20 kr				
21-50 kr				
50-100 kr				
mer än 100 kr				
Om du fick alternativet att köpa extern programvara som gav dig möjlighet att använda HRTF i alla dina spel, hur mycket skulle du som mest kunna tänka dig att betala?				
0 kr				
1-20 kr				
21-50 kr				
100-300 kr				
300-1000 kr				
mer än 1000 kr				

Om det krävdes, skulle du kunna tänka dig att sänka bildupplösningen i spelet för att kunna använda HRTF?				
Nej	Ja, maximalt 1 nivå	Ja, mer än en nivå	Vet ej	
Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om ett spel du spelar för att kunna använda HRTF? Anta att du måste modifiera en konfigurationsfil i operativsystemet, men att du har instruktioner för hur det går till!				
Nej	Ja			

Bilaga 2: Spelares kommentarer

Spelare 1

HRTF: Orange

Fråga "Vilken bildupplösning är den lägsta acceptabla?"

Kommentar: "Beror även på andra aspekter (förutom bildupplösn.)"

Fråga "Brukar du spela med spelets egen musik?"

Kommentar: "Lite sänkt"

Fråga: "Har du någonsin upplevt 3D-ljud genom hörlurar?"

Kommentar: "Virtual Barbershop"

Fråga: "Beskriv kort vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Man är i spelet (mer än att man styr en gubbe), och upplever spelvärlden som om man vore där"

Fråga: "Att uppskatta var en ljudkälla utanför ditt synfält är i ett FPS-spel jämfört med verkligheten är..."

Kommentar: "5.1 är även det svårare än i verkligheten"

Fråga: "Skillnad mellan out-of-head-experience mellan teknikerna"

Kommentar: "Känns som att det är inuti huvudet med båda teknikerna"

Fråga: "Lokalisering av ljud framför/bakom"

Kommentar: "Betydligt lättare med HRTF"

Fråga: "Lokalisering av ljud ovanför/nedanför"

Kommentar: "Betydligt lättare med HRTF"

Fråga: "Ljudeffekterna, kvalitén"

Kommentar: "Stereo lite mer detaljrikt, dock mer verklighetstroget/naturtroget med HRTF (helhetsintrycket)"

Fråga: "Musikens påverkan"

Kommentar: "Hade väldigt låg volym"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för 5.1 när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Förbättras, HRTF är bättre än 5.1 på grund av att det är svårt att få till en bra 5.1-uppställning. Rummets klangpåverkan osv påverkar"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för 5.1 tror jag min spelglädje skulle..."

Kommentar: "Förbättras jämfört med 5.1"

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig sänka bildupplösningen för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Nej. Det visuella är viktigare"

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Har gjort det förut"

Spelare 2

HRTF: Green

Notering: Spelaren uppfattade generellt ljud som att de låg bakåt.

Fråga "Känner du till begreppet binauralt ljud eller HRTF?"

Kommentar "Hört talas om det, men visste inte så mycket om det"

Fråga: "Har du någonsin upplevt 3D-ljud genom hörlurar?"

Kommentar: "Nej, men har spelat med surroundhörlurar med flera membran"

Fråga: "Beskriv kort vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Man ska verkligen kunna känna en "source of direction"

Fråga: "Att uppskatta var en ljudkälla utanför ditt synfält är i ett FPS-spel jämfört med verkligheten är..."

Kommentar: "Med stereo = mycket svårare, med bra surround = nästan lika lätt"

Fråga: "Skillnad mellan out-of-head-experience mellan teknikerna"

Kommentar: "Gjorde skillnad på vissa ljud, men inte in-action. Kanske annorlunda för annan spelgenre"

Fråga "Lokalisering av ljud i sidled"

Kommentar: "Lite mer verkligt med HRTF p.g.a. utifrån huvudet (men inte med riktning)"

Fråga: "Lokalisering av ljud framför/bakom"

Kommentar: "Lättare med stereo. Framför var dock väldigt svårt"

Fråga: "Lokalisering av ljud ovanför/nedanför"

Kommentar: "Lättare med HRTF"

Fråga: "Ljudeffekterna, kvalitén"

Kommentar: "Varierat. Vattenfall och vind bättre med stereo, men skottljud, fläktljud bättre med HRTF"

Fråga: "Tycker du det är rättvist att bedöma det du just hört som:"

Kommentar: "Förbättrad ljudpositionering: Nja, bara höjlded"

Fråga: "Om mitt FPS-spel hade en inställning för den HRTF jag nyss använt skulle jag..."

Kommentar: "Använda den. Aningen bättre än stereo, men surround är bäst"

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Har gjort det förut"

Spelare 3

HRTF: Red

Fråga: "Vilken är den lägsta bildupplösning du tycker är acceptabel?"

Kommentar: "Beror på spelet"

Fråga: "Brukar du spela FPS-spel med spelets egen musik?"

Kommentar: "Ja, men det finns inte alltid musik"

Fråga: "Har du någonsin upplevt 3D-ljud genom hörlurar?"

Kommentar: "Virtual Barbershop"

Fråga: "Beskriv kort vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Lite åt surroundhållet, man kan placera ett ljud i de tre dimensionerna. 3D-ljud låter lite "säljande"

Fråga: "Att uppskatta var en ljudkälla utanför ditt synfält är i ett FPS-spel jämfört med verkligheten är..."

Kommentar: "I stora drag lika lätt, men inte på detaljnivå"

Fråga: "Skillnad mellan out-of-head-experience mellan teknikerna"

Kommentar: "Mer ljudbild med HRTF"

Fråga "Lokalisering av ljud i sidled"

Kommentar: "Lite lättare att bedöma avståndet med HRTF"

Fråga: "Lokalisering av ljud ovanför/nedanför"

Kommentar: "HRTF lite bättre, men överhuvudtaget svårt med höjlded i lurar"

Fråga: "Ljudeffekterna, kvalitén"

Kommentar: "Låter lite mer som att det kommer från en ljudkälla med HRTF"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Förbättras, men i allmänhet tror jag det beror på spelet och nivån på den som spelar"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag spelglädjen skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Allt som på något sätt bidrar till en mer verklighetstrogen/fulländad upplevelse är positivt"

Fråga: "Rangordna följande alternativ"

Kommentar: "Har inte spelat så mycket med 5.1"

Fråga: "Tänk dig att du köper ett spel och får betala extra för att spelet ska stödja HRTF, hur mycket skulle du kunna betala för det?"

Kommentar: "Hela intervallet. Det beror väldigt mycket på spelet och hur mycket jag gillar/har sett fram emot det"

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att sänka bildupplösningen i spelet, och i så fall hur mycket?"

Kommentar: "Max en nivå, men det beror på spelet"

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Har gjort det förut"

Spelare 4

HRTF: Green

Fråga: "Att uppskatta var en ljudkälla utanför ditt synfält är i ett FPS-spel jämfört med verkligheten är..."

Kommentar: "Svårare. Går att bedöma i sidled men inte fram/bak"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Förbättras kraftigt. Hörde direkt var fienden var till skillnad från stereo."

Fråga: "Beskriv kort vad du tänker på när du hör uttrycket "3D-ljud"!"

Kommentar: "Man hör vilken riktning ljudet kommer ifrån"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag spelglädjen skulle..."

Kommentar: "Förbättras kraftigt. Det ökar förmodligen inlevelsen när man hör var saker är."

Fråga: "Om mitt FPS-spel hade en inställning för HRTF skulle jag..."

Kommentar: "Använda den. Om man enkelt kan se att det finns i menyn."

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att sänka bildupplösningen i spelet, och i så fall hur mycket?"

Kommentar: "En nivå. På pixelnivå spelar upplösningen ingen större roll, huvudsaken är att spelet flyter."

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Ja. Om man vet hur man ska göra samt vet att det fungerar."

Spelare 5

HRTF: Red

Notering: Spelaren lyckades under hörseltestet inte lokalisera ljud som låg framåt, och hade mycket svårt att lokalisera ljud i höjddled

Fråga: "Vilka ljuduppsättningar använder du normalt när du spelar?"

Kommentar: "Surroundhörlurar som simulerar surround (utan extra membran). De fungerar bättre än stereohörlurar/högtalare."

Fråga: "Har du någonsin upplevt 3D-ljud genom hörlurar?"

Kommentar: "Virtual Barbershop och Medielabbet"

Fråga: "Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Bra positionering av en ljudkälla"

Fråga: "Att uppskatta var en ljudkälla utanför ditt synfält är i ett FPS-spel jämfört med verkligheten är..."

Kommentar: "Lika lätt/svårt som i verkligheten. Man rör sig i en begränsad värld som man har koll på. Uteslutningsmetoder som t.ex. om fienden inte är framför är den bakom."

Fråga: "Att lokalisera ljud fram/bak var..."

Kommentar: "Lättare med HRTF, men det visuella spelar större roll (man förlitar sig mycket på det man ser)."

Fråga: "Att lokalisera ljud i höjddled var..."

Kommentar: "HRTF klart bättre"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Föbli opåverkad. Skulle eventuellt påverka om man spelar på elitnivå, men inte för mitt bruk."

Fråga: "Tycker du det är rättvist att benämna det du just hört som 3D-ljud?"

Kommentar: "Ja. Särskilt p.g.a. förmågan att positionera i höjddled."

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag spelglädjen skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Ger mycket för inlevelsen"

Fråga: "Om mitt FPS-spel hade en inställning för HRTF skulle jag..."

Kommentar: "Använda den. Om stereo var enda alternativet. Osäkert vad som är bäst mellan surroundhörlurar och HRTF (skulle testa)."

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Ja. Har moddat spel förut"

Spelare 6

HRTF: Green

Fråga: "Har du någonsin upplevt 3D-ljud genom hörlurar?"

Kommentar: "Virtual Barbershop"

Fråga: "Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Surround"

Fråga: "Om jag använda HRTF istället för stereo tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Jämfört med 5.1, ingen större skillnad, eventuellt en liten förbättring".

Fråga: "Om mitt FPS-spel hade en inställning för HRTF skulle jag..."

Kommentar: "Använda den. Ibland, beroende på om man vill använda hörlurar eller inte (t.ex. när man har besök)."

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Ja. Har gjort det förut."

Spelare 7

HRTF: Yellow

Fråga: "Vilken är den lägsta bildupplösning du tycker är acceptabel"

Kommentar: "Nästan allt funkar"

Fråga: "Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Man känner sig "inuti" (spelet) och hör ljud runt omkring"

Fråga: "Att lokalisera ljud i sidled var lättare med..."

Kommentar: "HRTF, men liten skillnad"

Fråga: "Om jag använda HRTF istället för stereo tror jag min spelglädje skulle..."

Kommentar: "Förbättras, men beror på vilket spel, CoD och UT passar bra".

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Ja, men har inte gjort det förut."

Spelare 8

HRTF: Yellow

Notering: Brukar spela med bara ena örat i hörlurarna så han kan höra omgivningen

Fråga: "Har du någonsin upplevt 3D-ljud genom hörlurar"

Kommentar: "Medielabbet"

Fråga: "Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Ett verkligt perspektiv, som om man vore där"

Fråga: "Vilken av teknikerna gav mest out-of-head experience?"

Kommentar: "HRTF, mellanstor skillnad"

Fråga: "Att lokalisera ljud sidled, fram/bak, upp/ner var..."

Kommentar: "Lättare i alla dimensioner med HRTF, men framför allt i höjdlid. Lite förvirrande med så många ljudintryck, kanske en vanesak? Ens egna fotsteg låg lite för högt relativt andra ljud i mixen."

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Förutom förvirringen så var det lättare att lokalisera motståndarna."

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag spelglädjen skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Spelglädjen ökar med bättre prestation."

Fråga: "Om mitt FPS-spel hade en inställning för HRTF skulle jag..."

Kommentar: "Använda den. Skulle inte gå in och leta efter det i inställningar, så bara om jag visste om det."

Fråga: "Rangordna alternativen"

Kommentar: "Gillar inte 5.1 i FPS-spel. Tycker miljöljud låter bra, men har svårt att lokalisera motståndarna."

Fråga: "Hur mycket skulle du betala extra för att kunna använda HRTF i ett spel?"

Kommentar: "50-100 kr. Beror på vad spelet kostar, nu utgått från ca. 500 kr"

Fråga: "Hur mycket skulle du betala extra för att kunna använda HRTF i alla dina spel?"

Kommentar: "100-300 kr. Förutsatt att det är en officiell programvara från ett välkänt företag, t.ex. EA Games"

Fråga: "Om det krävdes, skulle du kunna tänka dig att sänka bildupplösningen för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Ja, max en nivå. Avvägning. Handlar om att kunna hitta motståndare så lätt som möjligt" (det kanske försämras om man sänker bildupplösning eftersom bilden också är viktig).

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Ja. Om jag kände till det och det hade marknadsförts i ett officiellt sammanhang."

Spelare 9

HRTF: Red

Fråga: "Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Att man kan höra ljud från olika riktningar, i alla dimensioner"

Fråga: "Att lokalisera ljud sidled var lättare med..."

Kommentar: "HRTF, men väldigt liten skillnad."

Fråga: "Att lokalisera ljud höjddled var lättare med..."

Kommentar: "HRTF, större skillnad än fram/bak."

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Det blir lättare att reagera snabbare."

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag spelglädjen skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Lite mer verklighetstroget och därmed lite bättre"

Fråga: "Hur mycket skulle du betala extra för att kunna använda HRTF i alla dina spel?"

Kommentar: "100-300 kr."

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: "Ja. Har inte gjort det tidigare, men skulle göra det förutsatt att det inte tog för lång tid."

Spelare 10

HRTF: Green

Notering: Lyckades under hörseltestet inte lokalisera ljud som låg framför, men sade själv att han tyckte HRTF nummer två (Green) var bäst.

Fråga: "Har du någonsin upplevt 3D-ljud genom hörlurar"

Kommentar: "Medielabbet"

Fråga: "Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud"

Kommentar: "Man kan höra vilket håll ljudet kommer ifrån, 5.1 är som halvtaskigt surround i jämförelse"

Fråga: "Ljudeffekterna lät mer verklighetstroga med..."

Kommentar: "HRTF. Passiva bakgrundsljud kändes mer som uppspelade "råa samples" med stereo, mer levande med HRTF"

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Man förlitar sig mest på det visuella, men kanske förbättras lite."

Fråga: "Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag spelglädjen skulle..."

Kommentar: "Förbättras. Beror på vilket spel, kanske lämpar sig bättre i ett lugnare utforskande spel som mirrors edge."

Fråga: "Rangordna alternativen"

Kommentar: "Svårt att avgöra vad som är bäst av vanlig stereo och HRTF."

Fråga: "Hur mycket skulle du betala extra för att kunna använda HRTF i alla dina spel?"

Kommentar: "50-100 kr."

Fråga: "Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?"

Kommentar: ”Ja. Har gjort det någon gång.”

Spelare 11

HRTF: Yellow

Notering: Under hörseltestet var HRTF Yellow den enda HRTF som spelaren lyckades lokalisera ljud framför med.

Fråga: ”Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud”

Kommentar: ”3-dimensionellt ljud”

Fråga: ”Att uppskatta var en ljudkälla är i ett FPS-spel jämfört med verkligheten är...”

Kommentar: ”Lättare än i verkligheten. Dynamiken är högre i ett datorspel än i verkligheten”

Fråga: ”Vilken av teknikerna gav mest out-of-head experience?”

Kommentar: ”HRTF. Har dock inte tänkt på den effekten så mycket innan.”

Fråga: ”Att lokalisera ljud sidled, fram/bak, upp/ner var...”

Kommentar: ”Lättare i alla dimensioner med HRTF, men ingen jätteskillnad.”

Fråga: ”Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS tror jag min prestation skulle...”

Kommentar: ”Förbättras lite”

Fråga: ”Om jag skulle använda HRTF istället för stereo när jag spelar FPS-spel tror jag spelglädjen skulle...”

Kommentar: ”Förbättras lite”

Fråga: ”Skulle du kunna tänka dig att konfigurera om en fil i operativsystemet för att kunna använda HRTF?”

Kommentar: ”Ja, men har inte gjort det förut.”

Spelare 12

HRTF: Blue

Notering: Fick väldigt svaga resultat på HRTF Blue, ganska starka på HRTF Green, väldigt svaga på Red och ganska svagt på resten.

Fråga: ”Beskriv vad du tänker på när du hör uttrycket 3D-ljud”

Kommentar: ”Ljud fast i 3-dimensioner”

Fråga: ”Vilken av teknikerna gav mest out-of-head experience?”

Kommentar: "Stereo, men jag tycker inifrån huvudet är mer positivt (med andra ord som han uppfattade HRTF)."

Fråga: "Att lokalisera ljud i sidled var lättare med..."

Kommentar: "HRTF. Lite bättre, ingen stor skillnad"

Fråga: "Att lokalisera ljud fram/bak var lättare med..."

Kommentar: "HRTF. Mycket bättre"

Fråga: "Att lokalisera ljud i höjddled var lättare med..."

Kommentar: "HRTF. Ökade inlevelsen i spelet"

Fråga: "Hur mycket skulle du betala extra för att kunna använda HRTF i alla dina spel?"

Kommentar: "100-300 kr. Runt 300 kr."

