

MINSKNING AV SIMULERINGSÅKJSJUKA VID ARTIFICIELL FÖRFLYTTNING I VR

REDUCTION IN SIMULATION SICKNESS FROM ARTIFICIAL LOCOMOTION IN VIRTUAL REALITY

Examensarbete inom huvudområdet
Informationsteknologi
Grundnivå 30 högskolepoäng
Vårterminen 2017

Fredrik Boström

Handledare: András Marki
Examinator: Mikael Johannesson

Sammanfattning

För att navigera en värld som är större än användarens spelyta så krävs någon form av artificiell förflyttning. Den neurala mismatchningen som skapas vid artificiell förflyttning kan leda till simuleringsåksjuka. För att minska denna simuleringsåksjuka så testades det i denna rapport en metod som dynamiskt sänker användarens FOV vid artificiell förflyttning. Denna metod testades med hjälp av en artefakt som implementerades i två versioner. Den ena versionen implementerade dynamisk sänkning av FOV och den andra versionen saknade dessa ändringar. Artefakten testades på 18 gymnasieelever och resultatet blev att versionen utan FOV ändringarna skapade 8,25% mer simuleringsåksjuka och den hade även lite större spridning i sina resultat av de mellersta 50 procenten. Det skulle vara intressant att utvidga testningen till en större och mindre homogen testgrupp. Det skulle även vara intressant att testa FOV ändringarna med andra typer av artificiell förflyttning samt att testa att endast applicera FOV ändringar vid hastighetsändringar.

Nyckelord: VR, simuleringsåksjuka, artificiell förflyttning, FOV

Innehållsförteckning

1. Introduktion	1
2. Bakgrund.....	2
2.1 Historia.....	2
2.2 Teknologi.....	3
2.3 Åksjuka	3
3. Problemformulering.....	5
3.1 Metodbeskrivning	6
3.1.1 Litteraturstudie.....	6
3.1.2 Artefakt	6
3.1.3 Testning och datainsamling	6
3.1.4 Redovisa resultat.....	7
4. Genomförande	8
4.1 Artefakt.....	8
4.2 Designbeslut kring artificiell förflyttning	9
4.3 Pilotstudie.....	10
5. Utvärdering	11
5.1 Presentation av undersökning.....	11
5.2 Analys	12
5.3 Slutsatser	14
6. Avslutande diskussion.....	15
6.1 Sammanfattning	15
6.2 Diskussion.....	15
6.2.1 Validitet	15
6.2.2 Samhällelig nytta	16
6.2.3 Etik	16
6.2.4 Relaterat arbete.....	17
6.3 Framtida Arbete.....	17
7. Referenser	18

1. Introduktion

Under 2016 växte VR marknaden kraftigt med lanseringen av tre stycken VR headset från Oculus, HTC & Valve och Sony. De senaste 50 åren har sett enorma framsteg inom teknologin bakom VR men det finns fortfarande mycket att fortsätta arbeta med när det kommer till att designa upplevelser som är användbara för så många som möjligt. Simuleringsåksjuka är ett stort problem om spel och upplevelser inte designas för att motverka det. Teknologin blir bättre och bättre på att minimera neurala mismatchningar men det finns tillfällen så som vid artificiell förflyttning då det är oundvikligt.

Denna studie har testat en metod för att minska simuleringsåksjuka genom att dynamiskt sänka användarens FOV vid artificiell förflyttning. Detta har gjorts genom att implementera två versioner av en artefakt. Artefakten är ett spel i VR där användaren navigerar en labyrinth för att hitta föremål som är utplacerade i den. Den ena versionen har implementerat dynamisk sänkning av användarens FOV vid förflyttning och den andra versionen saknar dessa ändringar. De två versionerna testades i var sin testgrupp där den upplevda simuleringsåksjukan mättes med hjälp av Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal 1993).

2. Bakgrund

1995 lanserades Virtual Boy av det japanska spelföretaget Nintendo som det första Virtual Reality (virtuell verklighet, hädanefter refererat till som VR) systemet för den breda allmänheten (Nintendo 1995). Nintendo gav snabbt upp utvecklingen av spel för Virtual Boy, totalt släpptes endast 22 spel till konsolen och det sista spelet som släpptes, 3D Tetris, släpptes redan i mars 1996, mindre än ett år efter att konsolen kom ut (Nintendo u.å.).

Det dröjde fram tills 2013 för att VR utvecklingen tog fart igen då Oculus startade sin kickstarter för sitt VR headset Oculus Rift som drog in över två miljoner dollar (Oculus 2013). 2016 lanserade Oculus sin första konsumentversion av Oculus Rift (brendaniribe 2016) och samma år så lanserades även det konkurrerande VR headsetet HTC Vive som ett samarbete mellan spelföretaget Valve och hårdvarutillverkaren HTC (Mobile World Congress 2016).

I denna rapport syftar VR till den virtuella verklighet som upplevs med hjälp av en skärm som fästs på huvudet (Head Mounted Display, hädanefter refererat till som HMD). Användaren upplever att de är i den virtuella världen tack vare den stereoskopiska skärmen som ger användaren förmågan att se djup i bilden samt att huvudrörelser spåras och återspeglas i den virtuella världen. Problem uppstår dock när det användaren upplever i den virtuella världen inte stämmer överens med verkligheten vilket kan leda till åksjuka (Reason 1978) vilket på engelska kallas *motion-*, *simulation-* eller *cybersickness*.

2.1 Historia

1965 tog Ivan E. Sutherland fram idén om *The Ultimate Display* som han beskrev så här:

The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked.

I.E. Sutherland 1965

Sutherland tog detta koncept av en värld som skapas runt användaren och skapade det första VR-headset som fästs på huvudet (Sutherland 1968). Detta headset fick smeknamnet *Sword of Damocles* då det var för tungt att bära utan var tvunget att hängas från taket likt svärdet i den grekiska anekdoten med samma namn. Headsetet hade två skärmar, ett för varje öga, vilket gav en illusion av djup och användaren kunde även titta runt och headsetet kunde spåra dessa rotationer och återspegla dem på skärmarna. Ett problem var dock att de inte hade någon metod som fungerade i realtid för att beräkna om ett objekt överlappade ett annat. Lösningen på detta blev att representera figurer som wireframes (alltså att endast kanterna på objekt ritas ut) och på så sätt inte bry sig om överlappningar.

Det första headset som var tillgängligt till konsumenter var EyePhone från det Kalifornienbaserade företaget VPL Research. Företagets grundare Jaron Lanier är känd som personen som myntade termen *Virtual Reality* (The Guardian 2001). EyePhone hade två LCD färgskärmar, en handske som kunde spåra handrörelser och förmågan att spela upp tredimensionellt ljud (Blanchard, Lasko-Harvill & Ellyn Jones u.å.).

Det finns även andra sätt att förmedla virtuella miljöer än att fästa skärmar framför ögonen på användaren. CAVE, som är en rekursiv akronym som står för *CAVE Automatic Virtual Environment*, ställer användaren i ett rum där en virtuell värld projekteras på väggarna och golvet. Med hjälp av 3D-glasögon så kan samma illusion av djup som ges av HMD uppnås genom att projektorerna växlar mellan vilket öga som de genererar en bild för. Det har visat sig att detta system har fungerat bättre när det kommer till att motverka simuleringsåksjuka hos sina användare än andra VR system för sin tid. Det har teoretiserats att detta beror på att systemet främst används för stillastående miljöer och att det är bra på att hantera snabba huvudrörelser (Cruz-Neira, Sandin & DeFanti 1993).

När Virtual Boy lanserades 1995 så var detta det första VR-system om var tillgängligt för den breda marknaden. Med ett lanseringspris på under \$200 så kostade det bara en bråkdel av vad andra headset så som Eyephone kostade som också krävde mycket dyra Silicon Graphics datorer för att driva. Det låga priset kom dock med sina nackdelar. Headsetet hade en enfärgad display bestående av endast röda LEDs och kom med en inbyggd timer som varnade användaren att ta en paus var femtonde minut (Edwards 2015).

2.2 Teknologi

Det headset som används i denna rapport är HTC Vive skapat genom ett samarbete mellan hårdvarutillverkaren HTC och spelföretaget Valve. Headsetet säljs i ett paket tillsammans med två basstationer (på engelska kallade *lighthouses*) och två handkontroller. Basstationerna används för att spåra positionen av headset och handkontroller genom att sända ut infraröda signaler som hittas upp av de sensorer som sitter på utrustningen (32 sensorer på headset, 18 på varje handkontroll). Utöver det så är de även utrustade med gyroskop för att ytterligare kunna finjustera positionen av utrustningen. Systemet kan med hjälp av att kombinera denna information beräkna positionen av headset och handkontroller med millimeterprecision i realtid.

Headsetet har två AMOLED skärmar med en gemensam upplösning på 2160 x 1200 pixlar vilket ger 447 ppi (pixeltäthet, från engelskans *pixels per inch*). En hög ppi är mycket önskvärt då skärmen befinner sig bara några centimeter från användaren. Skärmarna har en uppdateringsfrekvens på 90 Hz vilket betyder att det som syns på skärmen kan bytas ut 90 gånger per sekund. Dessa skärmar ses genom fresnel-linser som ger användaren en horisontell FOV (synfält, från engelskans *field of view*) på 110 grader. Inom spel syftar FOV på hur många grader av spelvärden som kan observeras. Denna information om hårdvaran som HTC Vive använder är hämtat från produktbeskrivningen (HTC Corporation 2017) samt en *teardown* (nedbrytning av komponenter) utförd av iFixit (iFixit 2016).

2.3 Åksjuka

1978 publicerade J.T. Reason sin hypotes om att åksjuka skapas av en mismatchning mellan balansorganen och rörelser uppfattade av ögonen. Åksjuka förekommer ofta vid bil- eller båtresor då balansorganen uppfattar att man rör på sig medan ögonen uppfattar det som att man är stilla. Denna studie fokuserar på det omvända, alltså att ögonen upplever en rörelse medan balansorganen uppfattar det som att man står stilla. På engelska så skiljs dessa två former av åksjuka, när bara balansorganet uppfattar rörelse så kallas det *motion sickness* och när bara ögonen uppfattar rörelse så kallas det *simulation sickness* vilket i denna rapport refereras till som simuleringsåksjuka.

VR hårdvara har blivit bättre och bättre på att återspegla rörelser i realtid men det finns ändå situationer där mismatchningar mellan balansorgan och ögon är nödvändiga. Spelutvecklare vill inte alltid vara begränsade till att utveckla spel som bara utspelar sig på samma yta som spelaren har tillgänglig hemma och då krävs någon form av artificiell förflyttning (artificial locomotion på engelska). Med artificiell förflyttning menas att spelaren rör sig på ett sätt i spelet som inte motsvaras i verkligheten. Hur denna förflyttning implementeras har stor påverkan på hur mycket simuleringsåksjuka som det genererar. Det har visat sig att rotation har stor inverkan på simuleringsåksjuka, i en studie från 1999 testade Richard H.Y. So och W.T. Lo att oscillera användarens vy runt olika axlar. De testade att rotera runt *pitch*, *yaw* och *roll* var för sig och samtliga rotationer skapade liknande mängder simuleringsåksjuka som var signifikant högre än kontrollgruppen utan rotation (So & Lo 1999).

Hastigheten som användaren rör sig i spelar även den roll. I en annan studie testades olika navigationshastigheter i en huvudstyrd virtuell miljö. Där visade det sig att simuleringsåksjuka ökade i takt med navigeringshastigheten för hastigheter mellan 3 m/s och 10 m/s. Vid hastigheter över 10 m/s så planade den uppmätta simuleringsåksjukan ut. (So, Lo & Ho 2001).

Aspekten som denna rapport har valt att fokusera på är effekten som FOV har på simuleringsåksjuka. Tidigare studier har upptäckt att en sänkt FOV ger en minskning i upplevd simuleringsåksjuka (DiZio & Lackner 1999; Lin, Duh, Parker, Abi-Rached & Furness 2002). P. Dizio och J.R. Lackner testade att modifiera FOV för olika artificiella fördröjningar vid huvudrörelser. Där upptäckte de att en ökad fördröjning gav en ökad upplevd simuleringsåksjuka men att den upplevda simuleringsåksjukan sjönk avsevärt vid sänkt FOV. J.J.W. Lin et al. kom fram till ett liknande resultat i deras studie där de kunde positivt korrelera FOV med den upplevda simuleringsåksjukan.

3. Problemformulering

VR marknaden har under det senaste året vuxit kraftigt. 2016 lanserade Oculus, HTC och Sony var sitt headset riktat till konsumenter. Den ständigt förbättrande teknologin för att processa datagrafik och förbättringar av dataskärmar med tätare och tätare pixlar har lett till att nya headset kan övertala användaren att de är i en annan värld. Tack vare den snabba uppdateringsfrekvensen och den höga exaktheten hos sensorerna så kan användarens rörelser i verkligheten motsvaras i den virtuella världen så pass väl att användaren inte märker av någon skillnad.

Problem uppstår dock när användaren vill kunna röra sig i den virtuella världen utan att förflytta sig på samma sätt i verkligheten. I verkligheten är användaren begränsad till sin spelyta medan det i den virtuella världen kan finnas en hel värld att utforska. Detta leder till ett behov av att låta användaren röra sig i den virtuella världen utan att röra sig i verkligheten och det är denna felaktiga matchning mellan det ögonen ser och vad balansorganen uppfattar som leder till simuleringsåksjuka (Reason 1978).

Det har visat sig genom tidigare studier att den upplevda simuleringsåksjukan är positivt korrelerad till användarens *field of view* (Lin, Duh, Parker, Abi-Rached & Furness 2002). Detta arbete avser att undersöka om det går att påverka användarens upplevda simuleringsåksjuka genom att dynamiskt sänka användarens *field of view* när dess rörelser i den virtuella världen är felmatchade med verkligheten och på detta sättet endast sänka *field of view* när det behövs. Hypotesen är att dynamisk sänkning av *field of view* minskar upplevd simuleringsåksjuka när en VR-användare rör sig i den virtuella världen på ett sätt som inte motsvaras i verkligheten. Frågeställningen blir således om hypotesen stämmer vilket ger följande frågeformulering:

Går det att med hjälp av dynamisk sänkning av *field of view* minska den upplevda simuleringsåksjukan när en VR-användare rör sig i den virtuella världen på ett sätt som inte motsvaras i verkligheten?

För att denna frågeställning ska kunna besvaras så krävs att vissa delmål uppfylls. För det första så behövs en litteraturstudie som tittar på vad som tidigare gjorts inom VR. För att kunna testa frågeställningen så behövs även en artefakt i form av ett spel som består av två delar. Den första delen implementerar spelet utan några förbättringar mot simuleringsåksjuka och den andra implementerar exakt samma spel fast med de *field of view* förbättringar som togs upp i det föregående stycket. Dessa behöver testas mot varandra, information från testen behöver sammanställas och denna information behöver redovisas. För att säkerställa att giltig och pålitlig data samlas in så används Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal 1993) som är ett vedertaget verktyg för att mäta simuleringsåksjuka.

När det kommer till etik så är det viktigt att rapporten tydligt hänvisar till de källor som används och inte försöker visa andra arbetens resultat som sitt eget. Då detta arbete handlar om åksjuka så måste det även vara tydligt för de testpersoner som testar spelet att åksjuka inte bara är en möjlig bieffekt utan att hela arbetet handlar om just detta och att testpersonerna kommer att bli påverkade. Det är även viktigt att det är tydligt att testpersonerna själva kan välja att avsluta testet när de vill.

3.1 Metodbeskrivning

3.1.1 Litteraturstudie

Till att börja med så utförs ett systematiskt översiktsarbete där databaser (främst används IEEE, ACM och sökmotorn Google Scholar) söks igenom med nyckelord så som *virtual reality*, *motion sickness* och *simulation sickness*. Efter att en lista med relevanta artiklar har sammanställts så utförs *backwards snowballing* (Jalali & Wohlin 2012) för att hitta fler relevanta artiklar och utöka vetenskapen om relevanta nyckelord för vidare databassökning.

3.1.2 Artefakt

För att kunna besvara frågeställningen så utförs ett experiment som består av två versioner av ett spel som testas. Anledningen till att frågeställningen besvaras med hjälp av ett experiment beror på att det är många variabler som måste kontrolleras för att få ett pålitligt resultat. Då simuleringsåksjuka varierar mycket från person till person och även variationer i hård- och mjukvara kan ha stor inverkan så blir det svårt att dra några slutsatser utan att implementera en egen artefakt för testning där samtliga av dessa variabler kan kontrolleras. Det skulle vara svårt att besvara frågeställningen med enbart en litteraturstudie där andra experiment jämförs då de antagligen inte har använt sig av samma mjuk- och hårdvara.

Artefakten består av två versioner av ett spel i förstapersonsperspektiv i VR. Spelet går ut på att samla upp ett antal föremål som är utspridda i en labyrint. Då labyrintens yta är större än spelytan uppsatt i verkligheten så krävs artificiell förflyttning. En version av spelet har vid denna artificiella förflyttning ett system för att sänka simuleringsåksjuka genom att dynamiskt sänka användarens FOV. Den andra versionen av spelet saknar detta system.

Spelet implementeras i Unreal Engine 4 för HTC Vive. Unreal Engine 4 används då det har bra stöd för VR och dess licensavtal gör det lättillgängligt. HTC Vive används då den har en rad fördelaktiga egenskaper så som högupplösta skärmar, snabb uppdateringsfrekvens och god positionsspårning. Tack vare dessa egenskaper kan fokus för testningen vara hur den artificiella förflyttningen påverkar den upplevda simuleringsåksjukan då andra former av neurala mismatchningar minimeras.

3.1.3 Testning och datainsamling

De två versionerna av artefakten testas oberoende av varandra med var sin testgrupp. Varje test inleds med att testpersonen verifierar att de är medvetna om att testet kan leda till simuleringsåksjuka och att det är något som de är förberedda på. Testpersonerna informeras även att de kan själva välja att avsluta testet när de vill. Själva testet börjar med att testpersonen får bekanta sig med VR i sju minuter i den existerande, nybörjarvänliga, kommersiella VR upplevelsen theBlu (wevr, inc 2016) som helt saknar artificiell förflyttning för att efter det gå vidare till att testa en av versionerna av artefakten under 5 minuter. Efter både VR introduktionen och efter testningen av artefakten så samlas kvantitativa resultat in med hjälp av frågeformuläret SSQ (Simulator Sickness Questionnaire). VR introduktionen hjälper till att skapa en baslinje av upplevd simuleringsåksjuka för de två grupperna vilket kommer till nytta när resultatet av testerna ska diskuteras.

SSQ är en vedertagen standard för att mäta simuleringsåksjuka som har använts sedan 1993. Att testet är över 20 år gammalt är inget problem då det mäter kroppens reaktioner till VR och den mänskliga kroppen har inte förändrats nämnvärt på den tiden. Fördelen med att använda en kvantitativ studie är att det tack vare SSQ ger ett giltigt och pålitligt resultat som tydligt kan jämföras mellan de två olika versionerna av spelet.

3.1.4 Redovisa resultat

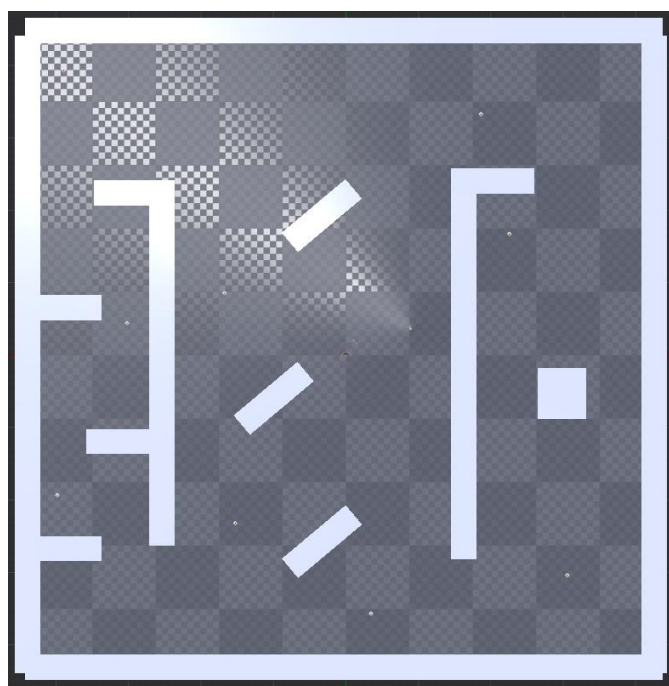
Efter att samtliga test har utförts så återstår att sammanställa insamlad data samt att redovisa och diskutera resultatet. Då en kvantitativ studie utfördes är det nu enkelt att se om hypotesen stämde genom att jämföra resultaten från de två versionerna av spelet. Om det genomsnittliga resultatet av VR introduktionen skiljer sig avsevärt mellan de två grupperna så är detta något som behöver tas hänsyn till. Slutligen så diskuteras resultatet. Här tittas på om ändringarna av FOV gav något resultat. Vare sig om det gjorde det så diskuteras det varför och vad som kunde förbättras. Det finns här även plats för att titta på vad det finns för utrymme för vidare studier inom ämnet.

4. Genomförande

4.1 Artefakt

Artefakten implementerar en spelare och en värld för spelaren att röra sig i. Detta utfördes med hjälp av Unreal Engine 4 och dess nodbaserade skriptspråk Blueprints. Under implementationen testades ett flertal sätt att utföra artificiell förflyttning. Den slutgiltiga implementationen blev ett system som låter spelaren röra sig åt det hållet som den pekar med handkontrollen. Spelaren kan med detta system se sig omkring medan den rör på sig och till och med backa genom att peka bakom sig.

En viktig detalj var vilken hastighet som spelaren förflyttar sig i då detta kan ha en stor inverkan på simuleringsåksjukan. Som det togs upp i bakgrunden så kom So, Lo och Ho (2001) fram till att den upplevda simuleringsåksjukan ökar från 3 m/s upp till 10 m/s. Då karaktären har en *Movement Component* (Epic Games 2017) som mäter hastighet i centimeter per sekund så sattes hastigheten till 833 vilket motsvarar 8.33 m/s eller 30 km/h. Hastigheten som spelaren accelererar och saktar ner i är oförändrat från det värde Unreal Engine sätter som standard vilket är 2048 cm/s vilket resulterar i att spelaren når sin topphastighet på under en halv sekund. Den snabba accelerationen minimerar tiden under acceleration vilket i sin tur minimerar hur mycket accelerationen påverkar den upplevda simuleringsåksjukan.



Figur 1 Labyrinten

Banan som spelaren navigerar är konstruerad med hjälp av de standardtillgångar som kommer med i Unreal Engine. Väggarna består av kuber som skalats upp till olika former. Utformningen av banan syns i Figur 1. En så enkel grafisk stil som möjligt har valts för att maximera möjligheten för att datorn som spelet körs på ska kunna hålla 90 fps för att minimera effekten som bilduppdateringsfrekvensen har på den upplevda simuleringsåksjukan. För att spelaren ska ha någon anledning till att förflytta sig runt på

banan så finns det föremål utplacerade för spelaren att plocka upp. Totalt finns det 9 stycken föremål som svävar i huvudhöjd.



Figur 2 Utan FOV sänkning



Figur 3 Med FOV sänkning

Med dessa implementationer så är grundversionen som förbättringarna ska testas emot komplett. Det som återstår är de FOV sänkningar som hypoteser säger ska sänka den upplevda simuleringsåksjukan. Figur 2 visar en tvådimensionell representation av vad spelaren ser vid rörelse i grundversionen och Figur 3 visar samma situation i den förbättrade versionen. Detta uppnås genom att fästa en textur framför spelarens kamera som blir synlig vid artificiell förflyttning. Texturen följer kameran i *pitch* och *yaw* men ignorerar dess *roll* vilket leder till att texturen förblir lodrät.

4.2 Designbeslut kring artificiell förflyttning

Det största designbeslut som behövde tas var hur spelaren skulle artificiellt förflytta sig. Tre olika metoder tittades på. Den första tanken var att använda sig av den cirkulära *touchpad* som sitter på vive kontrollen för att låta spelaren röra sig i den riktning som den trycker på kontrollen. Denna kontrollmetod är den som är mest lik traditionella spel från ett första- eller tredjepersonsperspektiv. Vive kontrollens *touchpad* fungerar som den vänstra styrspaken (eller W, A, S och D på ett tangentbord) och huvudrörelser motsvarar den högra styrspaken (eller musrörelser) i spel så som *Overwatch* (Blizzard Entertainment 2016) och *Tomb Raider* (Crystal Dynamics 2013). Denna kontrollmetod användes inte då den vid testning inte kändes

naturlig, detta kan ha varit på grund av flera anledningar. En anledning kan ha varit att vive kontrollen har en *touchpad* istället för en styrspak men det kändes också onaturligt att kunna röra sig lika lätt snett bakåt som framåt. Det är möjligt att denna kontrollmetod hade kunnat fungera med mer finjusteringar.

Den andra metoden som testades att implementera var att låta spelaren förflytta sig i det x och y-led som den tittade genom att hålla nere den *trigger* som sitter på vive kontrollens undersida. Det stora problemet med denna implementation var att spelaren då endast kunde röra sig framåt vilket betydde att den inte kunde kolla runt omkring sig och utforska banan utan att då också ändra sin riktning vilket inte är ett önskvärt beteende för ett spel som går ut på att hitta föremål utplacerade i en labyrint. Lösningen blev att låta den ena handkontrollens position i x och y-led i förhållande till positionen av headsetet styra vilken riktning spelaren förflyttade sig. Med denna implementation så kan spelaren peka i en riktning, trycka ner *trigger* knappen och röra sig i riktningen som den pekar.

4.3 Pilotstudie

En pilotstudie har genomförts för att testa implementationen av de två versionerna. Pilotstudien bestod av två testtillfällen med två olika testpersoner. I det första testtillfället så testades versionen utan *Field of View* förbättringar och vid det andra så testades versionen med dem. Testpersonen av det första testet var en man i tjugooårsåldern med god spelvana och även tidigare erfarenhet av VR samt spelutveckling inom VR. Testpersonen fick först spela theBlu i sju minuter och sedan fylla i Simulator Sickness Questionnaire. Efter detta så fick testpersonen gå vidare till att testa versionen av spelet utan några förbättringar och efter det återigen fylla i ett nytt Simulator Sickness Questionnaire.

Det andra testtillfället liknade det första. Testpersonen var en man i tjugooårsåldern med god spelvana och viss erfarenhet av VR. Precis som i det första testet så fick testpersonen först spela theBlue i sju minuter och sedan fylla i Simulator Sickness Questionnaire för att sedan gå vidare till att testa artefakten. Skillnaden var att denna testpersonen nu fick testa versionen med *Field of View* förbättringar. Testet avslutades på samma sätt som det första med att testpersonen återigen fick fylla i Simulator Sickness Questionnaire.

På grund av att provstorlek var så liten går det inte att härleda så mycket från resultatet från formulären men testet gav ändå bra feedback då det kom fram att banan var för liten då spelaren kunde samla in alla föremål snabbare än vad som var önskvärt. Layouten på banan kom även den att ändras tack vare detta första test. Krokigare gånger lades till för att tvinga spelaren att röra sig mer i sidled då det har visat sig att rotation kan leda till simuleringssjuka (So & Lo 1999).

5. Utvärdering

5.1 Presentation av undersökning

För att mäta effektiviteten av artefakten så testades den med hjälp av elever från gymnasiet Västerhöjd i Skövde. Totalt så var 18 personer med i testet varav 17 män och en kvinna. Samtliga testpersoner var i 18–20-årsåldern. Testerna utfördes vid tre separata tillfällen på för- och eftermiddagen.

Då det var två versioner av artefakten som behövde testas så fick varannan testperson testa de olika versionerna. På detta sättet så skapades två pseudoslumpmässiga testgrupper utan att testpersonerna nödvändigtvis förstod att det var två versioner som testades eller vilken version det var som de testade. Dessa testgrupper refereras härnäst till som testgrupp A och testgrupp B. Testgrupp A var den grupp som testade artefakten med förbättringar mot simuleringsåksjuka och Testgrupp B testade versionen utan.

Testerna såg identiska ut för de två testgrupperna förutom vilken version av artefakten de testade. Varje test började med att testpersonen fick spela igenom en 7 minuter lång sekvens i theBlu för att direkt efter det fylla i Simulator Sickness Questionnaire. Detta gav ett basvärde för att mäta hur tålig testpersonen är mot simuleringsåksjuka. Efter det så fick testpersonen gå vidare till att testa versionen av artefakten beroende på vilket testgrupp de tillhörde och slutligen fylla i Simulator Sickness Questionnaire en andra gång.

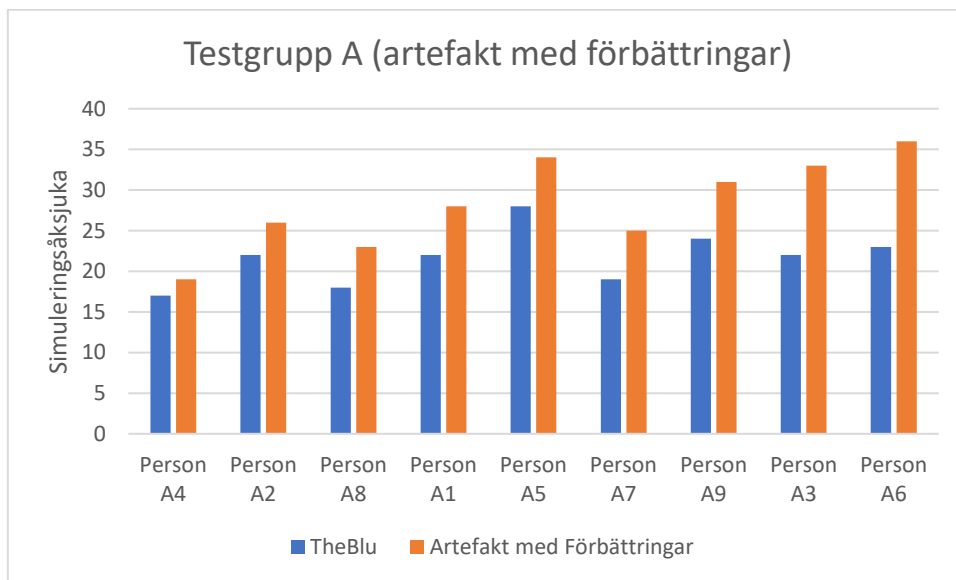
Simulator Sickness Questionnaire mäter simuleringsåksjuka genom att titta på 15 olika symptom och ber användaren uppskatta hur starkt de känner av dem på en skala mellan ett till fem. De symptom som mäts är översatta från engelska till följande:

- Allmänt obehag
- Utmattning
- Ansträngda ögon
- Svårt att fokusera
- Ökad salivavsöndring
- Svette
- Illamående
- Koncentrationssvårighet
- Fullhet i huvudet
- Suddig syn
- Yr (med öppna ögon)
- Yr (med stängda ögon)
- Yrsel
- Avkännande av mage
- Rapningar

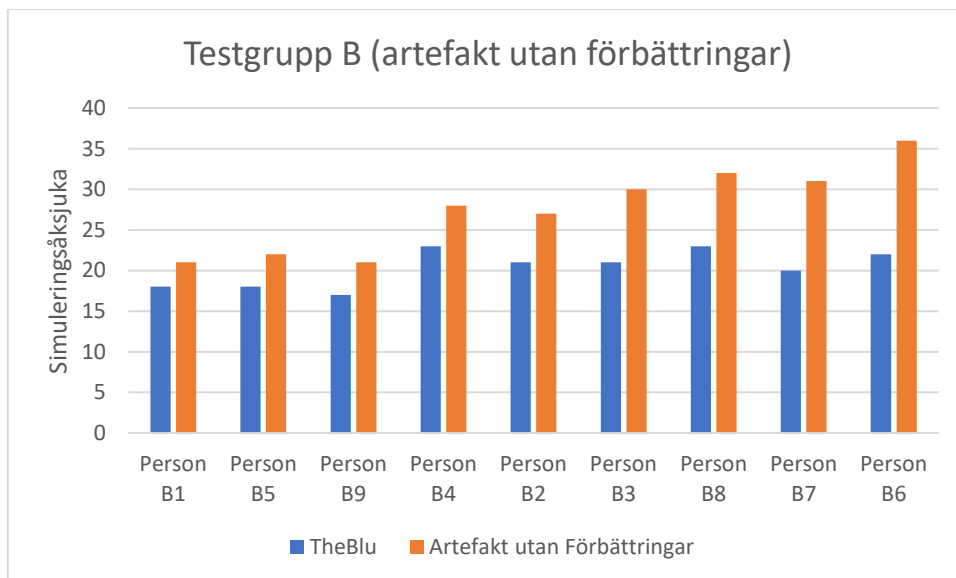
Hade någon testperson svårt med att förstå vad som menades med ett symptom så gavs en förklaring av det efter bästa förmåga.

5.2 Analys

För att mäta resultatet av testerna så summeras testpersonernas resultat för varje del. Detta ger en uppmätt simuleringsåksjuka för både theBlu och artefakten.



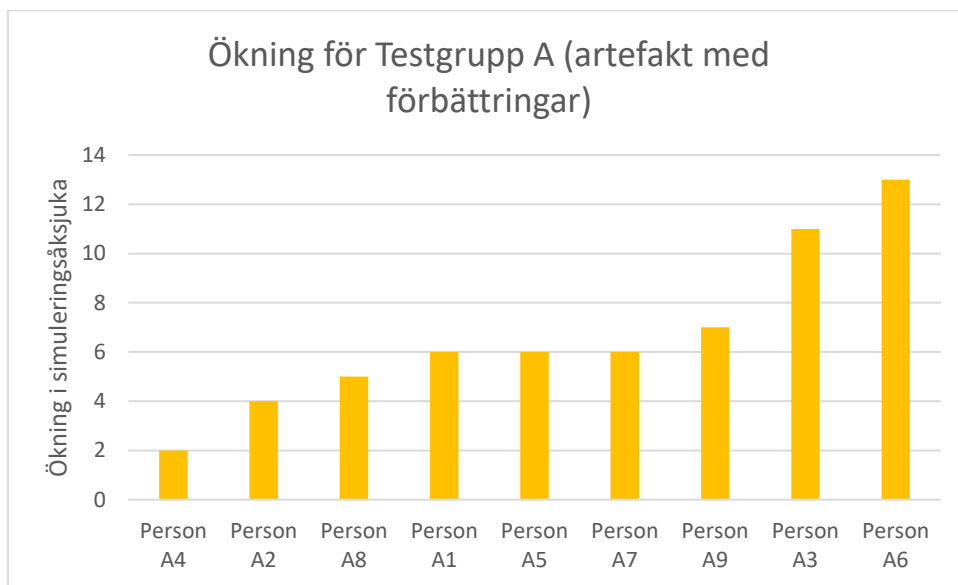
Figur 4 Resultat av Testgrupp A



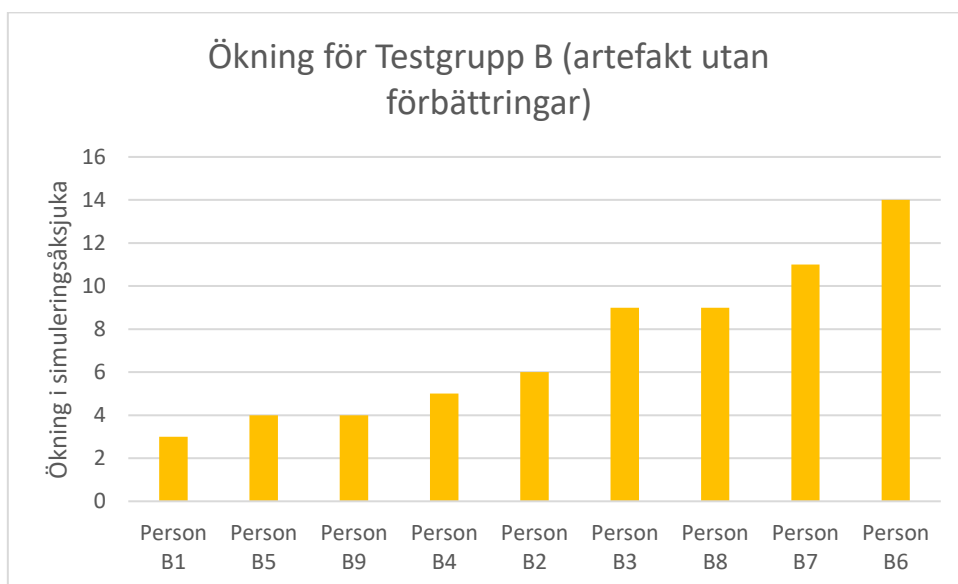
Figur 5 Resultat av Testgrupp B

Figur 4 och Figur 5 visar summan av den upplevda simuleringsåksjukan för varje individ som var med och testade artefakten både från theBlu och från respektive version av artefakten. Att

samtliga testpersoner såg en ökning mellan del 1 och del 2 av testet är naturligt då simuleringsåksjuka tenderar att stiga linjärt med användningstiden (Kennedy, Stanney & Dunlap 2000). Då båda testgrupperna startade med samma test så är det storleken på ökningen från TheBlu till artefakten som är intressant, graferna är därför sorterade efter denna storlek. Genom att jämföra denna ökning så kan effektiviteten på den implementerade metoden för att motverka simuleringsåksjuka mätas.



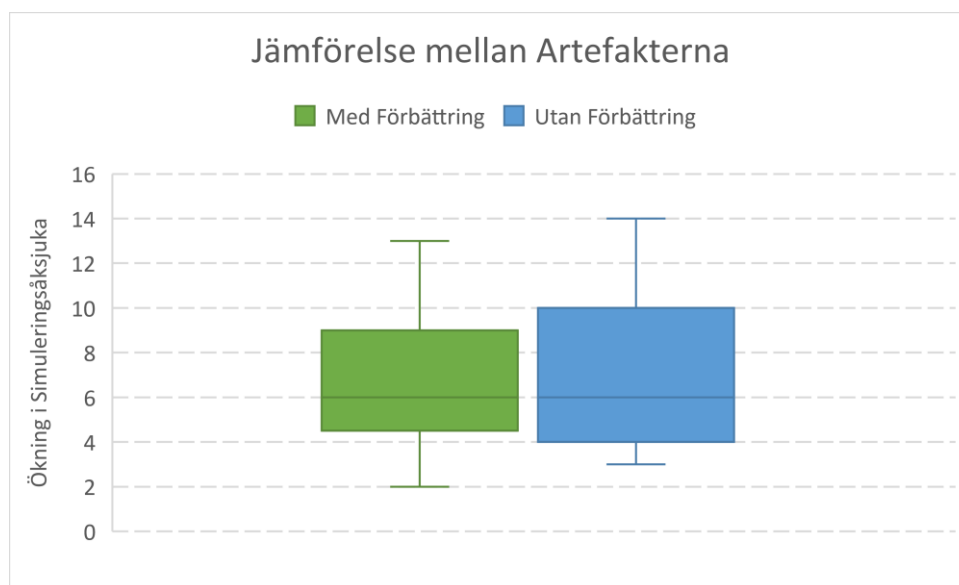
Figur 6 Ökning för Testgrupp A



Figur 7 Ökning för Testgrupp B

Figur 6 och Figur 7 visar ökningen av den upplevda simuleringsåksjukan mellan testningen av theBlu och artefakten för varje individ av de två testgrupperna sorterad efter storleken på ökningen. Som synes så varierar ökningen kraftigt från person till person och det går inte

riktigt att se någon tydlig skillnad mellan versionerna av artefakten på dessa två grafer. För att tydliggöra skillnaden så representeras denna data bäst med det låddiagram som syns i Figur 8.



Figur 8 Jämförelse mellan Artefakterna

5.3 Slutsatser

Som det syns i Figur 8 så var kvartilavståndet lite mindre för versionen av artefakten med förbättringar jämfört med versionen utan. Den totala spridningen för de två versionerna var dock den samma. Versionen med förbättringar hade även ett lägre medelvärde av ökningen på 6,67 jämfört med en medelökning på 7,22 för versionen utan. Detta ger en procentuell ökning från den förbättrade version till den utan förbättringar på 8,25%. Det är svårt att dra några slutsatser från detta då skillnaden i ökning inte är större. Medianvärdet för de två versionerna är exakt samma. Det är intressant att titta på skillnaden i spridning av de mellersta 50 procenten hos de två versionerna då det under testningen visade sig att det var stor skillnad från person till person i hur väl de hanterade virtuella miljöer och artificiell förflyttning (Figur 4; Figur 5). Det var även en stor skillnad från person till person i hur mycket deras uppmätta simuleringsåksjuka ökade när de gick från den stationära miljön till artefakten (Figur 6; Figur 7). Den minskade spridningen av de mellersta 50 procenten tyder på att det med förbättringarna möjligtvis blir lättare att estimerar hur mycket simuleringsåksjuka som en applikation genererar för gemene man. Skillnaden är dock liten så det är oklart exakt hur mycket ändringarna påverkar resultatet.

6. Avslutande diskussion

6.1 Sammanfattning

Syftet med detta arbete var att testa huruvida det gick att minska upplevd simuleringsåksjuka i VR genom att dynamiskt sänka användarens Field of View vid artificiell förflyttning. Detta testades genom att implementera två versioner av en artefakt som sedan testades på totalt 18 gymnasieelever. Den enda skillnaden mellan de två grupperna var vilken version av artefakten de testade. Testpersonerna spelade först igenom den kommersiellt tillgängliga upplevelsen theBlu (wevr, inc 2016) och de gick efter det vidare till att testa artefakten. Data samlades in både efter att testpersonen testat theBlu och efter artefakten genom att de fick fylla i Simulator Sickness Questionnaire (Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal 1993).

Den data som fokuserades på var den uppmätta ökningen av simuleringsåksjuka från theBlu till artefakten. För versionen av artefakten med dynamisk sänkning av FOV blev den genomsnittliga uppmätta ökningen 6,67 och versionen utan dynamisk sänkning av FOV fick en genomsnittlig ökning på 7,22. Versionen utan FOV ändringarna hade också en lite större spridning av de mellersta 50 procenten av sina resultat på ökningen. Då skillnaden i ökningen inte är större så är det svårt att dra några slutsatser från den genomsnittliga ökningen.

6.2 Diskussion

6.2.1 Validitet

Detta kapitlet diskuterar resultatets trovärdighet genom att titta på arbetets validitet. Fokus har lagts på hot mot extern samt intern validitet. Extern validitet är hur väl det går att generalisera resultatet och intern validitet är hur väl ändringarna som gjordes ledde till resultat (Feldt & Magazinius 2014).

Då arbetet som utfördes var begränsat i storlek så kan det påverka studiens generaliserbarhet. Testgruppen på 18 personer blev väldigt homogen då den uteslutande bestod av gymnasiestudenter varav 17 av dem var män. Detta kan ha påverkat resultatet då det finns arbete som stöder att både etnicitet och kön (Klosterhalfen et. al. 2005) samt ålder (Brooks et. al. 2009) påverkar den upplevda åksjukan.

Det var även endast en artefakt som testades med en specifik metod för artificiell förflyttning. Det är möjligt att en annorlunda förflyttningssmetod hade kunnat skapa mer eller mindre simuleringsåksjuka i sig vilket då också kanske hade påverkat effekten av FOV ändringarna. Den valda metoden för förflyttning har ingen artificiell rotation så det är oklart om FOV ändringarna har någon effekt på den simuleringsåksjukan som skapas av artificiell rotation. Vid testningen så användes endast ett VR headset och en dator. För att fokusera på simuleringsåksjukan från den artificiella förflyttningen så användes så bra hårdvara som fanns tillgänglig men det är möjligt att dess begränsningar i uppdateringsfrekvens och skärmupplösning fortfarande hade en inverkan. Då datorn som användes kunde hålla artefaktens uppdateringsfrekvens i 90 uppdateringar per sekund, vilket är maximalt för HTC Vive, så minimeras datorns inverkan på resultatet.

Steg har även tagits för att minimera hot mot intern validitet. Hotet som hade störst inverkan på hur testningen genomfördes var att användaren kunde lära sig under testningen. Det var på grund av detta tillsammans med att simuleringsåksjuka tenderar att sitta i länge som

beslutet togs att en testperson endast testade en version av artefakten. Ett annat hot var den möjliga förekomsten av urvalsfel (på engelska *selection bias*). För att minimera denna risk så fick varannan testperson testa olika versioner av artefakten vilket gav en pseudoslumpmässig fördelning mellan grupperna. För att minimera risken att testpersonerna skulle behandla en viss version av artefakten fördelaktigt/negativt så fick de inte veta vilken version de testade eller att det ens fanns två versioner av den. Det är dock möjligt att de kunde lista ut detta genom att prata om testet med varandra och på så sätt lista ut att det var två versioner som testades varannan gång. Detta hade kunnat motverkats genom att endast testa en version av artefakten per testtillfälle men det hade kunnat leda till andra problem. Det hade blivit svårare att hålla de två testgrupperna lika stora och det är även möjligt att testning på olika tider på dagen hade kunnat påverka den upplevda simuleringsåksjukan så som testning på för- och eftermiddagen.

Det är fortfarande möjligt att olika personer känner av de olika symptomen till olika stark grad oberoende av vilken tid det är. Två personer som känner av samma mängd simuleringsåksjuka kan även vara benägna att ge olika starka svar på formuläret. Ett sätt att motverka detta hade varit att låta testpersonerna fylla i frågeformuläret redan innan testningen började och sedan ta med detta i beräkningarna för resultatet.

Då testledaren visste om vilken version som testades så är det möjligt att testpersoner som testade versionen av artefakten med förbättringar behandlades fördelaktigt men detta gjordes i så fall inte med flit. För att motverka detta så hade det behövts utomstående testledare som blev tilldelade var sin version av artefakten men detta fanns det ingen möjlighet till.

6.2.2 Samhällelig nytta

Tillsammans med de stora kostnaderna associerade med VR så är ett av de största hindren för att VR ska nå ut till en massmarknad dess användbarhet. Detta arbete kan förhoppningsvis hjälpa till att hitta en standardiserad lösning för att minska simuleringsåksjuka vid artificiell förflyttning och på så sätt minska antalet människor som har problem med simuleringsåksjuka i VR.

Ett stort användningsområde för VR är för simulatorer så som flygsimulatorer. Med förbättringar mot simuleringsåksjuka så kan mer tid spenderas i simulatorer och risken minskar att användare lär sig handlingar som bara är till för att minska simuleringsåksjuka i simulatorn men som inte har samma effekt i verkligheten. VR används även för rehabilitering. Till exempel så har det använts för att hjälpa personer med nacksmärtor men även här har det visat sig att simuleringsåksjuka är ett problem (Treleaven et. al. 2015). Slutsatserna som denna rapport har kommit fram till skulle kunna appliceras för utveckling av både simulatorer och applikationer för rehabilitering.

6.2.3 Etik

Under projektets gång så har allt arbete utförts efter bästa förmåga men det är fortfarande möjligt att misstag kan ha skett. Alla resurser som har använts under arbetet har refererats till korrekt. För att garantera testpersonernas säkerhet så har de officiella manualerna (HTC Corporation u.å.) för att sätta upp spelytan följts. Samtliga testpersoner informerades före testet att det var simuleringsåksjuka som var syftet med testet och att de fritt kunde avsluta testet utan att behöva uppge någon anledning.

6.2.4 Relaterat arbete

2002 så tittade Lin, Duh, Parker, Abi-Rached och Furness på hur FOV påverkade upplevelsen av VR. Det som var mest intressant för detta arbete var att de tittade på hur FOV påverkade den upplevda simuleringsåksjukan. De kom fram till att FOV var positivt korrelerat med simuleringsåksjukan vilket detta arbete stödjer även om det inte fick lika tydliga resultat. Det är svårt att jämföra de två resultaten då mycket har hänt sedan 2002, VR headset har förbättrats kraftigt och datorerna som driver dem likaså. De två artefakterna skiljer sig även en hel del från varandra, Lin et. al. använde sig av en bilsimulator medan detta arbetet hade mycket mer kontroll över acceleration och rotation. Det är möjligt att detta har lett till att det inte fanns lika mycket utrymme för versioner med FOV ändringarna att ge en lika tydlig förbättring som Lin et. al. fick med sin studie.

Arbetet stödjer att simuleringsåksjukan ökar med längden av testsessionen. Samtliga testpersoner visade på ökad simuleringsåksjukan från del 1 till del 2 av testningen vilket stämmer överens med vad Kennedy, Stanney och Dunlop (2000) kom fram till i sin studie. Den ökade simuleringsåksjukan kan dock även tillskrivas till den ökade intensiteten från del 1 till del 2.

En stor utmaning under arbetets gång var de designval som behövde tas för att balansera hur mycket simuleringsåksjukan artefakten skulle skapa. Tidigare studier har visat på att artificiell rotation skapar mycket simuleringsåksjukan (So & Lo 1999) så beslutet togs att helt eliminera detta i artefakten. Fokus lades i stället på att låta användaren förflytta sig med en hög hastighet då tidigare studier (So, Lo & Ho 2001) har visat på att detta påverkar den upplevda simuleringsåksjukan.

6.3 Framtida Arbete

För framtida arbete så skulle det vara intressant att utöka testningen. Arbetet hade en väldigt homogen testgrupp bestående av 18 gymnasieelever varav 17 var män. Med en större spridning av ålder och kön bland testpersonerna så skulle det vara lättare att applicera resultatet av studien på befolkningen i stort. Det skulle även vara intressant att titta på om resultatet hade förändrats något med längre testsessioner. Då simuleringsåksjukan tenderar att öka med längden av sessionen så är det möjligt att detta skulle ge ett tydligare resultat av FOV förbättringarna.

Utöver testningen så finns det även ändringar på artefakten som det går att titta på. I artefakten så valdes det att begränsa FOV ändringarna till vid förflyttning men det är möjligt att det skulle gå att begränsa dessa ändringar ännu mer och endast applicera dem vid ändringar i hastighet (acceleration och retardation). Sawabe, Kanbara och Hagita (2017) har utfört en studie där de tittade på att minska åksjukan för självkörande fordon genom att minimera den upplevda accelerationen. På ett liknande sätt så skulle det i artefakten gå att endast applicera FOV ändringarna vid hastighetsändringar.

Artefakten fokuserade endast på ett kontrollschema för artificiell förflyttning. Metoden som valdes var att låta användaren peka i den riktning som de ville förflytta sig. Det skulle vara intressant att titta på andra metoder för artificiell förflyttning. Framst så skulle det vara intressant att titta på metoder med artificiell rotation då den nuvarande implementationen kräver att användaren kan titta i 360° vilket inte är särskilt bekvämt vid sittande användning. Det är i nuläget oklart om FOV sänkning skulle hjälpa med att sänka den upplevda simuleringsåksjukan vid rotationer så detta skulle vara ett naturligt nästa steg för detta arbete.

7. Referenser

- Blanchard, C., Lasko-Harvill, A. & Ellyn Jones, L. (u.å.). *What's New In Reality Built For Two*.
- Blizzard Entertainment (2016). *Overwatch* (version 1.11) [programvara]. Tillgänglig: <https://playoverwatch.com>
- brendaniribe (2016). *The first Oculus Rift has shipped, deliveries begin Monday 3.28.2016*. [twitterpost], 24 mars. <https://twitter.com/brendaniribe/status/713118956135981056> [2017-01-29]
- Brooks, J.O., et al. (2009). *Simulator sickness during driving simulation studies*. *Accident Analysis and Prevention* 42(2010), ss. 788-796.
- Cruz-Neira, C., Sandin, D.J. & DeFanti, T.A. (1993). *Surround-screen projection based virtual reality: the design and implementation of the CAVE*. I SIGGRAPH '93 Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. Anaheim, CA, USA 2-6 Augusti 1993. ss. 135-142. DOI: 10.1145/166117.166134
- Crystal Dynamics (2013). *Tomb Raider* (version 1.01) [programvara]. Tillgänglig: <http://store.steampowered.com/app/203160>
- DiZio, P. & Lackner, J.R. (1999). *Circumventing side effects of immersive virtual environments*. *HCI(2)*, ss. 893-896.
- Edwards, B. (2015). *Unraveling the Enigma Of Nintendo's Virtual Boy, 20 Years Later*. <https://www.fastcompany.com/3050016/unraveling-the-enigma-of-nintendos-virtual-boy-20-years-later> [2017-03-09]
- Epic Games (2017). *Movement Components*. <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Engine/Components/Movement/> [2017-05-29]
- Feldt R. & Magazinius A. (2010). *Validity threats in empirical software engineering research - An initial survey*. Proceedings of the 22nd International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering. Redwood City, CA, USA, 1-3 Juli 2010. ss. 374-379
- HTC Corporation (2017). *Inside the Headset*. [<https://www.vive.com/eu/product/>] [2017-03-06]
- HTC Corporation (u. å.). *Setup and Settings: Play area*. https://www.vive.com/us/support/category_howto/play-area.html [2017-07-25]
- iFixIt (2016). *HTC Vive Teardown*. <https://www.ifixit.com/Teardown/HTC+Vive+Teardown/62213> [2017-03-06]
- Jalali, S. & Wohlin, C. (2012). *Systematic Literature Studies: Database Searches vs. Backwards Snowballing*. I ESEM '12 Proceedings of the ACM-IEEE international symposium on Empirical software engineering and measurement. Lund, Sverige 19-20 september 2012. ss 29-38. DOI: 10.1145/2372251.2372257

- Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S. & Lilienthal, M.G. (1993). *Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness*. The International Journal of Aviation Psychology, 3(3), ss. 203-220.
- Kennedy, R.S., Stanney, K.M & Dunlap, W.P. (2000). *Duration and Exposure to Virtual Environments: Sickness Curves During and Across Sessions*. Presence: Teleoperators and virtual environments, 9(5), ss. 463-472.
- Klosterhalfen, S., Kellermann, S., Pan, F., Stockhorst, U., Hall, G. & Enck, P. (2005). *Effects of Ethnicity and Gender on Motion Sickness Susceptibility*. Aviation, Space, and Environmental Medicine 76(11), ss. 1051-1057.
- Lin, J.J.W., Duh, H.B.L., Parker, D.E., Abi-Rached, H. & Furness, T.A. (2002). *Effects of Field of View on Presence, Enjoyment, Memory and Simulator Sickness in a Virtual Environment*. I IEEE Virtual Reality 2002, Proceedings IEEE Virtual Reality 2002. Orlando, FL, USA 24-28 mars 2002. ss. 164-171. DOI: 10.1109/VR.2002.996519
- Mobile World Congress (2016). *HTC AND VALVE BRING VIRTUAL REALITY TO LIFE WITH UNVEILING OF VIVE CONSUMER EDITION* (Pressmeddelande från Mobile World Congress 2016-02-21)
- Nintendo of America Inc. (1995). *"BLOCKBUSTER" LAUNCH FOR NINTENDO VIRTUAL BOY* (Pressmeddelande från Nintendo of America Inc. 1995-09-18)
- Nintendo. (u.å.). *Virtual Boy Games*. Tillgängligt på internet: https://web.archive.org/web/20061202093110/http://www.nintendo.com/doc/vb_games.pdf [Arkiverat 2006-02-12, Hämtat 2017-01-29]
- Oculus (2013). *Oculus Rift: Step into the Game*. <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game> [2017-01-29]
- Reason, J.T. (1978). *Motion sickness adaptation: a neural mismatch model*. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 71. ss. 819-829.
- Sawabe, T., Kanbara, M. & Hagita, N. (2017). *Diminished Reality for Acceleration Stimulus: Motion Sickness Reduction with Vection for Autonomous Driving*. I IEEE Virtual Reality 2017. San Francisco, CA, USA 18-22 Mars 2017. ss. 277-278.
- So, R.H.Y & Lo, W.T. (1999). *Cybersickness: An Experimental Study to Isolate The Effects of Rotational Scene Oscillations*. I IEEE Virtual Reality 1999, Proceedings IEEE Virtual Reality 1999. Austin, TX, USA 13-17 mars 1999. DOI: 10.1109/VR.1999.756957
- So, R.H.Y, Lo, W.T. & Ho, A.T.K (2001). *Effects of navigation speed on motion sickness caused by an immersive virtual environment*. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 43(3), ss. 452-461.
- Sutherland, I.E. (1965). *The Ultimate Display*. Proceedings of IFIP Congress. New York City, New York, USA 24-29 Maj 1965. ss. 506-508.

Sutherland, I.E. (1968). *A head-mounted three dimensional display*. Proceedings of the fall joint computer conference. San Francisco, CA, USA 9-11 December 1968. ss. 757-764. DOI: 10.1145/1476589.1476686

The Virtual Visionary. (2001). *The Guardian*, 29 December. Tillgängligt på internet: <https://www.theguardian.com/technology/2001/dec/29/games.academicexperts> [2017-03-03]

Treleaven, J., Battershill, J., Cole, D., Fadelli, C., Freestone, S., Lang, K., Sarig-Bahat, H. (2015). *Simulator sickness incidence and susceptibility during neck motion-controlled virtual reality tasks*. *Virtual Reality*, 19(3-4), ss. 267-275.

wevr, inc (2016). *theBlu* (version 1.3) [programvara]. Tillgänglig: <http://store.steampowered.com/app/451520>