



JÖNKÖPING UNIVERSITY
School of Engineering

Eyetracking som interaktions- hjälpmedel i fordon

Utveckling och utvärdering av ett ögonstyrt
infotaintmentsystem

HUVUDOMRÅDE: *Datateknik*
FÖRFATTARE: *Amin Skorupan*
HANDLEDARE: *Adam Lagerberg*
JÖNKÖPING 2018 Oktober

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping Datateknik. Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Examinator: Ulf Johansson
Handledare: Adam Lagerberg
Omfattning: 15 hp
Datum: 2018-10-22

Postadress:
Box 1026
551 11 Jönköping

Besöksadress:
Gjuterigatan 5

Telefon:
036-10 10 00 (vx)

Abstract

The purpose of this study was to develop and evaluate a new eye-controlled infotainment system that worked differently compared to similar systems. What differs this new system is that personal calibration is not necessary to be performed before each time the system is to be used.

The method Design Science Research (DSR) has been used where an artifact has been developed and then investigated. Experiments have been conducted to find out how well the infotainment system works when it uses a relative gaze towards an absolute, but also to find out how users should confirm their gaze in the best way. For confirmation of gaze, three different methods have been used; button press, blink, and gazing. The collected data from the experiments have been matched to evaluate how well they stand against each other.

The result of the study shows that when the infotainment system used relative gaze, it worked in as many attempts as it did using absolute. The result times were very similar to each other which shows that the both methods works well even when face calibration is not used, but the collected data was uneven which made it difficult to draw conclusions about which one was faster. The study also shows that keystroke was the best-suited method to use to confirm gaze. This method was much faster than other methods.

A limitation of the study has been that data collection was only done on two occasions. On more occasions more data could have been generated, which would have made it easier to draw more conclusions about the response times.

Sammanfattning

Syftet med denna studie var att utveckla och utvärdera ett nytt ögonstyrt infotainmentsystem som fungerar annorlunda än tidigare liknande system. Det som skiljer systemet från tidigare är att personlig kalibrering inte är nödvändigt att utföra inför varje ny användares bruk av systemet.

Metoden Design Science Research (DSR) har använts genom att en artefakt har utvecklats och sedan undersökts. Experiment har utförts för att ta reda på hur bra infotainmentsystemet fungerar vid användning av relativ blick i jämförelse med absolut blick samt för att undersöka hur användare på bästa sätt kan bekräfta sin blick. För att bekräfta blick användes tre olika metoder; knapptryck, blinkning och genom att stirra. Insamlad data från experimenten har sedan matchats för att ge en uppfattning om hur bra de står sig mot varandra.

Resultatet från studien visar att när infotainmentsystemet använde sig av relativ blickposition fungerade det vid lika många försök som det gjorde vid absolut blickposition. Resultattiderna för användningen av de olika metoderna var väldigt lika varandra men insamlad data var något brusig, vilket gjorde det svårt att dra slutsatser om vilken metod som var snabbast. Studien visar däremot att knapptryckning var den bäst lämpade metoden att använda sig av för att bekräfta sin blick, eftersom denna metod var mycket snabbare än övriga.

En brist med studien är att datainsamling endast gjordes vid två tillfällen. Om datainsamling skett vid fler tillfällen hade mer data kunnat genereras vilket hade gjort det enklare att dra fler slutsatser kring resultattider.

Nyckelord – Kalibrering, Eyetracking, Gaze

Innehållsförteckning

Abstract	i
Sammanfattning.....	ii
Innehållsförteckning.....	iii
I Introduktion.....	I
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 PROBLEMBESKRIVNING	2
1.3 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	2
1.4 OMFÅNG OCH AVGRÄNSNINGAR	2
1.5 DISPOSITION	2
2 Metod och genomförande	3
2.1 INLEDNING.....	3
2.2 KOPPLING MELLAN FRÅGESTÄLLNINGAR OCH METOD	3
2.2.1 LITTERATURSTUDIER	3
2.2.2 EXPERIMENT.....	3
2.3 ARBETSPROCESSEN.....	4
2.3.1 UTVECKLING AV INFOTAINMENTSYSYSTEM.....	4
2.3.1.1 INFOTAINMENTSYSYSTEMET	4
2.3.1.2 EYETRACKING DATA	5
2.3.1.3 RELATIV BLICK.....	5
2.3.2 EXPERIMENT.....	6
2.4 ANSATS	7
2.5 DESIGN	7
2.5.1 SPECIFIKATION AV TESTSYSTEM.....	7
2.6 DATAANALYS	7
2.6.1 ANALYS AV EXPERIMENT.....	7
2.7 TROVÄRDIGHET	8
2.7.1 EXPERIMENT.....	8
2.7.2 LITTERATURSTUDIER	8

3	Teoretiskt ramverk.....	9
3.1	KOPPLING MELLAN FRÅGESTÄLLNING OCH TEORI	9
3.2	EYE TRACKING.....	9
3.3	EYE TRACKING SYSTEM UTAN KALIBRERING	10
4	Empiri.....	11
4.1	FRÅGESTÄLLNING 1	11
4.2	FRÅGESTÄLLNING 2	11
5	Analys	13
5.1	FRÅGESTÄLLNING 1	13
5.2	FRÅGESTÄLLNING 2.....	14
6	Diskussion och slutsatser	17
6.1	RESULTAT.....	17
6.2	IMPLIKATIONER	17
6.3	BEGRÄNSNINGAR.....	17
6.4	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	17
6.5	VIDARE FORSKNING.....	17
	Referenser.....	18
	Bilagor	19

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Tack vare de enorma framsteg som åstadkommit inom datateknikområdet under de senaste decennierna har datorernas kapacitet och kraft ökat enormt. Arbete med datorer har idag blivit en vardaglig aktivitet för nästan alla.

Uppfinnandet av datorn medförde även ett behov av användargränssnitt för att möjliggöra interaktion med datorn. Användargränssnittet har under längre tid inneburit användning av tangentbord och datormus. Dagens interaktion med datorer är dock inte längre begränsat till användandet av tangentbord och datormus. Idag finns det möjlighet att använda sig av olika touchskärmar eller via exempelvis tal. Nästa steg i denna revolution skulle kunna vara interaktion genom eyetracking.

Eyetracking, eller med andra ord visuell observation, har studerats i över ett århundrade [2]. Visuell observation är definierat som den process genom vilken en del av synfältet (den s.k. fokuspunkten) identifieras för fortsatt behandling.



Figur 1. Visuell observans

Studierna var i sitt tidiga skede begränsade till observation av hur personer rörde sina ögon. Sedan dess har studieområdet ökat till att omfatta flera andra delområden, såsom psykofysik, neurovetenskap och datateknik [2].

Dagens eyetrackingsystem använder sig av bildbehandlingstekniker där undersökning av ögats biometri utförs. Indata från kamerorna konverteras till digital form och ett antal matematiska operationer utförs för att skapa en förbättrad bild på vilken uppgifter sedan kan utföras [3].

Eyetrackingsystem integreras idag i bilar i syfte att mäta om föraren är trött eller ouppmärksam [3]. Nästa steg i utvecklingen skulle kunna vara att genom avancerade (men lättillgängliga) eyetrackingsystem möjliggöra för föraren att integrera med bilens dator. Därigenom skulle föraren kunna styra olika funktioner i bilen så som exempelvis luftkonditionering, temperatur eller vilken låt som spelas.

Företaget Smart Eye är ett världsledande företag inom eyetracking industrin idag [12]. Smart Eye utvecklar olika typer av eyetrackingsystem både för fordonsindustrin men även också inom forskning. Det är i samarbete med Smart Eye, och tack vare deras produkter, som denna studie kunnat utföras.

1.2 Problembeskrivning

Att utveckla eyetrackingsystem som är lättillgängliga och snabba att använda har hittills visat sig vara problematiskt. Svårigheten har legat i att eyetrackingsystemen inför varje ny persons användning behövt kalibreras om för att anpassas till den nya användarens ögon. Kalibreringen kan i sig ofta vara komplicerad, men även tidskrävande.

Personlig kalibrering är en procedur som utförs för att kompensera för de vinkelfel som uppstår vid eyetracking på grund av personliga skillnader i användares ögon. Under en kalibrering måste användaren noggrant titta på 5 till 10 markörer som visas på en skärm i följd [1].

Om en kalibrering utförs innan systemet används blir användarens blickriktning absolut. Om ingen kalibrering sker får systemet svårt att veta var användarens blick befinner sig. Differensen mellan två okalibrerade positioner kallas för relativ position.

1.3 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie var att utveckla och utvärdera ett nytt infotainmentsystem med eyetracking som styrningsverktyg, men som inte kräver förkalibrering utan istället använder sig av relativ blickpositionering. Infotainmentsystemet utvärderades med beaktande av hur naturligt det upplevdes av användaren men också med beaktande av hur lång tid det faktiska användandet av systemet skulle ta från den primära körningen. Vidare testades och utvärderade vilka olika metoder som användare kunde använda sig av för att bekräfta sin blick, samt vilken av dessa metoder som var bäst för ett sådant system.

Frågeställningar

- Hur effektivt är det att använda sig av relativ positionering av blickriktning för att interagera med bilar, i jämförelse med en absolut blickriktning?
- Vilken metod är bäst att använda sig av i syfte att bekräfta sin blick för systemet?

1.4 Omfång och avgränsningar

- På grund av tidsaspekten har endast ett fåtal olika metoder för bekräftelse av blick testats.
- Endast Smart Eyes eyetracking system har använts för att ta emot eyetracking-data.
- Endast 2 kameror har använts för att ta emot eyetracking-data. Vardera kameran använde sig av en infraröd lampa.

1.5 Disposition

Kapitel 2 – Metod och genomförande

Kapitlet beskriver hur infotainmentsystemet har utvecklats, hur de aktuella testerna har utförts samt vilka aspekter som beaktades vid utförandet av testerna.

Kapitel 3 – Teoretiskt ramverk

Kapitlet innehåller generell fakta om eyetracking och specifikt varför kalibrering är en viktig process inom dagens eyetracking.

Kapitel 4 – Empiri

Kapitlet presenterar den insamlade data som tagits fram genom testerna som beskrivits i kapitel 2.

Kapitel 5 – Analys

Kapitlet presenterar svar på studiens frågeställningar genom att behandla empirin.

Kapitel 6 – Diskussion och slutsatser

Kapitlet sammanfattar och beskriver studiens resultat.

2 Metod och genomförande

2.1 Inledning

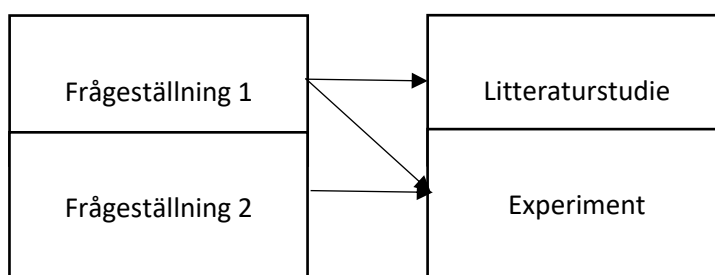
Experimentell metod har använts för att utföra studien. Ett infotainmentsystem har utvecklats, och därefter kopplats till Smart Eyes "Head- and Eye-trackingsystem" samt till vissa testpersoner. Testpersonerna har använt systemet för att jämföra hur effektivt det fungerar med användande av relativ respektive absolut blickpositionering.

Under testerna användes systemet på flera olika sätt, med både absolut och relativ blickpositionering, i syfte att väga för och nackdelar mellan de två olika sätten. Systemet möjliggjorde även för testpersonerna att på olika sätt bekräfta var de fäst sin blick. Bekräftelsen kunde ske genom att användaren blinkade, tryckte på knapp eller stirrade.

Studien följde forskningsmetoden Design Science Research (DSR). Syftet med användningen av nämnda metod var att utveckla och utvärdera en artefakt [12].

2.2 Koppling mellan frågeställningar och metod

Figur 2 visar hur kopplingen mellan frågeställningar och metod har sett ut.



Figur 2. Figuren beskriver koppling mellan studiens frågeställningar och använda metoder.

För att besvara studiens första frågeställning har en inledande litteraturstudie gjorts i syfte att ge grundläggande förståelse för eyetracking. Litteraturstudien har fokuserat på att undersöka varför kalibrering är en viktig del inom eyetracking och varför den behövs. En artefakt har utvecklats och sedan testats genom utförande av experiment.

För att besvara studiens andra frågeställning har ovan nämnda artefakt använts genom experiment.

2.2.1 Litteraturstudier

En litteraturstudie är en granskning av litteratur utifrån ett vetenskapligt syfte. [10] Denna litteraturstudie har gjorts för att ta reda på hur ansiktskalibrering utförs och varför det är nödvändigt inom dagens eyetrackingteknologi.

2.2.2 Experiment

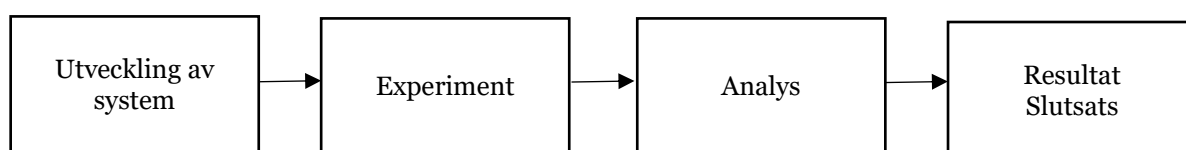
Ett experiment är ett test som utförs för att lära sig eller upptäcka om något fungerar eller är sant. Experiment bör vara upprepningsbara för att kunna dra trovärdiga slutsatser av de genomförda testerna. Experimentet för denna studie har utförts genom att ca 20 testpersoner använt sig av det utvecklade infotainmentsystemet (artefakten), på vilket de sedan utfört enkla

uppgifter, såsom att byta låt eller ändra temperatur i bilen. Det utvecklade infotainmentsystemet har testats med såväl absolut som relativ positionering.

Testpersonerna har även använt sig av olika metoder för att bekräfta sin blick i samband med utförandet av uppgifterna. Metoderna har begränsats till bekräftelse genom att stirra, blinka eller genom tangenttryck. Insamling har skett av resultattider för utförandet av uppgifterna. Resultattiderna har sedan jämförts i syfte att dra slutsatser om hur effektivt ett system med relativ position hade varit i en miljö där systemet är tänkt användas (dvs. i fordon) och vilka metoder som är mest lämpliga i ett sådant system.

2.3 Arbetsprocessen

Arbetsprocessen har sett ut som följande i denna studie.

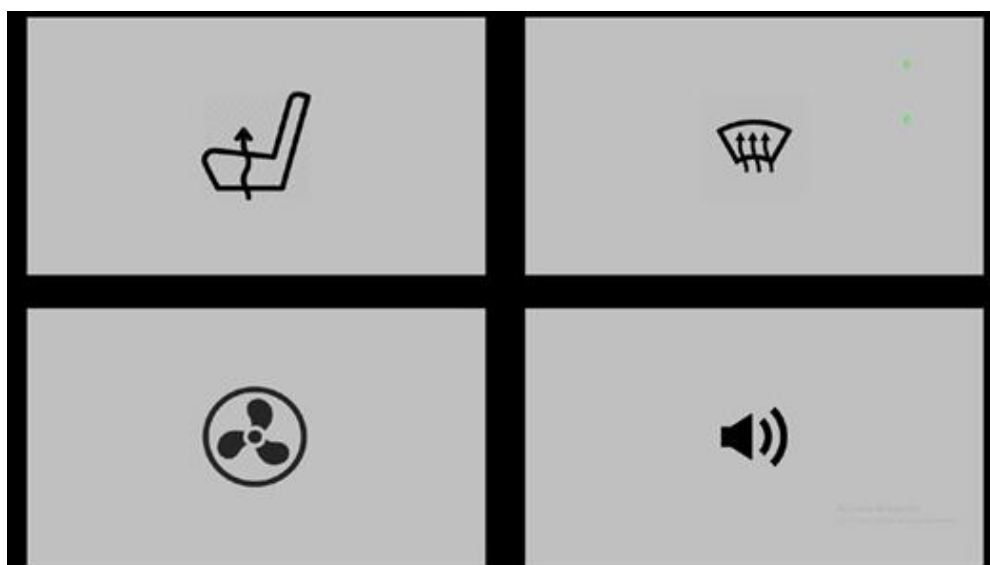


Figur 3. Arbetsprocessen

2.3.1 Utveckling av infotainmentsystem

2.3.1.1 Infotainmentsystemet

Utvecklingen av infotainmentsystemet skedde iterativt i fyra olika faser; planering, implementering, test och utvärdering. När systemets funktionalitet planerades skapades det i syfte att efterlikna de system och funktioner som idag finns på marknaden. Funktionaliteten begränsades dock snabbt till att testpersonerna endast skulle använda sig av ett fåtal av de funktioner som idag annars finns på marknaden. Denna begränsning skedde på grund av tidsaspekten för studiens utförande. Infotainmentsystemet i studien utvecklades i programmeringsspråket C++ och skrevs i utvecklingsmiljön Qt. Systemet fick under utvecklingens gång kontinuerligt testas av en utvecklare anställd på Smart Eye, i syfte att säkerställa att systemet uppfyllde de förväntade kraven.



Figur 4. Infotainmentsystemet användargränssnitt och dess olika funktionaliteter

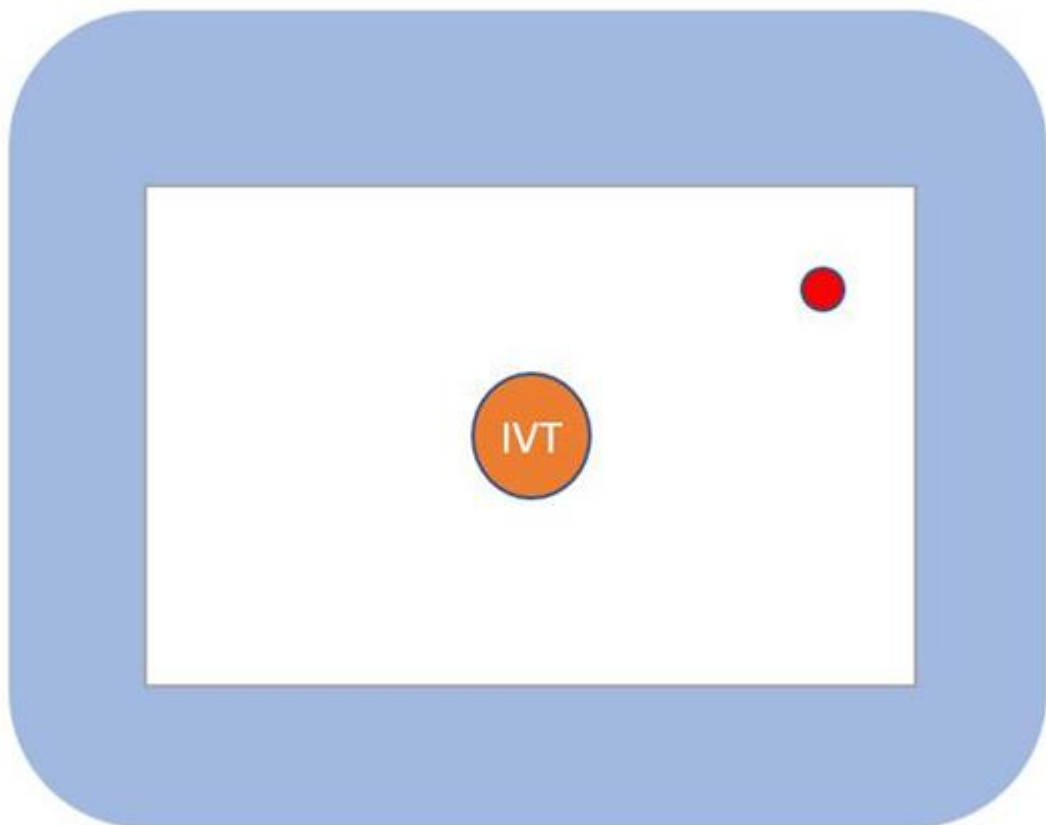
2.3.1.2 Eyetracking data

Infotainmentsystemet användes parallellt med Smart Eyes egna eyetracking-program Smart Eye Pro. Smart Eye Pro utförde själva eyetrackingen och extraherade sedan tracking-data som togs emot av infotainmentsystemet. Denna data behandlades och utnyttjades sedan för att med hjälp av data kunna välja och orientera sig i systemet.

2.3.1.3 Relativ blick

För att kunna använda sig av eyetracking med så hög precision som möjligt måste eyetrackern veta mer om varje användares ögon. Därför utförs kalibrering. Kalibreringen utförs genom att användaren följer en punkt, video eller annat grafiskt element på en skärm [5].

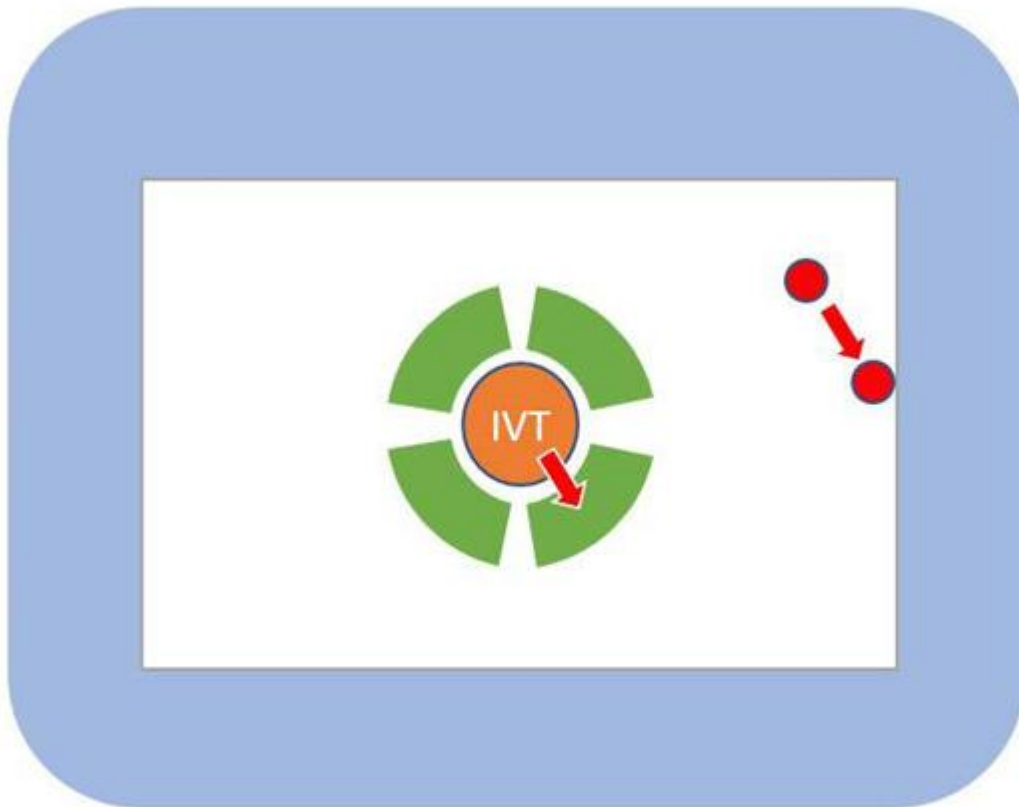
Infotainmentsystemet utför en kalibrering med endast en punkt. När användaren tittar på skärmen för första gången dyker en prick upp på mitten av skärmen ("IVT" i figur 5.). Personen kommer då att stirra på punkten en kort period, under vilken systemet sparar den eyetracking-position som motsvarar personens mittpunkt. Detta görs för att konstatera var användarens egentliga mittpunkt på skärmen finns och för att med hjälp av denna punkt sedan få fram en relativ position. Eyetracking-data kan ha sämre precision om en kalibrering inte utförts tidigare, vilket kan få eyetrackern att tro att personens mittpunkt egentligen är någon annanstans ("Röd punkt i figur 5.")



Figur 5. Kalibrering steg 1.

Efter att systemet sparar positionen av denna röda punkt, startas programmet och visar de olika funktionerna som går att använda sig av. Den röda punkten kommer nu ses som infotainmentsystemets nya center. Punktens koordinater kommer sedan hela tiden att jämföras med de inkommande eyetracking-koordinaterna. Om exempelvis de nya koordinaterna har ett

högre x och lägre y än vår röda punkts koordinater vet vi att personen försökte titta snett nedåt höger (Se figur 6).



Figur 6. Utnyttjande av kalibrering

2.3.2 Experiment

Infotainmentsystemet som utvecklades placerades på en sju tums surfplatta med en bestämd fysisk plats. Denna plats markerades för att försäkra sig att den alltid sitter på samma position i syfte att enkelt kunna återupprepa testerna, och därigenom påvisa hög reliabilitet. Surfplattans position mättes för att sedan läggas in i en 3d värld som befann sig i programmet Smart Eye Pro.

En demorigg byggdes för att infotainmentsystemet skulle presenteras på en heads-up display. Surfplattans ljus reflekterades i plexiglasets vilket gjorde att testpersonen såg infotainmentsystemet när vederbörande tittade på det (Se bilagor).

Inför varje genomförande med en ny testperson genomfördes först en kamerakalibrering. Kamerakalibreringen genomfördes för att kamerorna skulle veta var de är positionerade och för säkerställande av att eyetrackingen alltid har så hög kvalitet som möjligt. Denna typ av kalibrering (kamerakalibrering) är inte densamma som den som tidigare behandlats i rapporten, då kamerakalibreringen endast användes för att säkerställa att alla testpersoner skulle få samma förutsättningar för så bra eyetracking som möjligt.

Samtliga testpersoner fick sitta på en bestämd plats, för att eyetrackingen och förutsättningarna skulle vara samma för alla. Testpersonerna fick inför testet leka runt i systemet och ställa frågor för att lära sig hur det fungerar och hur de orienterar sig i systemet.

För att kunna besvara frågeställningarna har användartester genomförts. Alla testpersoner har fått utföra samma uppgifter. Resultattider samlades in för att mäta hur lång tid testpersonen behövde för att utföra olika uppgifter, med mål att utföra dessa på så snabb tid som möjligt. Tiderna samlades in genom att en timer startades i mjukvaran när systemet vaknade och

stoppades när uppgiften var slutförd. Dessa tester utfördes både med förgående ansiktskalibrering men också utan att sådan kalibrering utförts. För att öka trovärdigheten och undvika inlärningskurvor så växades ordningen mellan vilken metod som använts först. Samma tillvägagångssätt användes i samband med testerna avsedda för frågeställning nummer två, dvs. de olika metoderna för bekräftelse användes i växlad ordning. I samband med tester avsedda för frågeställning nummer ett, användes alltid samma bekräftelsemetod, även om inte alla testpersoner använde samma bekräftelsemetod.

De insamlade tiderna dokumenterades i ett excel-dokument.

2.4 Ansats

Data som samlades in från användartesterna gav information om hur effektivt ett system som använder relativa positioner var jämfört med ett system som använder sig av absoluta positioner. Insamlad data gav också information om vilken bekräftelsemetod som var bäst. Insamlad data gav besked om denna typ av system gick att använda, samt om det var möjligt att utföra funktioner utan att användningen föregåtts av kalibrering.

De insamlade resultattiderna, som visade hur lång tid användaren behövde för att utföra en funktion var relevanta, på så vis att de kunde indikera om det skulle kräva längre tid för användaren att utföra en viss funktion i ett relativt system än i ett absolut. Om detta skulle stämma hade ett sådant system (med relativ blickposition) möjligtvis inte varit tillräckligt lämpligt och effektivt för användning i fordon, eftersom systemet inte får rikta användarens blick från vägen under en längre tid. Det nämnda är relevant även vid val av bekräftelsemetod.

2.5 Design

2.5.1 Specifikation av testsystem

Kamerornas och systemets specifikationer som användes i studien är följande. En exponator användes även för att se till att systemet blinkar i 60Hz.

Model	Kvantitet	Frekvens	Linser	Flashar
Basler acA1300-75gm	2	60 Hz	C-mount	2*Standard IR flashar

Surfplattan som användes för att använda infotainmentsystemet och ta emot eyetrackingdata från Smart Eye Pro är följande.

Model	Skärmstorlek	RAM	Operativsystem
Lenovo Tab 3	7 tum	1 GB	Android 6.0

2.6 Dataanalys

2.6.1 Analys av experiment

För att kunna analysera och jämföra data som erhållits i samband med experimenten har data noterats i ett Excel-dokument. Data från tester då systemet används med absolut positionering har matchats med data vid användande av relativ positionering. Vidare har de olika metoderna för bekräftelse matchas med varandra. Vid större skillnader avseende resultattider har analys

gjorts beträffande orsaken till avvikelserna samt analys om metoden är effektivt i ett infotainmentsystem.

2.7 Trovärdighet

2.7.1 Experiment

För att experimentet ska ha så hög trovärdighet som möjligt har systemet först testats av ansvarig, i syfte att försäkra sig om resultatens trovärdighet och att all funktionalitet i mjukvaran fungerar som tänkt. Testpersonerna utförde sedan testerna flera gånger, för att försäkra att inte mjukvaran krånglar och att insamlad data inte på grund av detta skulle bli korrupt.

För att försäkra att alla testpersoner skulle ges samma förutsättningar för bra eyetracking och i syfte att göra experimentet upprepbart fick surfplattan och kamerasytemet en bestämd plats, där de alltid var placerade under testerna. Även testpersonerna hade en bestämd plats för att säkerställa att vederbörande alltid skulle synas i kamerorna och göra eyetrackingen möjlig.

2.7.2 Litteraturstudier

För att ha så hög trovärdighet som möjligt har endast rapporter och litteratur som anses pålitliga och relevanta använts. Stor del av litteraturen och rapporterna som använts kommer från Google Scholar, men även från högskolans bibliotek. Relevansen har bestämts utifrån antalet citeringar litteraturen och rapporterna har fått, samt baserat på om de för studien relevanta sökorden funnits med i vald litteratur och rapporter. Information kring eyetracking har erhållits från världsledande företag inom eyetracking-teknologin.

3 Teoretiskt ramverk

3.1 Koppling mellan frågeställning och teori

För att ge en teoretisk grund till frågeställningarna kommer teorin om hur eyetracking fungerar inledningsvis att beskrivas. Vidare kommer mer djupgående förklaras av varför ansiktskalibrering är nödvändig inom eyetracking och vad som uppfylls när denna är slutförd.

3.2 Eye tracking

Eyetracking är konsten att använda sig av teknik för att identifiera, förstå och förutsäga mänskliga handlingar och avsikter. Genom att studera en persons ögon, ansikte samt huvudrörelser är det möjligt att dra slutsatser om dennes vaksamhet, uppmärksamhet, fokus. Idag finns det olika metoder att använda sig av för att beräkna en persons blickriktning. En populär metod som används är videobaserade eyetrackers som fungerar på sådant vis att de mäter en persons fokuspunkt genom att skapa en reflektion i ögats hornhinna [6]. Denna reflektion skapas genom att infrarött ljus skjuts mot personens ögon vilket sedan kan fångas upp i kamerorna [7]. Mjukvara för bildbehandling används för att kunna hitta och identifiera olika kännetecken i ögonen.

Det infraröda ljuset kommer in i ögats näthinna och en stor del av ljuset reflekteras tillbaka. Detta får pupillen att framstå som en klar, väldefinierad disk. När sedan bildbehandlingsmjukvaran hittar pupillens center samt hornhinnans reflektion kan vektorn mellan dessa två mätas, och därefter är det möjligt med fortsatt behandling hitta personens fokuspunkt. Denna metod baseras på hornhinnans reflektion-baserade eyetrackers.

Det infraröda ljuset används för att personen som utsätts för ljuset skall kunna fokusera utan störande ljus i ansiktet, vilket vanligt ljus annars hade orsakat. Nedanstående bild visar denna reflektion som skapas vid eyetracking, då ögat utsätts för IR-ljus (Figur 7).



Figur 7. Ögats reflektion när utsatt för IR-ljus

Videobaserade eyetrackers behöver idag inför användning justeras för att överensstämna med varje ny användares olika särdrag vid ögonrörelser. Detta görs genom att en kalibrering utförs. Kalibreringen är den process genom vilken användarens geometriska egenskaper uppskattas för att få en bättre och mer precis fokuspunktberäkning [8].

Kalibreringen fungerar genom att en punkt visas upp på skärmen, och om användarens öga fixerar sig under en längre period och inom ett visst område kan mjukvaran för eyetracking lagra informationen. Informationen som lagras är det samband mellan pupillcentrat och hornhinnans reflektion som motsvarar den specifika x, y-koordinaten för just den punkten på skärmen [9]. Denna process upprepas sedan för ett flertal olika punkter spridda på skärmen.

När systemet inte är kalibrerat saknar det information om hur olika användares ögon skiljer sig, och har därför inte heller några samband mellan pupillcentrat och hornhinnans reflektion-att referera till när den beräknar eyetrackingen.

En annan metod för utförande av eyetracking är genom användning av utseendebaserade metoder. Blickriktningar kan uppskattas genom mönsterigenkänningsalgoritmer som neurala nätverk eller genom "närmsta grannen"-metoden. Dessa metoder kräver dock mycket träningsdata och är inte optimala vid förändringar av användare.

Ytterligare en metod för utförande av eyetracking är att använda sig av modellbaserade metoder. Blickriktningar kan uppskattas genom att iris uppskattas som ellipser, och när ellipsens form förändras är det möjligt att beräkna vart användaren fäster sin blick. Denna metod fungerar däremot väldigt dåligt för det fall att vinkeln mellan blicken och kameran är liten.

3.3 Eye tracking system utan kalibrering

Dagens videobaserade eyetrackingsystem kräver nästan alltid att användaren utför en kalibrering innan användningen av systemet, för att mjukvaran och trackningen ska vara så precis som möjligt. Det har hittills utförts flera försök att utveckla eyetrackers som inte kräver kalibrering av användare. Nedan beskrivs några av dessa.

Takegami [13] föreslog en metod som inte krävde kalibrering av användaren, däremot krävde metoden att användaren skulle bära en kamera på sitt huvud. Metoden tog inte heller hänsyn till när förhållanden mellan kamera och ögon förändrades. Även om eyetracking var möjligt att utföra utan kalibrering, var systemet inte optimalt.

En annan metod som testades baserades på iakttagelse av personers ansiktsdrag, varefter beräkningar utfördes och en 3d ögonmodell togs fram [14]. Blickriktningen kunde bestämmas som 3d-vektorer som kopplade ögonloben och iriscentrat. Metoden var dock inte tillräckligt precis och hade felmarginaler vid beräkningar både horisontellt och vertikalt.

4 Empiri

Empirin utgörs av 360 experiment, varav 144 av dessa fokuserar på jämförelser mellan absolut och relativ blick, medan resterande 216 fokuserar på jämförelse av olika bekräftelsemetoder. Ett experiment motsvarar ett försök att utföra en viss uppgift och resultatet utgörs av tiden det tog lång samt om experimentet lyckades eller inte (dvs. om det visades vara sant). De olika uppgifter som fick utföras av användare var följande:

1. Byta låt
2. Sätta på stolsvärme
3. Sänka ljudet till noll
4. Sänka temperaturen 4 grader

4.1 Frågeställning 1

Tabell 1 visar medelvärdet på tiden det tog att utföra de olika uppgifterna med absolut respektive relativ blick. Enheten som använts är millisekunder.

Uppgift	Absolut blick (ms.)	Relativ blick (ms.)
1	3150	2934
2	2678	2737
3	3462	3485
4	4162	4221

Tabell 1. Medelvärde för tiden att utföra uppgift 1 - 4, använt absolut och relativ blick.

Tabell 2 visar antalet misslyckade försök med absolut och relativ blick.

Uppgift	Absolut blick	Relativ blick
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0

Tabell 2. Misslyckade försök för uppgifter 1 - 4, använt absolut och relativ blick.

4.2 Frågeställning 2

Tabell 3 visar medelvärdet på tiden det tog att utföra respektive uppgifter med bekräftelsemetoderna knapptryckning, blinkning eller genom att stirra. Enheten som använts är millisekunder.

Uppgift	Knapp (ms.)	Blink (ms.)	Stirra (ms.)
1	2664	4187	3805
2	2374	2982	3426
3	3276	4593	4508
4	3951	5821	6682

Tabell 3. Medeltid för uppgifter 1 - 4, använt knapptryckning, blinkning och stirra för att bekräfta.

Tabell 4 visar antalet misslyckade försök med knapptryck, blinkning och stirrande.

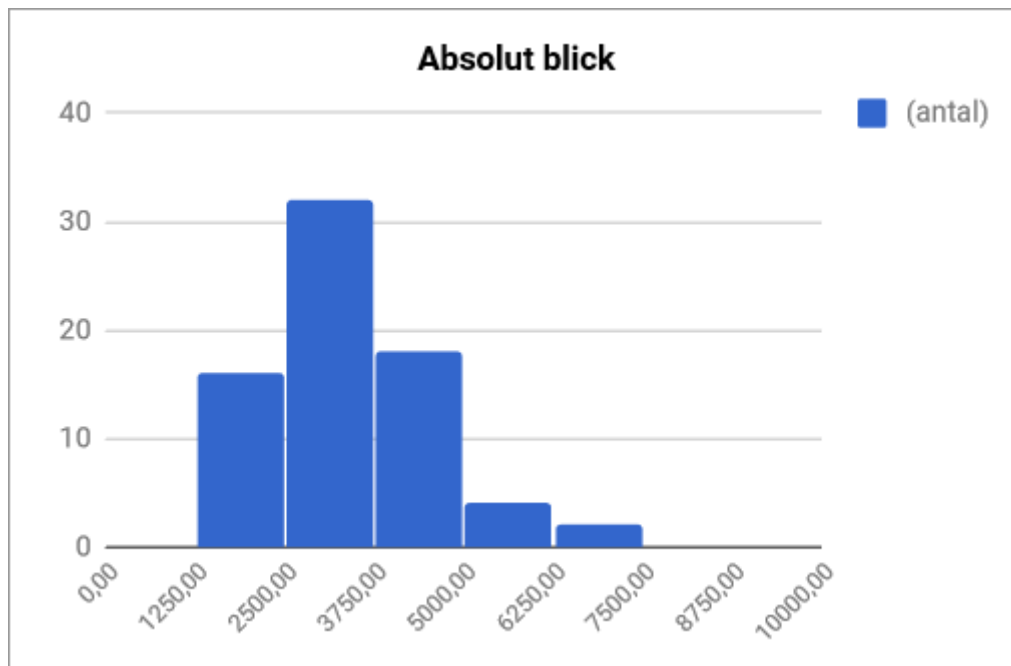
Uppgift	Knapp	Blink	Stirrande
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0

Tabell 4. Misslyckade försök för uppgifter 1 - 4, använt knapptryck, blinkning och stirrande för att bekräfta.

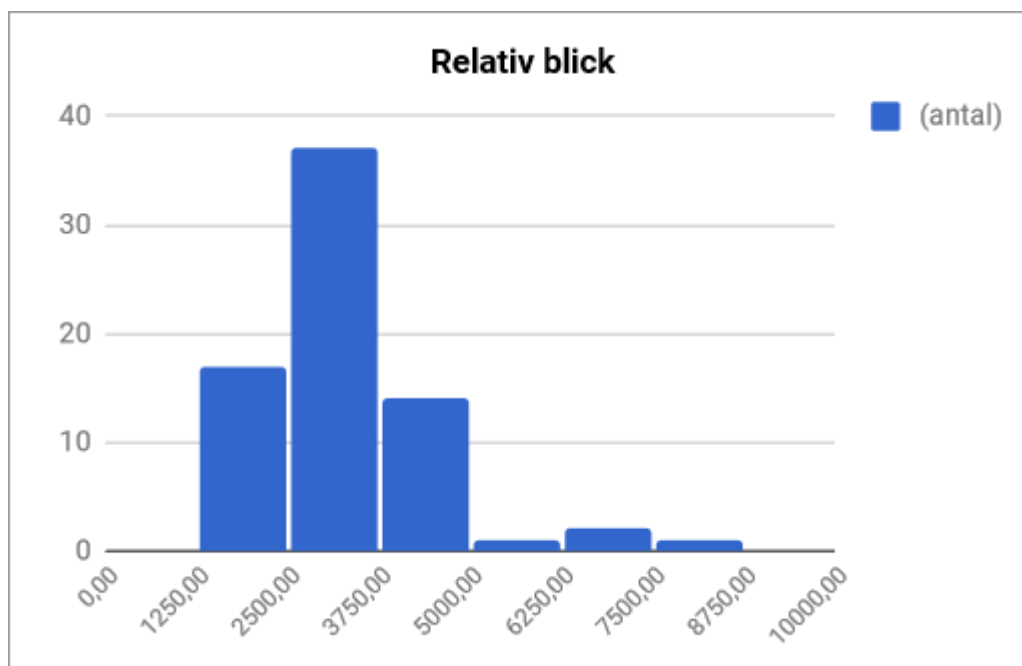
5 Analys

5.1 Frågeställning 1

Genom att sammanställa alla uppgifter utfärda med absolut respektive relativ blick kan ett histogram avseende de totala tiderna skapas. Insamlade tider från experimenten visas i nedanstående histogram (Figur 8 och 9). X-axeln motsvarar tiden det tog för varje uppgift att utföras i enheten millisekunder. Y-axeln motsvarar antalet experiment som hamnade i motsvarande lagerplats.



Figur 8. Histogram med absolut blick/gaze



Figur 9. Histogram med relativ blick/gaze

Totala medelvärden på tiden för utfört experiment med absolut och relativ blick presenteras i nedanstående figur (Tabell 5).

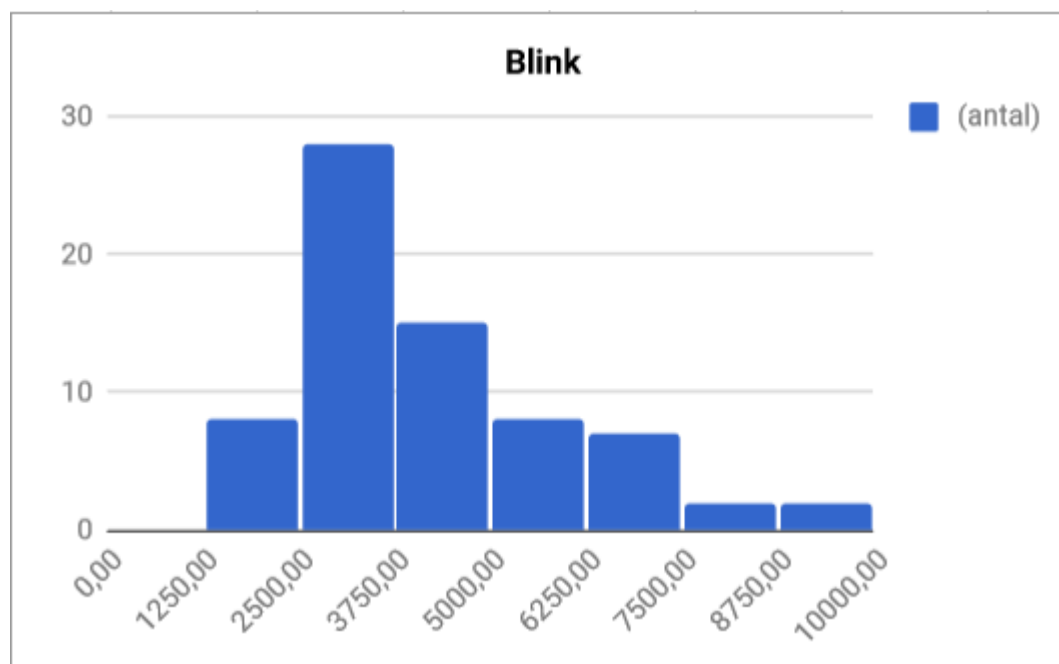
	Absolut (ms.)	Relativ (ms.)
Medelvärde	3363	3344
Median	3117	3090

Tabell 5. Medelvärde och median för tiderna för varje experiment utfört med absolut och relativ blick.

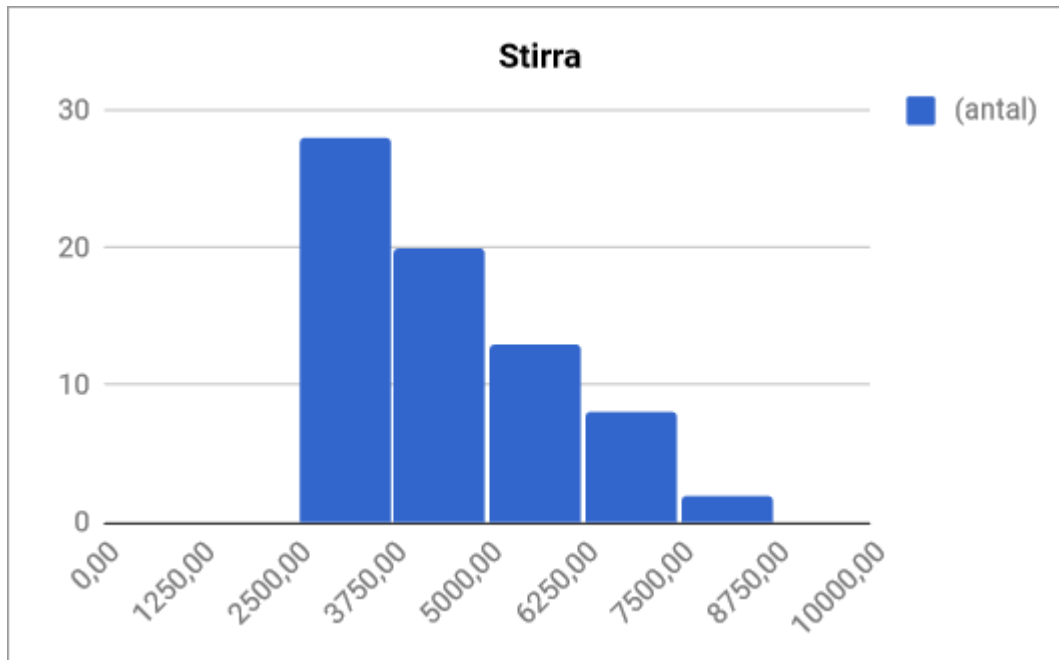
Genom att jämföra de två histogrammen (Figur 8 och 9) avseende absolut och relativ kan vi se att de är mycket lika varandra. De snabbaste tiderna hamnade i lagerplatsen 1250 och 2500 millisekunder i båda grafer, och den största lagerplatsen var samma för båda histogrammen. Genom att titta på medelvärde och median för tiden det tog att utföra en uppgift kan man se att tiderna är väldigt nära varandra här också. Standardavvikelsen visar däremot en stor spridning på resultaten, då den absoluta metodens avvikelse hamnade på 1153 millisekunder och för den relativa 1246 millisekunder, mot bakgrund av att vissa uppgifter var mer krävande av användare och tog längre tid att utföra (se Tabell 1).

5.2 Frågeställning 2

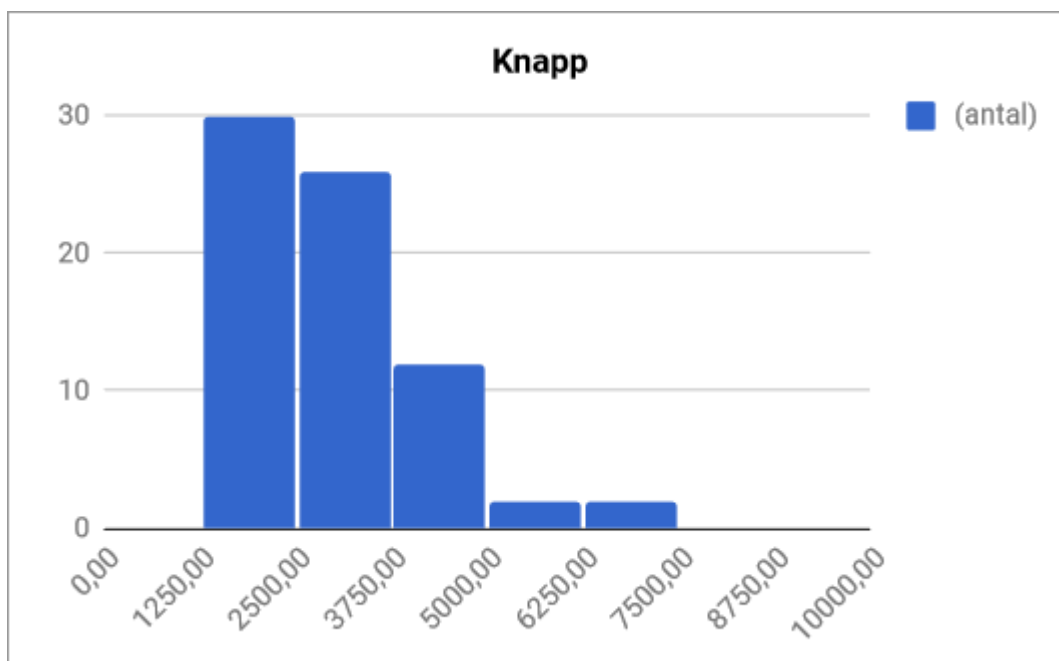
Genom att sammanställa alla uppgifter utförda med olika bekräftelsemetoder kan ett histogram avseende de totala tiderna skapas. Insamlade tider från experimenten visas i nedanstående histogram (Figur 10, 11 och 12). X-axeln motsvarar den uppmätta tiden, angiven i minisekunder, för utförande av varje uppgift. Y-axeln motsvarar antalet experiment som hamnade i motsvarande lagerplats.



Figur 10. Histogram med resultat för blinkning



Figur 11. Histogram med resultat för stirrande



Figur 12. Histogram med resultat för knapptryck

Totala medelvärde på tiden för utfört experiment med de olika metoderna presenteras i nedanstående figur (Tabell 6).

	Knapp (ms.)	Blink (ms.)	Stirrande (ms.)
Medeltid	3066	4395	4605
Median	2726	3745	4022

Tabell 6. Medelvärde för tiderna för varje utfört experiment med de olika bekräftelsemetoderna knapp, blinkning och stirrande.

I Figur 10, 11 och 12 kan vi tydligt se att tiden för knapptryck var mycket snabbare än vad det var för användandet av blinkning och genom stirrande. Den största lagerplatsen för

knapptryckning var hela 1250 millisekunder snabbare än vad övrigas största lagerplats var. Tabell 6 visar också att medelvärde på tiden var betydligt snabbare för knapptryckning jämfört med blinkning och stirrande. Standardavvikelsen visar även här en stor spridning på resultaten för knapptryck på 1128 ms., samtidigt som blinkning hade en standardavvikelse på 2077 ms. och stirrande på 1675 ms. Detta på grund av att vissa uppgifter var mer krävande av användare och tog längre tid att utföra (se Tabell 3).

6 Diskussion och slutsatser

6.1 Resultat

Insamlad data från experimenten visar att ett system som använder sig av relativ positionering av blick lyckades slutföra en uppgift vid lika många försök som när systemet använde sig av absolut blickpositionering. Medelvärdet för tiderna var väldigt lika varandra vilket tyder på att de fungerade ungefär lika bra. Däremot var insamlad data brusig, vilket försvårade att dra slutsatser om vilket av systemen som var snabbare respektive långsammare än de andra.

Angående metoderna för bekräftelse kan slutsatsen dras att knapptryckning var den metod som fungerade bäst. Det är en tydlig skillnad i tidsåtgång jämfört med blinkning och stirrande. Däremot var även här insamlad data brusig vilket resulterade i att det var svårt att exakt uppskatta hur mycket snabbare metoden var.

6.2 Implikationer

Resultaten och slutsatserna som framgår i denna studie kommer kunna användas vid framtida framtagning av ögonstyrda system, både avseende frågan om vilken typ av bekräftelse som bör användas men också avseende användningen av okalibrerad (relativ) blick.

6.3 Begränsningar

På grund av tidsbrist utfördes datainsamlingen endast under två omgångar. Med fler omgångar hade större empiri skapats och större slutsatser kring tider hade kunnat dras.

6.4 Slutsatser och rekommendationer

Denna studie visar att en relativ blick fungerar lika bra som en absolut hade gjort i ett infotainmentsystem. Resultattiderna för utförande av uppgifterna med absolut respektive relativ blick var väldigt lika varandra, då det endast skiljde några hundradelar i medelvärde. Däremot var hela datainsamlingen relativt brusig vilket gjorde det svårt att dra slutsatser om vilken av metoderna som fungerade bättre än det andra. Det positiva med att det relativa systemet matchade så bra mot det absoluta var att hela kalibreringsprocessen som tidigare var nödvändig nu kunde elimineras.

Studien visar även att den bekräftelsemetod som borde användas i denna typ av system är genom knapptryckning. Man kan tydligt se att knapptryck är det snabbaste metodvalet och hade krävt minst tid av föraren att kolla bort från vägen. Insamlad data var dock även här relativt brusig vilket gjorde det svårt att ange exakt hur mycket snabbare det skulle vara att använda sig av knapptryck jämfört med en blinkning eller genom att stirra.

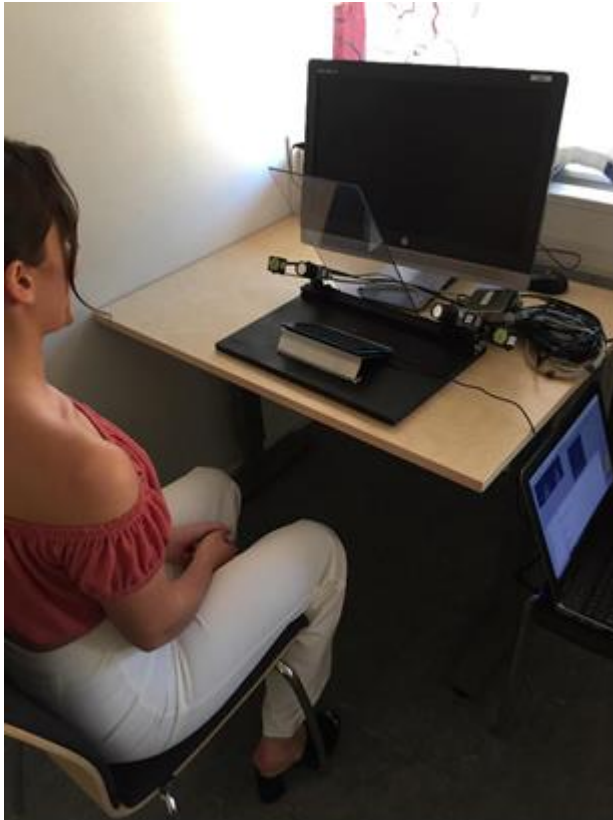
6.5 Vidare forskning

För vidare forskning skulle det vara intressant att försöka använda relativ blick i komplexare system. Infotainmentsystemet som designades genomfördes med stora ikoner och enkel grafik för att man inte skulle behöva orientera sig mycket och tappa fokus. Det hade varit intressant att se hur det hade fungerat i ett system med fler funktioner, där ikoner är mindre och många fler. Det hade även varit intressant att testa fler olika metoder för att bekräfta sin blick. Denna studie begränsades till endast knapptryck, blinkning och stirrande men det hade varit intressant om fler idéer testats som exempelvis röstigenkänning.

Referenser

- [1] A. T. Duchowski, Eye Tracking Methodology : Theory and practice. London: Springer, 2007
- [2] C. Ghaoui, "Encyclopedia of Human Computer Interaction", Hershey, PA. 2005, s. 211
- [3] C. Ghaoui, "Encyclopedia of Human Computer Interaction", Hershey, PA. 2005, s. 212
- [4] H. Yamazoe, A. Utsumi, T. Yonezawa, S. Abe, "Remote Gaze Estimation with a Single Camera Based on Facial-Feature Tracking without Special Calibration Actions", ACM New York, New York. 2008
- [5] K. Peffers, M. Rothenberger, T. Tuunanen och R. Vaezi, "Design Science Research in Information Systems", Springer, Berlin, Heidelberg. 2012
- [6] L. Håman, H. Prell, E. C. Lindgren, "Riktlinjer för litteraturstudier vid IKI", Göteborgs Universitet, 2015
- [7] R. I. Hammoud och J. B. Mulligan, Passive Eye Monitoring: Algorithms, Applications and Experiments. Berlin: Springer, 2008
- [8] S. Naveed, B. Sikander och M. Sikander, "Eye Tracking System with Blink Detection," i Journal of Computing, Issue 3, Volume 4, 2012, s.50
- [9] Smart Eye, "Technology", [Online], Available: <http://smarte.se/technology/> [Hämtad: 25 maj, 2018]
- [10] Smart Eye, "Teknologi", [Online], Available: <http://www.corp.smarte.se/sv/teknologi/> [Hämtad: 2 Augusti, 2018]
- [11] T. Takegami, T. Gotoh, G. Ohyama, "An Algorithm for an Eye Tracker System with Self-Calibration", Yokohama National University, Yokohama. 2002
- [12] Tobii, "What is visual attention", [Online], Available: <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/what-is-visual-attention/>. [Hämtad: 20 april, 2018]
- [13] Tobii, "What is eye tracker calibration", [Online], Available: <https://www.tobiidynavox.com/support-training/eye-tracker-calibration/>. [Hämtad: 5 maj, 2018]
- [14] Tobii, "What happens during the eye tracker calibration", [Online], Available: <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/what-happens-during-the-eye-tracker-calibration/>

Bilagor



Bilaga 1. Testanvändare utför experiment på heads-up display



Bilaga 2. Testanvändare utför experiment på heads-up display