



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS 19009

Examensarbete 30 hp
April 2019

Utvärdering av VR-manövrering av en brandrobot

Niklas Segerström



UPPSALA
UNIVERSITET

**Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten**

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Evaluation of VR-maneuvering of a firefighting robot

Niklas Segerström

This thesis evaluates the suitability of using a VR-interface to help maneuver a teleoperated robot designed to assist firefighters. Head mounted displays together with teleoperated robots are becoming more popular but the question is if the technology can be adapted to fit the needs and requirements of the firefighters. The technology will be used in high-stress situations without a big margin for error. Focus group interviews and user tests together with an analysis of current research have been performed to try and give an answer on how suitable VR-interfaces are.

To efficiently implement a VR-interface the developers of the robot need to have a clear user profile. The designers need to use the expert knowledge of the firefighters for best results. The implementation will overall have a positive effect on the users situational awareness and the robot will become easier to maneuver, given that the developers use hardware compatible to the needs of VRglasses.

Handledare: Thomas Eriksson
Ämnesgranskare: Anders Arweström Jansson
Examinator: Elisabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTec STS19 009

Sammanfattning

En brandinsats vid en större byggnad innebär risker för rökdykare och räddningstjänstens personal som rör sig i närheten av byggnaden. När rökdykare ger sig in i en byggnad utsätter de sig, förutom från själva elden, även för andra risker som ras- och explosions-risk om det skulle finnas brandfarligt material i lokalerna. Om brandfarlig gas finns i byggnaden leder det till en så kallad passiv insats där ett område på 300 meter runt lokalen spärras av under ett dygn, då ett släckningsarbete skulle innebära alltför stora risker för personalen. För att förhindra sådana situationer och för att underlätta rökdykares arbete vid bränder utvecklar företaget Realisator Robotics en brandrobot som är tänkt att vara först in i brinnande byggnader. Den är tänkt att minska riskerna för rökdykarna och göra det enklare att utvärdera eventuella risker vid en släckning av brand. I utvecklingsarbetet med att göra en brandrobot som kan genomföra särskilda insatser i riskfyllda brandsituationer behövde implementeringen av VR¹-glasögon till manövrering utvärderas. Att kunna använda VR-glasögon för att styra kamerorna på roboten skulle eventuellt göra roboten enklare att manövrera och låta operatören få en bättre bild av hur det ser ut inne i byggnaden. Den huvudsakliga frågeställningen i uppsatsen blev därför “Hur lämpligt är det att använda VR-glasögon för att styra en teleopererad brandrobot?”. Vilka fördelar och nackdelar innebär en implementering av VR för roboten? Under arbetet genomfördes intervjuer med expertanvändare samt en litteraturstudie kring huvudsakligen teleopererade robotar och VR. Detta ledde fram till en pappersprototyp som togs fram iterativt med hjälp av expertanvändare.

Denna studie visar att robottillverkaren behöver specificera operatören av roboten tydligare så att användargränssnittet på så sätt kan anpassas mer detaljerat. I dagsläget utnyttjas inte rökdykarnas expertkunskap i användargränssnittet. Om det är rökdykarna som ska manövrera roboten behöver de också tillfrågas hur de vill att användargränssnittet ska se ut. Överlag ger en implementering av VR-glasögon positiva effekter för operatörens situationsmedvetenhet och en implementering skulle ge en förbättrad manövreringsupplevelse för användaren. Vid en implementering behöver tekniken dock testas noggrant så att den är kompatibel med brandrobotens uppdrag och klarar av att användas i de situationer som brandroboten kommer användas i. Annars kan fördelarna i användarvänlighet och situationsmedvetenhet förloras. Trots att några frågetecken kring användare behöver rätas ut skulle ett VR-anpassat användargränssnitt ge klara fördelar i användbarhet i jämförelse med andra tekniska lösningar.

¹ Virtual Reality, en interaktiv simulerad verklighet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	0
Innehållsförteckning	0
1. Inledning	1
1.1 Syfte och frågeställningar	2
1.2 Avgränsningar	2
1.3 Disposition	2
2. Bakgrund.....	3
2.1 Ett typiskt händelseförlopp	3
2.2 Teleopererade robotar.....	4
2.3 FUMO bakgrund	4
2.4 FUMOs syfte.....	5
2.5 FUMOs nuvarande användargränssnitt	7
3. Teori.....	8
3.1 Virtual Reality (VR)	8
3.1.1 Forskning kring VR	8
3.2 Användargränssnittet	9
3.3 Situationsmedvetenhet	10
3.3.1 Situationsmedvetenhet vid styrning av robot	12
4. Metod.....	13
4.1 Vetenskapligt angreppssätt	13
4.2 Intervju som kvalitativ metod	14
4.3 Fokusgrupper	14
4.4 Val av respondenter	15
4.5 Litteraturstudie	19
4.6 Sekundärdata	20
4.7 Expertanvändare	20
4.8 Prototyping	20
4.9 Källkritik	21
4.10 Metodkritik	21
4.11 Utformning av intervjufrågor	17
4.12 Utförande av intervjuer	17
5. Resultat	22
5.1 VR Nackdelar	22
5.2 VR Fördelar	22
5.3 Funktioner i användargränssnittet	23

5.4	Aktörer	23
5.5	Pappersprototyp	24
6.	Analys.....	25
6.1	Situationsmedvetenhet vid användande av FUMO	25
6.1.1	Människa-robot.....	26
6.1.2	Människa-människa.....	26
6.1.3	Robot-människa	26
6.1.4	Robot-robot.....	27
6.1.5	Människans övergripande uppdragsmedvetenhet	27
6.2	Användargränssnittet	27
7.	Diskussion	28
8.	Slutsats	29
8.1	Slutsatser.....	29
8.2	Framtida studier.....	29
	Referenser	31
	Bilaga A	34
	Bilaga B	36

1. Inledning

Rökdykares arbete innebär ofta riskfyllda situationer med dålig sikt och extrem värme. Dessa situationer kan i vissa fall kan leda till skada, men i värsta fall även dödsfall. Trots den utbildning och utrustning som dagens rökdykare använder sig av innebär det en stor risk att gå in i en övertänd byggnad för att bedöma brandutvecklingen. Om räddningstjänsten anser att riskerna för rökdykarna är alltför stora avstår de hellre från att utföra något arbete inuti byggnaden. Företaget AB Realisator Robotics har tillsammans med några av landets största räddningstjänster, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) och Sveriges Kommuner och Landsting (SKL) utvecklat en teleopererad robot (FUMO, 2016) som är tänkt att assistera och underlätta i dessa situationer. Om informationen kring brandsituationen är bristfällig eller om räddningstjänsten befarar att det är för stor risk för rökdykare att gå in i byggnaden kan de istället skicka in FUMO för att göra en initial utvärdering av branden. Brandroboten FUMO är styrd av rökdykare utanför byggnaden som med hjälp av kameror och en handkontroll kan ta del av situationen inne i lokalen. De miljöer som FUMO är tänkt att styras i är ofta rökfyllda med dålig sikt. På grund av detta använder sig roboten av både video- och infraröd-kamera för att ta sig runt inuti rökfyllda byggnader. Personen som styr roboten måste få tillräcklig information från roboten för att göra en utvärdering av branden på mycket kort tid, och detta ställer även stora krav på det användargränssnitt som rökdykaren använder. Användargränssnittet måste vara enkelt och effektivt för att rökdykaren ska få tillräckligt med information för att göra en korrekt utvärdering av branden. Detta samtidigt som roboten ska manövreras utan misstag.

Virtual Reality-system är en ung teknik som används allt mer i forskning kring teleopererade robotar på grund av de möjligheter som tekniken erbjuder. Applikationer i farliga industrier är av extra stort intresse på grund av dess praktiska användning och att det ofta är omöjligt för operatören att själv vistas i samma miljö som roboten. Att använda Virtual Reality-glasögon för att virtuellt återskapa de miljöer roboten manövreras i skulle potentiellt kunna ge rökdykarna ett enkelt verktyg till att få överblick över brandsituationer. Detta samtidigt som händerna frigörs för att istället fokusera på att styra andra funktioner av roboten. Virtual Reality (VR) är trots detta en relativt ny teknik och det är inte självklart hur stora fördelar ett par VR-glasögon kan ge roboten jämfört med en vanlig bildskärm.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete var att undersöka lämpligheten i att använda VR-glasögon och ett VR-gränssnitt för att styra en brandrobot. Vilka fördelar och nackdelar innebär en implementering av VR för roboten? Detta undersöktes genom att utföra en litteraturstudie samt intervjuer med expertanvändare. Denna studie har även undersökt hur en VR-implementering påverkar situationsmedvetenhet hos operatören av brandroboten. Studien har även gett förslag kring hur ett VR-gränssnitt anpassat för en brandrobot bör utformas. Detta med hjälp av en pappersprototyp utvecklad i diskussion med expertanvändare. De frågor som examensarbetet ämnar besvara:

- Hur lämpligt är det att använda VR-glasögon för att styra en teleopererad brandrobot?
- Hur bör ett VR-anpassat användargränssnitt för en brandrobot utformas?
- Hur påverkas situationsmedvetenheten hos operatören av en VR-implementering?

1.2 Avgränsningar

Denna studie har haft en begränsad tidsram, och på grund av detta skede det olika avgränsningar, både plats- samt tids-mässiga. En termin motsvarar 20 veckor vilket denna studie har avgränsats till. Studien avgränsades geografiskt till Stockholmsområdet då det var där företaget som studien hålls vid är placerade samt att viktiga kontaktpersoner verkar inom detta område.

1.3 Disposition

Efter inledningen där arbetet introduceras och den vetenskapliga ansatsen beskrivs följer bakgrundskapitlet där bakgrundsmaterial presenteras för att ge läsaren information kring brandroboten FUMO. Teorikapitlet presenterar nuvarande forskning kring VR och teleopererade robotar. Forskning kring situationsmedvetenhet tas upp för att ge bättre förståelse vid design av användargränssnitt. I metodkapitlet presenteras den forskningsmetodik som arbetet använder sig av för att svara på den vetenskapliga frågeställningen. Termer som expertanvändare och prototyping förklaras för att hjälpa till att motivera studiens intervjumetodik. I resultatkapitlet presenteras det empiri som insamlats med hjälp av de intervjuer som utförts. I analyskapitlet kopplas den insamlade empirin i resultatkapitlet samman med de teoretiska verktyg som presenteras i teorikapitlet. Diskussionskapitlet diskuterar studiens resultat i jämförelse med tidigare vetenskapliga studier. Studiens styrkor och svagheter går igenom och rekommendationer till Realisator Robotics ges. I det avslutande slutsatskapitlet summeras analysen i det tidigare kapitlet och framtida förslag till studier ges.

2. Bakgrund

Detta kapitel inleds med att beskriva ett exempel av scenario där FUMO kan vara användbar. Termen teleoperation förklaras och bakgrunden till hur projektet kring FUMO startades presenteras. FUMOs syfte och nuvarande användargränssnitt specificeras i syfte att ge läsaren en mer utförlig förståelse av roboten.

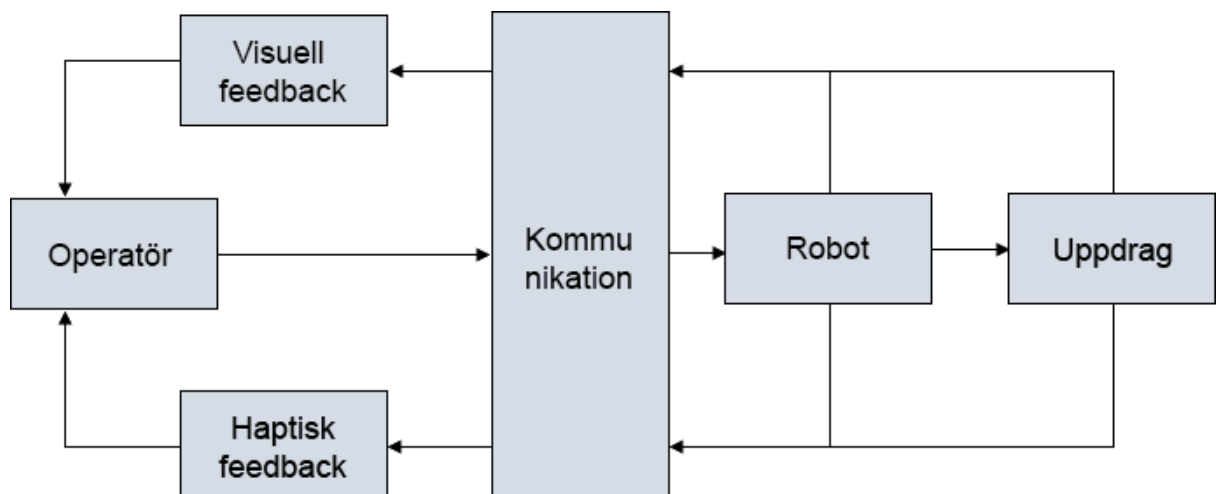
2.1 Ett typiskt händelseförlopp

Ett samtal inkommer till SOS Alarm i centrum av Stockholm. Samtalet gäller en misstänkt brand och rökbildning från en fabrikslokal i utkanterna av Stockholm. Samtidigt som samtalsoperatören får information kopplas Södertörns Brandstation in som en passiv åhörare av samtalet och ett första varningslarm på brandstationen sänds ut. Samtidigt som ett rökdykarlag förbereder sig för uppdraget ropas information om branden ut i ett högtalarsystem. Högtalarsystemet informerar om att det potentiellt kan finnas brandfarliga acetylenflaskor som står oskyddade i lokalen. Inne i brandbilen fortsätter rökdykarlaget få uppdateringar om brandsituationen. När rökdykarlaget anländer är fabrikslokalen i lågor och en kraftig rök bolmar ut från byggnaden. Rökdykarledaren behöver få mer information om hur läget ser ut inne i byggnaden innan han är villig att göra en utvärdering huruvida riskerna är acceptabla för att skicka in sina kollegor. Det är här brandroboten FUMO kommer in i bilden. Med i brandbilen är nämligen förutom rökdykarlaget även brandförsvarets nyaste inslag i kampen för att bekämpa bränder, brandroboten FUMO. Rökdykarteamet lyfter snabbt och enkelt upp den hundra kilo tunga roboten och placerar den utanför ingången till fabrikslokalen. Rökdykarledaren sätter på sig ett par VR-glasögon vilket ger kontroll över en 360 gradig-vy från toppen av robotens chassi och styr sedan in roboten i lokalen med hjälp av en handkontroll. Inne i byggnaden visar sig rökbildningen vara kraftig och rökdyksledaren byter därefter kameraläge till infrarött, för att på så sätt fortsätta kunna navigera sig fram i röken. En bit in upptäcker ledaren de tidigare nämnda gasflaskorna. Med hjälp av det infraröda kameraläget och sensorer på roboten kan han se att de inte upphettats till mer än 45 grader, vilket gör att de inte innebär en risk för rökdykarlaget att inträda i byggnaden. Med en ökad kunskap om situationen inne i byggnaden kan resten av rökdykarlaget gå in och påbörja släckningen av branden.

Den ovanstående berättelsen är ett påhittat men ändå ett möjligt framtida händelseförlopp. Utnyttjandet av en brandrobot för att underlätta rökdykarnas arbete är en dröm som företaget Realisator Robotics och en rad samarbetande brandstationer hoppas snart bli verklighet. För att roboten ska infria sin fulla potential behöver den vara lättstyrd för att operatören på så sätt ska få en utförlig och snabb utvärdering av brandsituationen.

2.2 Teleopererade robotar

Termen teleoperation innebär manövrering av en maskin på ett avstånd. Detta avstånd kan vara allt från ett nästliggande rum till andra sidan jordklotet. Teleoperation av robotar förekommer ofta i situationer där människor själva inte kan vistas i en viss miljö, utan istället används en tåligare robot som substitut. En teleopererad robot styrs ofta med hjälp av visuell- och haptisk²-feedback från olika kontrollapplikationer. Dessa kontrollapplikationer består ofta av exempelvis en handkontroll eller tangentbord och mus. Utifrån den informationen kan sedan operatören i sin tur styra roboten för att utföra uppdraget. Operatören av roboten får vanligtvis miljön som roboten befinner sig i visualiserad från kameror som är monterade på roboten. Figur 1 visar hur en operatör kan använda haptisk och visuell feedback för att få information från roboten. När operatören styr roboten får han tillbaka visuell feedback från exempelvis en skärm och haptisk feedback som exempelvis en vibrerande handkontroll. Denna feedback använder operatören för att bättre kunna manövrera roboten och utföra uppdraget. (Li och Chang, 2017)



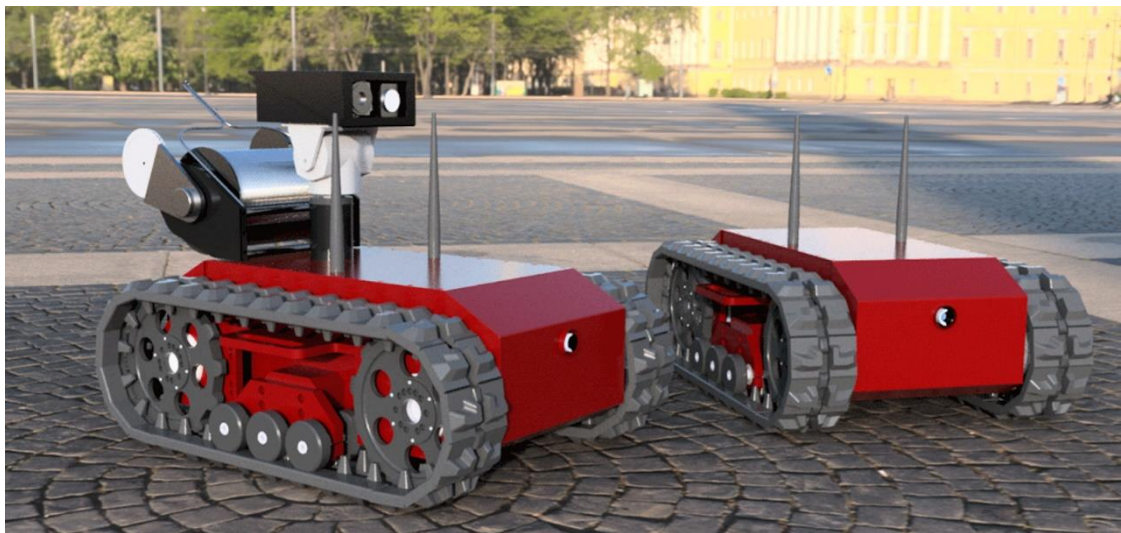
Figur 1. Teleoperationssystem av en robot (Li och Chang 2017).

2.3 FUMO bakgrund

Brandförsvaret har länge haft en idé om att en teleopererad robot vore användbar vid vissa brandinsatser med större risker. Den initiala idén om en robot kom till för ungefär 20 år sedan då brandförsvaret behövde ett bättre sätt att hantera acetylenflaskor som orsakade stora problem vid brand. Om en sådan gasflaska blir påverkad av brand och upphettad finns det en risk för explosion under de följande 24 timmarna, och ett område på 300 meter runt gasflaskan måste utrymmas under den tiden. I många lägen är det

² Styrning med mänsklig rörelse

omöjligt för rökdykare att på förhand veta om gasflaskor blivit upphettade av brand, vilket leder till en så kallad passiv insats där rökdykarna inte går in i byggnaden. Brandförsvaret inspirerades initialt av polisens och militärens bombrobotar, och bestämde sig för att hitta en egen liknande lösning (Treijs, 2015). För att bättre hantera dessa situationer använde brandförsvaret till en början en modifierad älgdragare, med blandade resultat. Analog teknik och dåliga skärmar gjorde det svårt för operatören att styra roboten inuti byggnader där det också var lätt att tappa kontakt med roboten. I början av 2010-talet tog Realisator Robotics kontakt med brandförsvaret om sin idé kring en mer specialanpassad brandrobot för just brandinsatser. Utvecklingen av den första kommersiella versionen av FUMO är efter många prototyper och iterationer i sitt slutskede. Utseendet av den nyaste versionen av FUMO visas i figur 2 nedan.



Figur 2. FUMO till vänster utrustad med kamera och draganordning. Till höger är själva robotmodulen (FUMO, 2016).

2.4 FUMOs syfte

FUMO är en robot som utvecklas av företaget Realisator Robotics i samarbete med bland annat statliga aktörer som Almi, Robotdalen och Vinnova. Flera räddningstjänster i Stockholmsområdet och Brandskyddsföreningen har hjälpt till i utvecklingen med roboten. FUMOs själva grundmodul är det teleopererade fordonet som sedan kan utrustas med olika applikationer som kan kombineras för att anpassas efter olika ändamål. Det finns en rad tilltänkta moduler som i dagsläget är under utveckling för att göra roboten så multifunktionell som möjligt. Bland annat en robotarm för förflyttning av gasflaskor samt ett släp för att hjälpa rökdykare flytta tung utrustning, exempelvis vid svåråtkomliga insatser i tunnelbanor. Figur 3 visar hur några av dessa moduler är tänkta att se ut. Den initiala idén med förflyttning av gasflaskor är fortfarande ett tilltänkt användningsområde, men den sortens situation uppkommer inte tillräckligt ofta

för att helt motivera finansieringen av roboten. Istället är det primära fokuset att använda FUMO till att assistera rökdykare i sök- och inspektionsuppdrag. Roboten är tänkt att gå in i en byggnad före rökdykare för att utvärdera riskerna med att släcka branden. De lokaler där roboten är tänkt att assistera rökdykare är bland annat industrilokaler, tunnlar och garage där det vid brand finns risk för exempelvis dålig sikt, rasrisk, oväntade brandförlopp och hög värme. Vid sök- och inspektionsuppdrag är roboten försedd med videokameror och en värmekamera tillsammans med sensorer för att mäta temperaturer. Med hjälp av de båda kamerorna har rökdykaren tillgång till två olika kompletterande kameralägen som gör det möjligt att få en bra bild av brandens eventuella riskfaktorer som kan påverka rökdykningsinsatsen inne i byggnaden.

Ett oväntat brandförlopp kan leda till en farlig situation där det innebär en stor risk att skicka in rökdykare. Vid ankomst till en brinnande lokal gör rökdykare en initial bedömning innan de går in i lokalen huruvida riskerna vid släckning av branden är normala. Är rökdykarna inte själva säkra på brandsituationen eller om de befärar att det kan innebära en alltför stor risk kan det vara så att de inte skickar in någon rökdykare över huvud taget. Istället för en så kallad passiv insats ska rökdykarna med hjälp av teleopererade FUMOs hjälp kunna undersöka lokalen utan att riskera rökdykarnas liv. Med den information som FUMO förser räddningstjänsten med är det tänkt att bli enklare att göra den initiala bedömningen om det går att inträda lokalen och bekämpa branden, samt om det finns ytterligare faktorer som försvårar brandbekämpningen. Ytterligare försvårande faktorer skulle exempelvis kunna vara gasbehållare vid brand i en industrilokal.



Figur 3. FUMOs grundkomponent omringad av de extrakomponenter som är tänkta att hjälpa vid brand och andra insatser (FUMO, 2016).

2.5 FUMOs nuvarande användargränssnitt

FUMO styrs av en handkontroll som kan manövrera roboten samt ändra kameraläge mellan vanlig video- och infraröd-kamera efter behov. Hur infrarödsläget på kameran ser ut kan ses i figur 4. Viktig information som kvarvarande batteritid på roboten och temperatur inne i lokalen finns också tillgänglig på displayen. Med VR-glasögonen kan kameran roteras 360 grader med huvudrörelser. Utöver VR-gränssnittet finns det även ett mer traditionellt skärmanpassat gränssnitt som kan visa samma information genom exempelvis en surfplatta. Tidigare versioner av roboten använde en tvspelshandkontroll för att styra roboten men den ansågs alltför begränsad, så istället använder FUMO en specialanpassad handkontroll. Fördelen med den nya handkontrollen är att både kamera och robot enklare kan styras, samtidigt som handkontrollen nu istället har ett överväldigande antal knappar och spakar för att manövrera roboten. Båda dessa användargränssnitt har tagits fram av utvecklarna av roboten och någon användarstudie för hur väl de faktiskt är anpassade för arbetet som FUMO ska utföra har inte gjorts. Ingen undersökning har heller gjorts hur användaren upplever det nuvarande användargränssnittet och styrupplevelsen. Realisator Robotics är medvetna om denna brist på användaranpassning men har tills nu fokuserat på andra aspekter av utvecklingen av roboten.



Figur 4. Bilden som operatören ser vid användande av infrarödsläget på FUMOs kamera (Fumo, 2016).

3. Teori

I detta kapitel kommer det teoretiska ramverket till studien presenteras. För att få en insyn i VR-tekniken har en litteraturstudie genomförts. Ett teoretiskt ramverk kretsande kring situationsmedvetenhet presenteras för att kartlägga vilka faktorer som behöver beaktas vid designen av ett användargränssnitt i VR.

3.1 Virtual Reality (VR)

Exempel på VR blir allt mer förekommande i dagens samhälle och det har börjat bli vanligare att se tekniken användas i det vardagliga livet, från flygsimulatorer till smartphoneapplikationer. VR består av en interaktiv simulerad verklighet som presenteras för användaren så att denne med hjälp av olika sensoriska hjälpmedel upplever simulationen som en verklig upplevelse där användaren är fysiskt närvarande (Mihelj, m.fl., 2014). Den simulerade verkligheten ersätter den sensoriska upplevelsen till ett eller fler sinnen på ett sätt som gör att användaren uppfattar det som att det går att interagera med objekt inne i den virtuella verkligheten. Exempel på ett verktyg för att ersätta sensoriska upplevelsen är VR-glasögon, där en mindre skärm framför ögonen framställer den simulerade verkligheten och haptisk input i form av huvudrörelser möjliggör interaktion med den digitala miljön. Den återgivna miljön i VR kan antingen vara baserad på verkliga bilder från exempelvis en kamera eller helt datorgenererad grafik. Dessa två olika typer av miljöer skiljer sig på ett par sätt och det kan vara viktigt att skilja dem åt. När VR nämns i denna uppsats syftar det enbart på en virtuell verklighet skapad av verkliga bilder.

3.1.1 Forskning kring VR

Forskning kring hur VR kan användas för att underlätta för användare att styra teleopererade robotar är ett fält där det skett mycket forskning sedan VRs uppkomst (Livatino m.fl., 2009; Monferrer och Bonyet, 2002; Mostefa m.fl., 2015). VR där användaren kan styra en kameravy i 360 grader är ett attraktivt alternativ till den mer traditionella 2D-vyn. Detta kan leda till att användaren får en bättre känsla av hur utrymmet ser ut vilket leder till större precision vid manövrering. Att manövrera vissa delar av roboten med huvudrörelser gör även användargränssnittet mindre komplext, och kan hjälpa till att göra det mer intuitivt för användaren (Martins och Ventura 2009). Livatino m.fl. (2009) påpekar att de positiva effekter som en 3D-vy kan erbjuda beror till stor del hur väl anpassad teknologin i kameran är till den miljö som roboten manövreras i. En stereokamera kan vara nödvändig för att operatören ska få ett tillräckligt bra djupseende. Martins och Ventura (2009) visar i ett experiment att en stereoskopisk bild med VR-glasögon ger ett betydligt bättre djupseende än en vanlig 2D-skärm. Annars finns risken att operatören har svårt att urskilja avståndet mellan

olika objekt. En annan fördel med att ta del av bilderna med ett par VR-glasögon är att ytan som bilderna visas på blir betydligt större än med de skärmar som annars vanligtvis används för att visa bildinformationen. Med en surfplatta som skärm finns det en risk att det blir svårt att urskilja viktig information. Chen m.fl. (2007) uppmärksammar att tidigare studier visat på att operatörer av teleopererade robotar vanligtvis klagat på dålig rumslik medvetenhet på grund av dåliga videobilder och sensorer. Att använda kameror för att fånga de omgivningar som en robot navigeras inom skapar ibland “nyckelhålseffekten”. Alltså en effekt som gör att bara en del av omgivningen kan visas och operatören måste lägga extra kraft för att få en översiktlig bild genom navigering av roboten. Svårighet att navigera roboten ökar den upplevda nyckelhålseffekten ytterligare. Då teleopererade robotar vanligtvis är beroende av kameror för att visualisera miljön roboten befinner sig i krävs det ibland teknik som vidvinkelkameror eller stereoskopiska kameror för att underlätta styrandet.

3.2 Användargränssnittet

Videoöverföring genom en kamera installerad på den teleopererade roboten är det vanligaste sättet att överföra information till operatören (Jankovski och Grabowski, 2015; Nielsen och Goodrich, 2006). Utöver visuell feedback från kameror behöver operatören vanligtvis annan information för att få en översiktlig bild av robotens omgivning. Denna information kan dels vara ytterligare information för att hjälpa operatören att få en bättre rumslik bild eller information för att bättre kontrollera fordonet. Vilken information som anses vara relevant beror till stor del på robotens uppdrag. Monferrer och Bonyet (2002) listar olika sorters information som är relevant för en operatör vid teleoperation av en robot. Den första informationen som behöver visas på användargränssnittet är arbetsplatsen runt roboten. Arbetsplatsen kan visualiseras av exempelvis videokameror eller 3D-renderingar av rummet. Positionell information som visar GPS-positionen för roboten eller var utgången av byggnaden är i relation till roboten kan vara viktigt om utrymmet visar sig vara svårnavigerat. Navigeringsinformation såsom färdvägen roboten tagit samt färdhastighet kan även det vara relevant information. Intern systeminformation som batteritid och temperatur kan vara viktigt för att ha översikt över robotens funktionalitet. Hjälpinformation i form av varningsmeddelanden kan uppmärksamma operatören om varför roboten inte fungerar som den ska. Operatören kan behöva alternativa kameravyer med olika sorters kameror för att förbättra robotens styrförmåga. Under robotens uppdrag sker det vanligtvis kommunikation mellan människor. Kommunikation bland personerna som jobbar med det övergripande uppdraget är ofta ett kritiskt moment för uppdragets framgång, och en funktion att exempelvis skicka och se meddelanden kan vara användbart. Om roboten är utrustad med armar eller andra komponenter kan det behövas hjälpmedel i användargränssnittet för att underlätta kontrollen över komponenten. En sammanfattning av dessa funktioner visas i tabell 1. Kvantiteten av data som kan visas på skärmen är näst intill oändlig och något som enkelt kan leda till en överbelastning av

information. Det gäller att vara selektiv av den data som faktiskt visas för operatören för att göra styrupplevelsen så intuitiv som möjligt. All information som listas ovan är nödvändigtvis inte relevant för alla användare eller alla kontexter som en teleopererad robot kan befinna sig i. Det gäller för designern att se till att användarna enbart får tillgång till information som de faktiskt har nytta av och presentera den så intuitivt som möjligt (Monferrer och Bonyet, 2002).

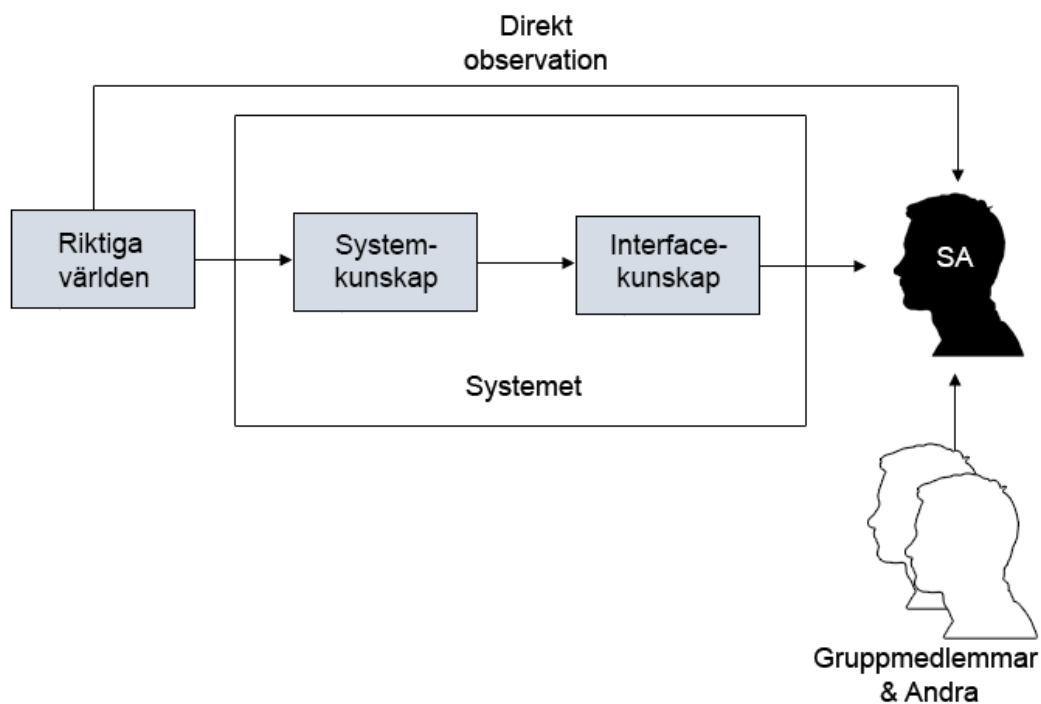
Tabell 1. Sammanfattning av möjlig information i ett användargränssnitt för robotar (Monferrer och Bonyet, 2002).

Visualisering	Kontroll
▪ Arbetsplats ▪ Positionell Information ▪ Navigeringsinformation ▪ Intern systeminformation ▪ Alternativa kameravyer ▪ Hjälpinformation	▪ Gränssnittskontroll ▪ Meddelandekontroll ▪ Färdvägsdefiniering ▪ Komponentskontroll

3.3 Situationsmedvetenhet

Enkelt uttryckt är situationsmedvetenhet kunskapen om vad som händer runt omkring dig. Denna kunskap innefattar enbart information som är viktig att veta. Situationsmedvetenhet är vanligtvis definierad inom operativa sammanhang i komplicerade situationer, där operatören står inför överlappande uppgifter och ständigt förändrande förutsättningar. Klein (2000) tar upp stridspiloter som ett exempel där komplicerade uppdrag utförs och en stor mängd faktorer som väder och positionering av vänner och fiender behövs tas i beaktning. Därför är också uttrycket situationsmedvetenhet kopplat till specifika mål och uppgifter som behöver lösas (Endsley och Garland, 2000). Detta gäller framförallt den information som påverkar operatörens mål att navigera roboten. En viktig faktor vid beslutsfattande är vilken tidspress som personen utsätts för. Klein m.fl. (2010) har studerat hur erfarna röksläckningsledare fattar sina beslut vid rökdykningsinsatser. En majoritet av de beslut som fattades ansågs vara utförda under signifikant tidspress och ledarna tog dessa blixtnbeslut utifrån tillgänglig information och situationsmedvetenhet. På grund av att beslutsfattandet i tidspressade situationer nästan enbart grundas på tillgänglig information blir det extra viktigt att utveckla ett system som tillgodoser användarens situationsmedvetenhet. Vad som faktiskt är relevant information och vad som kan filtreras bort är viktig kunskap att känna till, både vid utvecklingen av systemet men också vid manövrering av roboten. Det optimala vore att enbart information som är viktig för utförandet av operatörens uppdrag finns tillgänglig, för att på så sätt öka

överskådligheten och minska risken att operatören distraheras. Endsley och Garland (2000) har utvecklat en modell för att beskriva situationsmedvetenhet genom tre olika nivåer av situationsmedvetenhet. Desto högre nivå av situationsmedvetenhet en operatör har desto bättre kan den tolka informationen omkring sig och utföra uppdraget bättre. Den första nivån kallas uppfattning (perception) och anspelar på uppfattningen av vilken information som behövs för att skapa en korrekt bild av situationen. Detta är den mest fundamentala nivån av situationsmedvetenhet och utan en korrekt uppfattning av vilken information som är viktig ökar risken avsevärt att operatören får en felaktig bild av situationen. Den andra nivån kallas förståelse (comprehension). Endsley och Garland menar att det gäller för operatören att tolka och förstå informationen på ett korrekt sätt för att den ska vara användbar. Informationen inkluderar ofta ett flertal informationsdelar som samlats in från olika källor, vilket ställer större krav på operatören. Den tredje och högsta nivån av situationsmedvetenhet kallas planläggning (projection) och beskriver förmågan att kunna förutse framtida situationer, vilket indikerar att operatören har en god förståelse av uppgifterna som behöver utföras. En förmåga att förutse framtida situationer tillåter en bättre planering och ett bättre beslutsfattande (Endsley och Garland, 2000). Figur 5 visar en förenklad bild av olika källor till situationsmedvetenhet. En operatör kan samla in information från den riktiga världen, dels genom direkta observationer samt från systemgränssnittet. Utöver detta kan andra gruppmedlemmar och medarbetare bidra med information. Det blir allt vanligare att operatören arbetar på en avlägsen plats och inte har full tillgång till egna observationer. Då blir information från systemet och dess användargränssnitt betydligt viktigare. (Endsley och Garland, 2000)



Figur 5. Källor av situationsmedvetenhet (Endsley och Garland, 2000).

3.3.1 Situationsmedvetenhet vid styrning av robot

De farliga miljöer där teleopererade robotar ofta är designade att verka inom kan räknas som säkerhetskritiska situationer, där misstag och körfel kan innebära stora skador på människor och fastigheter, eller i värsta fall dödsfall (Drury m.fl., 2003). I teleopererade system med teleopererade robotar har operatören inte själv någon visuell information utan får förlita sig på data och visuell feedback från roboten. Operatören måste ha tillräcklig information om roboten och dess omgivning för att korrekt utvärdera situationen och ge kommandon till roboten. Av denna anledning anses situationsmedvetenhet som en av de absolut viktigaste faktorerna inom navigering av teleopererade robotar (Zhang m.fl., 2009). För att kunna utvärdera huruvida VR hjälper operatören att få en högre situationsmedvetenhet krävs en tydlig definition av vad situationsmedvetenhet är och innebär vid styrning av robotar. Drury m.fl. (2003, ss. 912–914) har tagit fram ett teoretiskt ramverk för att kunna beskriva olika typer av situationsmedvetenhet som uppkommer när människor arbetar med robotar. De definierar basfallet av situationsmedvetenhet i en människa-robotkontext som:

“Givet en människa och en robot som utför ett uppdrag tillsammans, Människa-robot interaktionsmedvetenhet är den förståelse som människan har om sin omgivning, aktiviteter, status och läge; och den nivå av förståelse som roboten har om människans kommandon som är nödvändiga för att utföra uppdraget.”

Nivån av förståelse som roboten behöver ha beror på hur självgående roboten är. Antalet människor som utför uppdraget skiljer sig åt. De vanligaste rollerna som människor har i en robotsystemkontext är handledare, operatör, mekaniker och observatör. Dessa människors roller spelar stor roll i vilken feedback de behöver från användargränssnittet för att få en bra situationsmedvetenhet (Drury m.fl., 2003). För att summera består det teoretiska ramverket kring människa-robot interaktionsmedvetenhet av fem komponenter:

Människa-robot: Förståelsen som människan har över det läge, omgivning, aktiviteter och status som roboten befinner sig i, och även den nivå av säkerhet som människan har om denna information. Den vanligaste typen av källa till information till människan sker via videolänk. Videofeedback kan ge bra information om en situation men kan ha problem i vissa situationer, exempelvis utrymmen med mycket rök (Zhang m.fl., 2009).

Människa-människa: Den förståelse som människan har om platserna, identiteterna och aktiviteterna av de andra medarbetarna vid styrning av roboten. Dessa medarbetare innefattar personer som handledare, operatörer, mekaniker och observatörer (Drury m.fl., 2003). I vissa fall händer det att en person inte har direkt kontroll över roboten, men ändå måste ha tillräckligt med underlag för att göra egna bedömningar av situationen (Monferrer och Bonyet, 2002).

Robot-människa: Robotens “kunskap” om människans kommandon som behövs för att dirigera aktiviteten och eventuella människoskapade restriktioner som gör att roboten inte följer operatörens kommandon. Ju fler självgående funktioner roboten har desto större krav ställs på robotens sensorer.

Robot-robot: Den information som roboten har av den kommunikation som ges av andra eventuella robotar. Detta syftar på hur väl flera robotar kan samarbeta utan styrning av människor.

Människans övergripande uppdragsmedvetenhet: Människans förståelse av det övergripande målet med interaktion med roboten och de delbeslut som behöver tas för att nå det målet. Olika personer kan ha individuella uppdrag men också ett gemensamt mål där samarbete är av yttersta vikt. Förmågan att kunna kommunicera med de andra människorna som är en del av det övergripande uppdraget är oftast en viktig del för att uppdragsmedvetenheten ska vara hög (Monferrer och Bonyet, 2002).

4. Metod

I kapitel 4 kommer studiens metodval presenteras och motiveras. Kapitlet börjar med att motivera valda intervjumetoder som forskningsmetod. Kapitlet förklarar även tillvägagångssättet vid utformningen av intervjufrågorna.

4.1 Vetenskapligt angreppssätt

Bryman och Bell (2003) beskriver den kvalitativa forskningen som den metod som betonar sättet som individer tolkar sin omgivning. Ambitionen med det kvalitativa angreppssättet är att få en förståelse av ett fenomen och de bakomliggande orsakerna till varför det ser ut som det gör. Studieobjekten i en kvalitativ studie är vanligtvis individer eller grupper av individer och deras värld. I en studie kring användares upplevelser av ett användargränssnitt och VR lämpar sig den kvalitativa forskningsmetoden utmärkt. Då informationsinsamlingen främst kommer ske genom intervjuer är det lämpligt att använda en kvalitativ forskningsmetod. En explorativ undersökning är enligt Skärvad och Lundahl (2016) en utredning som syftar till att orientera utredaren vad som redan är känt inom ämnet och sedan ta fram en preciserad och sammanhängande undersökningsplan. En explorativ undersökning har ofta inslag av personliga intervjuer, expertintervjuer och litteraturgenomgångar.

4.2 Intervju som kvalitativ metod

Intervjun har valts som huvudsaklig informationskälla till denna studie. Holme och Solvang (1997) menar att styrkan i den kvalitativa intervjun ligger i att den liknar ett vardagligt samtal och situation. Detta innebär att forskaren utövar mindre styrning av intervjupersonen jämfört med andra metoder. I den kvalitativa intervjun förekommer inte standardiserade frågor då det inte ska finnas för stor styrning från personen som intervjuar. Istället är det viktigt att intervjupersonen får utrymme att förmedla sina egna uppfattningar och bör därmed styra utvecklingen av intervjun. Forskaren har innan intervjun skrivit ner en handledning till intervjun med viktiga områden som intervjun behöver täcka (Holme och Solvang 1997). Syftet med den kvalitativa intervjun är att skapa en djupare och mer fullständig uppfattning om det fenomen som studeras. Sharp, Rogers och Preece (2011) beskriver tre olika sorters intervjustrukturer: Strukturerad, ostrukturerad och semi-strukturerad. Vid strukturerade intervjuer är ambitionen att de ska ske så likartat varandra som möjligt. Därför innehåller intervjuerna förbestämda frågor och följer samma mönster varje gång. I en ostrukturerad intervju väljs både frågeformuleringarna och ordningsföljden mer fritt. I en semi-strukturerad har frågorna bestämts på förhand men kravet på förutbestämd ordning följs inte särskilt strikt. Semi-strukturerade intervjuer ger möjlighet att ställa följdfrågor och dialogutvecklande frågor i syfte att stimulera intervjupersonen att vidareutveckla egna svar och tankar. Den ostrukturerade eller semi-strukturerade intervjun är bättre anpassad för explorativa undersökningar medan den strukturerade intervjun passar bäst om målet med intervjun är att samla in hårda data. I denna studie har semi-strukturerade intervjuer valts som metod. Detta då studien har en tydlig explorativ inriktning och där det inte är klart vilken information som intervjuerna kommer generera. Förmågan att kunna följa upp intressanta svar med följdfrågor är då viktigt. Skärvad och Lundahl (2016) menar att en intervju med friare svar är att föredra om intervjun syftar till att locka fram respondentens åsikter, attityder och föreställningar i lika grad som ren fakta. En intervju kan utföras öga mot öga, via e-post eller som telefonintervju.

4.3 Fokusgrupper

Till skillnad från den vanliga intervjustrukturen med en intervjuare och en person som intervjuas är fokusgruppen en intervjumetod där flera personer intervjuas samtidigt. Grundidén med fokusgruppen är att låta en grupp med en viss erfarenhet intervjuas i grupp om denna erfarenheten, för att på så sätt få bättre insikt i ämnet. Fokusgruppen ger även intervjuaren insikt i hur individerna i en grupp gemensamt förstår sig på ett fenomen. I en vanlig intervju ifrågasätts vanligtvis inte en intervjupersons svar, även om de råkar vara motsägelsefulla. I en fokusgrupp ifrågasätts förhoppningsvis dessa svar av deltagarna vilket ger mer realistiska insikter hur intervjupersonerna egentligen tänker. Fokusgrupper innehåller åtminstone fyra personer som intervjuas. Skillnaden mellan fokusgruppen som

intervjumetod och en vanlig gruppintervju är stundtals otydliga och termerna blandas ofta ihop. En potentiell skillnad är att fokusgruppen vanligtvis går i djupet på en viss fråga eller tema, medan gruppintervjun har ett mer brett fokus. Bryman och Bell (2003) beskriver fokusgruppen som en metod där intervjuaren är mer intresserad av hur medlemmarna i en grupp ser på varandras åsikter i en viss fråga än vad de enskilda individerna tycker. Det är diskussionen mellan intervjupersonerna som gör fokusgruppen intressant. Utifrån diskussionen får intervjuaren vanligtvis flera åsikter och synpunkter om en viss fråga. Fokusgrupper håller vanligtvis en relativt ostrukturerad intervjustruktur där en moderator ser till att diskussionen går åt rätt håll, utan att vara alltför påträngande i samtalet. Hur pass ostrukturerad fokusgruppsintervjun ska vara är upp till intervjuaren. Vissa föredrar ett upplägg med några enstaka mer generella huvudfrågor för att stimulera en diskussion, medan andra föredrar struktur i fokusgruppen så att diskussionen håller sig relevant till huvudämnet. Nackdelen med fokusgruppen som intervjumetod är att intervjuaren har mindre kontroll över hur diskussionen utvecklas och vad som diskuteras. När det finns ett par explicita forskningsfrågor som är tänkta att besvaras under intervjun gäller det för intervjuaren att se till att diskussionen emellanåt styrs åt rätt håll. Intervjuaren behöver även vara medveten om gruppdynamiken i en fokusgrupp. Det finns alltid en risk att vissa individer tar över diskussionen vilket kan leda till att inte allas åsikter kommer fram under intervjun. Det är viktigt för intervjuaren att spela in hela fokusgruppsamtalet då det annars blir för mycket information för att försöka skriva ner samtidigt. Det kan vara lika viktigt hur något sägs i en diskussion som vad som faktiskt sägs, vilket kan försvinna i en nedskrivning av fokusgruppsdiskussionen.

4.4 Val av respondenter

Enligt Holme och Solvang (1997) är urvalet av undersökningspersoner en avgörande del av undersökningen. Intervjuas fel person kan undersökningen bli värdelös i relation till den utgångspunkt som undersökaren haft från början. Syftet med de kvalitativa intervjuerna är att öka informationsvärdet och lägga en grund för den förståelse som studien försöker uppnå. Kriterierna för urvalet av personer att intervjua behöver vara strategiskt och teoretiskt definierade. Enligt Skärvad och Lundahl (2016) är experten en typ av intervjuperson som kan ge värdefulla bidrag till en organisationsanalys. Vid urval av personer att ingå i studien utgår forskaren från att välja ut individer som det finns skäl att tro att det kommer leda till kunskap som är relevant för frågeställningen. För att få en initial inblick i ämnet och hur räddningstjänsten ser på användandet av FUMO utfördes en intervju med insatsledaren på Södertörn Brandstation, som även har tidigare erfarenhet som rökdykare. Arbetsledningen kan även ha en egen syn på arbetet och dess delmål, vilket kan vara aspekter som behöver beaktas i designprocessen av användargränssnittet (Olsson, 2004). Insatsledaren har även haft chansen att testa på att styra FUMO med VR-glasögon under ett tidigare tillfälle, vilket gör insatsledaren till en extra intressant intervjuperson. För att sedan få en förståelse över vilka behov användarna av gränssnittet behöver är det av yttersta vikt att de tilltänkta användarna intervjuas (Monferrer och Bonyet, 2002). En grupp rökdykare har därför intervjuats i en

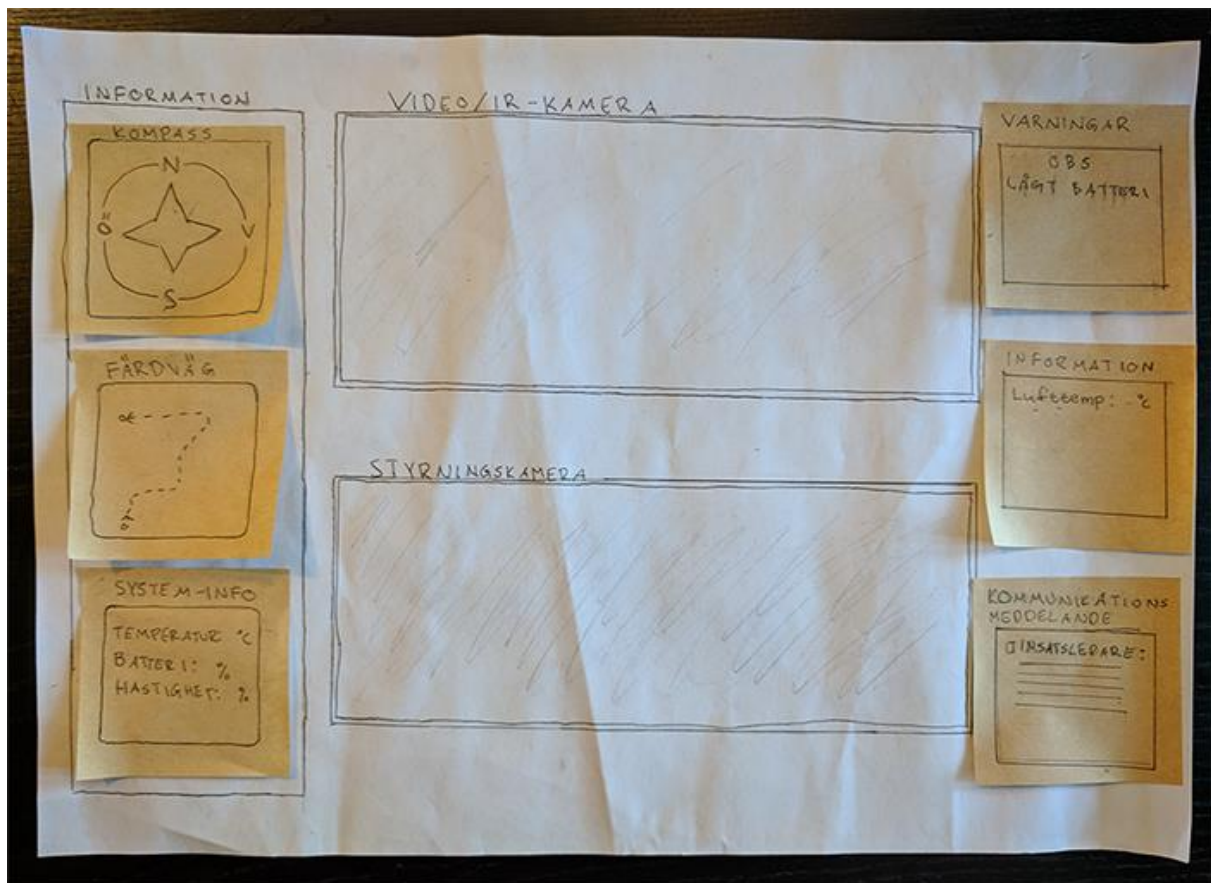
fokusgruppsintervju för att få en mer utförlig insikt i hur arbetet vid en brandinsats går till och vilka arbetsmoment som användargränssnittet behöver anpassas för. Tabell 2 visar mer detaljerad information kring de intervjuer som utförts.

Tabell 2. Studiens intervjuer

Namn	Befattning	Typ av intervju	Datum	Plats	Längd
Insatsledare	Teknisk chef / Insatsledare Södertörns Räddningstjänst	Ostrukturerad intervju	2018- 03-15	Södertörns Brandförsvarsförbund	60 minuter
Fyrislunds Brandstation Brandmän	Rökdykare	Fokusgruppsintervju	2018- 05-03	Fyrislunds brandstation	60 minuter

En fokusgruppsintervju utfördes på Fyrislunds Brandstation där en styrkeledare³ och tre brandmän fick diskutera brandroboten och VR-implementering. Ett antal huvudfrågor förbereddes innan intervjun för att på så sätt försöka se till att diskussionen inte gick alltför långt ifrån ämnet. För att hjälpa till att visualisera för brandmännen hur en implementering av VR-glasögon skulle kunna se ut användes ett par VR-glasögon tillsammans med en förinspelad video. En pappersprototyp av användargränssnittet presenterades även där förslag till nya funktioner diskuterades samt om rökdykarna hade några tankar kring gränssnittets upplägg. Den initiala pappersprototypen kan ses i figur 6. Trots fokusgruppens huvudfrågor som var tänkta att leda diskussionerna åt ett större fokus på VR-frågorna led diskussionen oftast till en mer övergripande diskussion om robotens lämplighet och hur den skulle kunna göras finansiellt försvarbar. Fokusgruppsintervjun var första gången någon på brandstationen hade hört talas om brandroboten och detta är förmodligen den största anledningen till att diskussionen ofta gled ifrån huvudfrågan.

³ Arbetsledare och räddningsledare vid rökdykningsinsatser.



Figur 6. Den pappersprototyp som togs fram av användargränssnittet. Post-it-lapparna tillät brandmännen att själv göra direkta ändringar i designen.

4.5 Utformning av intervjufrågor

Intervjufrågorna till den inledande intervjun med insatsledaren på Södertörns Räddningstjänst byggdes till stor del i bakgrund av det teoretiska ramverket kring situationsmedvetenhet och den litteraturstudie kring tidigare forskning inom VR-gränssnitt och teleopererade robotar. Den inledande intervjun hade till avsikt att ge en mer allmän syn på hur räddningstjänsten ser på FUMO och projektet i allmänt. Utöver detta inkluderades även frågor kring användargränssnittet och eventuella förbättringar där, då intervjun var tänkt att stå som grund för en första pappersprototyp av ett nytt användargränssnitt. I fokusgruppsintervjun låg fokuset helt på FUMO och de arbetsmoment som den ska utföra för att på så sätt kartlägga vilken information som behöver vara med.

4.6 Utförande av intervjuer

Intervjun med insatsledaren på Södertörns räddningstjänst var den första i ordningen. Intervjun spelades in med hjälp av mobiltelefon, efter intervjupersonens godkännande. Direkt efter intervjun transkriberades allt till text för att på så sätt få en bättre och enklare

överblick av den information som sades. I vissa fall mailades intervjupersonerna i efterhand för att förtydliga vissa svar i intervjuerna. Samtliga intervjufrågor från intervjuerna i denna undersökning finns bifogade som bilagor i slutet av uppsatsen.



Figur 7. VR-videoklipp som visades för deltagarna i fokusgruppen för att få en bättre insyn i tekniken. (Youtube, 2018)

Vid fokusgruppsintervjun på Fyrislunds brandstation deltog fyra brandmän med erfarenhet av rökdykning. Efter en kort introduktion av roboten och dess funktioner var tanken att diskussionen skulle ske fritt mellan deltagarna. Ett par intervjufrågor hade förberetts ifall att diskussionen skulle avta och för att leda diskussionen i rätt riktning. Deltagarna fick även testa på VR-glasögon med en förinspelad VR-video, för att på sätt få testa på tekniken. Figur 7 visar videon som brandmännen fick ta del av. Tanken var även att glasögonen skulle inspirera till vidare diskussion inom fokusgruppen. Figur 8 visar glasögonmodellen som brandmännen använde. En pappersprototyp av hur användargränssnittet kan komma att se ut visades även för fokusgruppen. Tanken med prototypen var att ge brandmännen en enkel bild av hur användargränssnittet kan se ut, samt ge dem möjlighet att förändra det efter eget tycke.



Figur 8. VR-glasögonen som användes vid fokusgruppintervjun. (Arstechnica, 2017)

4.7 Litteraturstudie

En litteraturstudie utfördes där forskning kring VR med inriktning mot teleopererade robotar kartlades för att få en överblick över vilken forskning som skett inom området. För att svara på frågan huruvida VR är ett realistiskt alternativ för FUMO är det relevant att få en överblick hur den moderna forskningen ser på frågan och om det går att hitta några direkta svar på frågan i vetenskapliga texter. Forskning och teori kring design av användargränssnitt och situationsmedvetenhet kartläggs också för att få en bättre förståelse över vilka faktorer som behöver beaktas vid designen av ett användargränssnitt för VR till en teleopererad robot. Vid designen av ett användargränssnitt till FUMO kommer denna teori stå till stor del av bakgrundsmaterialet till designen.

4.8 Sekundärdata

För att införskaffa en översiktlig bild över hur projektet FUMO utvecklats har det utöver de kontakter som finns på företaget även använts tidskriftsartiklar med intervjuer om projektet inkluderats som källor. Likaså har nyhetsinslag från tv-kanaler använts som källor för att få inblick i hur projektet såg ut tidigare.

4.9 Expertanvändare

Många arbetsmoment innebär situationer med gömda komplexiteter som kan vara svårt för utomstående att uppfatta. För att få en förståelse för hur interaktionen mellan användare och system egentligen fungerar kan det vara nödvändigt att utföra en utvärdering med hjälp av användaren (Valero-Gomez och de la Puente, 2011). Varje arbetsplats är unik, och även sättet som arbetet utförs på. Vanligtvis består arbetet inte enbart av fristående uppgifter som behöver lösas. Dessa uppgifter är ofta sammanvävda, situationella och utförs i samarbete med andra människor (Olsson, 2004). Nielsen (1993) beskriver:

“Användartester med riktiga användare är den mest grundläggande användbarhetsmetoden och är på vissa sätt oersättlig, då den erbjuder direkt information om hur människor använder datorer och vilka deras exakta problem är med det aktuella användargränssnittet.”

Det finns ofta olika perspektiv inom en organisation av vad ett arbete egentligen innebär. Arbetslednings syn på arbetet relaterar vanligtvis till hur den borde utföras. Användaren ser arbetet mer som det faktiskt utförs, vilket inkluderar vanliga misstag och avvikelser från det förväntade. Användaren är ofta också medveten om genvägar och sätt att arbeta runt långdragna moment i arbetet. Både den organisationella mer explicita synen på arbete och den mer aktivitetsorienterade synen samexisterar och det gäller att ta hänsyn till båda dessa perspektiv när arbetet ska kartläggas. Samtidigt är det viktigt att känna till fallgroparna när det gäller designutveckling med deltagande användare. De framtida användarna har lätt att fastna i hur arbetsmomenten ser ut idag, och kan ha svårt att se de nya möjligheter som ny teknologi för med sig (Olsson, 2004).

4.10 Prototyping

Användandet av prototyper är ett vanligt sätt för en undersökare att utvärdera designen av användargränssnitt med direkt återkoppling från användare. Enkla prototypmodeller som sketcher och mock-ups gjorda av papper används för att iterera designlösningar på ett enkelt och snabbt sätt (Olsson, 2004). Den första versionen av en typisk pappersprototyp är tänkt att vara obearbetad och är mest tilltänkt för att testa visionen och strukturen av designen, och alltså inte själva användargränssnittet. Den första versionen av pappersprototypen är ofta gjord i papper, post-it lappar och andra liknande material. Alla delar av prototypen behöver vara rörliga och utbytbara då det ska vara möjligt för användaren att ändra och uppdatera designen efter egen preferens (Holtzblatt

mfl., 2005). Det ofullbordade intrycket som den första pappersprototypen ger är en tydlig indikation på att designen inte är färdig eller satt i sten. Pappersprototypen är mer tänkt att meddela för testpersonen att det är möjligt att göra egna ändringar i designen (Olsson, 2004). Det blir också tydligt att det är layouten och strukturen av användargränssnittet som är i fokus, och inte visuella effekter som kan distrahera användaren om prototypen vore skapad i ett digitalt program (Holtzblatt m.fl., 2005).

Den första pappersprototypen som togs fram under studien designades med målet att det skulle vara enkelt att få översikt över robotens samtliga funktioner samtidigt som det testades vilka funktioner som testpersonerna ansåg vara nödvändiga. Testanvändarna frågades hur de upplevde användargränssnittet och fick möjlighet att ommöblera, lägga till eller ta bort delar av designen efter eget tycke. Med hjälp av post-it-lappar blev det enkelt att byta ut komponenterna. Kompass, färdvägsinformation, systeminfo samt allmän information om området runt roboten fanns som redan framtagna funktioner som testpersonerna fick ta ställning till. Utöver detta fick de även föreslå egna idéer kring användbara funktioner till roboten. Samtidigt som dessa tester utfördes blev testanvändarna ombedda att motivera sina val genom ett par förberedda intervjufrågor kring funktionaliteten av roboten. Dessa intervjuer och prototypstester användes sedan för att ta bestämma vilka funktioner som ansågs mest användbara.

4.11 Källkritik

Större delen av det teoretiska underlaget till denna studie är samlat från vetenskapliga artiklar. Då artiklarna redan utsatts för peer-review bedöms dem som tillförlitliga. Utöver detta har även metodteori samlats in från olika böcker och studentlitteratur. Även dessa källor kan ses som tillförlitliga då de i allmänhet är kontrollerade av kollegor och experter. Personerna som intervjuats har valts ut i bakgrund till deras kunskaper i området. De som intervjuats har flera års erfarenhet inom det undersökta området och bedöms därefter som trovärdiga.

4.12 Metodkritik

Studiens empiriinsamling använder sig dels av ostrukturerade intervjuer och fokusgrupper för att på så sätt försöka få ut både djupgående insikter samt en bred kunskap om de områden som undersöks. Till användartest används ett par VR-glasögon tillsammans med en VR-video som är tänkt att illustrera hur det skulle kunna se ut när roboten används. Ett riktigt användartest med roboten vore ett mycket bättre tillvägagångssätt för att ge användarna en bild av upplevelsen. På grund av tidsbrist och utomstående faktorer som författaren själv inte hade någon kontroll över försvann möjligheterna att utföra sådana tester. Som substitut används istället en pappersprototyp och test med VR-glasögon för att på så sätt få feedback från expertanvändare.

5. Resultat

Här presenteras resultaten av de intervjuer och den fokusgrupp som utfördes. Resultaten rör dels rökdykarnas och räddningstjänstens syn på FUMO samt vilka möjliga fördelar och nackdelar en VR-implementering skulle innebära.

5.1 VR Nackdelar

Under intervjun med insatsledaren vid Södertörns Räddningstjänst framkom det att det en rad problem med den nuvarande implementationen av VR-glasögonen. Ett problem som insatsledaren ser idag med VR-gränssnittet är att det finns en risk att operatören kan bli åksjuk av att styra roboten med glasögon. FUMO använder sig av bandhjul för att ta sig runt och rörelserna kan på grund av detta bli knäckiga. Insatsledaren upplevde den nuvarande helhets känslan som lite rörig när roboten var i rörelse. De kameror som användes när insatsledaren testade roboten hade svårt att få till ett bra djupseende, vilket ibland gjorde upplevelsen förvirrad med VR-glasögonen. Svårighet att få en uppfattning om distans till objekt är något som behöver lösas innan FUMO kan användas på riktigt. Rökdykarna som testade VR-glasögon i en fokusgrupp ansåg även de att styrningen lätt kunde medföra illamående för operatören. Rökdykarna ansåg att detta motiverade att en specialist som är väl insatt styr roboten, då det skulle minska risken att operatören blir åksjuk och inte kan utföra uppdraget. De hade också svårt att se att de skulle kunna lära sig styra roboten och komma ihåg allt mellan varje rökdykningsinsats där roboten behövs, då de tror att detta inte kommer ske tillräckligt ofta. Större rökdykningsinsatser sker enbart enstaka gånger per år i Sverige. Vid mindre rökdykningsinsatser i lägenheter och bostadshus sker allt så pass snabbt att brandmännen inte bedömde att roboten skulle kunna användas innan insatsen är avslutad. "Snabbt in, snabbt ut" som styrkeledaren vid brandstationen beskrev det. Brandmännen hade i allmänhet svårt att se roboten som finansiellt motiverbar på grund av detta. Speciellt då de ansåg att FUMO behöver en specialist som förmodligen enbart har manövrering av roboten som uppdrag.

5.2 VR Fördelar

Insatsledaren anser i jämförelse med tidigare försök till styrningsmetoder för roboten att VR-glasögonen ändå ger operatören en bättre översikt vid manövrering av roboten. På grund av detta menade han att det finns mindre risk för misstag. Möjligheten att kunna inspektera och styra kameran med huvudrörelser gav väldigt mycket enligt insatsledaren. Möjligheten att kunna titta åt sidan med huvudet istället för att styra kameran med handkontrollen gör att operatören får en bättre känsla av rummet. Insatsledaren poängterar att rökdykare i allmänhet inte är de mest teknikintresserade personerna och att användargränssnittet bör vara väldigt enkelt för att det ska kunna gå att använda. Enligt honom bör användargränssnittet och styrningen av roboten vara "barnsäker", då roboten måste kunna tåla rökdykarnas enligt honom hårdhänta

hantering. Rökdykare använder sig i dagsläget av en enklare variant av infraröd-kamera än den som är installerad på FUMO, men det är samma princip och rökdykarna är vana att använda tekniken. Vanlig videokamera fungerar bara när det är klar sikt. Om roboten ska söka efter människor eller brandhärdar är infraröd-kameran helt överlägsen, speciellt om byggnaden är rökig då den vanliga videokameran då blir omöjlig att använda. Rökdykarna tror att ett par VR-glasögon kan ge bättre sikt än alternativ som pekskrämmor eller liknande. Dels på grund av skärmens storlek som förmodligen kommer vara mindre än vad som är möjligt med glasögonen, samt att reflexer från olika ljuskällor kan störa operatören om den använder en vanlig skärm.

5.3 Funktioner i användargränssnittet

Insatsledaren ser FUMOs huvudsakliga syfte som att vara en sorts spanare åt rökdykarna. Den information som måste vara med i ett användargränssnitt för att utföra detta är video- och infraröd-kamera. Båda är nödvändiga för att få en bra helhetsbild av hur branden ser ut inne i en byggnad. Insatsledaren ser även många andra potentiella användningsområden för roboten. Utöver den tidigare idén att använda roboten för att plocka ut brandfarliga gastuber skulle det i många situationer praktiskt om roboten själv skulle kunna ta sig ut ur en byggnad efter den är klar, eller om den tappar signal gå tillbaka till senaste plats där den hade kontakt med branddykarna. Ett "follow me"-läge där roboten självständigt kan följa efter rökdykare med tung utrustning vore praktiskt, exempelvis i tunnlar där det finns risk att utrustning behöver bäras långa sträckor. En funktion som varit eftersökt är att kunna överlagra video- och infraröds-kameran på varandra, istället för att i dagsläget behöva växla mellan de båda. Detta har visat sig vara en inte helt enkel uppgift rent tekniskt och det finns inga nuvarande planer på att implementera ett sådant läge. Andra metoder att förbättra navigeringen har testats som att exempelvis rita upp 3D-bilder av rum roboten manövreras i. Problemet med denna metod är att den tar lång tid, och kräver mycket kraft för att få en tillräckligt detaljerad bild för att vara användbar. Insatsledaren poängterar att roboten behöver användas relativt ofta för att operatören ska känna sig bekväm vid manövreringen.

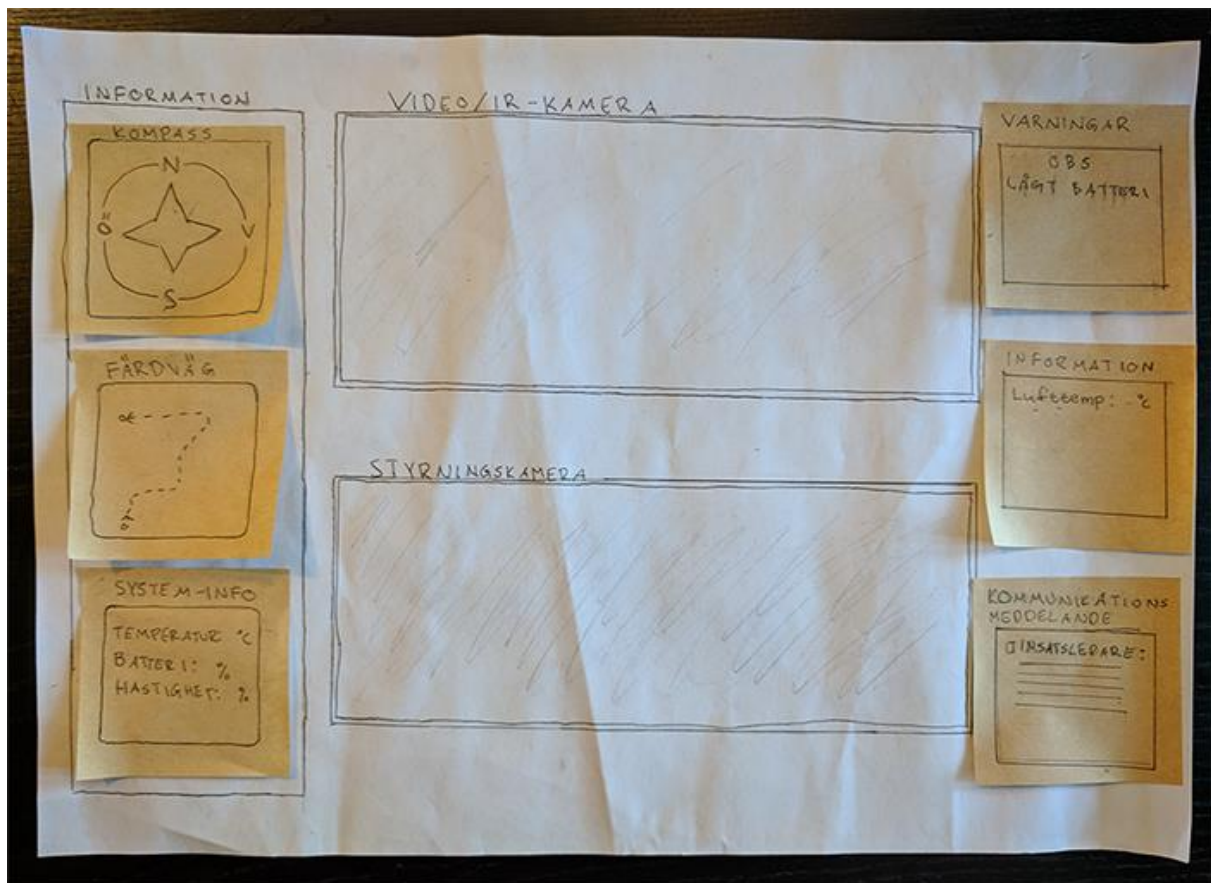
5.4 Aktörer

Ett rökdykarteam består i de flesta fall av två rökdykare och en rökdyksledare. Det är rökdyksledaren som tar de slutgiltiga besluten hur branden ska släckas. De har även kontakt med en insatsledare som vanligtvis befinner sig på brandstationen. Alla beslut bollas med insatsledaren, och insatsledaren får kontinuerlig information om situationen. Här ser insatsledaren att FUMO kan göra det betydligt enklare och snabbare för rökledaren och insatsledaren att kommunicera med varandra om de kan ta del av samma bilder i realtid som besluten fattas i bakgrund av. I vissa fall vid bränder i kemiska fabriker eller liknande kan det vara nödvändigt att koppla in experter eller anställda för att enklare bekämpa branden. Om vissa ventiler exempelvis behöver skruvas åt kan det

vara enklare att visa detta med hjälp av en videofeed istället för enbart muntliga beskrivningar. Efter varje insats finns det nedskrivna dokumentation, som är insatsledarens ansvar. Insatsledaren poängterar dock att det inte är bestämt vem som ska styra roboten, mer än att det behöver vara någon som är på plats vid branden. Rökdykarna vid fokusgruppsintervjun ansåg att brandroboten kommer behöva en egen designerad specialist som enbart har i uppdrag att styra roboten, oavsett hur lättanvänt användargränssnittet är. Rökdykarna tror inte att brandroboten med sina nuvarande funktioner kommer användas tillräckligt ofta för att en rökdykare ska kunna känna sig fullständigt bekväm att styra den i stressiga rökdykningsinsatser. Om roboten enbart används sporadiskt finns det risk att rökdykarna eller de som använder roboten glömmer bort eller blir osäkra hur roboten styrs, vilket kan innebära stora risker i en stressad arbetssituation. Utöver detta har samtliga personer vid en rökdykningsaktion redan fullt upp med andra uppgifter. En rökledare kan inte skärma av sig med VR-glasögon eller fokusera på att styra roboten på en skärm, då han samtidigt har annat att ansvara för vid branden.

5.5 Pappersprototyp

De brandmän som deltog i fokusgruppen fick även se en pappersprototyp på hur användargränssnittet kan tänkas se ut. Därefter fick de komma med kommentarer och egna förslag genom att ändra på utseendet och funktioner. Den ursprungliga pappersprototypen som visas i figur 9 nedan har två centralt placerade videorutor där bilderna från video/ir-kameran och styrningskameran visas. Dessa två rutor kan förstöras till helbild för bättre synlighet. På båda sidor av dessa rutor finns det olika post-it-lappar med olika potentiellt användbara funktioner som brandmännen fick ta ställning till. Funktionslapparna kunde tas bort och flyttas runt efter eget tycke. Tomma post-it-lappar där nya funktioner kunde skrivas ner fanns tillgängliga. Brandmännen som fick interagera med pappersprototypen under fokusgruppsintervjun uppskattade färdvägsfunktionen som visade hur roboten hade åkt med en karta över lokalen. Samtidigt tyckte de att det kunde vara svårt att få en överblick över alla funktioner på skärmen. Styrkeledaren påpekade att användargränssnittets funktioner skulle kunna leda till en bättre översikt över de olika delarna av brandsläckningen.



Figur 9. Den pappersprototyp som togs fram av användargränssnittet.

6. Analys

Här presenteras en analys av resultatet från studiens intervjuer och litteraturstudie. För att få en förståelse över hur VR-teknik kan påverka manövreringen av FUMO tillämpas den nya informationen på det teoretiska ramverk som presenterades tidigare i teoridelen av denna studie. Detta kapitel försöker ge svar åt uppsatsens frågeställningar.

6.1 Situationsmedvetenhet vid användande av FUMO

En av de största förhoppningarna implementationen av VR-glasögon skulle ge är en bättre och enklare förståelse vid styrandet av roboten. För att få en djupare förståelse kring hur operatören kommer uppleva styrandet av FUMO har teori kring situationsmedvetenhet vid robotstyrning applicerats på den information som tagits fram genom intervjuer. Denna teori presenteras i avsnitt 3.4.

6.1.1 Människa-robot

I intervjuerna har det framkommit att den absolut största fördelen som en implementering av VR-glasögon medför är den ökade situationsmedvetenheten som operatören får av roboten. Genom att använda VR-glasögon får operatören en bättre bild av rummet roboten befinner sig i, vilket i sin tur leder till en bättre förmåga att manövrera roboten (Martins och Ventura 2009). Förmågan att kunna röra huvudet för att styra kameran ger operatören ett intuitivt verktyg att undersöka byggnaderna som FUMO befinner sig i. Att roboten behöver vara enkel att styra är något samtliga intervjuade poängterade som ett måste för att FUMO ska användas. En stor nackdel är eventuella kostnader som en implementation skulle medföra samt att tekniken är relativt ung och otestad. Tekniken behöver fungera felfritt och det finns inget utrymme för att systemet ska krascha när det väl används. För att erhålla en bättre situationsmedvetenhet krävs det att kameratekniken är anpassad för VR-glasögon, exempelvis i form av stereoskopiska kameror (Martins och Ventura 2009).

6.1.2 Människa-människa

Under fokusgruppsintervjun med brandmännen blev det tydligt att situationsmedvetenheten gällande relationen människa-människa förmodligen skulle försämrats vid användande av VR-glasögon. Under en större rökdykningsinsats är det folk i konstant rörelse där alla har specifika uppdrag som behöver utföras för att branden ska släckas eller i alla fall kontrolleras. VR-glasögonen avskärmar användaren från dennes omgivning och det blir av naturliga skäl svårt att ha översikt av de andra människorna vid en brandinsats. Denna försämrade översikt av de andra medarbetarna skulle kunna motverkas med förbättrade kommunikationsfunktioner i användargränssnittet, men det blir ändå svårt att helt kompensera för den förvärrade översikt som operatören får. Frågan vem som ska styra roboten blir på grund av detta extra viktig. Under intervjun med insatsledaren blir det tydligt att det inte utförts någon riktig reflektion kring vem som egentligen ska styra roboten. Brandmännen som tillfrågades i fokusgruppsintervjun var samstämmiga om att det borde vara en specialist som ska manövrera roboten, och inte någon ur den redan existerande rökdykningsgruppen som redan har andra uppdrag att utföra. Med en specialist följer dock extra kostnader vilket kan visa sig vara ett problem då dyrare kostnader gör FUMO mindre attraktiv för eventuella köpare.

6.1.3 Robot-människa

Inga autonoma funktioner är i dagsläget planerade att implementeras till FUMO. Funktioner som att roboten själv ska kunna ta sig ut ur en byggnad genom att "back-tracka" har efterfrågats men en sådan funktion finns inte tillgänglig i nuläget.

6.1.4 Robot-robot

I dagsläget finns inte några planer på att implementera andra sorters robotar eller ha flera brandrobotar igång samtidigt vid en brand. Insatsledaren menar i intervjun att han mycket väl kan se drönare som ytterligare ett steg för att utveckla teknikanvändningen inom räddningstjänsten. Men det är svårt att förutspå hur en drönare skulle påverka användandet av FUMO eller hur kommunikationen mellan robotarna skulle kunna se ut.

6.1.5 Människans övergripande uppdragsmedvetenhet

Personen som styr roboten behöver vara väl medveten om vilka de övergripande målen är med styrningen med FUMO. Då operatören kommer vara till stor del avskärmad ställs det högre krav på användargränssnittet. Andra potentiella källor till situationsmedvetenhet som egna observationer eller kommunikation från medarbetare kommer vara begränsade.

6.2 Användargränssnittet

Användargränssnittet för roboten bör vara enkelt och snabbt att förstå. Insatsledaren poängterar att brandmän oftast inte är de mest tekniskt insatta personerna, och designen av användargränssnittet behöver ta detta i beaktning. Samtidigt menar brandmännen i fokusgruppen att det är en specialist som behöver styra roboten, och inte någon av de rökdykare som befinner sig på plats som det ser ut idag. Brandmännen menar att brandsituationer där roboten är användbar inte kommer hända särskilt ofta och att det kommer leda till att brandmännen blir mindre bekväma med att styra roboten. Denna åsikt skiljer sig från insatsledarens som mer är inne på att designen ska vara så pass enkel att den ska kunna användas av brandmän trots detta. Ett stort problem är att det just nu inte finns en klar bild vem som faktiskt ska styra roboten. Som Olsson (2004) skriver finns det ofta olika perspektiv inom en organisation av vad ett arbete är och vad detta arbete innebär. Detta kan förmodligen delvis förklara skillnaden i perspektiv mellan brandmännen i fokusgruppen och insatsledaren. Då det inte finns en bestämd användare blir det också problematiskt att optimera ett användargränssnitt till FUMO. Om det blir en specialist som får manövrera roboten blir frågan om användargränssnittet behöver vara lika simpelt som insatsledaren förespråkar. En utbildad specialist kan ha större nytta av ett mer avancerat användargränssnitt som tillåter mer avancerad funktionalitet. Robotens modulära design ställer även till det lite då frågan blir hur det går att göra alla framtida modulära funktioner kompatibla med VR-glasögonen. Insatsledaren var i intervjun exempelvis inne på att han hoppades roboten eventuellt ska kunna släcka bränder själv inne i byggnaden, och att en VR-implementering då skulle kunna vara ett intuitivt sätt att styra slangen.

7. Diskussion

I detta kapitel jämförs de nya kunskaper som tagits fram i studien med tidigare känd forskning. Kapitlet sätter insatsledarens och rökdykarnas intervjusvar i kontrast med vad tidigare forskning säger. Studiens styrkor och svagheter diskuteras och rekommendationer ges till Realisator Robotics utifrån den nya informationen.

VR-glasögon har möjlighet att ge operatören en förbättrad situationsmedvetenhet och förståelse av roboten. Detta förutsätter att glasögonen implementeras med rätt teknik och att den faktiska användaren finns i åtanke när användargränssnittet designas. Mycket forskning kring VR-glasögonens utgår från användning av anpassad teknik som exempelvis stereoskopiska kameror (Martins och Ventura 2009). För att en implementering av VR-glasögon ska ge fördelar för operatören av roboten krävs det att anpassad teknik även används i FUMO. För att manövreras i rökfyllda byggnader behöver FUMO både ett vanligt kameraläge och ett infrarött-läge som används vid dålig sikt. Om den infraröda kameran inte fungerar stereoskopiskt kan detta ställa till problem för användaren. Om de olika kameralägena ger olika djupseende kan användaren få olika uppfattning av ett rum beroende på vilket läge som används. Detta skulle potentiellt vara distraherande och förvirrande för användaren, som kommer behöva använda båda sorters kameror. FUMO används i kritiska situationer där det inte finns utrymme för felande teknik. Brandmännen som expertanvändare föredrog enklare användargränssnitt men uppskattade idéer som att kunna se robotens färdväg i byggnaden. Styrkeledaren uppskattade den ökade översikten som dessa funktioner skulle kunna ge. Detta kan kopplas till Endsley & Garlands tre nivåer av situationsmedvetenhet, där god framförsikt leder till en högre situationsmedvetenhet hos användaren. Funktioner som kan ge nytta att ge en bättre uppsikt gör det enklare att planera ruten av roboten kommer leda till en högre situationsmedvetenhet för användaren. Monferrer och Bonyet (2002) menade att en överbelastning av information lätt leder till att användargränssnittet inte blir lika intuitivt, vilket också styrkeledarens svar tyder på. Konsekvenserna av denna nyvunna kunskap är att Realisator Robotics behöver arbeta i nära kontakt med användarna av roboten om en VR-implementering ska anses vara rimlig. Kunskaperna som expertanvändare kan förmedla och dela med sig av för att förbättra användarupplevelsen är svåra att tillförska sig på andra sätt. I dagsläget underskattas brandmännens kunskaper och potentiella bidrag till användargränssnittet. När brandmännen väl kom till tals visade det sig att de hade relevant information att delge kring användargränssnittet. Som Olsson (2004) menar har ofta de som utför arbetet unik kunskap i hur arbetet faktiskt utförs, medan arbetsledning relaterar till hur arbetet bör utföras. Fördelar som högre situationsmedvetenhet och ett enklare användargränssnitt är anledningar nog att överväga VR-glasögon, men den som implementerar tekniken bör vara väl medveten om bristerna som en ogenomtänkt implementering kommer föra med sig.

8. Slutsats

8.1 Slutsatser

Realisator Robotics behöver tillsammans med sina samarbetspartners bestämma vem som ska manövrera brandroboten. Att som i dagsläget enbart kunna svara att det kommer vara någon vid brandsituationen är en alldeles för dåligt detaljerad profil. Detta leder till att användargränssnittet riskerar att bli dåligt anpassat för användaren, vilket motverkar de fördelar i situationsmedvetenhet som en VR-implementering skulle medföra. Det VR-anpassade användargränssnittet behöver utformas i samarbete med användare. De som testat roboten med VR-glasögon ansåg att roboten rörde sig knyckigt vilket ledde till viss åksjuka. Kamerorna som användes hade inte heller tillräckligt bra djupseende. Om VR-glasögon ska utnyttjas på bästa sätt behöver all teknik vara VR-kompatibel. Realisator Robotics bör ha detta i åtanke då exempelvis IR-kameror med djupseende kan vara svåra att få tag på. Manövrering av en brandrobot med VR-glasögon leder till en bättre uppfattning av utrymmet som roboten rör sig i. Att kunna styra kameror med huvudrörelser gör det intuitivt för användaren och ger en bättre uppfattning av rummet. I användargränssnittet är det till stor nytta om kartor och körvägar finns tillgängliga, då detta enligt rökdykare kommer vara till hjälp vid navigering inuti rökfyllda byggnader. Realisator Robotics har ambitionen att implementera olika moduler, vilket kan bli komplicerat om det ska kopplas till VR-gränssnittet. Trots att några frågetecken kring användare behöver rätas ut är slutsatsen i denna studie att ett VR-anpassat användargränssnitt skulle kunna ge klara fördelar i användbarhet i jämförelse med andra tekniska lösningar.

8.2 Framtida studier

Implementering av VR-glasögon har definitivt potential att användas av teleopererade robotar vid brandsituationer. För att få ytterligare svar hur tekniken fungerar rent praktiskt i en rökdykningssituation behöver användartester med roboten och VR-glasögon utföras. Att faktiska expertanvändare behöver testa roboten för att urskilja svagheter med designen kan inte nog betonas. Dessa användartester bör helst utföras i situationer som liknar den som FUMO är tänkt att manövreras i. Intervjun med insatsledaren visade att rökdykares kunnande kring rökdykning inte utnyttjats särskilt mycket under utvecklingen av roboten. Det blir viktigt att inkludera den tilltänkta användaren i själva designprocessen, då en stor del erfarenhet och viktiga synpunkter annars kommer gå förlorade. Det är i slutändan denna användare som vet vilken information som behövs för att operatören ska få en tillräckligt bra situationsmedvetenhet för att manövrera roboten. Resultatet från en sådan studie skulle vara intressant och ge ytterligare svar kring hur VR-glasögon kan användas med teleopererade robotar. Potentiella frågeställningar som framtida studier kan tänkas utforska är:

- Hur ska ett VR-anpassat användargränssnitt för en brandrobot se ut, utformat i samarbete med den tilltänkta användaren?
- Vilken sorts person passar bäst för att manövrera en brandrobot?

Referenser

Skriftliga källor

Bryman, A., Bell, E. (2003). Business research methods, 3:e upplagan. Oxford: Oxford University Press.

Chen, J., Haas, E., Barnes, M. (2007). Human Performance Issues and User Interface Design for Teleoperated Robots. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 6 (37), ss. 1231-1245.

Drury, J. L., Scholtz, J., & Yanco, H. A. (2003). Awareness in human-robot interactions., 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (1), ss. 912-918.

Endsley, M., Garland, D. (2000). Situational Awareness Analysis and Measurement, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates

Holme, IM., Solvang, BK. (1997). Forskningsmetodik, 2:a upplagan, Lund: Studentlitteratur.

Holtzblatt, K., Wendell, J., Wood, S. (2005). Rapid Contextual Design, 1:a upplagan, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.

Jankovski, J., Grabowski, A. (2015). Usability Evaluation of VR Interface for Mobile Robot Teleoperation. International Journal of Human–Computer Interaction 31, ss. 882–889.

Klein, G. (2000). Analysis of Situational Awareness from Critical Incident Reports. I Endsley, M. Garland, D. (2000). Situational Awareness Analysis and Measurement. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, ss. 51-73.

Klein, G., Calderwood, R., Clinton-Cirocco, A. (2010). Rapid Decision on the Fire Ground: The Original Study Plus a Postscript. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making 4, ss. 186-209.

- Livatino, S., Muscato, G., & Privitera, F. (2009). Stereo Viewing and Virtual Reality Technologies in Mobile Robot Teleguide. *IEEE Transactions on Robotics* 25 (6), ss. 1343-1355.
- Li, J., Chang, L. (2017). The Teleoperation System of Service Robot Based on Cloud Services. *Journal of Computers* 28 (2), 231-245.
- Martins, H., Ventura, R. (2009). Immersive 3-D teleoperation of a search and rescue robot using a head-mounted display. *IEEE Conference on Emerging Technologies & Factory Automation* 2009.
- Mihelj, M., Novak, D., Beguš, S. (2014) *Virtual Reality Technology and Applications*, 1:a upplagan, New York: Springer
- Monferrer, A., Bonyet, D. (2002). Cooperative Robot Teleoperation through Virtual Reality Interfaces. *Proceedings Sixth International Conference on Information Visualisation*, ss. 243-248.
- Mostefa, M., Kaddour El Boudadi, L., Loukil, A., Mohamed, K., & Amine, D. (2015) Design of mobile robot teleoperation system based on virtual reality. 3rd International Conference on Control, Engineering & Information Technology (CEIT), 1-6.
- Nielsen, C., Goodrich, M. (2006). Usefulness Of Video And Map Information In Navigation Tasks. *HRI '06 Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction*, ss. 95-101.
- Nielsen, Jakob. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press.
- Olsson, E. (2004). *Designing Work Support Systems – For and With Skilled Users* (PhD dissertation). Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala.
- Sharp, H., Rogers, Y., Preece, J. (2011). *Interaction design: beyond human-computer interaction*, 3:e upplagan, Wiley: Chichester.

Skärvad, P., Lundahl, U. (2016). Utredningsmetodik, 4:e upplagan, Lund: Studentlitteratur.

Treijls, Linn. 2015. Robot från Trosa redo att rädda liv. Eskilstuna Kuriren. 22 September. <https://www.ekuriren.se/nyheter/robot-fran-trosa-redo-att-radda-liv> (Hämtad 2018-02-20).

Valero-Gomez, A., de la Puente, P. (2011). Usability Evaluation of a PDA Interface for Exploration Mobile Robots. Proceedings of the 18th World Congress The International Federation of Automatic Control 1 (44), 1120-1125.

Zhang, L., Li, Y., Zhang, P., Yang, N., Li, Z., Gao, X. (2009). A teleoperation system for mobile robot with whole viewpoints virtual scene for situation awareness. 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 627-632.

Webbsidor

FUMO. 2016. *FUMO Sök- och inspelningsrobot*. <http://www.fumo.nu> (Hämtad 2018-03-25).

Youtube. 2018. *Waymo 360° Experience: A Fully Self-Driving Journey*. https://www.youtube.com/watch?v=B8R148hFxPw&t=0s&list=PLU8wpH_LfhmsSVRA8bSknO4-2wXvYXS4C (Hämtad 2018-03-04).

Arstechnica. 2017. *Dealmaster: Get a Google DayDream VR headset for just \$50*, <https://arstechnica.com/staff/2017/01/dealmaster-get-a-google-daydream-vr-headset-for-just-50/> (Hämtad 2018-03-10).

Bilaga A

Intervju Insatsledare Södertörns Räddningstjänst

Bakgrund

- Kan du beskriva dina arbetsuppgifter och ansvarsområden?
- Hur länge har du arbetat med det här?
- Vad arbetade du med innan?
- Kan du beskriva hur processen ser ut från när ni kommer till att branden är släckt?

FUMO projektet

- Hur länge har ni varit delaktig/känt till projektet med FUMO?
- Vilken sorts arbete är det FUMO kommer användas till enligt er?
Rekognoscering främst?
- Vilka är det som är den tilltänkta användaren som ska styra själva roboten?
- Kommer det vara någon annan, exempelvis ledningscentral eller ni som kommer att ta del av informationen som rökdykaren ser och gör?
- Var befinner sig de här personerna? I närheten?
- Tar den som styr roboten beslut utifrån data från roboten på egen hand? beslut att gå in i byggnaden?
- Har ni någon idé idag hur FUMO kommer användas, en vid varje brandstation eller ambulerande med bil i stockholmsområdet?
- Följer den med rökdykare vid varje utryckning där det finns risk för att den kan användas?
- Var ser ni att FUMO används i för situationer?
- Vilka andra möjliga användningsområden ser du till FUMO?

Gränssnitt

- Har du testat Fumo?
- Använde du skärm för att styra roboten eller enbart kontroll?
- Kommer du ihåg hur du upplevde användarupplevelsen som den var då?
- Vet du om ni gett någon feedback ang. ev. användargränssnitt tidigare?
- Vilken information måste vara med i användargränssnittsdesignen enligt er?
- Kommer du ihåg om det fanns något som du kände då som behövdes förbättras för användarupplevelsen såg ut?

VR

- Har du testat VR-glasögon?

- Dina egna spontanta reaktion kring att använda VR-glasögon för att styra kamerarörelserna?
- Finns det eventuella risker med användande av VR-glasögon?

Avslut

- Vet du några andra personer som det kan vara intressant att ta kontakt med?
- Den här intervjun kommer leda fram till en prototyp, vilka borde jag testa den på?
- Vilka roller borde jag testa den på?

Bilaga B

Fokusgruppintervju huvudfrågor

- Finns det någon med tidigare erfarenhet av test av VR-glasögon?
- Vad är er första reaktion med en brandroboten?
- Första reaktion med VR-glasögon för att styra?
- Ser ni några fördelar jämför med en skärm?
- Ser ni fördelar och risker med att använda VR-glasögon för att styra kamerarörelserna? Exempelvis inkapslad i sin egna lilla värld?
- Är det realistiskt att använda VR-glasögonen?
- Vad skulle ni vilja se för funktioner till VR-glasögonen? (förutom IR/vanlig kamera)
- Vilken information utöver kamerorna vore bra att ha för er vid rökdykning.