



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

TN303212 Hovedprosjekt

Utkikk på ubemannede fartøy

1602, 1606, 1636

Totalt antall sider inkludert forsiden: 68

Innlevert Ålesund, 02.06.2016

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter NTNUs studieforskrift.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Hallgeir Giske

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato: 02.06.2016

Forord

Oppgaven er utarbeidet av tre nautikkstudenter ved NTNU Ålesund, som en avslutning på en treårig bachelorutdanning.

Meningen er at alle skal kunne lese oppgaven, selv om den inneholder en del tekniske detaljer som kan være vanskelig å forstå. Det er derfor fokusert på å gjøre lesbarheten så god som mulig.

Gruppen ønsker å takke alle involverte for informasjonen som ble mottatt gjennom besøk, intervjuer, demonstrasjoner og e-post. En del av denne informasjonen har vært vanskelig å bruke direkte i teksten, men har lagt et godt grunnlag for videre teoriinnsamling.

Det rettes en spesiell takk til:

- Frid Breivik og Sindre Alnes, Inmarsat
- Jann Peter Strand, Rolls-Royce
- Bjørn Nakken, Furuno
- Mannskapet på Redningsskøyten Idar Ulstein
- Arild Hepsø, Maritime Robotics
- Edmund Brekke, NTNU Trondheim
- Kristin Valle, Aptomar
- Veileder Hallgeir Giske

Sammendrag

Oppgaven omhandler muligheten for å erstatte dagens utkikk, ved bruk av sensorteknologi på ubemannede fartøy. I løpet av oppgaven har det blitt fokusert på situasjonsbevissthet og ulike sensor- og dataoverføringsteknologier som kan gjøre det mulig å eliminere behovet for et menneske som utkikk på skipsbroen.

Gruppen har funnet systemer og teknologier som kan oppdage, verifisere og følge ulike mål over tid med uviss pålitelighet. Det er derimot ikke funnet systemer som kan klassifisere mål, og dette gjenstår som ett av mange problemer for å kunne erstatte dagens utkikk med sensorteknologi.

Informasjonen som er presentert har blant annet blitt innhentet gjennom bedriftsbesøk og intervjuer av personer som jobber innenfor fagfeltet.

Innhold

1. Terminologi	3
2. Innledning	5
3. Metode	7
3.1. Framgangsmåte	7
3.2. Kvalitativ forskning.....	7
3.3. Intervju	8
3.4. Observasjon.....	9
3.5. Bruk av kilder.....	9
4. Sensorteknologi	10
4.1. Radar	10
4.1.1. SharpEye	11
4.2. Optiske sensorer	13
4.2.1. Lidar	13
4.2.2. Infrarødt kamera.....	14
4.2.3. Digitalkamera.....	15
4.2.4. WAVcam	15
4.2.5. SECurus	16
4.2.6. Stereokamera.....	16
4.3. Hørsel	18
4.4. AIS	18
4.5. Radio	19
5. Prosessering av sensorteknologi	21
5.1. Deteksjon og målfølging	21
5.2. Totem Plus.....	24
6. Situasjonsbevissthet	26

7. Observasjoner	27
7.1. Idar Ulstein.....	27
7.2. Operatørstasjon.....	29
8. Dataoverføring	33
8.1. Nettverksmodell	33
8.1.1. TCP	33
8.1.2. UDP.....	34
8.2. Satellittkommunikasjon.....	34
8.2.1. Ulike typer satellitter.....	34
8.2.2. Inmarsat.....	35
8.2.3. Forsinkelse (latency).....	37
8.2.4. Jamming	37
8.2.5. Spoofing.....	38
8.3. Mobildekning	38
8.4. Datakomprimering	39
8.5. Framtidens dataoverføringsteknologi.....	40
8.5.1. OneWeb	41
8.5.2. Project Loon.....	42
8.5.3. SpaceX.....	42
9. Drøfting	43
10. Konklusjon	52
11. Bibliografi	53
12. Figurliste	61
13. Tabelliste	63

1. Terminologi

<i>AIS</i>	Automatic Identification System.
<i>ARPA</i>	Automatic Radar Plotting Aid.
<i>CPA</i>	Closest Point of Approach.
<i>DV</i>	Day and low light Video camera.
<i>ECDIS</i>	Electronic Chart Display and Information System.
<i>ETA</i>	Estimated Time of Arrival.
<i>FOV</i>	Field Of View.
<i>GPS</i>	Global Positioning System.
<i>HFOV</i>	Horizontal Field Of View.
<i>IMO</i>	International Maritime Organization.
<i>INU</i>	Inertial Navigational Unit. Går også under andre navn som VRU, MRU og IMU. Måler bevegelse ved hjelp av akselerometer og ratesensorer.
<i>IR</i>	Infrarød.
<i>Klassifisere</i>	Å gruppere innhold etter egenskaper.
<i>Konvensjonsskip</i>	Fartøy som faller inn under SOLAS konvensjonen.
<i>Lidar</i>	Light Detection and Ranging.

<i>LWIR</i>	Long Wave Infrared Radar.
<i>MUNIN</i>	Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks.
<i>MWIR</i>	Medium Wave Infrared Radar.
<i>Operatør</i>	Personen som betjener et ubemannet fartøy.
<i>Operatørstasjon</i>	Kontrollstasjon på land for ubemannede fartøy.
<i>PTZ</i>	Pan Tilt Zoom.
<i>Radar</i>	Radio Detection and Ranging.
<i>Redundans</i>	Dobbling av kritiske komponenter.
<i>TCP</i>	Transmission Control Protocol.
<i>TCPA</i>	Time to Closest Point of Approach.
<i>UDP</i>	User Datagram Protocol.
<i>VFOV</i>	Vertical Field Of View.
<i>VHF</i>	Very High Frequency.

2. Innledning

Gjennom årenes løp har det vært en stadig utvikling innen sjøfart. Fra seilskuter til dampmaskineri, og videre til dieselmotorer. Utviklingen har ført til nyvinninger som blant annet kronometer, gyrokompass og radar. Teknologiske framskritt har tidligere gjort det mulig å redusere bemanningen på skip. (Lavery, 2006)

I henhold til International Maritime Organization (IMO) sitt regelverk vedrørende minimumsbemanning på fartøy er det ikke mulig å redusere mannskap ytterligere i dag, uten at dette går på bekostning av sikkerheten til mannskap, skip og miljø. (Allianz Global Corporate & Specialty SE, 2015)

Som et skritt videre i utviklingen vurderer man nå muligheten for å fjerne det menneskelige elementet fra skip. (Man, et al., 2014)

Gruppens tre medlemmer er alle interesserte i teknisk nyvinning, og fant fort ut at ubemannede fartøy var et interessant og relevant tema å sette seg grundigere inn i. Som kommende styrmenn ønsket gruppen å konsentrere seg om navigatørens rolle som utkikk og hvordan denne eventuelt kan erstattes. I tillegg har det blitt observert en økende interesse for ubemannede fartøy i fagmiljøer, fra kommersielle aktører og i media.

Oppgavens problemstilling:

Kan man erstatte dagens utkikk, spesielt med tanke på sjøveisregel 5, ved bruk av sensortechnologi? Dette innebærer at man skal kunne oppdage, klassifisere, verifisere og følge ulike mål for å oppnå lik eller bedre situasjonsbevissthet enn et menneske på bro. En forutsetning for dette er at man har tilstrekkelig dataoverføringskapasitet tilgjengelig, slik at man kan kontrollere og overvåke fartøyet fra en operatørstasjon på land.

Sjøveisregel 5 anses som å være den viktigste av sjøveisreglene. (Lee & Parker, 2007) Den lyder som følger:

«Ethvert fartøy skal alltid holde ordentlig utkikk ved syn og hørsel så vel som ved alle tilgjengelige midler som er brukbare under de rådende omstendigheter og forhold for å kunne foreta en fullstendig vurdering av situasjonen og faren for sammenstøt»
(Nærings- og fiskeridepartementet, u.d.)

Etter dagens definisjon av regelverket tolker man at «alle tilgjengelige midler som er brukbare under de rådende omstendigheter» også innebærer elektroniske hjelpemidler, som kan forhindre sammenstøt. (Dragsnes, 2000)

I oppgaven vil det ikke bli fokusert på regelverk, men sjøveisreglene brukes som grunnlag for å bedømme dagens utkikksplikter. Gruppen ønsker i tillegg å bruke sjøveisreglene, slik at man har universelle regler for alle som ferdes til sjøs.

3. Metode

Ubemannede fartøy er et relativt nytt fagområde under utvikling, og det finnes derfor lite faglitteratur å oppdrive. Gruppen hadde kjennskap til bedrifter som jobbet innenfor arbeidsområder som var relevante for oppgaven, og benyttet derfor muligheten til å hente informasjon fra disse i form av et besøk. For å finne ut hvilke sensorer et ubemannet fartøy krever for å oppfylle problemstillingen, har gruppen basert seg på dagens teknologier og produkter som eksisterer på markedet.

3.1. Framgangsmåte

Gruppen ønsket å gjennomføre intervjuer med bedrifter som har lansert konsept for ubemannede fartøy og personer innenfor fagområdene kybernetikk, dataoverføring og kamera. Dette for å kunne danne et helhetlig bilde over markedets nåværende teknologier og løsninger, samt å samle informasjon som ikke er tilgjengelig gjennom andre kanaler. Det har blitt rettet fokus på et fåtall systemløsninger og sensorteknologier som gruppen syntes var sentrale for oppgaven. Det kan finnes andre systemer og løsninger som er relevante for oppgaven, som likevel ikke er blitt vurdert.

Gruppen ønsket å benytte en av skolens skipssimulatorer for å få innsikt i hvordan det ville være å bli satt direkte inn i en situasjon som operatør for ubemannede fartøy og hvilke utfordringer dette kan innebære. I tillegg var det ønskelig å utføre tester med et Pan-, tilt og zoom-kamera (PTZ) og oppleve bruken av dette. For å supplere informasjonen fra intervjuene og testene brukte gruppen relevante artikler og bøker fra biblioteket eller fra internett.

3.2. Kvalitativ forskning

Ved bruk av kvalitative metoder blir man i stand til å få en dypere forståelse av problemet man undersøker. Kvalitative forskere samler inn data, samt utleder og utvikler begreper, mening og forståelse. Individuer eller grupper som blir undersøkt ses på som en helhet, og utvalget kan være lite og trenger ikke nødvendigvis å representere en større populasjon. Analyse og tolkning av resultatene kan gjøres parallelt med datainnsamlingen, og kvalitative metoder gir muligheter for å utlede teorier fra den innsamlede dataen. Det finnes få regler for

kvalitative metoder, da de ikke har blitt raffinert og standardisert slik som de kvantitative, og de tilbyr derfor stor grad av fleksibilitet. (Askheim & Grenness, 2008)

Gruppen ønsket å gå frem på en kvalitativ måte, på bakgrunn av at det ikke eksisterer store mengder informasjon. I tillegg var det naturlig å oppsøke fagfolk som arbeidet innenfor fagområdet for å få deres tolkning av utfordringene, selv om de ikke nødvendigvis representerte en større del av populasjonen.

3.3. Intervju

Et åpent individuelt intervju foregår vanligvis ansikt til ansikt og er kjennetegnet ved at den som blir intervjuet og intervjueren snakker sammen som i en vanlig dialog. Dette gjør at man får den innsamlede dataen fra ord, setninger og fortellinger. Et åpent individuelt intervju egner seg best når man undersøker relativt få enheter, når hva det enkelte individet sier er av interesse og når man vil undersøke hvordan individet fortolker og legger mening i et spesielt fenomen. Intervjuene har ofte lang varighet, og kan vare opptil to timer. Intervjuet bør ikke bestå av en rekke forhåndsdefinerte spørsmål og svaralternativer, men heller ikke være helt ustrukturert. Man bør på forhånd utarbeide en intervjuguide for å sikre seg at ønskede temaer blir tatt opp. Vanligvis følger man ikke en fast rekkefølge, men tar heller opp temaene slik intervjuobjektet finner det naturlig. Det kan være vanskelig å holde en god samtale ved å notere underveis, noe som gjør at det kan være lurt å ta opp intervjuet på bånd. Enkelte kan reagere negativt på å bli tatt opp, og man bør derfor vurdere om dette er hensiktsmessig. I tillegg kan lydopptaket gjøre at intervjueren slapper mer av, og at han derfor kan miste essensiell informasjon fra intervjuet. (Jacobsen, 2003)

Da gruppen var ute etter forskjellig informasjon fra intervjuobjektene, ble det konkludert med at et åpent individuelt intervju var den beste framgangsmåten. Det ble forberedt spørsmål som omhandlet emnet til fagpersonen gruppen intervjuet. Disse ble brukt som ledende spørsmål underveis for å holde intervjuobjektet på rett spor, samtidig som intervjuobjektet fikk styre samtalen. Intervjuene ble tatt opp på bånd, med unntak av intervjuet med Rolls-Royce hvor det ble ført referat. For at intervjuobjektet skulle ha best mulig forståelse av oppgaven ble det diskutert mellom gruppen og intervjuobjektet hva samtalen skulle omhandle.

Før intervjuene startet ble det informert om at det skulle brukes i en bacheloroppgave og at resultatene skulle offentliggjøres. Dette var for å unngå problemer med konfidensialitet. (Holter & Kalleberg, 1996)

3.4. Observasjon

Observasjon kan brukes for innsamling av kvalitative data, og innebærer å observere hva mennesker gjør - ikke hva de sier at de gjør. Man gjennomfører som regel observasjonen på det stedet som er aktuelt for problemstillingen, og skiller mellom to typer observasjoner; åpen eller skjult. I tillegg skilles det mellom deltakende og ikke-deltakende observasjoner. Ved deltakende observasjoner deltar og observerer forskeren på samme tid, og metoden blir ofte omtalt som feltarbeid. utfordringen med slike observasjoner er at undersøkeren i stor grad kan påvirke resultatet. Man må være observant på at den som blir undersøkt muligens ville opptrådt annerledes uten undersøkeren tilstede. I tillegg finnes det en fare for at den som observerer ikke forstår hva som foregår, og derfor vil trekke feilaktige slutninger. (Jacobsen, 2015) (Fangen, 2015)

For å få et resultat ut av forsøket gjennomført på skolens skipssimulatorer brukte gruppen åpen deltakende observasjon og ikke-deltakende observasjon. Grunnlaget for å bruke begge metodene var for å redusere de negative effektene fra kun en enkelt observasjon. I observasjonen som omhandlet operatørstasjonen var den ene av studentene i gruppen deltakende observatør mens den andre var ikke-deltakende observatør. Samme person ble brukt som operatør gjennom hele observasjonen for å unngå avvik i beslutningsgrunnlag mellom forsøkspersoner. Dette gjorde at man kunne drøfte følelser og opplevelser fra ett og samme ståsted i ettertid.

3.5. Bruk av kilder

Det eksisterer ikke regelverk eller retningslinjer for ubemannede fartøy, noe som gjør at produktutviklere og forskere kan ha forskjellige grunnlag for hvordan de skal løse relevante problemstillinger. Dette gjør at gruppen har vært varsom ved bruk av artikler og publikasjoner, og kritisk til dato, kilde og fakta i tekst. Oppgaven omhandler et svært teknisk emne, og en del av informasjonen baserer seg på produktdatablader fra produsenter, uten datering og forfatter. Det er i tillegg blitt brukt noen vitenskapelige publikasjoner uten dato. Forskningsprosjektet Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks (MUNIN) er svært relevant for oppgaven, men kameraleverandøren var selv deltagende i forskningsprosjektet. Hvordan dette påvirket resultatet er uvisst. I tillegg er resultatet utarbeidet på bakgrunn av forsøk gjennomført med kun ett kamera.

4. Sensorteknologi

Nyere og mer sofistikert teknologi blir stadig mer tatt i bruk i integrerte navigasjonssystemer ombord. Tidligere har navigasjonssystemene i stor grad vært separate og uavhengige av hverandre. Navigatøren på bro vil under seilas benytte forskjellige instrumenter og hjelpemidler som radar og elektronisk kartmaskin, og visuelt kontrollere og integrere dette til et mentalt bilde av situasjonen. (Norris 2008)

Kapittelet omhandler hvilke sensorer og programvare som vil kunne benyttes for å erstatte navigatørens rolle som utkikk. Det finnes hovedsakelig tre uavhengige måter å detektere og avgjøre fare for kollisjon på:

- Visuelt
- Radar
- AIS

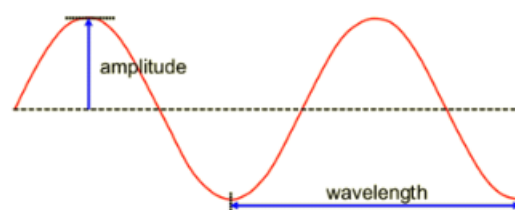
(Norris, 2008)

4.1. Radar

Radio Detection And Ranging (radar) er et hjelpemiddel som brukes på fartøy for å få informasjon om peiling og avstand til objekter. Høyfrekvent elektromagnetisk energi blir sendt ut av en retningsbestemt radarantenne. (Norris, 2008) (Kjerstad, 2010)

Objekter som blir truffet av en radarpuls reflekterer noe av denne elektromagnetiske energien tilbake til radaren, som prosesserer dette til et radarbilde. Radarbølger beveger seg med lysets hastighet, som er tilnærmet 300.000 kilometer i sekundet. Avstanden blir beregnet ved formelen: $\text{Strekning} = \frac{\text{fart} \times \text{tid}}{2}$, hvor farten er kjent. Tiden måles fra radarpulsen sendes, til refleksjonsekkoet returnerer til antennen. På grunn av at radarpulsen har tilbakelagt strekningen to ganger, altså fram og tilbake fra objektet, divideres tiden med to. (Wolff, u.d.)

Magnetronen er den delen av radaren som produserer høyfrekvent elektromagnetisk energi. På grunn av høyspentkretsene som blir brukt i magnetronen er det nærmest umulig å generere en ren og kontrollert frekvens. Dette gjør at det



Figur 1: Amplitude og bølgelengde. (BBC, 2011)

kun er amplituden som blir brukt for prosesseringen av signalet, altså bølgehøyden (figur 1). (Norris, 2008)

En nyere teknologi på markedet er basert på «solid state». Teknologien opererer med mye lavere makseffekt, og kan produsere et svært kontrollert signal med tanke på frekvens, amplitude og fase. Det vil da være mulig å detektere mål som har svakere radarrefleksjoner enn omgivelsene. (Norris, 2008)

Studier som er utført viser at en bøye på tre nautiske mil i «Sea State 5» kan oppdages med en sannsynlighet på over 80 % ved bruk av Solid State - teknologi. I motsetning har

magnetron-radaren rundt 20 % sannsynlighet for oppdagelse av bøyen. (Norris 2008)

Sea State (tabell 1), eller sjøgang, beskriver tilstanden på sjøen basert på bølgehøyde. (Environment and Climate Change Canada, u.d.)

Code	Wave Height (meters)	Characteristics
0	0	Calm (glassy)
1	0 to 0.1	Calm (rippled)
2	0.1 to 0.5	Smooth (wavelets)
3	0.5 to 1.25	Slight
4	1.25 to 2.5	Moderate
5	2.5 to 4	Rough
6	4 to 6	Very rough
7	6 to 9	High
8	9 to 14	Very high
9	Over 14	Phenomenal

Tabell 1: Sammenheng mellom Sea State, bølgehøyde og karakteristikk. (Environment and Climate Change Canada, u.d.)

4.1.1. SharpEye

Kelvin Hughes' S-band radar baserer seg på Solid State-teknologi og kalles SharpEye. Denne radaren benytter seg av en patentert pulssekvens, pulskompresjon og avansert signalbehandling av radarekkoet for å optimalisere synligheten på objekter og minimalisere uønsket støy i dårlig vær og i stor sjø. SharpEye benytter seg blant annet av dopplereffekten i signalbehandlingen. Dopplereffekt kan forklares som en forandring i frekvens når en lydkilde enten kommer imot eller beveger seg fra en som lytter. Effekten gjelder ikke kun for lyd, men for alle typer bølgeformer, inklusiv radarbølger. (Kelvin Hughes, u.d.) (Wolff, u.d.)

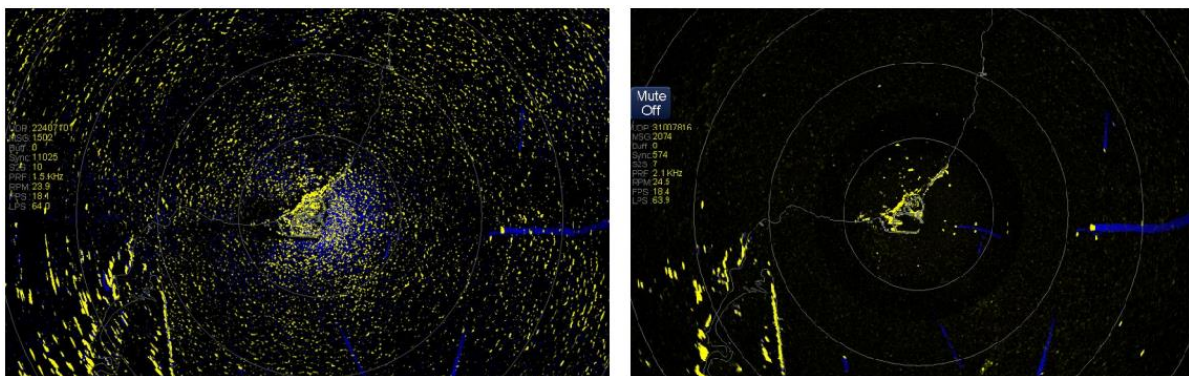
Utgangseffekten fra senderen er mindre enn 200 W, noe som tilsvarer en 30 KW magnetron-radar, og muliggjøres ved å benytte avansert pulskompresjon. Pulskompresjonsforholdet er forholdet mellom avstandsoppløsningen på et ukomprimert signal mot et komprimert signal med samme pulslengde og båndbredde. SharpEye har et pulskompresjonsforhold på 660:1, noe tilsvarer en avstandsoppløsning på 15 meter. (Wolff 1998) (Kelvin Hughes, u.d.) Avstandsoppløsning er systemets skilleevne mellom objekter som har samme peiling, men

ulik avstand. Dette er viktig for at radaren skal kunne skille to nærliggende objekter fra å være ett og samme objekt.

SharpEye prosesserer radarekkoet gjennom flere filter for å skille objekter fra støy. Dette kan igjen føre til at operatøren ikke trenger å justere terskelen for «rain and sea clutter» i like stor grad som på radarer med magnetron-teknologi. (Kelvin Hughes, u.d.)

«Rain and sea clutter» er ekko på radaren som ikke er av interesse, som for eksempel refleksjon fra regnbyger og sjøen. Man kan, til en viss grad, manuelt justere terskelen for hvor mye av denne støyen som skal vises på radarskjermen. En høy terskel for «rain and sea clutter» kan resultere i at svake radarmål kan forsvinne fra radarskjermen, mens en lav terskel vil kunne føre til en metning av radarbildet.

Figur 2 viser forskjellen mellom radarer som bruker magnetron- og solid state teknologi i kraftig regnvær.



Figur 2: Magnetron-radar til venstre og SharpEye til høyre. (Kelvin Hughes, u.d.)

Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) er en funksjon som gjør det mulig for radaren å automatisk detektere og følge objekter dersom et ekko oppstår innenfor en predefinert sone, kalt «Acquisition Zone». Radarsystemet vil gi alarm for nye objekter som blir oppdaget, objekter som mistes og når objekter kommer innenfor en predefinert grense for Closest Point of Approach (CPA) og Time to Closest Point of Approach (TCPA). (Norris, 2008) (Kjerstad, 2010)

Målfølgning på radaren fungerer ved at den analyserer hvordan radarobjektet beveger seg mellom hver antennerotasjon. Prosessoren må først gjenkjenne om det finnes eventuelle objekter å følge. Om det er et faktisk fartøy som er oppdaget, kan fartøyet gjøre fart gjennom vannet og befinne seg i en annen posisjon ved neste antennerotasjon. Når et objekt er funnet, begynner radaren å fastslå fart og kurs ved å måle hvor langt objektet har forflyttet seg over en gitt tidsperiode. Etter hvert vil dataene bygges opp, og ved filtrering vil feil i peiling og

avstand jevnes ut til mer nøyaktig informasjon om objektet. Hvis objektet skifter kurs, vil det ta tid før det vises på radaren på grunn av filtreringen som blir brukt. (Norris, 2008)

For hvert objekt som blir plottet skal følgende informasjon, vedrørende objektet, kunne vises etter ønske:

- Peiling og avstand
- CPA og TCPA
- Beregnet sann kurs og fart

(Kjerstad, 2010)

4.2. Optiske sensorer

4.2.1. Lidar

Light Detection and Ranging (lidar) er et aktivt system som sender laserpulser i lysets hastighet ut i luften, hvor noe av laserrefleksjonen kommer tilbake til linsen.

Avstandsberegningen er i prinsipp lik som ved radar, hvor avstand = $\frac{\text{lysets hastighet} \times \text{tid}}{2}$. En

lidar som heter Velodyne HDL – 64E S3, består av 64 lasere fordelt over 26.8° Vertical Field Of View (VFOV) og oppnår 360° Horizontal Field Of View (HFOV) på grunn av et roterende laserhode (figur 3). Laseren har laserklasse 1, som betyr at laserens styrke er svak eller at laseren er innelukket, slik at den ikke forårsaker skade. Avstandsnøyaktigheten er mindre enn 2 cm. (Velodyne LiDAR, u.d.) (Statens Strålevern, 2014)

Systemet er utviklet for bruk på autonome landkjøretøy og autonome maritime fartøy. Velodyne HDL 64-E S3 har en operasjonsavstand på omkring 120 meter og skyter laserpulser omkring 2,2 millioner ganger i sekundet. (Velodyne LiDAR, u.d.)

På grunn av at lidar er et aktivt system fungerer den både i mørket og under varierende solforhold. (Velodyne LiDAR, 2009)



Figur 3: HDL-64E S3 lidar.
(Velodyne LiDAR, u.d.)

4.2.2. Infrarødt kamera

Menneskeøyet ser kun en liten del av det elektromagnetiske spekteret. Ved bruk av et infrarødt kamera kan man dra nytte av en annen del av det elektromagnetiske spekteret, som detekterer varmestråling. Alle objekter over absolutt nullpunkt (-273° Celsius) gir fra seg infrarød stråling. Generelt sett vil et varmere objekt gi fra seg mer infrarød stråling enn et kaldt. (FLIR, u.d.)

Infrarøde (IR)-kameraer fungerer ved at infrarød stråling treffer en sensor, kalt bolometer, som er lett påvirkelig av denne strålingen. Den infrarøde strålingen absorberes i et materiale, som genererer en liten mengde varme. Denne temperaturøkningen fører til en forandring i den elektriske resistansen, som blir prosessert til et termisk bilde.

Infrarøde kameraer deles inn i to kategorier: kjølt og ikke-kjølt.

Ikke-kjølte sensorer har et typisk arbeidsområde i det langbølge infrarøde båndet (LWIR), med bølglengde mellom 7 og 14 mikrometer. (Sofradir EC, u.d.) IR-kameraer blir mindre påvirket av solrefleksjoner fra havet enn kameraer som har arbeidsområdet i det visuelle båndet. (FLIR, 2012)

Kjølte kameraer er mer sensitive på den infrarøde strålingen, og har et typisk arbeidsområde i det mellombølge infrarøde båndet (MWIR), med tilsvarende bølglengde mellom 3 og 5 mikrometer. Kjølte kameraer har en liten kjølemekanisme (cryocooler), som kjøler sensoren i kameraet ned til en temperatur på under -160° Celsius. (Sofradir EC, u.d.)

Figur 4 viser en sammenligning over hvor langt man kan se i tåke ved bruk av syn, MWIR- og LWIR- kamera.

Sammenligningene ble gjennomført i en modell hvor temperaturforskjellen mellom objektet og bakgrunnen var 10° Celsius. I

tåkekategori I, hvor sikten var 1,22 kilometer, kunne man se lengre ved bruk av begge typer IR-kameraer enn ved syn. I tåkekategori III a/c vil sikten være tilnærmet lik, dette er fordi strålingen i det visuelle-, MWIR- eller LWIR-båndet ikke penetrerer tykk tåke. (FLIR, u.d.)

Fog Category	Visual	MWIR	LWIR
Cat I	1.22	3.0 – 9.8	5.9 – 10.1
Cat II	0.61	0.54	2.4
Cat IIIa	0.305	0.294	0.293
Cat III c	0.092	0.089	0.087

Figur 4: Sammenligning i kilometer av syn, MWIR og LWIR. (FLIR, u.d.)

4.2.3. Digitalkamera

Et digitalkamera er et fotosystem som registrerer lys i elektriske komponenter i en sensorbrikke. Denne sensorbrikken kan bestå av opptil flere millioner elementer kalt piksler. En slik piksel består vanligvis av to grønne, ett blått og ett rødt element. Etter hvert som disse elementene eksponeres for lys, vil de gi fra seg en elektrisk ladning som blir prosessert til et bilde. (Andersen, 2015)

4.2.4. WAVcam

Wide Area View camera (WAVcam) (figur 5) er et kamera på markedet, hovedsakelig brukt til overvåking. Ved bruk av en 200 millimeter linse vil kameraet gi en VFOV på 4° og HFOV på 90° . Kameraet tar ett bilde før en linse inne i kamerahuset roterer noen grader før et nytt bilde blir tatt, og slik fortsetter prosessen til man oppnår et sømløst bilde på 90° (figur 6).

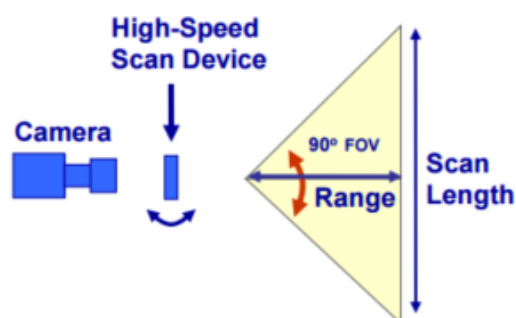
Oppdateringsfrekvensen er på ett bilde hvert andre sekund. (WAVcam, u.d.)

Et WAVcam har 1.920 vertikale piksler og 44.280 horisontale piksler, som resulterer i omtrentlig 85 megapiksler. Ved bruk av et kamera som står 30 meter over havnivå vil man

oppnå et visuelt dekningsområde fra horisonten ned til ca. 450 m fra fartøyet. WAVcam er tilgjengelig med kamerasensorer som benytter det visuelle-, MWIR- og LWIR-spekteret. (WAVcam, u.d.)



Figur 5: WAVcam. (WAVcam, u.d.)



Figur 6: Virkemåte. (WAVcam, u.d.)

4.2.5. SECurus

Aptomars PTZ-kamera SECurus (figur 7) har lyskaster, IR- og «Day and low light» (DV) videokamera satt på en stabilisert plattform som kompenserer for skipets bevegelser, for å gi et stabilt bilde i alle sjøforhold. SECurus systemet har en funksjon hvor man kan låse kameraet til et AIS-mål, slik at det blir fulgt av kameraet kontinuerlig. (Aptomar, u.d.)



Figur 7: SECurus. (Aptomar, u.d.)

DV-kameraet har en oppløsning på 1.280 x 720 piksler med bildestabilisering, og 30 ganger optisk forstørrelse med HFOV fra 40,6° til 1,4°. (Aptomar, u.d.)

SECurus-kameraets kjølte IR-kamera har en oppløsning på 650 x 512 piksler. Kameraet består av tre optiske forstørrelseslinser. Bruk av ulike linser gir forskjellige HFOV:

25 mm - 21.7°

80 mm - 6.9°

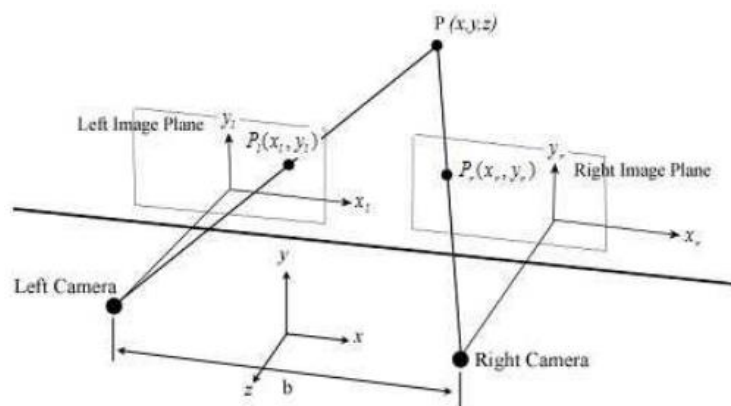
320 mm - 1.7°

Oppdateringsfrekvensen er typisk 25 bilder i sekundet. (Aptomar, u.d.)

4.2.6. Stereokamera

Mennesket har to øyne som fanger omgivelsene med litt ulik vinkel.

Det er dette stereosynet som prosesseres av hjernen til et tredimensjonalt bilde og muliggjør avstandsbedømmelse. Samme prinsipp kan brukes ved hjelp av to kameraer plassert med en gitt avstand mellom dem. Da vil hvert kamera ha en litt forskjellig vinkel på omgivelsene (figur 8). Pikslene på objektet av interesse blir sammenlignet og prosessert



Figur 8: Prinsipp for avstandsberegning i stereokamera. (Ahmed, 2006)

på omgivelsene (figur 8). Pikslene på objektet av interesse blir sammenlignet og prosessert

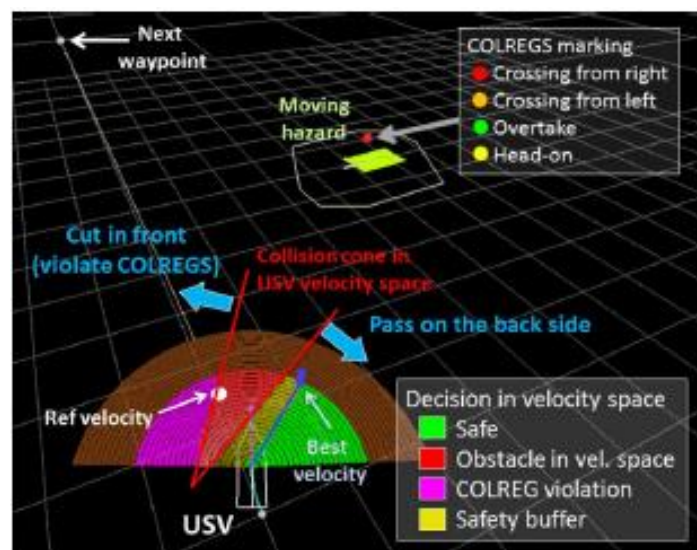
slik at man finner vinkelen til objektet fra begge kameraene. Avstanden til objektet regnes da ut ved bruk av trigonometri. (Ahmed, 2006)

Det er gjort undersøkelser på hvordan et ubemannet fartøy kan ta beslutninger i henhold til sjøveisreglene ved bruk av stereokameraer. Det ble undersøkt hvordan fartøyet reagerte i scenarier med opptil fire andre fartøy. Følgende scenarier ble testet:

- Motsatte kurser
- Kryssende kurser
- Fartøy inn fra babord
- Forbikjøring

Gjennom de 8 scenariene som ble utført, ble totalt 24 sjøveisregler fulgt, og resultatet viste at seilasene ble 100 % riktig utført. I et annet scenario ble et fartøy om styrbord ikke detektert på grunn av at det befant seg utenfor stereokameraets Field Of View (FOV). Dette eksperimentet hadde svært gode resultater med algoritmene som ble brukt, der avstanden til andre fartøy var ca. 1.000 meter. (Kuwata, et al., 2014) En algoritme er en beskrivelse av en fremgangsmåte for å løse en oppgave. (Store Norske Leksikon, 2005)

En skjermdump av et simulert eksperiment er vist i figur 9, og viser hvordan informasjonen blir fremstilt. I dette tilfellet har eget fartøy en kryssende båt fra styrbord som den må vike for. Dataene blir presentert i et to-dimensjonalt bilde. Etter at systemet har beregnet kurs og fart til det andre fartøyet, vil det finne eventuelle tiltak som må gjøres. Det andre fartøyet (Moving Hazard) har en rød prikk over seg, som indikerer



Figur 9: Skjermdump av simulert eksperiment. (Kuwata, et al., 2014)

«kryssing fra styrbord», og et gult rektangel som indikerer en «sikkerhetsbuffer». Fra informasjonen bygget opp angående det andre fartøyet, har systemet kommet opp med en egen grønn sone som er «sikker», en rød sone som indikerer fare for sammenstøt og en lilla sone som indikerer mulig kursforandring, men som ikke er i samsvar med sjøveisreglene.

Fartøyet vil gjøre en kursendring til det grønne området, men fortsette å kontrollere det andre fartøyet i tilfelle det gjør noe uforutsett, som for eksempel å endre kurs. (Kuwata, et al., 2014)

4.3. Hørsel

Hørsel blir nevnt i Sjøveisregel 5 og i Safety Of Life At Sea (SOLAS) kapittel V, 2.1.8:

When the ship's bridge is totally enclosed and unless the Administration determines otherwise, a sound reception system, or other means, to enable the officer in charge of the navigational watch to hear sound signals and determine their direction.

For å høre lyder utenfor rorhuset kan man benytte et «Sound Reception Device» (figur 10). Et typisk oppsett er å bruke 4 mikrofoner konfigurert for å lytte 360° rundt eget fartøy. Ved bruk av 2 mikrofoner kan man peile hvor lyden kommer fra. (ZÖLLNER u.d.)



Figur 10: Zoeller SRD 414/2 Elephant Ears. (ZÖLLNER, u.d.)

4.4. AIS

Automatic Identification System (AIS) er et digitalt kommunikasjonsystem som automatisk utveksler posisjonsdata og annen informasjon, deriblant mellom fartøy, og mellom fartøy og basestasjoner på land. AIS-informasjon blir sendt med standardiserte meldinger over Very High Frequency (VHF) radio. (Norris, 2008) (Kjerstad, 2010)

Formålet er å:

- Forbedre sikkerheten til sjøs
- Sikre seilas og effektiv navigasjon
- Beskytte det marine miljø

AIS skal også hjelpe å identifisere og følge fartøy.

Informasjon som sendes er:

- Statistiske data (skipets lengde, bredde, kallesignal, IMO-nummer etc.)

- Dynamiske data (skipets fart- og kurs over grunn, svingrate, posisjon, fartøyets retning etc.)
- Seilasrelaterte data (skipets destinasjon, estimert ankomsttid, dypgående etc.)

(Norris, 2008)

AIS er kun lovpålagt på konvensjonsskip. (Kleppe, 2015)

Kystverket fører opp følgende begrensninger i AIS nettverket:

- *Fartøyets AIS transponder er ikke konfigurert til å sende riktig informasjon (MMSI, navn m.v.).*
- *Fartøyets AIS transponder kan ha funksjonsfeil.*
- *Feil i GPS systemet generelt.*
- *Mannskapet overser viktigheten av å konfigurere AIS transponder til å sende ut riktig informasjon. Dette referer til statisk informasjon av typen fartøynavn, type, dimensjoner så vel som destinasjon og ETA.*

(Kleppe, 2015)

Det finnes i tillegg objekter som ikke kan observeres med AIS og kan utgjøre en fare for sikker navigasjon, for eksempel lystbåter, militærfartøy og flytende objekter i vannet. AIS skal ikke brukes enkeltstående for navigasjon, men er ment som et hjelpemiddel for å komplimentere syn og radar. (Norris, 2008)

4.5. Radio

For generell kommunikasjon mellom fartøy, og mellom fartøy og landstasjoner vil man både kunne bruke radiotelefoni i forskjellige bånd og satellitt etter hvor på havet man befinner seg. Ved satellittkommunikasjon kan man benytte seg av telex, telefoni og dataoverføring. Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) formidler blant annet nød- og sikkerhetsmeldinger og gjør kommunikasjonen under søk- og redningsoperasjoner mer effektiv. (Kristensen, 2012)

Maritim Sikkerhetsinformasjon (MSI) inneholder navigasjons- og meteorologiske varsler, værmeldinger og andre haste- og sikkerhetsrelaterte meldinger som er viktig for skip som ferdes på havet. (Admiralty, 2007/08) (Kristensen, 2012)

MSI-meldinger kan gi viktig informasjon som blant annet:

- Farlige vrak, i eller ved farleder
- Store slepeoperasjoner
- Driftende miner
- Søk- og redningsoperasjoner eller opprydningsarbeid av forurenset havområde
- Nyoppdagede grunner og skjær
- Undervanns-, kabel- og rørleggingsoperasjoner

(Admiralty, 2007/08)

5. Prosessering av sensorteknologi

Innen industri er deteksjon av objekter brukt med stor suksess. Mesteparten av videoovervåking har bruksområde på landjorden, hvor statiske kameraer står fastmontert. Algoritmene er hovedsakelig basert på deteksjon, blant annet ved formgjenkjenning med en lærende egenskap, eller basert på bevegelse av objekter som forflytter seg over bildet, kalt «optisk flyt» (figur 11).

(MatWorks, u.d.) (Pires, et al., u.d.)



Figur 11: Optisk flyt. (MatWorks, u.d.)

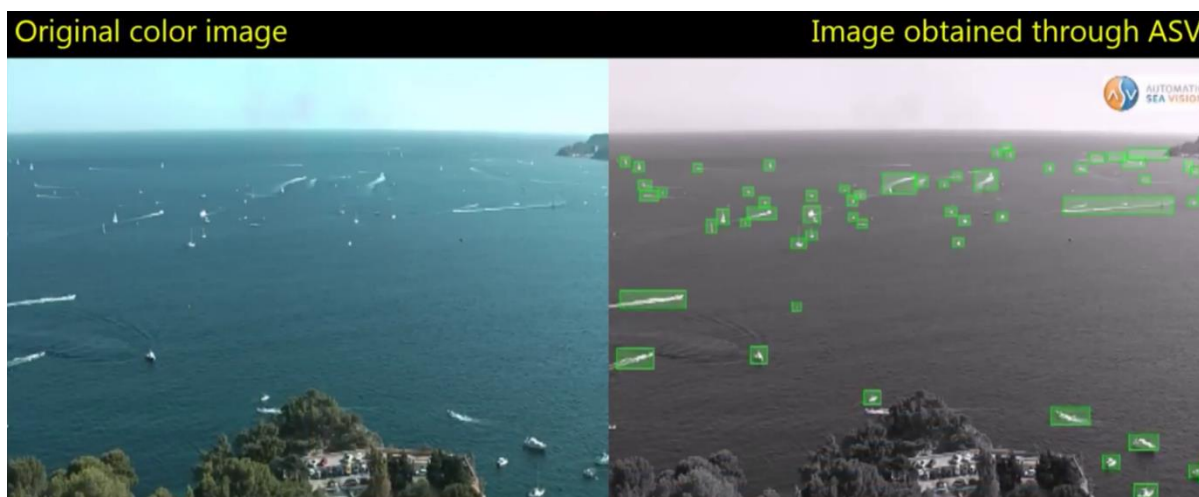
Til havs vil bruken av disse algoritmene være begrenset, grunnet havets bevegelse og de skiftende sjø- og værforholdene. (Pires, et al., u.d.)

Innholdet i dette kapittelet vil gi en innføring i enkelte måter å detektere, avstandsbedømme og følge mål over tid. I tillegg vil det gi en innføring i hvordan ulik programvare behandler informasjon fra sensorer.

5.1. Deteksjon og målfølgning

Automatic Sea Vision (ASV) er en bedrift som har spesialisert seg på sikkerhet til sjøs, ved bruk av maritim videoovervåking. ASV har et produkt som kalles ASV-DET MODULE, som er en programvare laget for visuell deteksjon og målfølgning i det maritime miljø (figur 12).

(Automatic Sea Vision, u.d.)



Figur 12: ASV programvare benyttet på dagkamera. (Automatic Sea Vision, 2014)

Figur 13 viser en enkel oppbygning av ASV-DET modulen.

Systemet får inngangssignal fra kompass, Inertial Navigation Unit (INU), Global Position System (GPS), AIS og ett eller flere kameraer.

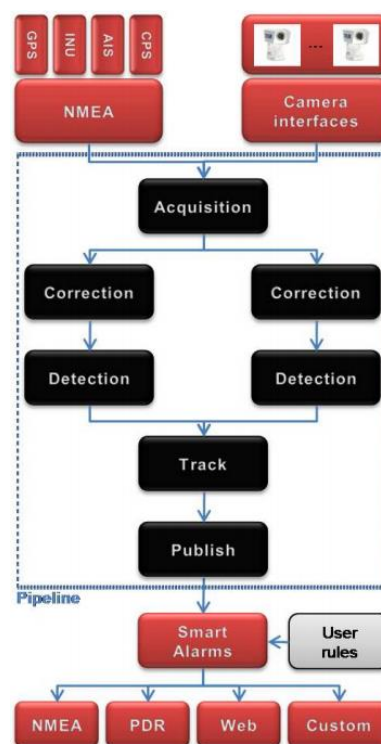
Preprosessering av kamerasignalene forbedrer kvaliteten før neste steg, hvor aktuelle objekter blir plukket ut og geolokalisert. Geolokalisering er å beregne peiling og avstand til objektet fra kameraet. Objekter blir sammenlignet over flere bilder for å eliminere falske objekter. Systemet har mulighet for å sende den innhentede informasjonen om målene til en WEB-server, slik at klienter kan monitorere systemet. (Pires, et al., u.d.)

Ved målfølging trengs det kun et klokkeslett for når bildet ble tatt og en peiling til objektet. For å få sann peiling trenger systemet informasjon fra et kompass. Ved bruk av GPS vil koordinatene på bildene bli absolutte og ikke relative til fartøyet. Kvaliteten på målfølgingen vil bli bedre hvis man bruker en INU. Systemet vil da korrigere for egen fart og kursforandring selv uten GPS. Et eksempel på hvorfor det kan være gunstig å få informasjon fra INU illustreres i figur 14.

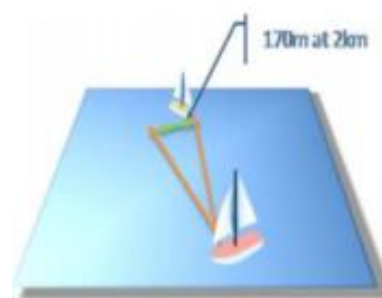
Dersom objektet av interesse er på 2.000 meters avstand og eget fartøy gjør en kursforandring på 5° , vil dette resultere i en forflytning av objektet på ca. 170 meter. (Pires, et al., u.d.)

Ved bruk av informasjon fra en INU vil ASV kunne lokalisere seg i «rommet», selv når ingen andre referansepunkter finnes i bildet. (Pires, et al., u.d.)

Under deteksjonsfasen vil algoritmen som blir brukt av ASV ekskludere alt over kystlinjen og horisonten. Sjøen blir sett på som statistiske data og en deviasjon blir sett på som et objekt. På bakgrunn av dette vil ASV kun ha mulighet for å detektere og følge mål som er i kontakt med havoverflaten. (Pires, et al., u.d.)

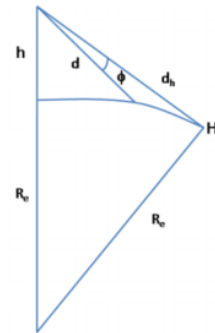


Figur 13: ASV-DET modulens oppbygning. (Pires, et al., u.d.)



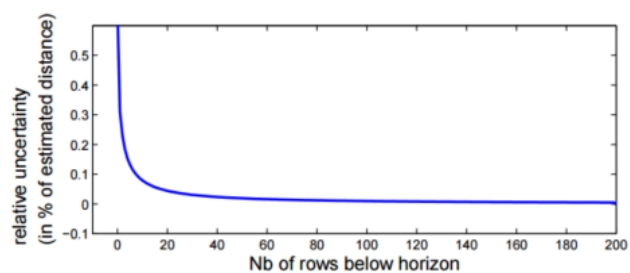
Figur 14: Eksempel på kursforandring uten korreksjon. (Pires, et al., u.d.)

Objekter som følges blir kontinuerlig overvåket med peiling og distanse mellom hver bildeoppdatering. Distansen (d) blir regnet ut med utgangspunkt i kameraets høyde over havet (h), og vinkelen mellom horisonten og objektets laveste piksler (ϕ) (figur 15). For å unngå at flere fargekameraer følger samme objekt blir de sammenlignet med tanke på tekstur og farge, og ekskludert hvis det er samsvar. Ved bruk av IR-kamera blir ekskludering gjort ved hjelp av geolokalisering, altså når målene har samme peiling og avstand fra eget fartøy. (Pires, et al., u.d.)



Figur 15: Prinsipp for avstandsmåling. (Pires, et al., u.d.)

Et forsøk gjort med det ikke-kjølte IR-kameraet FLIR SR19, viste at når et fartøy var i horisonten hadde systemet en relativ distansefeil på 64 %, mens den relative distansefeilen falt til 18 % når objektet var fire piksler under horisonten (figur 16). I forsøket gjort med FLIR



Figur 16: Relativ distansefeil med FLIR SR19. (Pires, et al., u.d.)

SR19 med en oppløsning på 320 x 240 piksler og HFOV på 36°, hadde kameraet en vinkelnøyaktighet på 0,1125°. Dette skyldtes at nøyaktigheten kom ned på et pikselnivå. (Pires, et al., u.d.)

ASV-DET modulen er kompatibel med alle kameraer som bruker det infrarøde eller visuelle spekteret med en bildeoppdateringsfrekvens fra 0,5 til 30 bilder i sekundet. Deteksjon og målfølgning fungerer ved minimum to piksler på mål opp til «Sea State 5». Systemet kan detektere og følge mål uavhengig av at det står i ro eller er i bevegelse. (Automatic Sea Vision, u.d.)

Et forsøk gjort av ASV med bruk av forskjellige kameraer og objekter med varierende størrelse er vist i tabell 2, med forklaring av

sequence name	frame number	target number	TP	FN	FP	DR	FAR
FLIR SR19	300	149	147	2	0	98.6%	0%
FLIR Voyager II	421	1712	1469	253	4	85.6%	0.02%
HGH Vigiscan	100	1100	976	124	12	88.7%	1.1%
Vistar	350	509	495	14	2	97.2%	0.4%

Tabell 2: Deteksjonsresultat av testsekvens. (Pires, et al., u.d.)

forkortelsene i figur 17. Objektene befant seg på en avstand mellom 100 og 1.500m og hadde størrelse fra 0,5m x 0,5m til 180m x 25m.

$$DR = \frac{TP}{TP + FN} \quad FAR = \frac{FP}{TP + FP}$$

Figur 17: Forklaring på Tabell 2. (Pires, et al., u.d.)

DR = Detection rate – Deteksjonsrate

FAR = False Alarm rate – Andel feildeteksjoner

TP = True Positive – Riktig funnet

FN = False Negativ – Objekt ikke funnet

FP = False Positive – Uriktig funnet objekt / falsk objekt

Ingen av kameraene detekterte alle målene, og de fleste oppdaget falske objekter. Flesteparten av de falske objektene var hekkbølgen (figur 18). (Pires, et al., u.d.)



Figur 18: Falskt objekt grunnet hekkbølge. (Pires, et al., u.d.)

Deteksjonsavstanden har en direkte sammenheng mellom FOV og antall piksler i bildet. Pikslene i

kamerasensoren vil være konstant, for

eksempel 320 x 240. Har kameraet en FOV på $40^\circ \times 40^\circ$, vil pikslene fordeles jevnt over hele bildet. Hvis man halverer HFOV og VFOV ved bruk av optisk forstørrelse vil antall piksler på et gitt objekt firedobles. En dobling av avstanden til objektet resulterer i at antall piksler på objektet blir en fjerdedel. (Olson, 2015)

Bruk av faste panoramakameraer vil gi stor oversikt, men kun ha mulighet for digital forstørrelse. PTZ-kameraer kan rotere, søke og bruke optisk forstørrelse for å øke antall piksler på objektet, men man reduserer da oversikten. (Automatic Sea Vision, 2014)

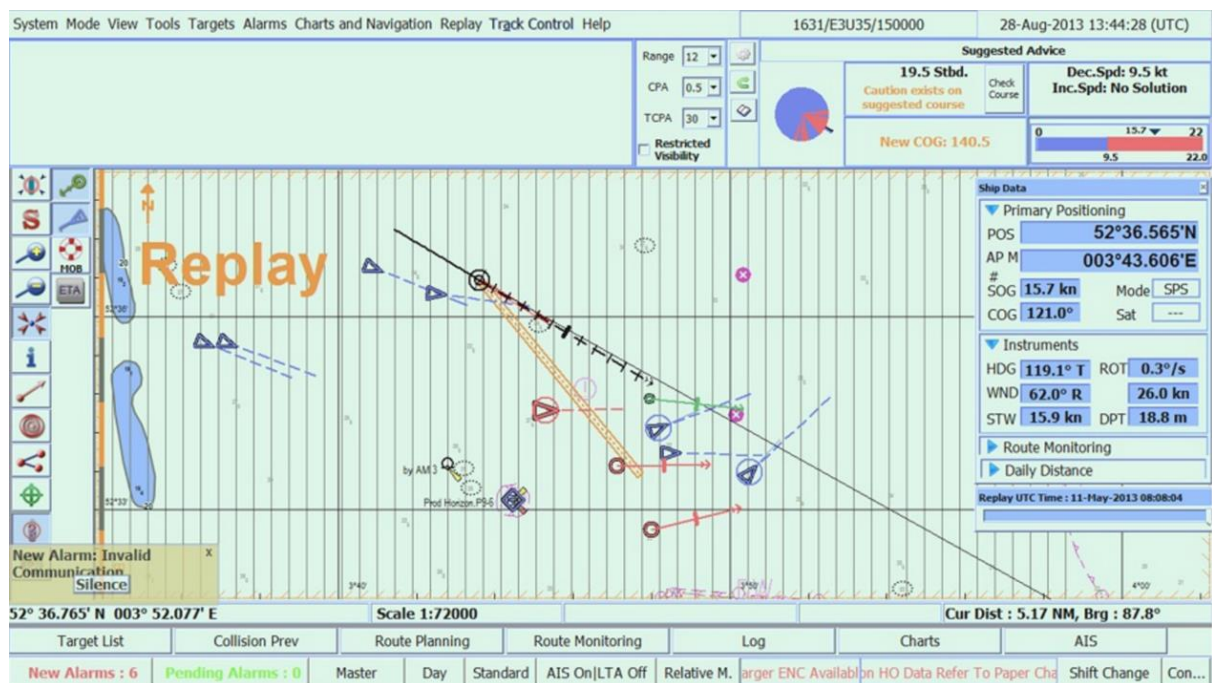
En annen måte for en modul å gjenkjenne fartøy på er ut fra en database med enkeltbilder. En «Haar-like classifier» er opprinnelig laget for ansiktsgjenkjenning, men kan brukes for å detektere fartøy. Dette fungerer ved å ta x-antall bilder hvor det ikke finnes fartøy og y-antall bilder hvor det finnes fartøy og kategorisere disse som båt eller ikke-båt. Hvert enkelt bilde fra kameraet ombord blir prosessert og sammenlignet med bilder i databasen for å finne noe tilsvarende. (Bloisi, et al., u.d.)

5.2. Totem Plus

Et kartsystem som er i kommersiell drift er Totem Plus' Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). Kartsystemet har mulighet for AIS- og ARPA-overlegg. AIS-

mål blir presentert som en trekant, ARPA-mål blir presentert som en sirkel, mens mål som både er fulgt av ARPA og AIS blir presentert som en trekant med sirkel rundt. (Totem Plus, u.d.)

Kartsystemet har en funksjon som heter Decision Support Tool (DST), som vil gi navigatøren råd om tiltak for å sikre seilas i situasjoner hvor en vikemanøver må utføres. Funksjonen analyserer AIS- og ARPA-mål kontinuerlig. Oppe i høyre hjørne på figur 19 ser man en rute som heter «Suggested Advice». Denne ruten kalkulerer ny kurs eller fart for at eget fartøy skal passere andre fartøy med en CPA-verdi satt av navigatør. Som figuren viser kan navigatøren styre ny kurs over grunn på $140,5^\circ$ for å løse denne situasjonen. (Totem Plus, u.d.)



Figur 19: Skjermdump fra Totem Plus. (Totem Plus, u.d.)

6. Situasjonsbevissthet

Dette kapitlet omhandler situasjonsbevissthet, og viktigheten av denne. Gruppen vil her forsøke å avdekke hvorfor dette gjør mennesket til en viktig ressurs på en skipsbro. Når en navigatør tar en avgjørelse på broen gjøres dette ut fra hans situasjonsbevissthet.

Forsvarets fellesoperative doktriner definerer situasjonsbevissthet slik:

Forståelse av alle forhold i og omkring operasjonsområdet som er nødvendig for å fatte informerte beslutninger. (Forsvarsstaben, 2014)

Mica Endsley har en dypere tolkning som deler situasjonsbevissthet i tre nivå. Første nivå er oppfattelse av omgivelsene og går ut på å oppfatte at det finnes elementer rundt deg slik som fugler, fly, personer og alt annet relatert til situasjonen. Det andre nivået er forståelse av det man oppfatter, å forstå hva som foregår med objektene man oppfatter i første nivå. Det tredje og siste nivået er predikasjon av tidligere oppdagede objekter sine intensjoner og bevegelser. Tiden har også stor innvirkning på hva slags situasjonsbevissthet man fatter seg. (Endsley & Garland, 2008)

Antonio Damasio har sett på sammenhengen mellom det visuelle som observeres av et menneske, og hvordan dette blir sammensatt til menneskets bevissthet. Noe Damasio legger mye vekt på er hvor sømløst hjernen jobber mellom følelsene og observasjonene for å bygge egen bevissthet. Et menneskes observasjoner er ikke alltid i tråd med virkeligheten.

Mennesker prosesserer informasjonen de får inn via alle sanser og setter dette sammen til en forståelse av virkeligheten. Forståelsen er en sammensetning av sanseinntrykk, følelser, kunnskap og erfaringer. Dette gjør at mennesket kan fylle hulrom i observasjoner og ta avgjørelser mer intuitivt. (Damasio, 1999)

Nautical Institute anser situasjonsbevissthet for å være en viktig del av det helhetlige bildet man danner for å være i stand til å vurdere navigasjonsfarer. (Cockcroft & Lameijer, 2004)

For ubemannede fartøy vil operatørens følelser og opplevelser av en situasjon være forskjellig fra det en navigatør på en bro har, så fremst ikke omgivelsene og effekten av værpåvirkning overføres til kontrollstasjonen i sin helhet. Man må derfor vurdere en operatør på en annen måte enn en navigatør, da det er uklart hvor store begrensninger dette medfører. (Ottesen, 2014)

7. Observasjoner

Gjennom undersøkelser av flere ubemannede fartøyskonsept ble det observert at Rolls Royce, DNV GL og MUNIN hadde basert seg på et PTZ- kamera med IR-teknologi som en av sensorene. For å få en bedre forståelse av hvordan et slikt kamera fungerer, ønsket gruppen å oppsøke en produsent eller et fartøy som hadde et slikt kamera tilgjengelig.

7.1. Idar Ulstein

Etter avtale besøkte gruppen Redningsselskapets fartøy «Idar Ulstein» som lå ved Skateflukaia i Ålesund og hadde et kamera av FLIR MV-modellen montert. Kameraet har PTZ-funksjon med farge- og IR-teknologi innebygget i kamerahuset (figur 20). Ved bruk av dag- og IR-kamera ble det gjennomført tester basert på avstand og størrelse til gjenkjennelige objekter, mens fartøyet lå til kai.

Videodataene som ble eksportert fra FLIR-kameraets programvare komprimerte videofilene, slik at kvaliteten på videoen for analyse i ettertid ble nedgradert. Som vist på figur 21 er kameraet rettet mot Molja fyr på omtrentlig 285 meter. Hovedbildet viser dagkamera, mens den lille boksen på høyre side viser IR. Gruppen erfarte at observasjoner på denne avstanden var relativt enkelt, og det ble observert at man på korte avstander får sterke kontraster ved bruk av et slikt kamera. Den hvite prikken nede til venstre på IR-bildet er en måke på rundt 100 meters avstand.



Figur 20: FLIR MV. (FLIR, 2015)



Figur 21: Fyr på 285 meter dag- og IR-kamera. (Privat foto)

Figur 22 viser at det visuelle blir forverret av avspeiling fra sjøen. Kameraet er plassert omtrentlig fem meter over havnivå og avstanden til Havsteinen er på rundt fem kilometer.

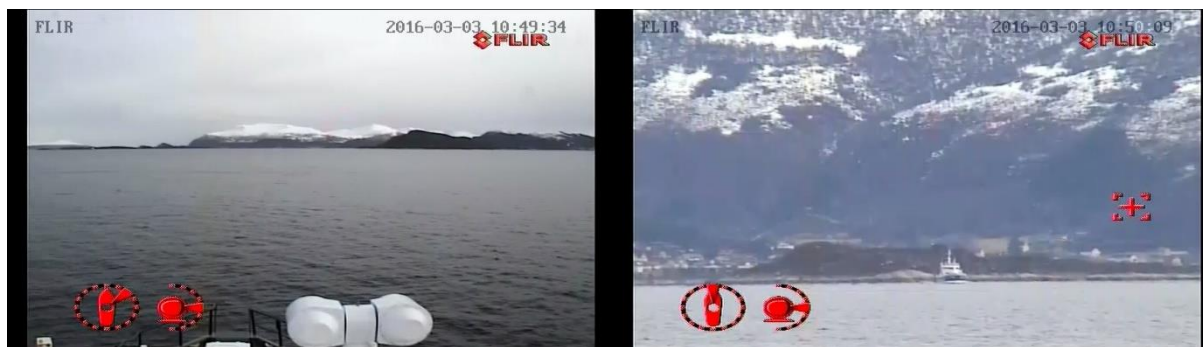


Figur 22: Havsteinen 5 kilometer. (Privat foto)

Etter testene ved kai tilbød mannskapet seg å posisjonere fartøyet i Ellingsøyfjorden for å observere fartøy langs skipsleia. Kameraet ble rettet med terreng i bakgrunnen for å undersøke hvordan dette påvirket bildet, det ble da observert større bildekontraster på lengre

avstander enn uten terrenget i bakgrunnen. Dette er trolig grunnet mindre påvirkning av avspeiling. Resultatet ble at man ved større avstander klarte å skille mellom mål og bakgrunn.

Gruppen ønsket å se hvordan kameraets forstørrelse påvirket det observerte bildet med terreng i bakgrunnen. Det ble observert et fartøy på 7 kilometers avstand med radar, som enkelt kunne observeres med kikkert. Når kameraet er i normalstilling vil HFOV være 56° (venstre del figur 23). Ved full forstørrelse vil HFOV være 2° (høyre del figur 23). Det som ble observert med kikkert kunne også oppdages ved bruk av kameraet.



Figur 23: Fiskefartøy på 7 kilometer uten forstørrelse venstre og med forstørrelse høyre. (Privat foto)

Etter testene ble det diskutert hvordan mannskapet hadde opplevd bruken av kameraet. I diskusjonen ble det vektlagt at kamera kombinert med IR-teknologi var uunnværlig for dem i en redningssituasjon, på korte avstander. Å oppdage fartøy på avstander lengre enn fem kilometer var utfordrende, dersom man ikke hadde observert objektet først, med eller uten kikkert. Bruken av kameraet ved full forstørrelse var krevende, da bevegelsene til fartøyet og følsomheten til joysticken påvirket bildet i større grad.

Testene ble utført under optimale forhold, og man kunne observere hvor godt et kamera kan fungere dersom forholdene tillater det.

7.2. Operatørstasjon

For å undersøke hvordan det ville være å bli satt direkte inn i en situasjon som operatør, ble det gjennomført en rekke øvelser i en av skolens skipssimulatorer. Scenariene baserte seg på situasjoner hvor et ubemannet fartøy trengte assistanse fra operatøren for å kunne ta en avgjørelse som var kritisk for sikkerheten til fartøyet. Dette ble gjennomført for å:

- Oppleve hvordan det ville være å sette seg inn i en situasjon når den hadde utviklet seg til å være kritisk

- Se hvor lang tid det ville ta for å bygge situasjonsforståelse
- Undersøke hvilke hjelpemidler en operatør burde ha tilgjengelig for å kunne ta en korrekt avgjørelse
- Undersøke hvilken informasjon man ville vektlagt når det kom til situasjonsavvikling

Gruppen ønsket å bruke en kompakt «operatørstasjon» med mange funksjoner, og valgte derfor simulatorbroen Giske (figur 24). Broen var også praktisk fordi skjermene enkelt kunne slås av og på, slik at seilaserne kunne gjennomføres med ulik FOV. Hver av de tre skjermene ga 40° FOV. Arbeidsoppgavene ble fordelt slik at en person opererte simulatoren, en observerte og tok notater av avgjørelsene til navigatøren, mens den siste personen var navigatør eller «operatør».



Figur 24: Simulatorbroen Giske. (Privat foto)

Det ble startet med å utforske hvilken informasjon som ble mest vektlagt, ved å gjennomføre flere seilaser og etter hvert eliminere forskjellige hjelpemidler. I hver seilas måtte operatøren ta avgjørelser i henhold til sjøveisreglene. Operatøren fikk ingen forhåndsinformasjon vedrørende scenariet, dette for å få fram hvor raskt han klarte å bygge en situasjonsforståelse før avgjørelsen ble tatt. Forsøkene ble gjennomført i åpen sjø med fem andre fartøy i

området. I avsnittet under vil «alle hjelpemidler tilgjengelig» bestå av radar, simulert kikkert, ECDIS og AIS.

Scenariene:

- Alle hjelpemidler tilgjengelig og 120° FOV
- Alle hjelpemidler tilgjengelig og 80° FOV
- Alle hjelpemidler tilgjengelig og 40° FOV
- Kun simulert kikkert
- Kun radar
- Kun simulert kikkert og radar

Den simulerte kikkerten ble anvendt på grunn av at den hadde tilnærmet lik virkemåte som et PTZ-kamera.

Den første observasjonen som ble gjort var at høy FOV gjorde det enklere å oppfatte eget fartøys bevegelse i sjøen. Etter hvert som FOV ble redusert, ønsket operatøren å senke farten tidligere enn ved høy FOV, da det ble vanskeligere å få oversikt og situasjonsforståelse. En annen observasjon operatøren gjorde med en gang han ble satt inn i situasjonen uten at de andre fartøyene var plottet på radar, var at det var vanskelig å vurdere avstand og fart til andre fartøy og objekter. Dette var fordi man måtte bygge situasjonsforståelsen ut fra fartøyets bevegelser uten bakgrunnsinformasjon.

Ved bruk av kun simulert kikkert var bevegelsene til eget fartøy tilnærmet umulig å forutsi og beregne. De andre fartøyene kunne oppdages og tas hensyn til, men det framstod som en stor ulempe å kunne holde øye med kun ett fartøy av gangen. Ut fra dette så gruppen viktigheten av å ha oversikt over situasjonen, slik som man får presentert av blant annet radarskjermen og høy visuell FOV.

Ved bruk av kun radar var avgjørelsene lettere å ta, dersom man hadde tid til å observere bevegelsene til andre fartøy. Hvis man ikke hadde tid til å observere de andre fartøyene og måtte ta en øyeblikkelig vikemanøver endte situasjonen ofte med at man satte seg inn i en ny og vanskeligere situasjon med et annet fartøy, fordi man ikke hadde forutsett bevegelsene til det andre fartøyet korrekt.

Ved bruk av simulert kikkert og radar ble avgjørelsen enklere, grunnet flere referansepunkt for å bygge situasjonsforståelse. I det man foretok en manøver var det vanskelig å vite hvordan fartøyet reagerte grunnet manglende situasjonsoppfattelse.

Gruppen fikk erfart hvordan det vil være å operere et fartøy med begrenset mengde informasjon, og brukte dette som noe av grunnlaget for videre teoriinnsamling.

8. Dataoverføring

Oppgavens problemstilling forutsetter at man må ha tilstrekkelig dataoverføringskapasitet tilgjengelig for å kunne kontrollere og overvåke fartøyet fra en operatørstasjon. Kapitlet omhandler sentrale prinsipper og begrep for dataoverføring ved bruk av satellitter. Man kan anta at overføring av tilstrekkelige informasjonsmengder fra ubemannede fartøy til land vil kreve høy dataoverføringskapasitet, og i dag har spesielt cruiseskip muligheter for å overføre store datamengder.

O3b Networks har eksempelvis inngått en avtale med Royal Caribbean Cruise Line om levering av satellittkommunikasjon til «Quantum of The Seas» som skal kunne levere overføringskapasitet på 1 Gbit/s. Dette er mulig ved at signalstrålen fra satellitten følger skipet. (Laursen, 2015)

8.1. Nettverksmodell

Open Systems Interconnection-modellen (OSI-modellen) er en standardisert referansem modell implementert av International Organization for Standardization (ISO). Denne er bygd opp for å gi en god og fast struktur for hvordan datapakker overføres. For dataoverføringen mellom to enheter er transportlaget viktig, fordi det er det første laget i modellen som kan gjøre kommunikasjonen pålitelig mellom to parter. De to mest brukte protokollene i transportlaget er Transmission Control Protocol (TCP) og User Datagram Protocol (UDP). (Jensen, 2002)

8.1.1. TCP

TCP-protokollen sikrer at alle datapakkene blir overført på riktig måte og satt sammen i riktig rekkefølge, og kalles derfor for en pålitelig transportprotokoll. Dette er viktig i systemer hvor det er kritisk at data blir presentert som opprinnelig sendt. Ved TCP foretas en «handshake» hvor man har kontinuerlig kommunikasjon vedrørende mottatte og eventuelt manglende datapakker, og man sier derfor at protokollen er forbindelsesorientert. Tilkoblingen må altså både startes, og kobles ned etter avsluttet overføring. På grunn av at signalet går fram og tilbake mellom mottaker og avsender flere ganger for å kommunisere hva som er mottatt og hva som eventuelt mangler, vil dette føre til økt forsinkelse i overføringen. (Jensen, 2002) (Comer, 2014)

For ubemannede fartøy vil TCP kunne brukes for overføring av kritiske data, som for

eksempel et radarbilde. (MUNIN, 2012)

8.1.2. UDP

Fordelen med UDP er at den ikke trenger å opprette en tilkobling, slik som for TCP, noe som gjør at man unngår problemet med ekstra forsinkelse i overføringen. UDP kalles derfor for en upålitelig transportprotokoll. Bruksområdet for UDP kan for eksempel være strømming av direkte video - man anser her at en mistet datapakke ikke har noe verdi i seg selv, fordi en re-sending vil forårsake et brudd i videostrømmen. Det største problemet med bruk av UDP er at man har mindre kontroll over datastrømmen og at den derfor kan være lite hensiktsmessig å bruke om man sender datapakkene over en dårlig kommunikasjonslink. (Jensen, 2002) (Comer, 2014) (Hepsø, 2016)

For ubemannede fartøy vil UDP kunne brukes hvis det godtas at man mister enkelte datapakker, for eksempel ved overføring av direkte video. (MUNIN, 2012)

8.2. Satellittkommunikasjon

Dataoverføring via satellitt skjer ved at signalet sendes fra en jordstasjon til satellitten, som reflekterer signalet til mottakeren på jordoverflaten.

Signalet forplanter seg med tilnærmet lysets hastighet. (Maral & Bousquet, 1998)

Sending og mottak blir i hovedsak gjort i ett av fire frekvensbånd (tabell 3). (Olenewa & Ciampa, 2007)

Band	Frekvens
L band	1,53 – 2,7 GHz
C band	3,6 – 7 GHz
Ku band	11,7 – 12,7 GHz 14,0 – 17,8 GHz
Ka band	17,3 – 31 GHz

Tabell 3: Bånd for satellittkommunikasjon. (Olenewa & Ciampa, 2007)

8.2.1. Ulike typer satellitter

Satellittsystemer blir gruppert etter hva slags type bane de beveger seg i rundt jorda. (Olenewa & Ciampa, 2007)

8.2.1.1. Low Earth Orbit (LEO)

Lavbanesatellittene sirkulerer rundt jorda i høyder fra 321 til 1.448 kilometer. Nærheten til jorda gjør at disse blir påvirket av jordas gravitasjon i stor grad. For å motvirke denne kraften må LEO-satellittene opprettholde høy fart, noe som gjør at de sirkulerer rundt jorda på 90 minutter. Grunnet den lave høyden dekker de et lite område av jorda - man sier at de har et

lite fotavtrykk, og det trengs derfor i gjennomsnitt 225 satellitter for å oppnå global dekning. En stor fordel med den lave høyden er at signalveien blir kort, noe som resulterer i lav forsinkelse. Det tar mellom 20 og 40 millisekunder å sende signaler fram og tilbake fra jorda til en lavbanesatellitt. (Olenewa & Ciampa, 2007)

8.2.1.2. *Medium Earth Orbit (MEO)*

Satellittene som beveger seg fra 2.413 til 16.090 kilometer over jordas overflate kalles mellombanesatellitter. Disse kan oppnå baner som er sirkulære og de beveger seg da i konstant avstand til jorda, noe som betyr at de kan holde konstant fart.

Mellombanesatellittene har to vesentlige fordeler over lavbanesatellittene. De trenger ikke å gå med like høy fart og kan derfor sirkulere rundt jorda på opptil 12 timer. I tillegg har de større fotavtrykk, noe som gjør at man trenger færre satellitter for å oppnå global dekning. Med den økte høyden øker også signalveien, og forsinkelsen til mellombanesatellittene er 50 til 150 millisekunder. (Olenewa & Ciampa, 2007)

8.2.1.3. *Geosynchronous Earth Orbit (GEO)*

Baneprioden til geosynkrone satellitter tilsvarer den tiden jorda bruker på å rotere rundt sin egen akse. Hvis slike baner er sirkulære over ekvator kalles de geostasjonære, og satellittene vil da ha en høyde på 35.860 km. I slike tilfeller er fotavtrykket til satellitten konstant – fra jorda ser det ut som at den står stille. Dette betyr at man kan stille antennen på jorda mot et fast punkt på himmelen og slike baner brukes derfor ofte for kommunikasjonssatellitter. På grunn av den store avstanden til jorda kan en geostasjonær satellitt dekke et stort område - man trenger kun tre satellitter for å oppnå global dekning innenfor nord/sør 70°. En ulempe er at avstanden fra jorda medfører en forsinkelse på omtrent 250 millisekunder. (Olenewa & Ciampa, 2007) (Berlin, 1989)

8.2.2. *Inmarsat*

For å få en innsikt i dagens kommersielle marked for satellittkommunikasjon har gruppen besøkt Inmarsat i Ålesund. I dag leverer Inmarsat løsningen XpressLink, som integrerer Ku- og L-båndet. Ved bruk av Ku-båndet tilbyr Inmarsat ubegrensede datamengder, mens prisen varierer etter valgt hastighet. Man skiller mellom maks tilgjengelig hastighet og garantert hastighet. Ved mistet forbindelse til satellittene i Ku-båndet, skifter systemet sømløst til

satellittene i L-båndet for å oppnå redundans i overføringen. Satellittene på L-båndet leverer maks 432 kbit/s.

L-bånd løsningen til Inmarsat kalles Fleet Broadband. Her må man kjøpe datapakker, for eksempel 20 MB per måned. Hastigheten vil være avhengig av antall brukere innenfor dekningsområdet og man vil derfor ikke ha en garantert hastighet. Grunnet den lavere frekvensen til L-båndet er pakketapet mindre i dårlig vær enn det ville vært i høyere frekvensbånd.

Global Xpress (GX) er navnet på Inmarsats femte-generasjon satellitter som sender på Ka-båndet. Disse satellittene har «spotbeam-teknologi», som betyr at strålen kan fokuseres på et bestemt område. GX har 89 stråler per satellitt uten tap av hastighet i overgangen mellom disse. I tillegg har satellittene seks

styrbare stråler som kan brukes for å gi økt kapasitet i ønsket område ved behov. Hver av strålene leverer ubegrensede datamengder, men maksimalt 50 Mbit/s i nedlastning og 5 Mbit/s i opplasting. Dekningen til GX er begrenset til omtrent 70° nord/sør og til minimum 5° elevasjonsvinkel mellom

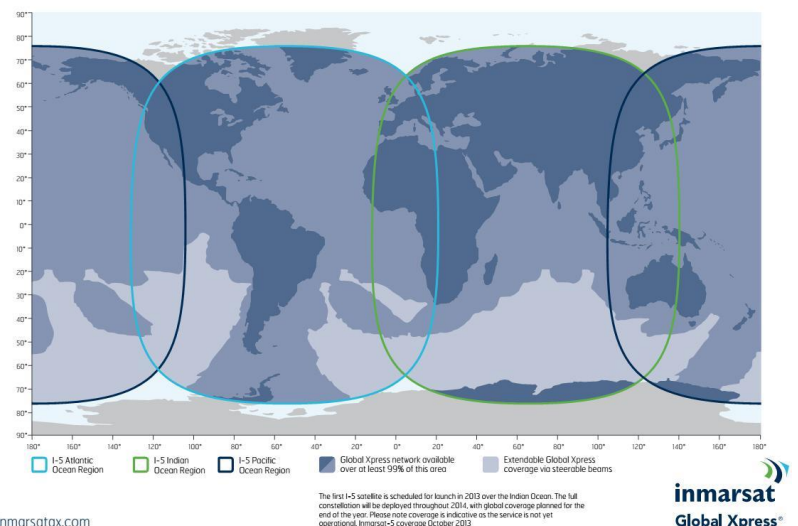
horisontalplanet og satellitten (figur 25). Den maritime løsningen til

Inmarsat via GX-satellittene kalles Fleet Xpress og har, som XpressLink, L-bånd som nødløsning.

Vær og vind kan gi store utfordringer ved satellittoverføring. På bakkesegment-siden for GX-satellittene til Inmarsat er dette løst ved å ha et dobbelt sett med jordstasjoner plassert på bakgrunn av statistiske værdata. Dette gjør at systemet skifter sømløst til den jordstasjonen med best sendeforhold.

I fremtiden vil Inmarsat 6 bli skutt opp, og estimeres å være i drift i år 2020. Dette systemet vil bruke både Ka- og L-båndet og vil kunne levere fire til fem ganger så høy hastighet som GX-systemet.

Inmarsat-5 coverage



inmarsatgx.com

Figur 25: Dekningsområdet til Inmarsat-5. (Inmarsat, u.d.)

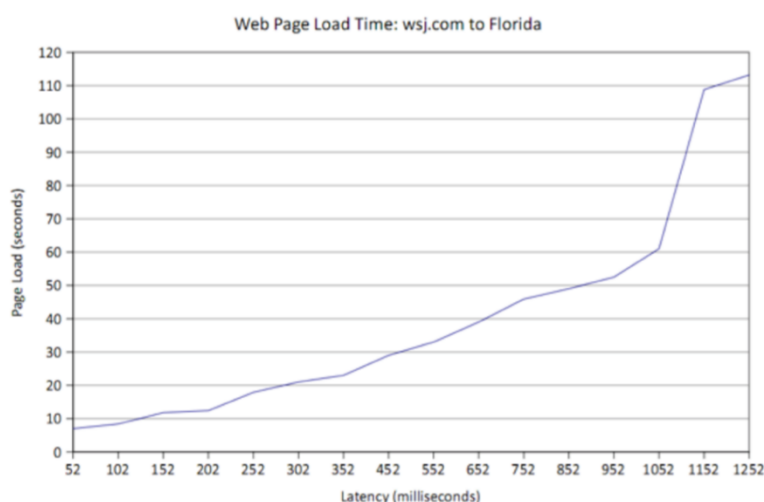
(Alnes & Breivik, 2016)

8.2.3. Forsinkelse (latency)

Selv over satellittlink med høy båndbredde kan man oppleve at data overføres med lav hastighet. Grunnen til dette er ofte at forsinkelsen i datalinken er høy - man opplever lav «effektiv båndbredde».

Satellittkommunikasjonslinker bruker elektromagnetiske bølger til å overføre informasjon gjennom atmosfæren og verdensrommet med tilnærmet lysets hastighet. Hastigheten er større enn ved overføring via fiberoptiske kabler, hvor signalet overføres med omtrent 70 % av lysets hastighet. Antall millisekunder signalet bruker fra sender til mottaker kan bli relativt høy ved bruk av satellittlinker. Grunnen til dette er den lange signalveien fra jorda til satellitten, og problemet øker derfor med satellittens avstand til jorda. Høy forsinkelse fører til at TCP-protokollen fungerer mindre effektivt fordi pakkestørrelsen blir justert ned i takt med at forsinkelsen i overføringen øker. O3b Networks har ved bruk av sine satellitter i MEO-baner klart å oppnå forsinkelse på så lite som 50 millisekunder.

O3b Networks har undersøkt forskjellen på å åpne nettsiden til Wall Street Journal med varierende forsinkelse, men lik hastighet. Fra figur 26 kan man observere at en økning av forsinkelsen fra 150 til 300 millisekunder vil føre til at tiden det tar å laste ned nettsiden øker fra 12 til 20 sekunder. (O3b Networks, u.d.)

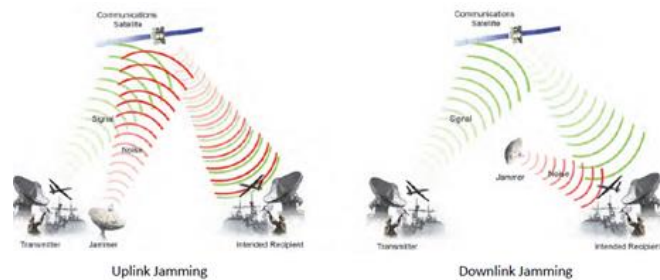


Figur 26: Lastetid for Wall Street Journal med ulik forsinkelse. (O3b Networks, u.d.)

8.2.4. Jamming

Jamming er å tilsiktet hindre mottak av radiosignaler. Dette gjøres ved å sende signaler med høy effekt i samme frekvensbånd som signalene som skal mottas, og vil føre til at det opprinnelige signalet blir overdøvet. En GPS-jammer vil kunne slå ut mottakere i flere titalls kilometers radius fra jammeren. Jamming av signalet fra en jordstasjon til en satellitt kan

utgjøre en alvorlig trussel. Man kan anta at et signal med høy styrke sendt fra en jordstasjon kan forstyrres av en tilsvarende kraftig jammer («Uplink jamming» figur 27). Overføringen fra en satellitt til en mottaker på jorda vil også være utsatt for jamming, for eksempel fra et fly eller andre objekter som er i nærheten av mottakeren («Downlink jamming» figur 27). (Store norske leksikon, 2009) (Rouse, 2014) (Kjerstad, 2010) (Evans, 2008)



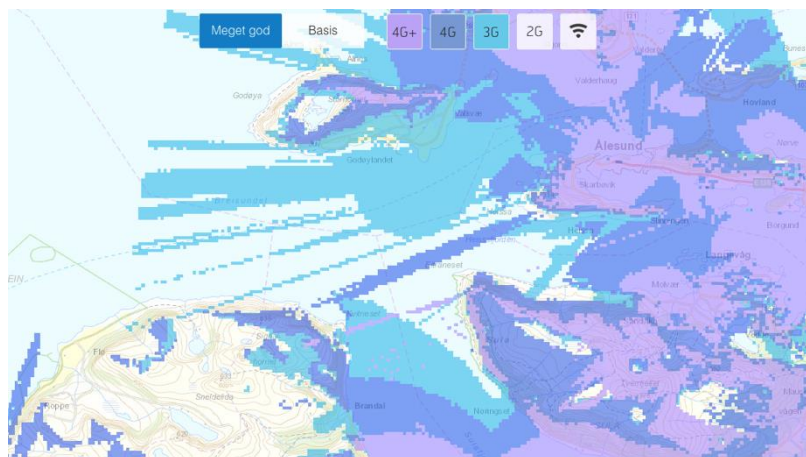
Figur 27: Jamming av satellittsignaler. (Infosec Institute, u.d.)

8.2.5. Spoofing

Spoofing er en mer sofistikert metode for å forstyrre et signal enn ved jamming. Ved spoofing sender man ut et signal som mottakeren kan oppfatte å være fra en satellitt, og mottakeren vil dermed benytte dette som en feilaktig stedlinje. Som en del av et forsøksprosjekt ble det i 2013 gjennomført spoofing av GPS-signalet til en luksusyacht på kysten av Italia. Ved bruk av en antenne på størrelsen med en koffert ble det sendt falske signaler som overstyrte det ekte GPS-signalet. For fartøyets GPS-system virket det som om at signalet var autentisk og det ble ikke utløst noen alarmer, selv om fartøyet i realiteten hadde avviket fra opprinnelig kurs. Mannskapet opplevde at fartøyet var i sving, men det elektroniske kartsystemet viste samtidig at kursen var konstant. (Kjerstad, 2010) (Vaas, 2013)

8.3. Mobildekning

Telenors dekningskart (figur 28) viser kun teoretisk dekning, og denne vil blant annet kunne variere med været. Telenor kan levere opptil 20 Mbit/s over 3G, opptil 40 Mbit/s over 4G og opptil 300 Mbit/s over 4G+. (Telenor, u.d.)



Figur 28: Telenors mobildekning ved innseilingen til Ålesund. (Telenor, u.d.)

ICE.net leverer også liknende hastigheter over 3G og 4G, og opererer med noe lengre rekkevidde på sine dekningskart. Også her understrekes det at dekingen er beregnet ut fra kartgrunnlag og datasimuleringer, og at man derfor kan oppleve varierende deking fra det som er oppgitt i dekningskartet. (Ice.net, u.d.)

8.4. Datakomprimering

Gruppen har besøkt Maritime Robotics i Trondheim som har laget egne systemer for overføring av data til og fra sine ubemannede fartøy (figur 29). Deres metode for å komprimere radarbildet baserer seg på et vektor-prinsipp, hvor man ut i fra det fulle bildet fra radaren finner mål og spesifiserer hvor disse finnes. På denne måten har Maritime Robotics kunne komprimere datastrømmen radarbildet krever fra 5 Mbit/s til 173 kbit/s. Radaren kan fortsatt innstilles automatisk, eller manuelt fra operatørstasjonen (figur 30).



Figur 29: Ett av Maritime Robotics' ubemannede fartøy. (Hepsø, 2016)



Figur 30: Maritime Robotics' system for overvåking av fartøy fra operatørstasjonen. (Hepsø, 2016)

Maritime Robotics erfarer at automatisk innstilling av radaren fungerer meget tilfredsstillende

under bruk.

For kompresjon av video har Maritime Robotics tidligere brukt kodeken H264. Denne fungerer ved at det nye bildet sammenlignes med det forrige og at man slik kan identifisere og sende kun pikslene som har forandret seg fra forrige bilde. For datalinker med stort datatap vil dette gi «grøtete» bilde, fordi man mister mange datapakker. Maritime Robotics bruker derfor i dag Motion JPEG (MJPEG) for videokomprimering, som medfører at man enten mottar hele bildet eller at det forrige bildet henger igjen til et nytt er tilgjengelig. For å redusere størrelsen på videoen ytterligere sender ikke Maritime Robotics 25 bilder i sekundet, som er normal oppdaterings hastighet for flytende film. Oppdaterings hastigheten til bildet er det de anser som minst viktig og justeres derfor ned etter behov, til mellom 4 og 15 bilder i sekundet.

(Hepsø, 2016)

8.5. Framtidens dataoverføringsteknologi

I dag er omtrent halvparten av verdens befolkning uten internettilgang. Dette har ført til at en rekke selskaper ser på muligheten for verdensomspennende satellittnettverk som skal kunne gi global dekning og hastigheter tilsvarende 4G. (Internet World Stats, 2015) (O3b Networks, u.d.) (Google, 2016)

Gruppen anser at slike framtidige løsninger vil kunne tilby bedre dekning, høyere hastigheter og lavere forsinkelse for dataoverføringen mellom ubemannede fartøy og land enn ved bruk av dagens satellittnettverk, og har derfor undersøkt tre slike:

8.5.1. OneWeb

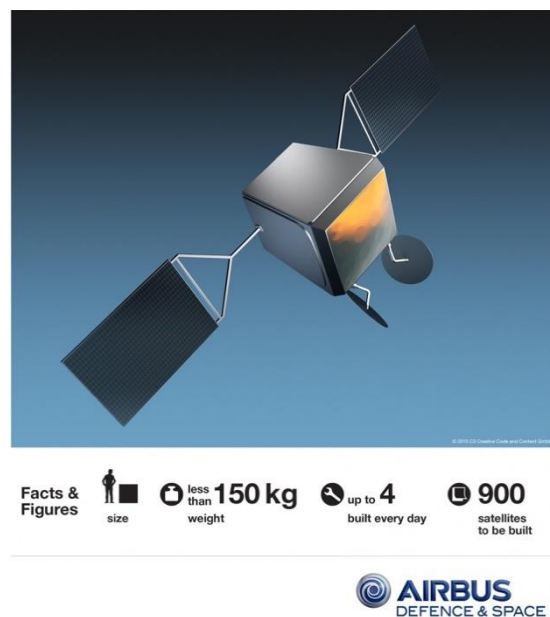
OneWeb planlegger sammen med Airbus Defence and Space å skyte opp 648 satellitter i LEO-baner, noe som skal gi global dekning av høyhastighets internett (figur 31). Dette blir i så fall den største satellittkonstellasjonen gjennom historien, og betyr at OneWeb vil bli tidens første masseprodusent av romfartøy.

Prosjektet er godt på vei, og det er planlagt at systemet skal være operativt allerede i 2019. (TechCrunch, 2016)



Figur 31: OneWebs planlagte satellittkonstellasjon. (OneWeb, 2016)

Totalt planlegges det å produsere 900 satellitter, hver med en vekt på under 150 kg (figur 32). Nettverket skal kunne levere over 50 Mbit/s i nedlastning og over 25 Mbit/s i opplasting med en forsinkelse på mindre enn 50 millisekunder. OneWeb ser et markedsbehov innen en rekke ulike segmenter, blant annet i utviklingsland med dårlig internetttilgang, polare og utilgjengelige områder, langs veier, på fly og i maritim sektor på installasjoner og skip. Satellittene vil alltid ha en elevasjonsvinkel på mellom 50 og 60° over hele jorda, noe som fører til at man reduserer problemet med obstruksjoner i signalbanen. (OneWeb, 2016) (youtube.com, 2015)



Figur 32: OneWebs planlagte satellitter. (OneWeb, 2016)

8.5.2. Project Loon

«Balloon-powered internet for everyone». Googles Project Loon har som mål å tilby globalt høyhastighets internett ved bruk av ballonger som beveger seg omtrent 20 kilometer over jordas overflate, i stratosfæren. Vindlagene i stratosfæren blir analysert av programvare, og resultatene blir brukt til å bevege ballongene i ønsket retning ved at de hever eller senker seg til ønsket vindlag

(figur 33). Hver ballong kan dekke et område på omtrent 80 kilometer i diameter, og reflekterer trådløs trafikk fra telefoner og andre enheter til det



Figur 33: Project Loon, planlagt manøvrering i stratosfæren. (Google, 2016)

globale internettet ved bruk av høyhastighetslinker.

Project Loon ble startet i 2013, og Google har gjennomført et pilotprosjekt i New Zealand hvor det ble levert internett til en gruppe testere. Videre har testingen foregått ved å stadig øke antall brukere. Målet er i første omgang å øke antall ballonger, slik at man kan tilby uavbrutt tilkobling på enkelte breddegrader på den sørlige halvkule. (Google, 2016)

8.5.3. SpaceX

SpaceX ble grunnlagt i 2002 med ambisjoner om å revolusjonere romteknologi, med det ultimate målet å gjøre det mulig for mennesker å bo på andre planeter. Primært arbeides det med utvikling og oppskyting av raketter. (SpaceX, 2016)

I tillegg har selskapets grunnlegger og CEO, Elon Musk, uttalt at de ønsker å levere høyhastighets internett til hele verdens befolkning innen år 2030 via et nettverk av 4.000 satellitter i lavbaner. Disse må skytes opp ved hjelp av raketter, noe som tidligere har vært svært kostbart. (Dickerson, 2015)

I april 2016 klarte imidlertid SpaceX å lande en rakettkapsel som hadde vært i verdensrommet. Dette medfører at raketter for oppskyting av satellitter kan brukes flere ganger og at kostnadene forbundet med å skyte opp satellitter derfor kan bli redusert. (SpaceX, 2016) (Jason, 2015)

9. Drøfting

Ved prosjektets start var gruppens medlemmer alle overbevist om at dataoverføringskapasiteten ville bli det største hinderet for å få overført tilstrekkelig informasjon fra et ubemannet fartøy. Dette synet endret seg etter besøket hos Inmarsat, hvor det ble presentert løsninger som viste at det finnes mye tilgjengelig kapasitet så lenge man betaler tilstrekkelig. Videre rettet fokuset seg mot kamerakvaliteten som det største problemet, etter at gruppen hadde besøkt RS Idar Ulstein og fått erfart kvaliteten på deres kamera i tillegg til å ha mottatt videofiler fra Aptomar. Som beskrevet i del 7.1 observerte gruppen at det var enklere å oppdage objekter langs farleden ved bruk av syn og kikkert enn ved bruk av PTZ-kameraet ombord på Idar Ulstein, spesielt på lang avstand.

I dag har navigatøren mange ulike arbeidsoppgaver som må kunne erstattes av sensorer og programvare før ubemannede fartøy kan seile fritt. Dette innebærer å kunne detektere og følge ulike mål kontinuerlig, og i god tid, for å bygge en fullstendig forståelse av situasjonen. Man har hovedsakelig tre ulike måter å detektere fartøy på: visuelt, radar og AIS. (Norris, 2008) I situasjoner hvor disse tre gir samsvarende informasjon vil man normalt ha et tilstrekkelig grunnlag for et godt trafikkbilde. Selv med gode data fra radar og AIS kan man fortsatt mangle nødvendig visuell informasjon for å kunne ta korrekte avgjørelser, som for eksempel å måtte vike for fartøy med begrenset evne til å manøvrere og som har tilsvarende lanterneføring eller dagsignal. Gruppen finner derimot ingen litteratur som omhandler problemstillingen vedrørende bruk av kamera for tolkning av lanterneføring og dagsignaler. Man kan tenke seg at tvetydighet fra for eksempel dekkbelysning, lyskastere og bakgrunnsbelysning fra bebodde områder kan gjøre det utfordrende å lage systemer for tolkning av lanterner og dagsignaler. Seilasrelatert data skal være tilgjengelig over AIS på konvensjonsskip, men systemet har sine begrensninger, som nevnt i del 4.4. I den seilasrelaterte dataen vil man kunne få viktig informasjon om situasjoner som krever spesiell årvåkenhet av utkikken, som for eksempel undervannsoperasjoner hvor andre fartøy bør holde en minimumsavstand som er spesifisert i AIS systemet.

I nedsatt sikt vil man i enkelte tilfeller ikke ha muligheter for en visuell verifisering av målet og må da opptrå med stor varsomhet, spesielt med tanke på mål uten AIS som har svakere radarrefleksjon.

Radaren gir muligheter for å detektere objekter, selv ved nedsatt sikt og i mørket. Radaren brukes også for å plote andre fartøy ved å bruke ARPA-funksjonen; objekter blir automatisk

og systematisk plottet over tid og funksjonen gir viktig informasjon om objektene. Informasjonen brukes for å avgjøre fare for sammenstøt og gir et godt grunnlag for å kunne ta korrekte avgjørelser i god tid. For at radaren skal gi et best mulig bilde er det nødvendig at navigatøren jevnlig justerer parameter som «rain and sea clutter».

Ved besøk hos Furuno ble det påpekt at en trent navigatør er den beste radaroperatøren, og at automatisk innstilling ofte ikke fungerer tilfredsstillende. (Nakken, 2016)

Gruppen har derfor undersøkt Kelvin Hughes´ Solid State S-band radar som automatisk optimaliserer filterinnstillingene etter omgivelsene, noe som gir bedre deteksjonssannsynlighet for svake mål. Dette eliminerer i stor grad behovet for å kontinuerlig justere radaren etter forholdene, og kan være fordelaktig for bruk på ubemannede fartøy. Radarens automatiske «Acquisition Zone» kan være utfordrende å bruke i kystfarvann fordi den vil detektere og overvåke hvert eneste ekko, som for eksempel holmer, skjær og bøyer. Man kan anta at sonen vil kunne formes etter omgivelsene ved hjelp av GPS-systemet og kartdata, slik at den ikke automatisk detekterer faste og kjente objekter. I tillegg finnes det algoritmer som brukes i forbindelse med kameraprosessering, hvor programvaren detekterer kystlinjen og ekskluderer denne fra søkeområdet. Man kan anta at dette kan brukes for å forme «Acquisition Zone» mer nøyaktig.

Gruppen finner ingen litteratur som omhandler hvordan ARPA-funksjonen på SharpEye fungerer i praksis og kan derfor ikke bedømme hvor godt denne justerer deteksjonsterskelen. Ut ifra informasjonen nevnt i del 4.1.1 kan man likevel anta at ARPA-funksjonen på SharpEye vil fungere bedre enn på magnetron-radaren.

Lidaren har likheter med radaren, men benytter laser istedenfor elektromagnetiske bølger og kan benyttes som et separat og uavhengig system for deteksjon og målfølgning. Lidaren som ble omtalt i del 4.2.1 har en rekkevidde på omtrentlig 120 meter, og det anses derfor at rekkevidden er for kort for bruk på større fartøy. Det finnes derimot andre typer lidarar som opererer med kraftigere lasere, noe som kan resultere i økt rekkevidde, men slike lidarar har høyere fareklasse.

For at ubemannede fartøy skal fungere sammen med dagens skipsfart anser gruppen det som svært viktig at det visuelle elementet blir ivaretatt på lik eller bedre måte enn i dag. Dette fordi at det kan gi viktig informasjon fra et separat og uavhengig system, som ikke vil være mulig å innhente gjennom andre sensorsystemer. Ved å innføre kamerateknologi som et separat og uavhengig system, kan man muligens erstatte det visuelle elementet. I situasjoner

hvor kamera, radar og AIS gir samsvarende informasjon vil man normalt ha et tilstrekkelig grunnlag for å verifisere ulike mål.

Gruppen erfarer i del 7.2 at avstandsbedømmelse er svært vanskelig gjennom to-dimensjonale bilder. Forsøk gjort ved bruk av dagens kamerateknologi viser at det er mulig å beregne både peiling og avstand til objekter, og at man i tillegg kan dra nytte av det infrarøde spekteret ved bruk av IR-teknologi. Dette medfører at man i enkelte tilfeller kan ha mer tilgjengelig informasjon enn hva et menneskeøye kan oppfatte. I lett tåke vil spesielt et LWIR-kamera kunne gi muligheter for å oppdage objekter på lengre avstander enn hva man kan med syn alene. Forhold som regn, tåke og snø vil kunne nedgradere kameraets ytelse ved at IR-stråling fra objektet blir hindret i å nå fram til kameraet. Det er ikke kun siktforholdet som er en ulempe, men for eksempel kald nedbør kan kjøle ned eventuelle objekter og senke den infrarøde utstrålingen. En aktuell problemstilling kan være om programvaren til det ubemannede fartøyet klarer å skille for eksempel en flytende redningsflåte eller personer i vannet, fra å være en hindring til å faktisk være mennesker i nød. Et menneske på bro vil antakeligvis raskt kunne gjenkjenne en redningsflåte.

Bildesensorene som blir brukt i dagens kommersielle kameraer for montering på skip har normalt en oppløsning fra 320x240 til 1.920x1.080 piksler. Ved bruk av slike bildesensorer i kameraer er det krevende å oppnå tilstrekkelige antall piksler på objekter over store avstander uten bruk av optisk forstørrelse. Ulempen med å bruke optisk forstørrelse er at man reduserer FOV, og derfor mister oversikten bildet gir uten forstørrelse. Ved besøk hos Idar Ulstein og gjennom de mottatte videofilene fra Aptomar opplevde gruppen at bildet vibrerte og ble hakkete ved høy optisk forstørrelse (30 ganger), selv når kameraet var montert på en gyrostabilisert plattform. Det kan forventes at bevegelsene vil forsterkes i dårlig vær og vil kunne gi store utfordringer. Deteksjonsavstanden har en direkte sammenheng mellom FOV og antall piksler på objektet, og det er derfor viktig at kameraene har tilstrekkelig høy oppløsning. Ved bruk av større bildesensorer kan man oppnå flere piksler på objektet. Dette vil kunne øke sannsynligheten for å detektere mål, spesielt på lengre avstand, men kan da antakeligvis også kunne øke sannsynligheten for flere feildeteksjoner.

Dersom de visuelle utkikksploktene skal ivaretas bør man ha kameraer som kan detektere 360° rundt eget fartøy. Bruker man ett PTZ-kamera vil man ikke kunne opprettholde kontinuerlig visuell observasjon rundt fartøyet, noe som medfører at fartøy utenfor kameraets FOV ikke kan følges. Det er teoretisk mulig at ett PTZ-kamera roterer et fast antall rotasjoner

per minutt og detekterer og følger mål for hver rotasjon etter samme prinsipp som en radar eller lidar. Gruppen har ikke funnet litteratur som understøtter denne teorien.

Selv om det ikke er beregnet for montering på skip, tilbyr WAVcam 90° HFOV. Dette anses av gruppen å være en fordel for å detektere og følge flere mål samtidig. Ved bruk av kameraer med høy HFOV vil man kunne begrense antall kameraer – man vil kun trenge fire WAVcam for å kontinuerlig overvåke 360° rundt eget fartøy. Dette kameraet har høy oppløsning og gir derfor en teoretisk mulighet for tidligere deteksjon, men kan ikke dra nytte av fordelene med optisk forstørrelse.

Faren for feildeteksjoner ved bruk av kameraer er tilstede. Forsøkene nevnt i del 5.1 viser at størstedelen av feildetekterte objekter skyldtes hekkbølger. Man kan også tenke seg at økt vind og sjø vil forårsake feildeteksjoner på for eksempel sjørokk (figur 34). I litteraturen som gruppen har undersøkt er alle praktiske forsøk gjort innaskjærs eller langs kysten i godt vær, og gruppen finner det derfor dårlig dokumentert om dette er et faktisk problem. Sjøsprøyt, salt og regn på linsen kan muligens nedgradere systemets ytelse.

Gruppen har funnet to metoder for avstandsberegning av objekter ved bruk av kameraer. Den første metoden er ved bruk av stereosyn, mens den andre baserer seg på beregning av vinkelen mellom horisonten og de laveste pikslene på objektet. Fordelen med den sistnevnte metoden er at man ved bruk av kun ett kamera kan få peiling og avstand til objektet. Systemet tar

utgangspunkt i kameraets høyde over havet og objektets laveste piksler, og begge disse vil variere i rom sjø. Dette medfører at vinkelen mellom horisonten og objektet vil være i



Figur 34: Beaufort skala. (Met Office, 2010)

konstant forandring og gjøre avstandsberegningen unøyaktig. Man kan anta at problemet forbundet med kameraets bevegelser kan reduseres ved hjelp av informasjon fra en INU. En mulig begrensning kan være at man ikke har visuell observasjon av horisonten, for eksempel ved nedsatt sikt, eller i mørket ved bruk av dagkamera. Selv om objektet er i synsfeltet vil det da likevel ikke kunne avstandsbedømmes.

Dersom man bruker et stereokamera baseres ikke avstandsbedømmelsen på horisonten og kameraets høyde over havet, og man kan derfor unngå begrensningen relatert til høydebevegelsen til kameraet og manglende sikt til horisonten.

Som nevnt i del 5.1 har det blitt gjennomført tester for å avdekke hvor godt programvare kan ta beslutninger i henhold til sjøveisreglene ved bruk av stereokameraer. Disse testene viste at algoritmene som ble brukt ga svært gode resultater. Dette viser også at det finnes algoritmer som kan handle i henhold til sjøveisreglene. I forsøket ble alle fartøyene detektert, noe som tilsier at kamerasystemet var av tilstrekkelig kvalitet for scenariet.

Kartsystemet til Totem Plus tilbyr en DST-funksjon som gjør det mulig å kombinere ARPA- og AIS-data, og foreslår manøvrer basert på disse i henhold til sjøveisreglene. Systemet følger målene automatisk over tid, og det kan antas at slike systemer kan utvides for å støtte bruk av flere sensorer. Ved å for eksempel kombinere systemene fra ASV og Totem Plus vil man kunne oppnå en løsning som detekterer, verifiserer og følger mål basert på visuell sensorteknologi, radar og AIS.

For å kunne erstatte et menneske som utkikk med sensorteknologi kreves det at objekter kan detekteres i god nok tid. Gruppen finner ingen dokumenterte tilfeller hvor objekter detekteres tidlig nok for bruk på større ubemannede fartøy, da testene i oppgaven hovedsakelig baserer seg på deteksjon ogfølging av fartøy på en avstand under 1.500 meter.

Det er i dag strenge krav til radiokommunikasjon på større fartøy i nasjonal- og internasjonal fart. Kravet innebærer at man skal kunne motta sikkerhetsmeldinger for det området fartøyet befinner seg i. Slike meldinger kan være viktige for sikring av en seilas. Ubemannede fartøy kan ha stor nytte av å motta informasjon om for eksempel flytende containere eller andre situasjoner hvor man må være ekstra observant. Gruppen finner ingen tilfeller hvor programvare tolker meldingene på lik linje som et menneske, og anser derfor at slike meldinger må tolkes av en operatør på land. Dette gjelder også problemstillingen vedrørende tolkning av dagsignaler, lanterneføring og seilasrelaterte data over AIS. Man kan tenke seg at en «Haar-like Classifier», som sammenligner bilder mot en database, vil ha en teoretisk

mulighet for å bli brukt for å gjenkjenne lanterner og dagsignaler. Dette vil derfor kunne bli brukt for visuell klassifisering av objekter, men gruppen finner ikke litteratur som understøtter denne teorien. Sikkerhetsmeldinger som blir kringkastet fra land vil kunne overføres direkte til operatørstasjonen, mens man i enkelte tilfeller mottar sikkerhetsmeldinger fra fartøy i nærheten. Meldinger fra fartøy i nærheten kan antakeligvis overføres til land over satellittlinken som allerede er opprettet mellom fartøyet og operatørstasjonen.

På grunn av sensorsystemenes manglende evne til å klassifisere objekter, vil ikke systemene på et ubemannet fartøy i seg selv kunne oppfylle kravet stilt i problemstillingen som omhandler å kunne klassifisere ulike mål for å oppnå lik eller bedre situasjonsbevissthet enn et menneske på bro.

Som nevnt i del 6 er situasjonsbevisstheten til et menneske delt i tre nivå. Det andre nivået omhandler å forstå hva som foregår med objektene som er oppfattet i det første nivået. Ser man for seg et fartøy som er oppdaget gjennom sensorteknologi på et ubemannet fartøy, vil det andre nivået tilsvare klassifiseringen av objektet, ved å tolke for eksempel lanterneføring. På grunn av at det er operatøren som må stå for klassifiseringen, er det kun operatøren som har muligheten til å oppnå den fulle situasjonsbevisstheten. I en operatørstasjon vil det likevel være krevende å få sanseintrykk fra skipsbevegelser og nærhet til situasjonen. Hørsel blir nevnt i sjøveisregel 5, som en del av vurderingen av situasjonen. Benyttes et «Sound Reception Device» kan man høre lyder utenfor skipsbroen, men gruppen finner ingen litteratur vedrørende hvordan lyder prosesseres for å kunne brukes i en vurderingssammenheng ombord på ubemannede fartøy. Det kan antas at slik informasjon kan overføres til en operatørstasjon gjennom satellittkommunikasjonslinken som allerede er opprettet mellom det ubemannede fartøyet og land.

The Nautical Institute fremmer viktigheten med kjennskap til eget fartøy for å unngå farlige situasjoner. I dag har en navigatør ett fartøy å forholde seg til og får all informasjon i form av hjelpemidler på bro og det som blir observert. Dersom det oppstår begrensninger i kommunikasjonen til operatørstasjonen, altså en reduksjon i dataen som blir overført, vil muligens en operatør gå glipp av informasjon som en navigatør ellers ville hatt tilgjengelig.

Informasjonen man går glipp av som operatør kan være kritisk for å bygge rett forståelse av situasjonen, siden følelser er en så stor del av bevisstheten til et menneske. Mennesket kan

fylle hulrom i observasjoner og ta avgjørelser mer intuitivt basert på erfaringer og etablert kunnskap. (Damasio, 1999)

Forutsatt at programvare ikke kan gjennomføre klassifisering av objekter, vil det være nødvendig at en operatør gjennomfører slik klassifisering. I slike tilfeller vil det være behov for å få overført tilstrekkelig sensorinformasjon til en operatørstasjon. Ser man for seg seilaser over verdenshavene vil satellittkommunikasjon være den eneste praktiske løsningen for slik overføring. Det kommersielle satellittnettverket er i dag hovedsakelig basert på å skulle dekke landområder for å gi dekning til internett og TV. Ved fokus på økt behov for båndbredde til maritim sektor vil muligens ulike aktører tilby flere tjenester for dette.

En av hovedutfordringene i dag er at man sannsynligvis vil bruke en meget stor del av en satellitts kapasitet ved overføring av tilstrekkelige datamengder. Eksempelvis vil rådataen fra et kamera med Full-HD oppløsning og oppdateringsfrekvens på 24 bilder i sekundet kreve en overføringshastighet på 1,2 Gbit/s, noe som vil være tilnærmet umulig å oppnå ved bruk av dagens kommersielle satellittnettverk. Ser man behovet for å øke dataoverføringskapasiteten i kystnære områder, hvor både trafikk tetthet og trangere farvann kan føre til behov for mer nøyaktig overvåking, kan man dra nytte av allerede eksisterende mobilnett.

På grunn av at størrelsen på rådataen kan bli svært stor, vil datakomprimering bli viktig i forbindelse med overvåking og kontroll av ubemannede fartøy. Ved overføring av bilde, video og annen digital data kan man, ved bruk av riktige kompresjonsteknikker, redusere datamengden betraktelig. Dersom man komprimerer data, som for eksempel video, fra skip til land bør rådataen skipet prosesserer være av høyest mulig kvalitet for å gi et best mulig datagrunnlag til kompresjonsalgoritmene. Det er viktig å være bevisst på hva man eventuelt taper av data gjennom komprimeringen for å sikre at man ikke mister kritisk informasjon, som kan føre til manglende situasjonsforståelse. Ulike kompresjonsalgoritmer er designet for spesifikke bruksområder. Man kan anta at slike algoritmer kan utvikles eller, i større grad enn i dag, optimaliseres for å ekskludere unødvendig informasjon fra sensorene på ubemannede fartøy.

Som nevnt i del 8.2.3 vil effektiv båndbredde reduseres ved økt forsinkelse i datalinken. Ved overføring av direkte video vil dette problemet kunne minimeres ved bruk av UDP. For overføring av mer kritisk informasjon til og fra det ubemannede fartøyet, som krever bruk av TCP, kan forsinkelsen spille en større rolle for opplevd kvalitet på datalinken.

Slik man ser for seg framtidens satellittnettverk vil systemene kunne tilby tilsvarende forsinkelse som man opplever ved overføring på bakkenettet i dag. I tillegg vil man ha global dekning og kunne overføre større datamengder enn over dagens satellittnettverk.

Selv om man har tilstrekkelig sensorkvalitet og dataoverføringskapasitet tilgjengelig må systemene være pålitelige over tid. Når ubemannede fartøy seiler på havet vil man unngå at en enkelt feil skal kunne sette et system eller hele fartøyet ut av drift. Dette krever redundans både i systemene ombord og i kommunikasjonslinkene. Sensorer i tilknytning til utkikk, slik som radar og kamera, vil kunne dobles. I tillegg kan systemene skilles fra hverandre med en fysisk barriere for å øke redundansen ytterligere. Dette vil likevel ikke sikre systemet mot felles ytre påvirkninger som for eksempel kraftige regnbyger, sjøsprøyt eller nedsatt sikt. Mulig redundans for kommunikasjonslinken kan bestå av å benytte satellittsystemer styrt av ulike leverandører ved bruk av flere mobile antenner ombord. Inmarsat har også redundans i bakkestasjonene i GX-systemet, hvor jordstasjonene er plassert på to forskjellige steder på bakgrunn av statistiske værdata. Siden GX-satellittene til Inmarsat kobler seg til den jordstasjonen med best sendeforhold, vil dette gi økt redundans for satellittlinken. Skulle linken likevel brytes vil systemet automatisk koble seg til L-bånd satellittene. Selv om dataoverføringskapasiteten her er relativt lav, kan det gi muligheter for å blant annet overvåke posisjonsdata fram til en ny forbindelse er opprettet.

Noe av det som blir ansett som den største trusselen mot ubemannede fartøy er terrorisme. (Allianz Global Corporate & Specialty SE, 2015) Problematikken er nødvendigvis ikke så stor i dagens skipsfart, da man har bemannede fartøy hvor navigatører kontrollerer egen posisjon. Ser man derimot for seg en framtid hvor fartøy blir ubemannede kan problemene bli store. Ved å spoofe GPS-systemet på fartøyet vil det da være teoretisk mulig å styre et ubemannet fartøy hvor som helst. Potensielt sett kan man da utføre nye former for terror, som for eksempel å styre et ubemannet fartøy i en cruisebåt med flere tusen passasjerer eller å seile fartøyet til kai og stjele lasten. I tillegg kan man også se for seg at det kan oppstå problemer med jamming av satellittforbindelsen mellom skip og land, og fartøyet vil da muligens ikke lenger kunne kontrolleres og overvåkes.

Problemene nevnt gjennom oppgaven kan gjøre det utfordrende å erstatte dagens utkikk med sensorteknologi. En mulig fremgangsmåte kan være, som nevnt i intervjuet hos Rolls-Royce (Strand, 2016), at man stegvis innfører teknologiske sensorer som et hjelpemiddel for å sikre seilas parallelt med navigatørens rolle. Ved å innføre for eksempel kamerasystemer som

automatisk og kontinuerlig overvåker og følger fartøy, vil dette gi navigatøren tilleggsinformasjon fra et separat og uavhengig system. Etter at kamerasystemet er innført kan man i fremtiden innføre programvare som samler all informasjon fra sensorene og gir navigatøren råd om fart og kursforandringer som et ekstra verktøy for å unngå å komme i farlige situasjoner, mens navigatøren selv har kontroll over fartøyets framdrift. Etter hvert vil systemet muligens være presist nok og av god nok kvalitet for å kunne gjennomføre kurs- og fartsforandringer på egenhånd. Navigatøren vil da kunne endre arbeidsoppgavene til å monitorere systemet og gripe inn ved eventuelle farlige situasjoner. Når systemet er forbedret og sikkert nok til at man ikke lenger har behov for mennesker ombord, vil det være naturlig å kontrollere fartøyet fra en operatørstasjon på land.

10. Konklusjon

Hvert sensorsystem, som radar, kamera og AIS har fordeler og ulemper. Brukes disse sammen kan det oppstå en synergieffekt som utligner de negative sidene med hvert enkelt sensorsystem. Ved bruk av flere separate og uavhengige systemer vil man kunne kvalitetssikre informasjonen som er tilgjengelig og øke deteksjonssannsynligheten.

Det kan være fordelaktig å benytte kameraer som er konfigurert til å kontinuerlig overvåke 360° rundt eget fartøy, for å muliggjøre detektering og målfølgning av flere mål samtidig uten å miste oversikten.

Gruppen har funnet ut at deler av teknologien som er nødvendig for å erstatte dagens utkikk allerede finnes, men at den ikke er satt sammen til et fullverdig system for bruk på ubemannede fartøy.

Forutsatt at systemene ikke vil kunne oppdage, verifisere, klassifisere og følge ulike mål over tid på en tilfredsstillende måte, vil begrensningen ligge i om operatøren får overført tilstrekkelig informasjon for å kunne foreta en fullstendig vurdering av situasjonen.

Dataoverføringen vil antakeligvis kreve høy kapasitet og tilfredsstillende lav forsinkelse. For seilaser over verdenshavene vil satellittkommunikasjon være den eneste praktiske løsningen. Nye kommunikasjonsløsninger er allerede under utvikling og vil kunne tilby mer tilgjengelig overføringskapasitet i framtiden.

Datakomprimering kan redusere overføringsmengden og belastningen på dagens kommersielle satellittnettverk. Ved datakomprimering kan viktig informasjon gå tapt, noe som kan føre til redusert situasjonsbevissthet hos operatøren. Det vil være viktig med en stabil og pålitelig overføringslink mellom fartøyet og operatørstasjonen, da brudd i denne vil kunne føre til at man ikke lenger kan overvåke og kontrollere fartøyet fra land.

Gruppen har funnet systemer og teknologier som kan oppdage, verifisere og følge ulike mål over tid med uvisst pålitelighet. Det er derimot ikke funnet systemer som kan klassifisere mål, og dette gjenstår som ett av mange problemer for å kunne erstatte dagens utkikk med sensorteknologi.

11. Bibliografi

Admiralty, 2007/08. *Admiralty list of radio signals volum 5*. s.l.:United Kingdom Hydrographic Office.

Ahmed, M. F., 2006. *University of Florida*. [Internett]

Available at: http://cimar.mae.ufl.edu/CIMAR/pages/thesis/ahmed_m.pdf

[Funnet 14 April 2016].

Allianz Global Corporate & Specialty SE, 2015. *Allianz*. [Internett]

Available at:

https://www.allianz.com/v_1427190309000/media/press/document/other/Shipping-Review-2015.pdf

[Funnet 14 Mai 2016].

Alnes, S. & Breivik, F., 2016. *Inmarsat* [Intervju] (02 Februar 2016).

Andersen, G., 2015. *Store Norske Leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/digitalkamera>

[Funnet 28 April 2016].

Aptomar, u.d. *Technical Description, Specification and Installation for Oil Spill Detection*.

Trondheim: Aptomar.

Askheim, O. G. A. & Grenness, T., 2008. *Kvalitative metoder for markedsføring og organisasjonsfag*. 0105(Oslo): Universitetsforlaget.

Automatic Sea Vision, 2014. *ASV*. [Internett]

Available at: <http://www.asv.fr/en/media>

[Funnet 23 April 2016].

Automatic Sea Vision, 2014. *Panoramic watch*. [Internett]

Available at: <http://www.asv.fr/images/img-contenu/brochure-an/2014-08-CASE-STUDIES-PANORAMIC-WATCH-EN.pdf>

[Funnet 20 Mars 2016].

Automatic Sea Vision, u.d. *ASV*. [Internett]

Available at: <http://www.asv.fr/en/produits/asv-det>

[Funnet 15 Mars 2016].

BBC, 2011. *BBC*. [Internett]

Available at:

http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebite-size/science/aqa_pre_2011/radiation/anintroductionto_wavesrev2.shtml

[Funnet 15 Mai 2016].

Berlin, P., 1989. *Geostationära nyttosatelliter*. Lund: Studentlitteratur.

Bloisi, D., Iocchi, L., Fiorini, M. & Graziano, G., u.d. *University of Rome*. [Internett]

Available at: <http://www.dis.uniroma1.it/~bloisi/papers/bloisi-maritime-surveillance.pdf>

[Funnet 8 Februar 2016].

Cockcroft, A. N. & Lameijer, J. N. F., 2004. *A guide to the collision avoidance rules*. 6. red.

Oxford: Butterworth - Heinemann.

Comer, D. E., 2014. *Internetworking with TCP/IP, Volume One*. 6. red. Essex: Pearson Education Limited.

Dickerson, K., 2015. *Tech Insider*. [Internett]

Available at: <http://www.techinsider.io/spacex-satellite-program-brings-global-internet-access-2015-9>

[Funnet 29 April 2016].

Dragsnes, H. L., 2000. *Sjøveisregler og brovakthold*. 1. red. Oslo: Gyldendal

Yrkesopplæring.

Endsley, M. R. & Garland, D. J., 2008. *Situation awareness analysis and measurement*. 2. red.

Boca Raton: CRC Press.

Environment and Climate Change Canada, u.d. *Canada*. [Internett]

Available at: <https://www.ec.gc.ca/meteo-weather/279AC7ED-E09D-4E2A-A884-57321EA46B24/Met%20101%20Chapter%203%20Eng.pdf>

[Funnet 02 Mai 2016].

Evans, B. G., 2008. *Satellite Communication Systems*. 3. red. s.l.:The Institution of Engineering and Technology.

Fangen, K., 2015. *De nasjonale forskningsetiske komiteene*. [Internett]

Available at: <https://www.etikkom.no/fbib/introduksjon/metoder-og-tilnarminger/kvalitativ->

metode/#Observasjonsstudier

[Funnet 2 Mai 2016].

FLIR, 2012. *FLIR*. [Internett]

Available at: http://www.flir.com/uploadedFiles/CVS_Americas/Maritime_NEW/Case_Studies/FLIR-Oil-Spill-Application-Note.pdf

[Funnet 16 Mai 2016].

FLIR, 2015. *FLIR*. [Internett]

Available at: <http://www.flir.com/uploadedFiles/Marine/Products/Fixed-Thermal/MU-MV-Series/v110-MVMU-SeriesOperators%20Manual.pdf>

[Funnet 24 Mai 2016].

FLIR, u.d. *FLIR*. [Internett]

Available at: <http://www.flir.com/about/display/?id=41536>

[Funnet 28 April 2016].

FLIR, u.d. *FLIR*. [Internett]

Available at: http://www.flir.com/uploadedFiles/FOG_techNote_LR.pdf

[Funnet 25 Mai 2016].

Forsvarsstaben, 2014. *Forsvarets fellesoperative doktrine 2014*. [Internett]

Available at: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/317149/FFOD%202014.pdf>

[Funnet 28 April 2016].

Google, 2016. *Google Loon*. [Internett]

Available at: <https://www.google.com/loon/>

[Funnet 29 April 2016].

Hepsø, A., 2016. *Maritime Robotics* [Intervju] (19 April 2016).

Holter, H. & Kalleberg, R., 1996. *kvalitative metoder i samfunnsforskning*. 2. red. Oslo: Oslo universitetsforlag.

Ice.net, u.d. *Ice*. [Internett]

Available at: <https://www.ice.no/private/coverage/>

[Funnet 01 Mai 2016].

Infosec Institute, u.d. *Infosec Institute*. [Internett]

Available at: <http://resources.infosecinstitute.com/hacking-satellite-look-up-to-the-sky/>

[Funnet 27 Mai 2016].

Inmarsat, u.d. *Inmarsat*. [Internett]

Available at: <https://www.inmarsatgov.com/uploadedFiles/Resources/Downloads/inmarsat-5-coverage-map.pdf>

[Funnet 05 April 2016].

Internet World Stats, 2015. *Internet World Stats*. [Internett]

Available at: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

[Funnet 27 Mai 2016].

Jacobsen, D. I., 2003. *Hvordan gjennomføre undersøkelser?*. 4661(Kristiansand):

Høyskoleforlaget.

Jacobsen, D. I., 2015. *Hvordan gjennomføre undersøkelser?*. 3. utgave red. s.l.:Cappelen

DAMM AS.

Jason, K., 2015. *Motherboard*. [Internett]

Available at: <http://motherboard.vice.com/read/spacex-warns-paper-satellites-could-disrupt-its-space-internet-plan>

[Funnet 23 Mai 2016].

Jensen, S., 2002. *Introduksjon til datakommunikasjon*. 1. red. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag

AS.

Kelvin Hughes, u.d. *Kelvin Hughes*. [Internett]

Available at: <http://marel.gr/images/docs/49.pdf>

[Funnet 12 Mars 2016].

Kelvin Hughes, u.d. *Kelvin Hughes*. [Internett]

Available at: <https://www.kelvinhughes.com/>

[Funnet 20 Februar 2016].

Kjerstad, N., 2010. *Elektroniske og aukustiske navigasjonssystemer*. 4. red. Trondheim: Tapir

Akademiske Forlag.

Kleppe, B., 2015. *Kystverket*. [Internett]

Available at: <http://www.kystverket.no/Maritime-tjenester/Meldings--og->

[informasjonstjenester/AIS/AIS-regelverk-og-brukarkrav/](#)

[Funnet 02 Mai 2016].

Kristensen, T. R., 2012. *Lærebok for GMDSS/GOC*. 12. red. Leknes: Poseidon.

Kuwata, Y., T.Wolf, M., Zarzhitsky, D. & L.Huntsberger, T., 2014. *IEEEExplore*. [Internett]

Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6519944>

[Funnet 22 April 2016].

Laursen, W., 2015. *The Maritime Executive*. [Internett]

Available at: <http://www.maritime-executive.com/editorials/the-week-in-review-cruise-ship-connectivity>

[Funnet 30 April 2016].

Lavery, B., 2006. *Skip*. 1. red. Oslo: Pegasus forlag.

Lee, G. W. U. & Parker, J., 2007. *Managing collision avoidance at sea*. 1. red. London: The Nautical Institute.

Man, Y., Prison, J. & Porathe, T., 2014. *Chalmers*. [Internett]

Available at: http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/194797/local_194797.pdf

[Funnet 30 Mai 2016].

Maral, G. & Bousquet, M., 1998. *Satellite Communication Systems*. 3. red. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

MatWorks, u.d. *MathWorks*. [Internett]

Available at: <http://se.mathworks.com/discovery/optical-flow.html>

[Funnet 03 05 2016].

Met Office, 2010. *Met office*. [Internett]

Available at: http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/b/7/Fact_sheet_No._6.pdf

[Funnet 4 Mai 2016].

MUNIN, 2012. *unmanned-ship.org*. [Internett]

Available at: <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2014/02/d4-3-eval-ship-shore-v11.pdf>

[Funnet 24 Mai 2016].

Nakken, B., 2016. *Furuno* [Intervju] (11 Februar 2016).

Norris, D. A., 2008. *Integrated Bridge System Vol 1: RADAR and AIS*. 1. red. London: The Nautical Institute.

Nærings- og fiskeridepartementet, u.d. *Lovdata*. [Internett]
Available at: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1975-12-01-5>
[Funnet 04 April 2016].

O3b Networks, u.d. *O3b Networks*. [Internett]
Available at: http://www.o3bnetworks.com/wp-content/uploads/2015/02/white-paper_latency-matters.pdf
[Funnet 15 04 2016].

Olenewa, J. & Ciampa, M., 2007. *Wireless# Guide to Wireless Communications*. 2. red. Boston(Massachusetts): Thomson Course Technology.

Olson, E., 2015. *Remotemagazine*. [Internett]
Available at: <http://www.remotemagazine.com/main/articles/understanding-pixels-on-target/>
[Funnet 29 April 2016].

OneWeb, 2016. *OneWeb*. [Internett]
Available at: <http://oneweb.world>
[Funnet 20 April 2016].

Ottesen, A. E., 2014. *ntnu*. [Internett]
Available at:
<https://www.ntnu.no/documents/10401/1264435841/Artikkel+Are+E+Ottesen.pdf/abb533ae-e73a-489e-80ec-f0e198e72c0a>
[Funnet 02 Mai 2016].

Pires, N., Guinet, J. & Dusch, E., u.d. *ASV*. [Internett]
Available at:
http://web1.see.asso.fr/ocoss2010/Session_2/20100521204750_OCOSS_ASV_Guinet.pdf
[Funnet 02 04 2016].

Rouse, M., 2014. *WhatIs*. [Internett]
Available at: <http://whatis.techtarget.com/definition/frequency-jammer>
[Funnet 22 Mai 2016].

Sofradir EC, u.d. *Sofradir-ec*. [Internett]

Available at: <http://www.sofradir-ec.com/wp-uncooled-detectors-achieve.asp>

[Funnet 02 April 2016].

SpaceX, 2016. *SpaceX*. [Internett]

Available at: <http://www.spacex.com/about>

[Funnet 29 April 2016].

SpaceX, 2016. *SpaceX*. [Internett]

Available at: <http://www.spacex.com/news/2013/03/31/reusability-key-making-human-life-multi-planetary>

[Funnet 29 April 2016].

Statens Strålevern, 2014. *Statens Strålevern*. [Internett]

Available at: <http://www.nrpa.no/fakta/90813/laserklasser>

[Funnet 20 Mai 2016].

Store Norske Leksikon, 2005. *SNL*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/algorithm>

[Funnet 26 April 2016].

Store norske leksikon, 2009. *Store norske leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/jamming>

[Funnet 24 Mai 2016].

Strand, J. P., 2016. *Rolls-Royce marine* [Intervju] (18 Februar 2016).

TechCrunch, 2016. *TechCrunch*. [Internett]

Available at: <http://techcrunch.com/2016/04/19/oneweb-will-mass-produce-historic-number-of-satellites-with-new-florida-factory/>

[Funnet 29 April 2016].

Telenor, u.d. *Telenor*. [Internett]

Available at: https://www.telenor.no/privat/dekning/dekning_data.jsp

[Funnet 01 Mai 2016].

Totem Plus, u.d. *Totem Plus*. [Internett]

Available at: <http://www.totemplus.com/eccdis.html>

[Funnet 24 April 2016].

Vaas, L., 2013. *Naked security by SOPHOS*. [Internett]

Available at: <https://nakedsecurity.sophos.com/2013/07/31/80-million-yacht-hijacked-by-students-spoofing-gps-signals/>

[Funnet 24 Mai 2016].

Velodyne LiDAR, 2009. *Velodynelidar*. [Internett]

Available at:

http://velodynelidar.com/docs/papers/HDL%20white%20pages_Maritime_lowres.pdf

[Funnet 20 Mai 2016].

Velodyne LiDAR, u.d. *Velodynelidar*. [Internett]

Available at: <http://velodynelidar.com/hdl-64e.html>

[Funnet 28 April 2016].

WAVcam, u.d. *Wavcam Innovative Signal Analysis*. [Internett]

Available at: <http://www.wavcam.com/>

[Funnet 02 April 2016].

Wolff, C., u.d. *Radartutorial*. [Internett]

Available at: <http://www.radartutorial.eu/index.en.html>

[Funnet 20 April 2016].

Wolff, C., u.d. *Radartutorial*. [Internett]

Available at: <http://www.radartutorial.eu/01.basics/Distance-determination.en.html>

[Funnet 20 April 2016].

youtube.com, 2015. *OneWeb Press Conference*. s.l.:youtube.com.

ZÖLLNER, u.d. *Pacatlantic*. [Internett]

Available at: <http://www.pacatlantic.com/zollner/wp-content/uploads/sites/3/2015/04/SRD-Brochure-Detail.pdf>

[Funnet 07 Mars 2016].

12. Figurliste

Figur 1: Ampitude og bølgelengde. (BBC, 2011).....	10
Figur 2: Magnetron-radar til venstre og SharpEye til høyre. (Kelvin Hughes, u.d.).....	12
Figur 3: HDL-64E S3 lidar. (Velodyne LiDAR, u.d.).....	13
Figur 4: Sammenligning i kilometer av syn, MWIR og LWIR. (FLIR, u.d.).....	14
Figur 5: WAVcam. (WAVcam, u.d.).....	15
Figur 6: Virkemåte. (WAVcam, u.d.).....	15
Figur 7: SECurus. (Aptomar, u.d.).....	16
Figur 8: Prinsipp for avstandsberegning i stereokamera. (Ahmed, 2006).....	16
Figur 9: Skjermdump av simulert eksperiment. (Kuwata, et al., 2014).....	17
Figur 10: Zoeller SRD 414/2 Elephant Ears. (ZÖLLNER, u.d.).....	18
Figur 11: Optisk flyt. (MatWorks, u.d.).....	21
Figur 12: ASV programvare benyttet på dagkamera. (Automatic Sea Vision, 2014).....	21
Figur 13: ASV-DET modulens oppbygging. (Pires, et al., u.d.).....	22
Figur 14: Eksempel på kursforandring uten korreksjon. (Pires, et al., u.d.).....	22
Figur 15: Prinsipp for avstandsmåling. (Pires, et al., u.d.).....	23
Figur 16: Relativ distansefeil med FLIR SR19. (Pires, et al., u.d.).....	23
Figur 17: Forklaring på Tabell 2. (Pires, et al., u.d.).....	23
Figur 18: Falskt objekt grunnet hekkbølge. (Pires, et al., u.d.).....	24
Figur 19: Skjermdump fra Totem Plus. (Totem Plus, u.d.).....	25
Figur 20: FLIR MV. (FLIR, 2015).....	27
Figur 21: Fyr på 285 meter dag- og IR-kamera. (Privat foto).....	28
Figur 22: Havsteinen 5 kilometer. (Privat foto).....	28
Figur 23: Fiskefartøy på 7 km uten forstørrelse venstre og med forstørrelse høyre. (Privat foto).....	29
Figur 24: Simulatorbroen Giske. (Privat foto).....	30
Figur 25: Dekningsområdet til Inmarsat-5. (Inmarsat, u.d.).....	36
Figur 26: Lastetid for Wall Street Journal med ulik forsinkelse. (O3b Networks, u.d.).....	37
Figur 27: Jamming av satellittsignaler. (Infosec Institute, u.d.).....	38
Figur 28: Telenors mobildekning ved innseilingen til Ålesund. (Telenor, u.d.).....	38
Figur 29: Ett av Maritime Robotics´ ubemannede fartøy. (Hepsø, 2016).....	39
Figur 30: Maritime Robotics´ system for overvåking av fartøy fra operatørstasjonen. (Hepsø, 2016).....	39

Figur 31: OneWebs planlagte satellittkonstellasjon. (OneWeb, 2016).....	41
Figur 32: OneWebs planlagte satellitter. (OneWeb, 2016).....	41
Figur 33: Project Loon, planlagt manøvrering i stratosfæren. (Google, 2016).....	42
Figur 34: Beaufort skala. (Met Office, 2010)	46

13. Tabelliste

Tabell 1: Sammenheng mellom Sea State, bølgehøyde og karakteristik. (Enviroment and Climate Change Canada, u.d.)	11
Tabell 2: Deteksjonsresultat av testsekvens. (Pires, et al., u.d.)	23
Tabell 3: Bånd for satellittkommunikasjon. (Olenewa & Ciampa, 2007)	34