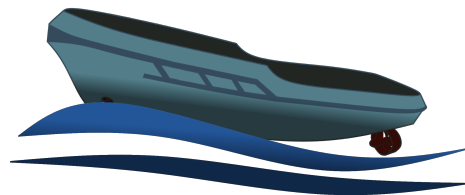


Kravspecifikation

Oscar Hermansson, Oskar Jonsson, Jonatan Siönäs,
Axel Ståhlbom, Johannes Wenngren, Tim Wiik

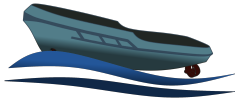
7 december 2021

Version 1.3



Status

Granskad	Oscar	2021-11-28
Godkänd		



Projektidentitet

Beställare: Fredrik Ljungberg, Linköpings universitet
E-post: fredrik.ljungberg@liu.se

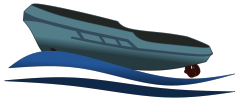
Kund: Jonas Linder, ABB Corporate Research
E-post: jonas.x.linder@se.abb.com

Handledare: Gustav Zetterqvist
E-post: gustav.zetterqvist@liu.se

Kursansvarig: Daniel Axehill och Gustaf Hendeby
E-post: daniel.axehill@liu.se, gustaf.hendeby@liu.se

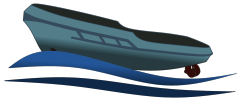
Projektdeltagare

Namn	Ansvar	E-post
Oscar Hermansson	Dokumentansvarig	osche354@student.liu.se
Oskar Jonsson	Hårdvaruansvarig	oskjo275@student.liu.se
Jonatan Siönäs	Designansvarig	jonsi043@student.liu.se
Axel Ståhlbom	Mjukvaruansvarig	axest992@student.liu.se
Johannes Wenngren	Projektledare	johwe475@student.liu.se
Tim Wiik	Testansvarig	timwi572@student.liu.se



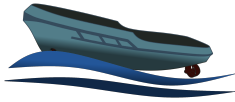
INNEHÅLL

1	Inledning	1
1.1	Parter	1
1.2	Syfte och mål	1
1.3	Användning	1
1.4	Bakgrundsinformation	1
1.5	Notationer	1
2	Översikt av systemet	2
2.1	Produktkomponenter	2
2.2	Beroenden till andra system	3
2.3	Avgränsningar	3
2.4	Designfilosofi	3
3	Systemkrav	3
3.1	Designkrav	3
3.2	Funktionella krav	4
3.3	Användargränssnitt	4
3.4	Modell	4
3.5	Regleringskrav	6
3.6	Sensorfusionskrav	7
3.7	Tillförlitlighet	7
4	Ekonomi	8
5	Krav på säkerhet	8
6	Leveranskrav och delleveranser	8
7	Dokumentation	9
8	Utbildning	10
9	Kvalitetskrav	10
10	Underhållbarhet	11
	Referenser	12



DOKUMENTHISTORIK

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
0.1	2021-09-09	Första utkast	Samtliga	Oscar, Axel
0.2	2021-09-20	Andra utkast	Samtliga	Tim, Jonatan, Johannes
1.0	2021-09-23	Första revision	Samtliga	Tim, Jonatan, Johannes
1.1	2021-11-19	Omförhandling av modellkraven	Samtliga	Oscar
1.2	2021-11-28	Omförhandling av prestanda- och tillförlitlighetskrav	Samtliga	Johannes
1.3	2021-11-28	Omförhandling av modellkrav för körning rakt fram	Samtliga	Oscar



1 INLEDNING

Detta dokument presenterar kraven som ska uppfyllas i projektet: *Model-based Control of Small-scale Surface Vessel* i kursen TSRT10 HT2021. Många industrier blir mer och mer automatiserade, detta gäller även skeppindustrin där det finns potential att spara pengar, tid och öka tillförlitligheten genom att automatisera framförandet av t.ex. fraktfartyg. Projektet har därmed som mål att modellera en småskalig farkost och att sedan ta fram tester som kan användas för att så snabbt som möjligt bestämma modellparametrar. Utöver detta ska även navigering och reglering för farkosten utvecklas.

1.1 Parter

Projektet genomförs av gruppmedlemmarna, bestående av studenter vid Linköpings universitet. Till hjälp finns handledare Gustav Zetterqvist, beställare Fredrik Ljungberg och kursansvariga Daniel Axehill och Gustaf Hendeby som alla är anställda på universitetet. Kunden är Jonas Linder från ABB Corporate Research.

1.2 Syfte och mål

Projektet utförs främst i utbildningssyfte men ska även vidareutveckla ett system för en småskalig vattenfarkost. Målet är att det ska finnas en matematisk modell för farkosten samt att den med hjälp av modellbaserad reglering kan framföras autonomt längs en önskad rutt.

1.3 Användning

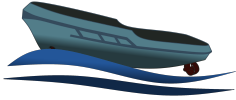
Farkosten är en testplattform som avses användas för utveckling av styrsystem för autonoma vattenfarkoster. Genom ett användarvänligt användargränssnitt kommer en operatör kunna tillhandahålla noder som fartygssystemet översätter till en rutt som efterföljs. Detta kan användas i utvecklings- och utbildningssyfte av universitetet.

1.4 Bakgrundsinformation

Farkosten och tillhörande system är en produkt som genererats av två tidigare examensarbeten. Mest nyligen av Gustav Zetterqvist (handledare) och Fabian Steen [1] samt tidigare av Esaias Jerrelinds [2] examensarbete.

1.5 Notationer

- GNSS: Global Navigation Satellite Systems
- ROS: Robot Operating System
- MPC: Model Predictive Control
- RTK: Real Time Kinematic
- IMU: Inertial Measurement Unit

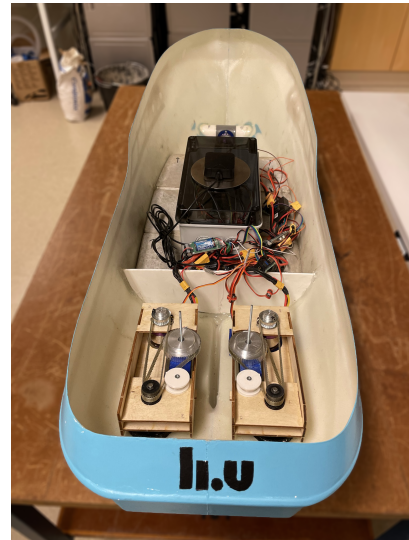


2 ÖVERSIKT AV SYSTEMET

Systemet utgörs av en mindre ytfarkost utrustad bland annat med en Raspberry Pi 4 som möjliggör styrning och kommunikation med farkostens elektriska komponenter. Huvudfunktionerna som Raspberry Pi:n har är att styra motorens rotationshastighet, vinklarna på roderpropellrarna samt att läsa in sensordata från farkostens givare.



(a) Farkosten från sidan.

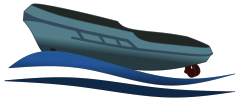


(b) farkosten snett uppifrån.

Figur 1: Bild av systemet

2.1 Produktkomponenter

1. Farkost/plattform - En 0.99 m lång och 0.3 m bred båt, se Figur 1.
2. Framdrivningssystem - Två styck styrbara roderpropellrar i aktern samt en bogpropeller i fören.
3. Styrenhet - Två servon styr riktningen på roderpropellrarna, dessa servon och de tre propellrarnas hastigheter styrs av borstlösa DC-motorer via Raspberry Pi:n.
4. Matematisk modell - En modell som beskriver farkostens rörelse med 3 frihetsgrader ska tas fram.
5. Sensorsystem - Farkosten är utrustad med en IMU för att mäta acceleration, rotationshastighet och magnetfält. Utöver detta finns även GNSS (Global Navigation Satellite System) med RTK för precis uppmätning av position samt takometer på samtliga propellrar.
6. Reglersystem - Modellbaserad reglering för att följa önskad rutt, ska utvecklas till Raspberry Pi:n.
7. En extern dator för att styra Raspberry Pi:n via GUI:t som ska utvecklas.



2.2 Beroenden till andra system

Systemet är beroende av GNSS för positionering och går därför bara att köras utomhus. För kontroll av farkosten är systemet beroende av den implementation av ROS som tidigare gjorts av Gustav Zetterqvist och Fabian Steen.

2.3 Avgränsningar

Inga större ändringar kommer att göras på farkostens hårdvara. Resultaten kommer baseras på farkostens befintliga konfiguration. Projektiden är begränsad till 240 timmar per student. Tester kommer att utföras vid tillåtande väderlek vid en mindre insjö utanför Linköping.

2.4 Designfilosofi

Ytfarkosten ska vara så oberoende som möjligt, alltså ska så mycket som möjligt av funktionaliteten finnas på farkostens Raspberry Pi. Farkostens delsystem ska vara modulära så att de ska fungera och kunna testas oberoende av varandra. Kod och annan dokumentation ska hålla en hög standard för att möjliggöra en god överlämning till framtida arbeten. Modellen kommer att utvecklas baserat på data från testkörningar med kända insignaler där olika manövrar utförs i olika hastigheter. Regulatorn kommer att utvecklas i simuleringsmiljö innan den testas på hårdvaran.

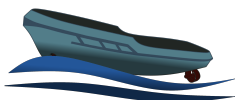
3 SYSTEMKRAV

Under den här rubriken presenteras specifika krav för farkosten och systemet. Baskraven har prioritet medan extrakraven är krav som uppfylls i mån av tid.

3.1 Designkrav

Nedan presenteras krav för designen.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
1	1	All styrande mjukvara skall implementeras på Raspberry Pi.	Bas
2	1	IMU:n ska användas för att skatta farkostens orientering.	Bas
3	1	GNSS ska användas för att skatta farkostens position.	Bas
4	1	ROS ska användas för att för att kommunicera mellan farkostens delsystem.	Bas
5	1	Farkostens roderpropeller ska användas för framdrivning och styrning.	Bas
6	1	Farkostens bogpropeller ska användas för framdrivning och styrning.	Bas
7	1	Den befintliga RC-kontrollen ska kunna användas för att styra farkosten.	Bas



3.2 Funktionella krav

Nedan presenteras de funktionella kraven för farkosten.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
8	1	Riktningen på trustorerna ska kunna bestämmas med maximalt vinkelfel på 5°.	Bas
9	1	Mätningarna från GNSS skall göras med en frekvens på minst 8 Hz	Bas
10	1	Mätningarna från IMU skall göras med en frekvens på minst 8 Hz	Bas
11	1	Batterisensor för farkosten ska implementeras.	Bas

3.3 Användargränssnitt

Nedan presenteras krav för användargränssnittet som ska implementeras på en datorn.

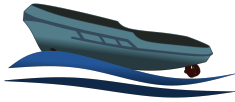
Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
12	1	I användargränssnittet ska noder kunna specificeras (dessa anger en position, vinkel och hastighet för båtens rutt).	Bas
13	1	Användargränssnittet ska via datorn kommunicera kontinuerligt med Raspberry Pi:n via Wi-Fi.	Bas
14	1	Användargränssnittet visar farkostens position, hastighet och orientering, både grafiskt och med siffror.	Extra
15	1	Farkostens motorer ska kunna stängas av med hjälp av ett nödstopp via det grafiska gränssnittet.	Extra
16	1	I användargränssnittet kan farbart vatten definieras för att undvika kollisioner.	Extra

3.4 Modell

Nedan presenteras krav för modellen.

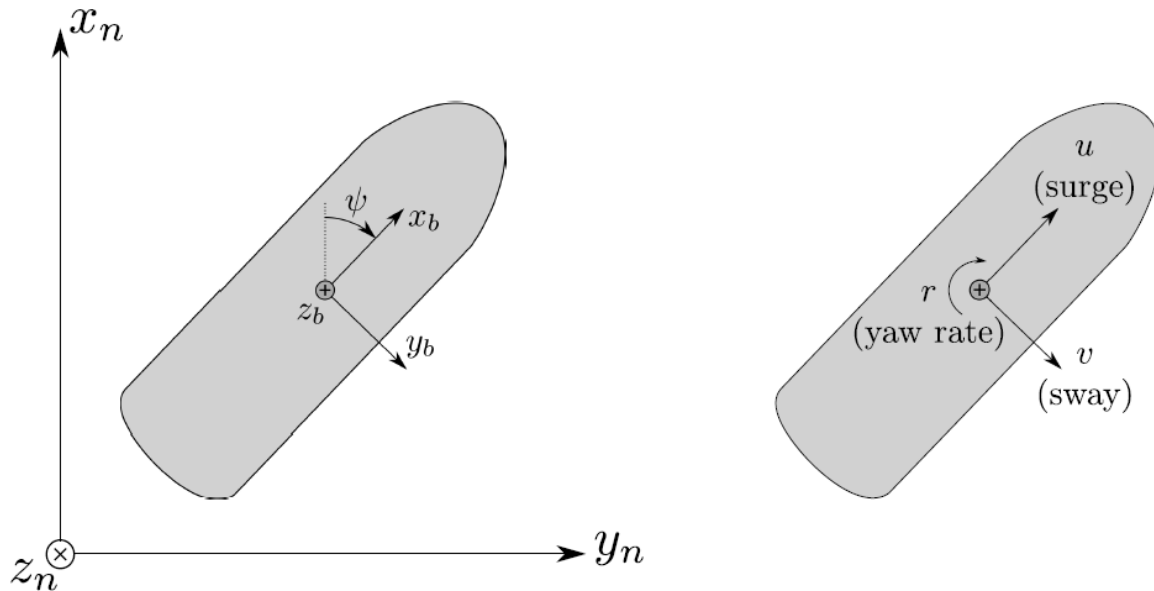
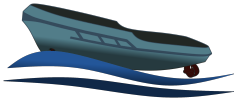
Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
17	1	Modellen skall beräkna farkostens position och hastighet (x och y som definieras som i figur 2) samt riktningen och rotationshastighet i det horisontella planet, endast baserat på styrsignaler och startposition.	Bas

forts. på nästa sida



forts. från föregående sida

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
18	1	Modellen skall kunna modellera farkosten när den kör i x_b led (enligt figur 2), med en godtycklig hastighet inom intervallet 1-3 m/s. Felmarginal för ett intervall på 2.5 sekunder för modellerad position och hastighet på max 80 cm respektive 50 cm/s, orienteringsfelet ska ligga under 30° . Felet mäts relativt det som uppmätts av GNSS med RTK samt skattats från IMU:n och ska vara under gränsen hela sträckan.	Bas
19	1	Modellen skall kunna modellera farkosten när den i y_b led (enligt figur 2), med en godtycklig hastighet inom intervallet 0.1-0.5 m/s. Felmarginal för ett intervall på 2.5 sekunder för modellerad position och hastighet på max 70 cm respektive 15 cm/s, orienteringsfelet ska ligga under 30° . Felet mäts relativt det som uppmätts av GNSS med RTK samt skattats från IMU:n och ska vara under gränsen hela sträckan.	Bas
20	1	Farkosten skall modelleras under "loop" med styrutslag 30° och en hastighet mellan 1-3 m/s. Med en "loop" menas en sväng med konstant styrutslag som pågår så länge att färdrutten korsar sig själv. Felmarginal för ett intervall på 2.5 sekunder för modellerad position och hastighet på max 70 cm respektive 50 cm/s, orienteringsfelet ska ligga under 30° . Felet mäts relativt det som uppmätts av GNSS med RTK samt skattats av IMU och ska vara under gränsen hela sträckan.	Bas
21	1	Tillräckligt med data ska samlas in för att kunna skatta en modell i enlighet med krav 19 och 20.	Bas



Figur 2: Beskrivning över det lokala koordinatsystemet

3.5 Regleringskrav

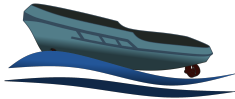
Nedan presenteras krav för reglersystemet.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
22	1	Farkosten kan planera en rutt givet minst två noder.	Bas
23	1	Farkosten ska regleras modellbaserat.	Bas
24	1	Farkosten ska kunna regleras i svagt strömmande vatten (ca 0.1 m/s).	Extra

3.5.1 Prestandakrav

Nedan presenteras krav för prestandan.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
25	2	Farkosten skall kunna följa en planerad rutt där GPS-mottagaren skall vara inom 100 cm maximalt fel från rутten enligt GNSS med RTK.	Bas
26	Borttagen	Farkosten skall kunna hålla en stillastående position i 1 minut med 10 cm maximalt fel för position relativt GNSS med RTK och 10° vinkel i maximalt fel relativt den skattade vinkeln (se krav 26).	Bas



3.6 Sensorfusionskrav

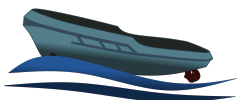
Nedan presenteras krav för sensorfusionsmodulen.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
27	1	Data från IMU:n ska vägas samman för en gemensam skattning av farkostens riktning i det horisontella planet.	Bas
28	1	Skattningen av riktning i det horisontella planet ska ha en felmarginal på maximalt 3 grader. Detta kontrolleras genom att farkosten roteras ett helt antal varv och förflyttas för att utsättas för accelerationer i horisontell led vilka inte överstiger en g varefter farkosten placeras i sin ursprungsposition och algoritmens angivna vinkel ska då ligga inom felmarginalen.	Bas

3.7 Tillförlitlighet

Nedan presenteras krav för tillförlitligheten.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
29	2	Farkosten skall kunna uppfylla baskraven för prestanda i avsnitt 3.5.1 under framfart i en ungefärlig hastighet på 0.4 m/s i mindre insjö under goda väderförhållanden.	Bas
30	1	Farkosten skall kunna uppfylla baskraven för prestanda under strömt vatten med en hastighet på 0.1 m/s .	Extra



4 EKONOMI

Nedan presenteras den ekonomiska kraven.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
31	1	Varje gruppmedlem ska lägga ner 240 timmar på projektet.	Bas
32	1	ISY står för 40 timmars handledningstid.	Bas
33	1	ISY står för ett forskningslabb och hårdvara.	Bas

5 KRAV PÅ SÄKERHET

Nedan presenteras krav för säkerhet.

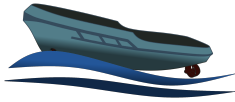
Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
34	1	Farkostens batterier ska alltid förvaras i brandsäkert laddskåp när de inte används.	Bas

6 LEVERANSKRAV OCH DELLEVERANSER

Nedan presenteras krav för leveranser.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
35	1	Innan Beslutspunkt 2 (BP2) ska en presentation av systemet hållas för beställaren.	Bas
36	1	BP2 ska infalla senast tre veckor efter första föreläsningen i kursen. Då ska följande levereras: kravspecifikation, projektplan inklusive tidsplan, utkast till designspecifikation.	Bas
37	1	Vid BP3 ska följande levereras: testplan, designspecifikation.	Bas
38	1	Vid BP4 ska följande levereras: data insamlad från ett flertal körningar, verifiering av modellkraven och utkast på testprotokoll.	Bas
39	1	Vid BP5 ska följande levereras: all funktionalitet, testprotokoll, användarhandledning och presentation där det visas att kravspecifikationen är uppfylld.	Bas

forts. på nästa sida



forts. från föregående sida			
Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
40	1	Vid BP6 ska följande levereras: teknisk rapport, efterstudie med uppföljning av resultat och använd tid, posterpresentation, hemsida som beskriver projektet och film att publicera.	Bas

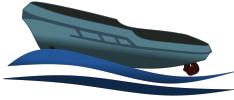
7 DOKUMENTATION

Tabell 12 listar de dokument som skall produceras

Tabell 12: Dokument som skall produceras

Dokument	Språk	Syfte	Målgrupp	Format
Projektplan	Svenska	Planera projektet	De inblandade i projektet	Textdokument
Kravspecifikation	Svenska	Specificera kraven	De inblandade i projektet	Textdokument
Mötesprotokoll/Statusrapport	Svenska	Rapportera projektets framsteg	Beställare och kunden	Textdokument
Översiktlig tidplan	Svenska	Planera projektet	De inblandade i projektet	Excelark
Enkel testplan	Svenska	Planera tester	De inblandade i projektet	Textdokument
Designspecifikation	Svenska	Detaljerad systembeskrivning	De inblandade i projektet	Textdokument
Testprotokoll	Svenska	Anteckningar från tester	De inblandade i projektet	Textdokument
Tidsrapportering	Svenska	Rapportering av tid per person	De inblandade i projektet	Excelark
BP-mötesprotokoll	Svenska	Anteckningar från BP-möte	Projektgruppen	Textdokument
Användarhandledning	Svenska	Manual för systemet	Kund	Textdokument
Teknisk rapport	Svenska	Rapportering av projektresultat	Kund, beställare och handledare	Textdokument
Efterstudie	Svenska	Uppföljning av resultat	De inblandade i projektet	Textdokument
Hemsida	Engelska	Informera om projektet	Alla	Hemsida
Youtube video	Engelska	Demonstrera projektet	Alla	Video
Poster	Engelska	Sammanfattning av projektet	Alla	Affisch

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
41	1	Alla dokument skall uppfylla instruktioner beskrivna i projektdirektivet [3].	Bas



8 UTBILDNING

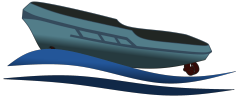
Nedan presenteras kravspecifikation för utbildning.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
42	1	Varje gruppmedlem ska ha fått en genomgång av farkosten med tillhörande hårdvara.	Bas

9 KVALITETSKRAV

Nedan presenteras kravspecifikation för kvalitetskrav.

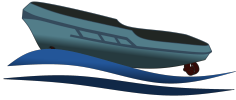
Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
43	1	Ändringar i kravspecifikationen måste förhandlas med beställaren och kunden.	Bas
44	1	Koden i farkosten ska följa ROS:s kodstandard: http://wiki.ros.org/CppStyleGuide	Bas
45	1	Övrig nyskriven kod ska uppfylla Googles kodstandard: https://google.github.io/styleguide/cppguide	Bas



10 UNDERHÅLLBARHET

Nedan presenteras kravspecifikation för underhållbarhet.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
46	1	Utrustningen ska i den mån möjligt lämnas tillbaka i samma skick som den överlämnades till projektgruppen.	Bas



REFERENSER

- [1] G. Zetterqvist och F. Steen, *Modelling and Trajectory Planning for a Small-Scale Surface Ship*, master thesis, Linköpings Universitet, Sverige, 2021.
- [2] E. Jerrelind, *Linear Quadratic Control of a Marine Vehicle with Azimuth Propulsion*, master thesis, Linköpings Universitet, Sverige, 2021.
- [3] F. Ljungberg, *Projektdirektiv, Model-based Control of Small-scale Surface Vessel*, 2021.