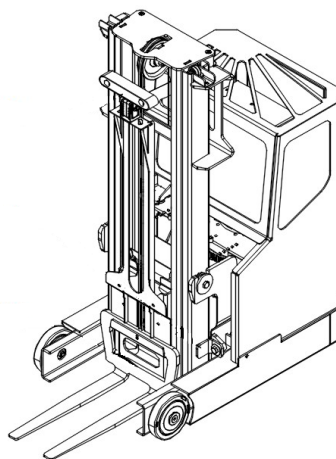


Projektplan

Autonomstyrning av gaffeltruck

Version 1.0

L.A.M.A
12 oktober 2016



Status

Granskad	Samtliga projektmedlemmar	2016-09-21
Godkänd	Andreas Bergström	2016-09-23

Projektidentitet

Gruppmail: jenst280@student.liu.se
Hemsida: <http://www.isy.liu.se/edu/projekt/reglerteknik/2016/forklift/>
Beställare: Andreas Bergström, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46 (0)10-711 54 54, **Mail:** andreas.bergstrom@liu.se

Kund: Emil Selse, Toyota Material Handling
Telefon: +46 (0)702032254 , **Mail:** emil.selse@toyota-industries.eu

Kursansvarig: Daniel Axehill, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46 (0)13 284042, **Mail:** daniel@isy.liu.se

Projektledare: Jenny Stenström

Handledare: Erik Hedberg, ISY, Linköpings universitet
Telefon: +46 (0)13 281338 , **Mail:** erik.hedberg@liu.se
Samuel Lindgren, Toyota Material Handling
Telefon: +46 (0)767614024 , **Mail:** samuel.lindgren@toyota-industries.eu

Gruppmedlemmar

Namn	Ansvarsområde	Telefon	Mail (@student.liu.se)
Johan Almgren	Testansvarig	070-206 72 45	johal611
Henrik Andersson	Dokumentansvarig	073-854 77 79	henan562
Gustav Elingsbo	Informationsansvarig	073-685 19 75	gusel411
Mikael Hartman	Integrationsansvarig	076-771 13 38	mikha130
Petter Landerhed	Designansvarig	070-627 82 52	petla189
Andreas Norén	Mjukvaruansvarig	072-394 89 95	andno111
Jenny Stenström	Projektledare	070-329 92 21	jenst280

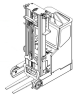
Dokumenthistorik

Version	Datum	Ändringar	Utförd av	Granskare
0.1	2016-09-15	Första utkast.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar
0.2	2016-09-19	Andra utkast.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar
0.3	2016-09-21	Tredje utkast.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar
1.0	2016-09-23	Första version.	L.A.M.A.	Samtliga projektmedlemmar

Innehåll

1 Översiktlig beskrivning av projektet	1
1.1 Projektets bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	1
1.3 Leveranser	1
1.4 Begränsningar	1
2 Fasplan	1
2.1 Före projektstart	2
2.2 Under projektet	2
2.3 Efter projektet	2
3 Organisationsplan för hela projektet	2
3.1 Villkor för samarbete inom projektgruppen	2
3.2 Definition av arbetsinnehåll och ansvar inom projektgruppen	2
3.3 Övriga inblandade i projektet	3
3.4 Organisationsdiagram	3
4 Dokumentplan	3
5 Utvecklingsmetodik	4
6 Utbildningsplan	4
6.1 Egen utbildning	4
6.2 Kundens utbildning	5
7 Rapporteringsplan	5
8 Mötesplan	5
9 Resursplan	5
9.1 Personer	5
9.2 Material	5
9.3 Lokaler	6
9.4 Ekonomi	6
10 Milstolpar och beslutspunkter	6
10.1 Milstolpar	6
10.2 Beslutspunkter	7
11 Aktiviteter	7
11.1 Dokumentation	7
11.2 Beslut	7
11.3 Positionering	8
11.4 Reglering	8
11.5 Styrning	8
11.6 Detektering	8
11.7 Kartläggning	8
11.8 Kommunikation	8

11.9 Sensor	9
11.10 MiniTruckAppen	9
11.11 Säkerhet	9
11.12 Övergripande aktiviteter för projektet	9
12 Relation mellan milstolpar, aktiviteter och krav	9
13 Tidsplan	10
14 Förändringsplan	10
15 Kvalitetsplan	10
15.1 Granskningar	10
15.2 Testplan	10
16 Riskanalys	10
17 Prioriteringar	11
18 Projektavslut	11
Referenser	12



1 Översiktlig beskrivning av projektet

1.1 Projektets bakgrund

Den stora trenden inom lagerhanteringen är en ökad automatiseringsgrad. Toyota har därför inlett en satsning på automatiserade truckar. Detta projekt går ut på att tillämpa sensorfusion och automatisering på en mindre modell av en verklig truck. Denna modell kan användas till forskning samt demonstrera vad den verkliga hårdvaran kan utföra t.ex. på mässor.

1.2 Syfte och mål

Syftet med detta projekt är att vidareutveckla trucken för en ökad och förbättrad nivå vad gäller lokalisering, ruttplanering och autonomi. Med detta följer även nödvändiga uppdateringar av mjukvarumodeller och simuleringsmiljö.

1.3 Leveranser

Projektet bygger på LIPS-modellen och varje beslutspunkt har en eller flera variabler. Variablerna är de följande:

- BP2: Kravspecifikation, projektplan med inkluderad tidsplan samt en systemskiss.
- BP3: Designspecifikation och testplan.
- BP4: Den funktionalitet som krävs för att kunna göra ruttplanering dvs.
 - Visa hur nuvarande karta kan förbättras med tex. sensorfusion eller 3D-karta.
 - Förbättra positionering på kartan
 - Planera en rutt från nuvarande position till en annan angiven position.
- BP5: All funktionalitet, testprotokoll, användarhandledning och föredrag som visar att kraven i kravspecifikationen är uppfyllda.
- BP6: Teknisk rapport, posterpresentation samt efterstudie med uppföljning av resultat och använd tid.

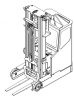
1.4 Begränsningar

Trucken kan endast framföras på plant underlag vilket medför begränsningar på testmiljön för den fysiska trucken.

Varje projektmedlem i kursen har budgeterat 240 timmar till projektet. Projektets omfattning måste därför anpassas till detta.

2 Fasplan

Projektet genomförs enligt LIPS-modellen. [1] Modellen är indelad i tre faser: före-, under- och efterfasen. Respektive fas omfattning är beskrivet nedan.



2.1 Före projektstart

Innan projektet sätts projektgruppen ihop och projektdirektiv sätts upp. Rollerna delas upp bland projektmedlemmarna. Kravspecifikation, systemskiss, projektplan och tidsplan ska lämnas in för godkännande av beställaren.

2.2 Under projektet

I under-fasen ska större delen av projektet och dess aktiviteter utföras. Under denna fas ska projektet designas, konstrueras och testas.

Utöver detta ska designspecifikation, testplan, testprotokoll och användarhandledning produceras och godkännas av beställaren.

För närmare specificering se avsnitt 11 Aktiviteter.

2.3 Efter projektet

Projektet ska utvärderas och avslutas. En efterstudie ska genomföras och material och nycklar lämnas tillbaka.

Utöver detta ska projektet dokumenteras i form av en film, en hemsida och en poster.

3 Organisationsplan för hela projektet

Organisationsplanen beskriver hur organisationen av projektet ser ut och hur kommunikationen ska ske mellan inblandade parter.

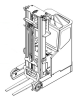
3.1 Villkor för samarbete inom projektgruppen

Löpande kommunikation mellan gruppmedlemmar sker över Slack. De dokument som ska lämnas in till kursledningen skrivs i \LaTeX och sparas på ShareLaTeX medan övriga dokument sparas på Google Drive. För delning och versionshantering av kod används GitLab.

Kommunikation med beställare, kund och examinator sköts över mejl av projektledaren.

3.2 Definition av arbetsinnehåll och ansvar inom projektgruppen

- **Projektledare:** Huvudansvarig för projektet och att projektmålen uppfylls. Ansvarar för kommunikation mellan projektgrupp och kund och beställare.
- **Dokumentansvarig:** Ansvarar för att dokumenten som skrivs följer standarden, att de blir granskade och att de lämnas in i tid.
- **Mjukvaruansvarig:** Ansvarar för att se till att koden som skrivs uppfyller Google-standard, är välstrukturerad och kommenterad.
- **Testansvarig:** Ansvarar för att testplan skrivs och att testerna genomförs.
- **Designansvarig:** Ansvarar för designskissen upprättas och att denna, i största möjliga mån, efterföljs.



- Integrationsansvarig: Ansvarar för integrationen mellan de olika modulerna och att ändringar som projektgruppen och Toyota gör är kompatibla med varandra.
- Informationsansvarig: Ansvarar för att hemsida, poster, video och presentationer produceras.

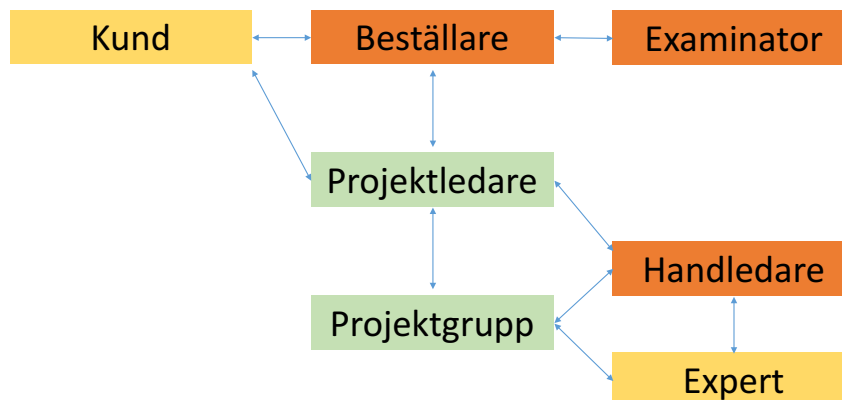
3.3 Övriga inblandade i projektet

Utöver gruppmedlemmarna finns följande personer med ansvarsområden enligt nedan.

- Beställare - *Andreas Bergström*. Ansvarar för kontakt mellan kund och projektgrupp.
- Kund - Toyota Material Handling, *Emil Selse*.
- Handledare LiU - *Erik Hedberg*. Resurs för tekniska frågor.
- Handledare Toyota - *Samuel Lindgren*. Resurs för tekniska frågor samt ROS m.m.
- Examinator - *Daniel Axehill*

3.4 Organisationsdiagram

Organisationsdiagrammet nedan definierar aktörerna i projektet samt mellan vilka personer den huvudsakliga kommunikation sker.



4 Dokumentplan

I tabellen nedan listas de dokument som under projektets gång ska genereras. Ansvarig för att detta görs och lämnas in i tid är dokumentansvarig. Dokumenten godkänns av beställare.



Dokument	Syfte	Distribueras till	Beställningspunkt
Kravspecifikation	Specifiera de krav som ställs på det slutgiltiga systemet.	Beställare	BP2
Översiktlig systemskiss	En översiktlig bild av systemet i sin helhet.	Beställare	BP2
Projektplan med aktivitetslista	Beskrivning av projektet samt dess ingående aktiviteter.	Beställare	BP2
Översiktlig tidsplan	Plan över hur mycket tid som kommer läggas inom respektive aktivitet.	Beställare	BP2
Designspecifikation	Beskriver hur systemet är konstruerat.	Beställare	BP3
Enkel testplan	Beskrivning av de tester som kommer att utföras på systemet.	Beställare	BP3
Testprotokoll	Resultat från tester av systemet.	Beställare	BP5
Användarhandledning	Beskrivning för användande av systemet.	Beställare	BP5
Teknisk rapport	Rapport som beskriver den tekniska delen av projektet.	Beställare	BP6
Efterstudie	Utvärdering av projekt.	Beställare	BP6
Mötesprotokoll	Sammanfattning av mötesdiskussioner.	Beställare och projektgrupp	Skär veckovis
Statusuppdatering	Nulägesrapportering till beställare.	Beställare och kund	Skär veckovis
Tidsrapportering	Rapportering av hur mycket tid och på vilka aktiviteter varje enskild person lagt på projektet.	Beställare	Skär veckovis
Protokoll över beslutspunkter	Beskriver de beslut som tas i projektet.	Beställare	Skär veckovis

5 Utvecklingsmetodik

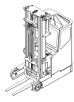
Största delen av projektet innefattar mjukvaruutveckling. För detta har en dator tillhandahållits från Toyota där största delen av utvecklingen kommer att ske. Om möjligt kommer även utveckling ske via projektmedlemmarnas egna datorer. Ett krav är att all kod som utvecklas ska vara kommenterad samt uppfylla allmänt rådande standarder.

6 Utbildningsplan

I detta avsnitt presenteras den utbildning som är nödvändig att genomföra, dels inom gruppen och dels mot kund.

6.1 Egen utbildning

Gruppen måste sätta sig in i verktyget ROS samt vilken funktionalitet som finns i dagsläget.



6.2 Kundens utbildning

En demonstration av den färdiga produkten och dess funktionaliteter kommer att ges till kunden.

7 Rapporteringsplan

Tidsrapportering och statusrapportering lämnas in veckovis till beställaren och till kundens representant.

- Tidsplan: Fylls i av varje gruppmedlem och sammanställs till en gemensam rapport.
- Statusrapportering: Sammanställs av projektledaren efter dialog med gruppmedlemmarna.

Båda dokumenten ska lämnas in senast 9:00 på fredagar.

8 Mötesplan

Avstämningsmöten ska hållas varje vecka. Tid för möte är 13:15-15 på torsdagar och mötesplatsen är projektrummet. Dagordningen är enligt mötesmallen och vid varje möte ska ett mötesprotokoll upprättas. Dokumentansvarig ansvarar för att protokollet läggs upp i Google Drive. Närvaro förväntas av gruppmedlemmarna och eventuell frånvaro ska rapporteras i förväg.

Projektledaren och beställaren har möten en gång per vecka för avstämning.

9 Resursplan

Resurserna som projektet har fått tilldelat presenteras nedan:

9.1 Personer

- Gruppmedlemmar: Gruppen består av sju studenter.
- Handledare: Till gruppens förfogande finns två handledare. En doktorand på ISY samt en anställd på Toyota.
- Beställare: Beställaren är en doktorand på ISY med vilken projektgruppen diskuterar krav och mål med projektet.
- Kund: Kund för projektet är Toyota Material Handling.

9.2 Material

- En dator med mjukvara för utveckling (ROS etc.)
- Tillgång till labb och utrustning hos Toyota vid ett antal tillfällen för testning.



9.3 Lokaler

Projektgruppen har tillgång till ett projektrum som tillhandahålls av ISY.

9.4 Ekonomi

- Gruppmedlemmar: De sju gruppmedlemmarna har budgeterat 240 timmar var till projektet.
- Handledare/Kund: Handledaren på LiU har budgeterat 40 timmar. Toyota har budgeterat 40 timmar handledning och 80 timmar iordningställande av material.

10 Milstolpar och beslutspunkter

Nedan presenteras beslutspunkter och milstolpar för projektet.

10.1 Milstolpar

Nr	Milstolpar	Beskrivning	Datum
M1	Manuell styrning med MiniTruckAppen	Kunna styra trucken manuellt via Android-appen.	2016-10-07
M2	Detektera hinder	Möjlighet att kunna detektera hinder och placera ut dem på en karta.	2016-10-07
M3	Global positionering	Använda sensorfusion för att kunna positionera sig i lagret.	2016-10-14
M4	Ruttplanering	Möjlighet att utifrån en given karta kunna planera en rutt från en given punkt till en annan.	2016-10-14
M5	Linjereglering	Kunna reglera efter en given rutt.	2016-11-11
M6	Pallyft	Kunna positionera in sig under en pall med gafflarna och sedan lyfta upp/sänka ner dem.	2016-11-16
M7	Flytta låda autonomt klart	Autonomt kunna plocka upp en känd pall i lagret och flytta den till en känd pallplats.	2016-11-18
M8	Avsökning av känt lager klart	Kunna söka av ett lager efter pallar/pallplatser, där man vet vilka hinder som finns.	2016-12-02
M9	Avsökning av okänt lager klart	Kunna söka av ett lager efter pallar/pallplatser, hinder och väggar.	2016-12-02
M10	Applikation klar	Android-appen ska vara klar för att kunna skicka uppdrag/arbetsuppgifter till trucken.	2016-12-02
M11	Dokumentation klar	All dokumentation ska vara klar.	2016-12-19



10.2 Besluts punkter

Besluts punkt	Beskrivning	Datum
BP 2	Kravspecifikation, systemskiss samt en projektplan med tillhörande tidsplan ska godkännas av beställaren.	v.38
BP 3	En designspecifikation och en testplan godkännas av beställaren	v.40
BP 4	Funktionaliteten som syftar till att göra ruttplanering presenteras för kund och beställare.	v.45
BP 5	Testprotokoll och en användarhandledning presenteras för beställaren. All övrig funktionalitet enligt kravspecifikation ska presenteras.	v.49
BP 6	Teknisk rapport, efterstudie godkänns av beställaren. Hemsida, poster och video ska vara färdigställda.	v.50

11 Aktiviteter

I detta avsnitt beskrivs alla aktiviteter som finns i projektet samt hur mycket tid de beräknas att ta. Aktiviteterna redovisas enligt exempeltabellen nedan.

Aktivitetnr	Beskrivning av aktivitet	Planerad tid i timmar
-------------	--------------------------	-----------------------

11.1 Dokumentation

1	Kravspecifikation	100
2	Projektplan inkl tidsplan	50
3	Systemskiss	50
4	Designspecifikation	130
5	Testplan	40
6	Testprotokoll	10
7	Användarhandledning	20
8	Teknisk rapport	120
9	Efterstudie	7
10	Presentation	10
11	Poster	10
12	Demofilm	20
13	Hemsida	20

11.2 Beslut

14	Sätta sig in i nuvarande ruttplanering.	20
15	Utveckla algoritm för ruttplanering.	30
16	Utveckla strategi för avsökning av lager.	20
17	Utveckla exekvering av truck för avsökning av lager.	30
18	Utveckla strategi för hämtning/lämning av pall autonomt.	40
19	Utveckla exekvering för hämtning/lämning av pall.	30
20	Utveckla strategi vid eventuella hinder.	10
21	Test av modul.	20



11.3 Positionering

22	Sätta sig in i hur positionering fungerar i nuläget.	30
23	Utreda andra alternativ.	15
24	Förbättra positionering i lagret.	30
25	Utveckla finpositionering för hämtning/lämning av pall.	100
26	Test av modul.	15

11.4 Reglering

27	Sätta sig in i hur nuvarande linjeföljning fungerar.	30
28	Utreda olika reglerstrategier av linjeföljning.	20
29	Implementering av reglerstrategi för linjeföljning.	70
30	Utveckla reglering för höj/sänkning av gafflar.	10
31	Test av modul.	20

11.5 Styrning

32	Sätta sig in och utvärdera styrhanteringen av truck.	10
33	Förbättra styrhantering av truck.	5

11.6 Detektering

34	Sätta sig in i nuvarande funktion.	20
35	Utveckla detektering av AR-koder.	10
36	Utveckla funktion för tydning av AR-koder.	5
37	Utveckla detektering av hinder.	10
38	Utveckla funktion för tydning av hinder.	5
39	Test av modul.	10

11.7 Kartläggning

40	Sätta sig in i hur den nuvarande kartlägningsfunktionen fungerar.	20
41	Utveckla funktionalitet för lagring av pallar/pallplatser.	30
42	Förbättra kartlägningsfunktion.	10

11.8 Kommunikation

43	Sätta sig in i hur kommunikationen fungerar, truck mot extern utrustning.	10
44	Upprätta kommunikation mellan truck och MiniTruckAp-pen.	5



11.9 Sensor

45	Sätta sig in i sensordatahantering.	10
46	Planera och testa ny sensorplanering.	10
47	Sensorvalidering simulering vs. verklighet.	10
48	Formatera sensordata till önskvärt format.	10

11.10 MiniTruckAppen

49	Sätta sig in i befintlig applikation.	12
50	Utveckla funktionalitet för manuell styrning.	5
51	Utveckla funktionalitet för autonoma uppdrag.	20
52	Grafisk utveckling av applikationen.	10
53	Test av applikation.	10

11.11 Säkerhet

54	Implementering av säkerhetsfunktioner.	20
55	Testning av säkerhetsfunktioner.	10

11.12 Övergripande aktiviteter för projektet

56	Sätta sig in i ROS.	28
57	Integration av moduler.	30
58	Projektledning.	39
59	Projektmöten.	91
60	Beställar- och kundmöten.	44
61	Resurstid.	34

12 Relation mellan milstolpar, aktiviteter och krav

För att tydliggöra relationen mellan våra milstolpar, aktiviteter och krav [2] presenteras här en tabell över vilka aktiviteter och krav som ska vara uppfyllda till varje milstolpe. Generella aktiviteter och krav som inte hör till en specifik milstolpe har utelämnats men ska vara uppfyllda vid leverans till kund.



Milstolpe	Aktivitet	Krav
M1	32,33,43,44,49,50	17,18,20,21,22,32,33,34,35,36,37
M2	34,37,38,45,46,48	28
M3	22,23,24	23,24,29
M4	14,15	8,9
M5	27,28,29	13,14,16
M6	25,30,35,36	15,25,26,27
M7	18,19,20,54	1,11
M8	16,17,40,41,42	10
M9	16,17,40,41,42	30,31
M10	51,52	38,39,40
M11	1-13	60

13 Tidsplan

Se appendix.

14 Förändringsplan

Förändringar i projektet ska i första hand tas upp och försöka lösas inom projektgruppen. Vid behov av omförhandling av krav på grund av tidsbrist eller andra orsaker ska detta tas upp med beställaren.

15 Kvalitetsplan

För att säkerställa produktens kvalitet och att kraven i kravspecifikationen är uppfyllda använder gruppen följande rutiner.

15.1 Granskningar

Dokumentansvarig ansvarar för att dokumenten är korrekturlästa och har efterfrågat innehåll.

Mjukvaruansvarig ansvarar för granskning av kod och att koden uppfyller kodstandard.

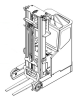
15.2 Testplan

Varje delsystem ska testas var för sig för att säkerställa dess funktionalitet. Därefter ska integrationen mellan delsystemen testas för att slutligen kunna testa all funktionalitet på den fysiska trucken.

16 Riskanalys

Nedan presenteras de risker som har identifierats i och kring projektet.

Majoriteten av projektet genomförs i simuleringsmiljö varvid inga större risker för kan upptäckas. Dock ska funktionaliteterna testas och användas på en befintlig modell av en



truck. Då denna är tung och kan orsaka stora skador på personer och egendom är det viktigt att ny funktionalitet utvecklas med säkerhet i fokus.

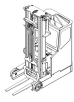
En annan risk som identifierats är osäkerheten i tidsplan. Denna risk kommer att hanteras genom att gruppen veckovis följer upp faktiskt tidsåtgång och justerar kommande tid efter detta. Om det uppstår större problem med att följa tidsplanen ska kraven omförhandlas med beställaren.

17 Prioriteringar

Gruppens främsta prioritering är att uppfylla kraven på kravnivå 1 och bland dessa främst de kraven som syftar till att uppfylla milstolpe 7, Flytta en låda autonomt. Om det finns tid efter att kraven på kravnivå 1 är uppfyllda ska kraven på kravnivå 2 uppfyllas.

18 Projektavslut

Efter projektets avslut ska en efterstudie genomföras. Dator ska lämnas tillbaka till kunden och nycklar till projektrummet ska lämnas tillbaka till ISY. Utöver detta ska projektet ha en egen hemsida på ISY:s server med information om projektet.



Referenser

- [1] C. K. Tomas Svensson, *Projektmodellen Lips*. Lund, Sverige: Studentlitteratur AB, 2011.
- [2] (2016, Sep.) Kravspecifikation - autonom styrning av gaffeltruck. L.A.M.A. TSRT10 LiU. Version 1.0.