

Kravspecifikation

Grupp 6

29 april 2025

Version 1.2



Status

Granskad	Ebba Lundberg	2025-04-29
Godkänd	Namn	2025-xx-xx

Beställare:

Mattias Krysander, Linköpings universitet

Telefon: +46 13282198

E-post: mattias.krysander@liu.se

Handledare:

Theodor Lindberg, Linköpings universitet

E-post: theodor.lindberg@liu.se

Projektdeltagare

Namn	Ansvar	E-post
Linus Funquist		linfu930@student.liu.se
Ebba Lundberg	Dokumentansvarig	ebblu474@student.liu.se
Andreas Nordström	Projektledare	andno7733@student.liu.se
Sigge Rystedt		sigry751@student.liu.se
Ida Sonesson	Dokumentansvarig	idaso956@student.liu.se
Lisa Ståhl	Designansvarig	lisst342@student.liu.se

INNEHÅLL

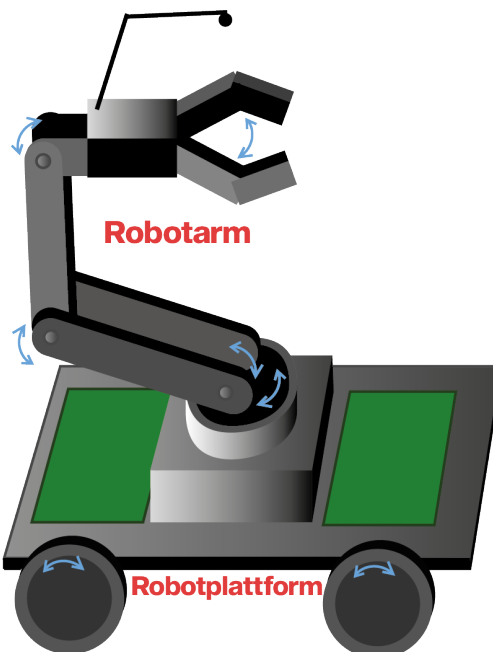
1	Inledning	1
1.1	Parter	1
1.2	Syfte och mål	2
1.3	Användning	2
1.4	Bakgrundsinformation	2
2	Översikt av systemet	2
2.1	Grov beskrivning av produkten	3
2.2	Produktkomponenter	3
2.3	Beroenden till andra system	3
2.4	Ingående delsystem	3
2.5	Avgränsningar	3
2.6	Generella krav på hela systemet	3
3	Banutformning och varor	4
3.1	Krav på banutformning och varor	5
4	Kommunikationsenhet	5
4.1	Krav på kommunikationsenheten	5
5	Sensorenhet	6
5.1	Krav på sensorenheten	6
6	Styrenhet	6
6.1	Krav på styrenheten	6
7	Persondator	7
7.1	Krav på persondator	7
8	Prestandakrav	8
9	Tillförlitlighet	8
10	Ekonomi	8
11	Leveranskrav och delleranser	8
12	Dokumentation	10
	Referenser	11
13	Appendix	12
A	Projektbeskrivning för lagerrobot	12

DOKUMENTHISTORIK

Version	Datum	Utförda ändringar	Utförda av	Granskad
0.1	2025-01-29	Första utkast	LF, EL, AN, SR, IS, LS	LF, EL, AN, SR, IS, LS
0.2	2025-01-31	Andra utkast	LF, EL, AN, SR, IS, LS	LF, EL, AN, SR, IS, LS
1.0	2025-02-03	Första version	LF	LF, EL
1.1	2025-03-03	Omförhandling av krav	AN, EL	AN, EL
1.2	2025-04-29	Omförhandling av krav	AN, EL	AN, EL

1 INLEDNING

Detta dokument är en kravspecifikation för en produkt som ska tas fram i kursen TSEA56, Elektronik kandidatprojekt. Produkten som ska tas fram är en lagerrobot, se figur 1, bestående av en robotplattform och en robotarm med en gripklo. Roboten ska kunna navigera i en känd lagermiljö med specifika plockstationer där varor är placerade i förväg. Vid plockstationerna ska varorna plockas upp med hjälp av robotarmen för att sedan lämnas vid en utlämningsstation.



Figur 1: Lagerrobot med robotarm och robotplattform.

Kraven på det färdiga systemet kommer att beskrivas som i tabell 1 där varje krav har ett kravnummer, version, beskrivning och prioritet. De olika prioriteringarna anger när kravet ska vara uppfyllt. Prioritet 1 ska vara uppfyllt vid BP5a, prioritet 2 vid BP5b och prioritet 3 i mån av tid när resterande krav är uppfyllda.

Tabell 1. Exempel på ett krav.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
1.1	Original	Exempel på ett krav	1

1.1 Parter

Kravspecifikationen är framtagen i samråd med gruppen och beställaren. Gruppen utgörs av Linus Funquist, Ebba Lundberg, Andreas Nordström, Sigge Rystedt, Ida Sonesson och Lisa Ståhl. Beställare är Mattias Krysander.

1.2 Syfte och mål

Projektets syfte är att konstruera ett system som konstruktionsalternativ till en lagerrobot, som med snabbhet och repeterbarhet kan utföra sitt uppdrag. I projektdirektivet, se appendix A, beskrivs lagerroboten som en prototyp till en robot som ska tillverkas. Denna kommer prövas i en tävling för att utvärdera hur väl målen kring snabbhet och repeterbarhet är uppfyllda.

1.3 Användning

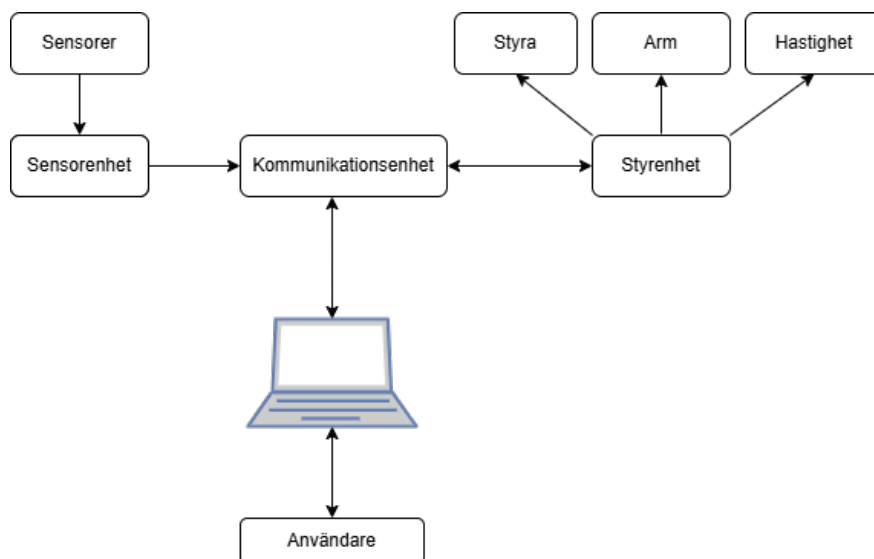
För att använda systemet placeras roboten vid utlämningsstationen, därifrån den autonomt navigerar till en plockstation. Användaren kontrollerar sedan robotarmen manuellt för att plocka upp varan och återaktiverar sedan det autonoma systemet, då bär roboten tillbaka varan till utlämningsstationen innan denna process återupprepas tills alla varor är upplockade. Systemet kommer dessutom att kunna styras fullständigt manuellt.

1.4 Bakgrundsinformation

Kraven är grundade i projektdirektivet, se appendix A. Projektmodellen som beskrivs i *Projektmodellen LIPS* av Svensson och Krysander [1] kommer att följas.

2 ÖVERSIKT AV SYSTEMET

Systemet består av fyra delsystem. Kommunikationsenheten, styrenheten och sensorenheten sitter på roboten. Det fjärde systemet, persondatorn, kommunicerar med kommunikationsenheten trådlöst. En översikt av hela systemet visas i figur 2.



Figur 2: Generell skiss av systemet i sin helhet.

2.1 Grov beskrivning av produkten

Systemet ska designas så att roboten både kan styras manuellt via en dator och autonomt. Lagermiljön, som beskrivs under rubrik 3, är känd för systemet och består av ett rutnät med hinder, plockstationer och en väg till utlämningsstationen. Roboten ska kunna börja vid utlämningsstationen, autonomt följa en linje till lagret med hjälp av sensorer och kunna hitta tillbaka med upplockade varor. I själva lagret ska den kunna undvika hinder och navigera till plockstationer där varorna ligger.

2.2 Produktkomponenter

Roboten kommer att bestå av en robotplattform som har fyra oberoende körbara hjul samt en robotarm som kan plocka upp och släppa objekt. På robotplattformen kommer det även att sitta sensorer och flera mikrodatorer. I systemet kommer det utöver nämnda komponenter att ingå en persondator.

2.3 Beroenden till andra system

Det finns inget beroende till andra system, alla ingående system är beskrivna i denna kravspecifikation.

2.4 Ingående delsystem

Det finns fyra delsystem. Dessa är kommunikationsenheten, sensorenheten, styrenheten och persondatorn. Dessa är beskrivna i detalj i kapitel 3-6.

2.5 Avgränsningar

Persondatorn får ej användas till tyngre beräkningar.

Varje projektmedlem får ej överstiga 230 arbetstimmar efter BP2.

2.6 Generella krav på hela systemet

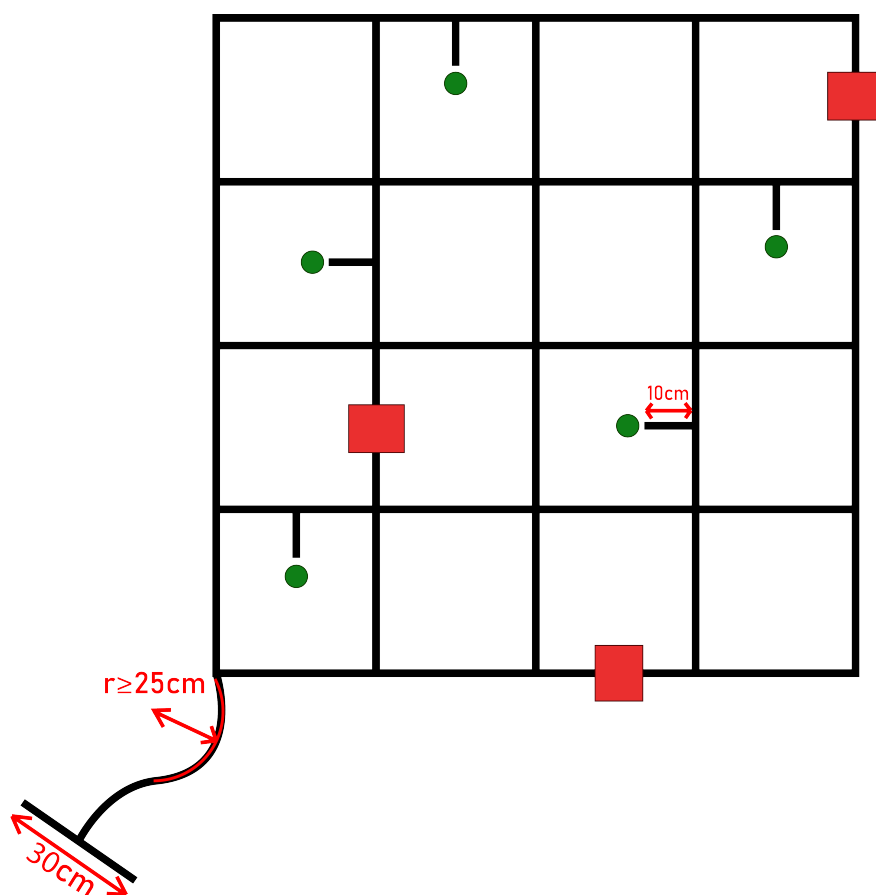
Följande tabell beskriver kraven på hela systemet.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
2.1	Original	Systemet ska kunna navigera en banan som utformas efter kraven 3.1 till 3.11	2
2.2	Original	Följande kommandon ska finnas för robotplattformen: fram, fram höger, fram vänster, rotera höger, rotera vänster, back, stopp och start av autonomt uppdrag	1
2.3	Original	Följande kommandon ska finnas för robotarmen: framåt, bakåt, uppåt, nedåt, rotera höger, rotera vänster, grip och släpp	1
2.4	Original	Varje modul ska innehålla minst en egen processor	1
forts. på nästa sida			

forts. från föregående sida			
Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
2.5	Original	Varorna ska plockas upp fjärrstyrt från en dator utan att se roboten	3
2.6	Original	Robotarmen ska autonomt kunna plocka upp varor	2
2.7	Original	Gränssnitten mellan modulerna ska vara noggrant specificerade i den tekniska dokumentationen	2

3 BANUTFORMNING OCH VAROR

Systemet kommer att navigera en bana, se figur 3, som representerar ett lager eller fabrik med varor.



Figur 3: Lagermiljön med specificerade mått. Röda fyrkanter är hinder och gröna prickar är plockstationer.

3.1 Krav på banutformning och varor

Följande tabell beskriver kraven för banan och varorna.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
3.1	Original	Banan ska vara markerad med svart tejp på vitt underlag	1
3.2	Original	Tejpens bredd ska vara mellan 14-18 mm	1
3.3	Original	Banan ska utgöras av rektanglar med plockstationer	1
3.4	Original	Antalet rektanglar som utgör banan ska gå att definiera i X- och Y-led via gränssnittet	1
3.5	Original	En tejpad linje ska gå från banans ena hörnet till utlämningsstationen	1
3.6	Original	Linjen till utlämningsstationen kan innehålla kurvor	1
3.7	Original	Kurvradien på linjen kommer inte att understiga 25 cm	1
3.8	Original	Utlämningsstationen ska vara markerad med ett 30 cm långt tvärstreck	1
3.9	Original	Banan ska ha indikeringar för plockstationerna	1
3.10	Original	Indikeringarna för plockstationerna ska alltid vara vinkelräta mot banan och 10 cm långa	1
3.11	Original	Banan ska kunna innehålla tillfälliga hinder	1
3.12	Original	Varorna ska vara ungefär samma storlek som en tändsticksask	1

4 KOMMUNIKATIONSENHET

Kommunikationsenheten interagerar med styr- och sensorenheten samt persondatorn genom att skicka och ta emot data mellan de olika enheterna.

4.1 Krav på kommunikationsenheten

Följande tabell beskriver kraven för kommunikationsenheten.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
4.1	Original	Kommunikationsenheten ska kunna ta emot data från sensorenheten	1
4.2	Original	Kommunikationsenheten ska kunna skicka data till styrenheten	1
4.3	Original	Användaren ska kunna kommunicera med kommunikationsenheten via trådlös kommunikation	1
4.4	Original	Kommunikationsenheten ska få plats på robotplattformen	1

5 SENSORENHET

Sensorenheten samlar in mätvärden, bearbetar dessa till användbar data och vidarebefordrar dem till kommunikationsenheten. Sensorenheten består av en mikrodator och utbytbara sensorer. Alla sensorer levererar data till mikrodatorn, som omvandlar informationen till SI-enheter.

5.1 Krav på sensorenheten

Följande tabell beskriver kraven för sensorenheten.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
5.1	Original	Hela sensorenheten ska få plats på robotplattformen	1
5.2	Original	Sensorerna ska kunna bytas ut	1
5.3	Original	Sensorerna ska kopplas till mikrodatorn	1
5.4	Original	Sensorenheten ska kunna samla in data	1
5.5	Original	Sensorenheten ska kunna bearbeta och omvandla data till ett format som är läsbart och hanterbart för kommunikationsenheten	1

6 STYRENHET

Styrenheten har som uppgift att manövrera roboten genom att kontrollera hjulen på robotplattformen samt hantera robotarmen enligt figur 1. Dessa funktioner utförs baserat på data som tas emot från kommunikationsenheten.

6.1 Krav på styrenheten

Följande tabell beskriver kraven för styrenheten.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
6.1	Original	Hela styrenheten ska få plats på robotplattformen	1
6.2	Original	Styrenheten ska kunna ta emot instruktioner från kommunikationsenheten	1
6.3	Original	Robotplattformen ska kunna utföra kommandon givna av kommunikationsenheten	1
6.4	Original	Robotarmen ska kunna utföra kommandon givna av kommunikationsenheten	1

7 PERSONDATOR

Persondatorn tar emot data trådlöst från kommunikationsenheten. Från datorn ska det vara möjligt att köra roboten och kontrollera robotarmen.

7.1 Krav på persondator

Följande tabell beskriver kraven för persondatorn.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
7.1	Original	Det ska vara möjligt att styra roboten fjärrstyrt från datorn via användargränssnittet	1
7.2	Original	Det ska vara möjligt att styra robotarmen fjärrstyrt från datorn via användargränssnittet	1
7.3	Original	Kalibrering av linjesensor ska kunna initieras från persondatorn	1
7.4	Original	Data* ska representeras på persondatorns skärm på ett användarvänligt sätt	1
7.5	Original	GUI:t ska visa griplons skattade position relativt till robotens position, när armen är aktiv.	2
7.6	Original	Datan beskriven i krav 7.4 och 7.5 ska gå att spara på ett format som gör det enkelt att plotta valda signaler som funktion av tiden	2
7.7	Original	Persondatorn ska grafiskt visualisera lagret, inklusive robotens position, de varor som ska hämtas, den planerade färdvägen och identifierade hinder	3
7.8	Original	Sensor och styrddata (nämnda i krav 7.4 och 7.5) ska uppdateras minst 1 gång per sekund.	1

* Följande data ska ingå:

- Lateral position från linjesensorer
- Avstånd till eventuellt hinder
- Om sensor för rotation finns så ska robotens rotation i grader visas när den roterar i korsningar.
- Motorernas gaspådrag (vänster/höger)
- Styrbeslut:
 - Planerad besöksordning av upphämningsplatserna
 - Planerad färdväg till nästa upphämningsplats representerad som en sekvens av vägval i korsningarna (vänster/höger/rakt)

8 PRESTANDAKRAV

För att säkerställa att roboten uppfyller en lägsta standard listas prestandakrav nedan. En fullständig körning är att roboten autonomt hämtar tre varor i lagret, undviker hinder och lämnar varorna på en specificerad utlämningsplats.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
8.1	Original	Upplockning får ske autonomt utan visuell kontakt med roboten	2
8.2	Original	Roboten ska klara av att genomföra tre av fyra körningar	2
8.3	Original	Roboten ska ej slingra sig fram under körning med hjälp av styralgoritmen som PD-reglering	2

9 TILLFÖRLITLIGHET

Följande krav beskriver produktens tillförlitlighet.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
9.1	Original	Robotarmen ska kunna utföra rörelser på ett hållbart sätt genom att endast använda sig av mjuka rörelser och undvika extremlägen	1
9.2	Original	Roboten ska ej skada gods eller nudda eventuella hinder i lagermiljön	2

10 EKONOMI

Följande tabell beskriver den planerade budgeten över projektets arbete.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
10.1	Original	Efter BP2 har varje gruppmedlem 230 timmar till sitt förfogande	2

11 LEVERANSKRAV OCH DELLEVERANSER

Respektive leverans ska vara inlämnad senast kl. 16:00 på angivet datum.

Krav	Version	Beskrivning	Prioritet
11.1	Original	Kravspecifikationen v0.1 ska lämnas in till beställare via git senast 30:e januari	1
11.2	Original	Kravspecifikationen v1.0 ska vara klar samt tidsrapportering för respektive gruppmedlem ska meddelas senast 6:e februari	1
11.3	Original	Version 0.1 av projektplan, tidplan och systemskiss ska vara inlämnade till beställare senast 14:e februari	1
11.4	Original	Slutlig version av projektplan, tidplan och systemskiss ska vara inlämnade till beställaren senast 24:e februari	1
11.5	Original	Första version av förstudien på minst fem sidor ska skickas till skrivuppgiftshandledare senast 24:e februari	1
11.6	Original	Version 0.1 av designspecifikationen ska vara inlämnad till handledaren via git senast 4:e mars	1
11.7	Original	Version 1.0 av designspecifikationen ska vara inlämnad till handledaren senast 12:e mars	1
11.8	Original	Första veckorapporten ska lämnas in senast 31:a mars	1
11.9	Original	Version 1.0 av förstudien ska skickas till skrivuppgiftshandledare senast 7:e april	1
11.10	Original	Skrivuppgiften ska vara godkänd och skickas till beställare senast 29:e april	1
11.11	Original	Veckorapport med utökad statusrapport enligt angivna frågor ska lämnas in senast 5:e maj	1
11.12	Original	Version 1.0 av kappan (exklusive appendix) ska levereras senast 21:a maj	1
11.13	Original	Teknisk dokumentation och användarhandledning (båda version 1.0) ska vara inlämnade till beställare senast 21:a maj	1
11.14	Original	Efterstudien ska vara inlämnad senast 9:e juni	1
11.15	Original	Komplett och väldokumenterad källkod ska vara incheckad på git senast 9:e juni	1
11.16	Original	Komplett kandidatrapport inlämnad som en pdf-fil med alla appendix inkluderade ska vara inlämnad senast 9:e juni	1
11.17	Original	Veckorapport, inkluderande tidrapport och statusrapport, ska lämnas in till beställare följande datum: 31/3, 7/4, 14/4, 22/4, 28/4, 5/5, 12/5, 19/5, 26/5, 2/6, 9/6	1
11.18	Original	All utrustning och nycklar ska vara återlämnade till beställare senast 9:e juni	1

12 DOKUMENTATION

Tabell 12 listar de dokument som ska produceras. Projektet ska bedrivas enligt LIPS-modellen och samtliga dokument ska utgå från LIPS-mallar.

Tabell 12: Dokument som skall produceras.

Dokument	Språk	Syfte	Målgrupp	Format
Projektplan	Svenska	Ett dokument för att vägleda och realisera projektgenomförandet	Beställare	Excel
Kravspecifikation	Svenska	Samling av krav för det som ska produceras. Utgör grund för systemskiss och övriga specifikationer och projektdokument	Beställare	PDF
Designspecifikation	Svenska	En detaljbeskrivning över produktens konstruktion	Handledare	PDF
Systemskiss	Svenska	Översiktlig representation av produktens samtliga delar och dess komponenter med funktion. Ger även en överblick över arbetets uppdelning	Beställare	PDF
Förstudier	Svenska	Fördjupning för samtliga projektmedlemmar inom relevanta och nödvändiga områden	Beställare	PDF
Mötesprotokoll	Svenska	Dokument över samtliga överenskommelser under planerade möten	Beställare	PDF
Teknisk dokumentation	Svenska	Tydligt förmedla information över funktion och användning av produkten för framtida användare	Beställare	PDF
Användarmanual	Svenska	Beskrivning över hur produkten används	Beställare	PDF
Efterstudie	Svenska	Utvärdering samt analys över projektets arbete för att identifiera brister och lärdomar för vidareutveckling	Beställare	PDF

REFERENSER

[1] *Projektmodellen LIPS (2011)*, Tomas Svensson och Christian Krysander, uppl. 1:1, Studentlitteratur AB, Lund, ISBN 978-91-44-07525-9

13 APPENDIX

A PROJEKTBEKRIVNING FÖR LAGERROBOT

TSEA56: Projektdirektiv för en lagerrobot

Beställare: Mattias Krysander
Datum: 2024-01-09

Inledning

Vi har tänkt oss att starta tillverkning av robotar för lagerhantering. Robotens väg genom en fabrik eller ett lager markeras med en svart linje på golvet. De positioner, ”plockstationer”, där roboten kan stanna för att hämta eller lämna en vara markeras på ett speciellt sätt på golvet. Lagerroboten ska ha en arm med vilken den kan plocka upp varor i lagret. Roboten ska kunna hämta beställda varor i lagret och lämna dem på en utlämningsstation. För att utvärdera hur man kan bygga en sådan lagerrobot så önskar vi beställa ett antal prototyper. Dessa ska delta i en tävling där vi kan utvärdera olika konstruktionsalternativ. För att få olika konstruktioner vill vi att ni skriver kravspecifikationen i dialog med oss. Nedan ges ett antal grundkrav som ska vara gemensamma i alla kravspecifikationer. Kraven är inte numrerade vilket de dock ska vara i era kravspecifikationer. Ni förväntas lägga till mer text som beskriver roboten i allmänna termer, figurer samt unika krav för just er robot. Kom ihåg att krav kan prioriteras.

Uppdraget

Roboten ska kunna manövrera autonomt i en bana enligt banspecifikationen nedan och så snabbt som möjligt hämta ett antal varor från olika plockstationer och lämna dem på en utlämningsstation. Det är tillåtet att hämta alla varor i en körning eller varorna en och en. Bana har ett känt utseende och positionerna på de varor som ska hämtas matas in via gränssnittet på en bärbar dator och skickas sedan trådlöst till roboten. Varorna ska plockas upp antingen fjärrstyrt från en dator utan att se roboten eller autonomt. Varorna ska lämnas autonomt vid utlämningsstationen. Det kan finnas tillfälliga hinder i lagret. Om så är fallet så ska roboten använda en alternativ väg. Bana består av svart tejp på vitt underlag. Tejpens bredd ligger i intervallet 14-18 mm. Bana består av ett mönster av rektanglar där hyllor (plockstationer) finns. Det ska gå att definiera antalet rektanglar i X- och Y-led via gränssnittet. Från lagrets ena hörn finns en tejpad linje till utlämningsstationen. Linjen till utlämningsstationen kan innehålla kurvor. Kurvradien kommer inte att understiga 25 cm. Utlämningsstationen markeras med ett tvärstreck som är 30 cm. Bana har indikeringar för plockstationerna. Dessa är alltid vinkelräta mot bana. Indikeringen för en plockstation har en längd på minst 10 cm och finns enbart på den sida där plockstationen befinner sig. Detaljer i banspecifikationen bestäms i samråd med beställaren.

Systemarkitektur

Systemet ska bestå av en robot samt mjukvara till dator för styrning och övervakning. För att senare kunna testa alternativa sensorer, fjärrstyrningar och även styralgoritmer, ska roboten vara moduluppbyggd. Gränssnittet mellan modulerna ska vara noggrant specificerade. Man ska enkelt kunna byta ut en modul mot en annan. Varje modul ska innehålla minst en egen processor. Följande tre moduler ska ingå i konstruktionen:

- Kommunikationsenhet (trådlös kommunikation, wifi eller blåtand)
- Styrenhet (motorer, arm, display, styrlogik)
- Sensorenhet (innehåller alla sensorer och signalbehandling)

Fjärrstyrning och övervakning

Robotplattformen ska kunna styras trådlöst. Följande kommandon ska finnas: Fram, fram vänster, fram höger, rotera höger, rotera vänster, back, stopp och start av autonomt uppdrag. Robotarmens samtliga motorer ska också kunna fjärrstyras genom att styra gripkloas läge framåt, bakåt, uppåt, nedåt, vänster, höger, grip och släpp. Om linjesensorerna behöver kalibreras ska detta kunna initieras från laptopen. Under körning i bana ska roboten fortlöpande skicka mätdata från linjesensorerna, lateral position, avstånd till eventuellt hinder, motorernas gaspådrag och styrbeslut som t ex planerad färdväg. När armen är aktiv ska även gripkloas skattade position visas. Dessa data ska presenteras på datorns skärm på ett användarvänligt sätt och dessutom gå att spara på ett format som gör det möjligt att plotta valda signaler som funktion av tiden för en given körning i t ex Matlab eller Python. Det vore trevligt med en grafisk visualisering av lagret där robotens position, varorna som ska hämtas, planerad färdväg och detekterade hinder visas.

Diverse övriga funktionskrav

Det ska finnas en brytare på roboten med vilken man väljer fjärrstyrningsläge eller autonomt läge. Det ska finnas någon form av styralgorithm (exempelvis PD-reglering), så att roboten kan följa linjen utan att ”slingra” sig fram (verifieras genom dokumenterade testkörningar). Tolkningen av signalerna från linjesensorerna ska dokumenteras noga i den tekniska dokumentationen. Parametrar till robotens styralgorithm ska kunna initieras trådlöst från datorn. Robotarmen ska ha mjuka rörelser och inte ”hacka” sig fram för att inte överbelasta servona.

Tävlingsregler:

Vinnare är den robot som på kortast tid placerar alla specificerade varor på utlämningsplatsen. Repeterbarhet ska uppvisas. Reglerna bestäms i samråd med beställaren.

Övriga krav

Projektet ska bedrivas enligt LIPS-modellen och samtliga dokument ska utgå från LIPS-mallar. I förefasen ingår att projektgruppen ska ta fram en kravspecifikation, en systemskiss och en projektplan med tidplan. Samtliga dessa dokument ska godkännas av beställaren. Budget för förefasen finns på beställarens hemsida. Efter godkänd projektplan (BP2) ska projektet ta 230 arbetstimmar/person att slutföra. Vid verifiering av baskrav (BP5a) ska autonom linjeföljning och manuell armstyrning demonstreras. Detaljer för baskrav utarbetas i samråd med beställare. Vid slutleveransen (BP5b) ska det finnas en fungerande robot samt teknisk dokumentation med användaranvisning. Projektets delleveranser och slutleverans ska senast ske vid de datum som finns specificerade på beställarens hemsida. Även formen för slutleveransen beskrivs på hemsidan.