

Kravspecifikation

Mats Tjäder

Version 1.0

Status

Granskad		
Godkänd	Martin Enqvist	2005-02-07

PROJEKTIDENTITET

Linköpings tekniska högskola, Institutionen för systemteknik, ISY

Namn	Ansvar	Telefon	E-post
Björn Wedell	kundansvarig (KUN)	070-6655356	bjowe774@student.liu.se
Mats Tjäder	dokumentansvarig (DOK)	070-3545400	mattj452@student.liu.se
Henrik Einarsson	designansvarig bild (DESB)	070-3484676	henei960@student.liu.se
Marcus Olofsson	designansvarig robot (DESR)	070-6713303	marol791@student.liu.se
Johannes Eklånge	testansvarig (TST)	070-7711529	johek016@student.liu.se
Johan Nordin	presentationsansvarig (PRES)	073-1507959	johno660@student.liu.se
Alexander Konradsson	projektledare (PL)	070-2058260	aleko181@student.liu.se

Projekthemsida: <http://www.cyd.liu.se/~mattj452/TSRT71>

Kund: Henrik Tidefelt, ISY LiTH, 013-281311, tidefelt@isy.liu.se

Beställare: Martin Enqvist, 013-282306, maren@isy.liu.se

Kursansvarig: Anders Hansson, 013-281681, hansson@isy.liu.se

Handledare: Erik Wernholt, 013-281333, erikw@isy.liu.se

Innehåll

DOKUMENTHISTORIK.....	5
1 INLEDNING.....	6
1.1 PARTER.....	6
1.2 MÅL.....	6
1.3 ANVÄNDNING.....	6
2 ÖVERSIKT AV SYSTEMET.....	7
2.1 PRODUKTKOMPONENTER.....	7
2.2 GROV BESKRIVNING AV PRODUKTEN.....	7
2.3 INGÅENDE DELSYSTEM.....	7
2.3.1 Kamera.....	7
2.3.2 Matematisk modell.....	7
2.3.3 Grafiskt användargränssnitt.....	7
2.3.4 Huvudenheten.....	7
2.3.5 Roboten.....	8
2.4 GENERELLA KRAV PÅ HELA SYSTEMET.....	8
2.5 KALIBRERINGSKRAV.....	8
2.6 KRAV PÅ MODER.....	9
2.6.1 Manuell mod.....	9
2.6.2 Tävlingsmod.....	9
2.6.3 Träningsmod.....	9
2.6.4 Uppvisningsmod.....	9
3 KAMERA.....	10
3.1 INLEDANDE BESKRIVNING.....	10
3.2 FUNKTIONELLA KRAV FÖR KAMERAN.....	10
4 MATEMATISK MODELL.....	10
4.1 INLEDANDE BESKRIVNING.....	10
4.2 FUNKTIONELLA KRAV FÖR DEN MATEMATISKA MODELLEN.....	11
5 GRAFISKT ANDVÄNDARGRÄNSSNITT.....	11
5.1 INLEDANDE BESKRIVNING.....	11
5.2 FUNKTIONELLA KRAV FÖR DET GRAFISKA ANDVÄNDARGRÄNSSNITTET.....	12
6 HUVUDENHETEN.....	12
6.1 INLEDANDE BESKRIVNING.....	12
6.2 FUNKTIONELLA KRAV FÖR HUVUDENHETEN.....	12
7 ROBOTEN.....	12
7.1 INLEDANDE BESKRIVNING.....	12
7.2 FUNKTIONELLA KRAV FÖR ROBOTEN.....	13
8 KRAV PÅ MÖJLIGHET ATT UPPGRADERA.....	13
9 EKONOMI.....	13
10 KRAV PÅ SÄKERHET.....	13
11 DOKUMENTATION.....	13
12 LEVERANSKRAV OCH DELLEVERANSER.....	14

13	UTBILDNING	14
13.1	PROJEKTGRUPPENS UTBILDNING.....	14
13.2	KUNDENS UTBILDNING	14
REFERENSER.....		15

Dokumenthistorik

version	datum	utförda förändringar	utförda av	granskad
0.1	2005-02-03	Första versionen	DESR, PL	Hela gruppen
0.2	2005-02-07	Andra versionen	DOK	Hela gruppen
0.3	2005-02-09	Mindre förändringar	DOK	Hela gruppen
1.0	2005-02-13	Versionsuppgrädering	DOK	Hela gruppen

1 Inledning

Syftet med detta projekt är att vidareutveckla det befintliga demonstrations-styrprogramet till industriroboten ABB IRB1400 vilket framtogs våren 2004 i projektet "Golfspelande Industrirobot". Huvudskillnaden i detta projekt är att roboten skall utnyttja information från en kamera, AVT Marlin F-145C2. Vi kommer även att förbättra modellen för att simulera slag, utveckla ett bildskönare GUI samt införa viss ny funktionalitet.

Roboten kommer att användas i samband med olika informations och reklamevenemang som Linköpings universitet anordnar. Den är tänkt att inspirera och väcka intresse för reglerteknik och modellering hos såväl allmänheten som hos blivande studenter.

I detta dokument kommer alla krav att beskrivas med en tabellrad enligt nedan. Kravnummer kommer att vara löpande genom hela dokumentet. Kolumn två talar om att det är ett originalkrav eller om det har reviderats. Hänvisning till beslut om revidering skall finnas. I kolumn tre finns själva lydelsen av kravtexten. I sista kolumnen finns dess prioritet angiven.

Tabell 1: Kravöversikt

Krav nr x	Original/ Reviderat	Kravtext för krav nr x	Prioritet
-----------	------------------------	------------------------	-----------

Följande prioritetsgrader används:

- **Prioritet 1:** Baskrav. Måste vara uppfyllt för att projektgruppen skall godkännas på kursen.
- **Prioritet 2:** Normalkrav. Skall i normala fall uppfyllas. Detta krav är dock förhandlingsbart.
- **Prioritet 3:** Extrakrav. Krav med denna prioritet uppfylls i mån av tid.

1.1 Parter

Kund är Henrik Tidfelt, ISY, LiTH. Projektet utförs av en projektgrupp bestående av sju studenter i årskurs 4 på Y-programmet inom kursen TSRT71 Reglerteknisk projektkurs.

1.2 Mål

Syftet är att vidareutveckla det befintliga demonstrations-styrprogramet till industriroboten ABB IRB1400 vilket framtogs våren 2004 i projektet "Golfspelande Industrirobot". Roboten skall programmeras att spela minigolf på en liten men svår minigolfbana. Detta sker bl.a. med en mer avancerad matematisk modell och en kamera som identifierar bollens position och rörelse.

1.3 Användning

Den minigolfspelande roboten skall visas upp vid olika informations- och reklamevenemang vid Linköpings universitet. Roboten skall utgöra ett exempel på en tillämpning av modellering och reglerteknik.

2 Översikt av systemet

2.1 Produktkomponenter

Produkten består av ett styrprogram som med hjälp av en matematisk modell beräknar hur roboten, ABB IRB1400, skall slå bollen för en spik. Styrprogrammet skickar slaginformation till robotarmen via robotens interna styrprogram Rapid. Modellen använder en kamera för att identifiera bollbanan och därigenom förbättra slaget. Styrprogrammet kommer att implementeras i Java och använda Matlab för beräkning av modellparametrar. Tillsammans med detta skall en teknisk rapport med tillhörande användarhandledning levereras.

2.2 Grov beskrivning av produkten

Systemet kommer ha fyra olika moder, manuell mod, tävlingsmod, träningsmod och uppvisningsmod. I manuell mod anger spelaren själv utslagsvinkel och hastighet för bollen. I tävlingsmod tävlar roboten mot en spelare genom att roboten och en mänsklig motspelare slår vartannat slag. Spelaren eller någon annan person kan ange ett intervall för den utslagsvinkel som roboten ska använda. Roboten räknar sedan ut slagstyrkan och den exakta vinkeln. I träningsmod skall spelaren kunna få feedback på ett spelat slag om hur han/hon skall förbättra sig, detta genom talsyntes från datorn. Uppvisningsmod kommer att illustrera modellens dynamik genom användandet av kameran.

2.3 Ingående delsystem

Systemet är indelat i följande fem delsystem.

2.3.1 Kamera

En digitalkamera, AVT Marlin F-145C2, skall användas för att identifiera bollens bana. Detta för att huvudenheten via den matematiska modellen ska kunna räkna ut nya parametrar vid ett misslyckat slag för att förbättra detta. Dessutom skall kameran kunna identifiera var en boll som stannat på banan ligger så att styrsystemet kan utnyttja detta. I detta delsystem ingår bildbehandling, denna utförs i Matlab.

2.3.2 Matematisk modell

Den matematiska modellen kommer att användas i tävlings- och uppvisningsmod och kommer att implementeras i Matlab. Den kommer att ta information från huvudenheten och efter beräkningar skicka tillbaka information om utslagsvinkel och hastighet för bollen. Modellen ska även kunna utnyttjas för att simulera bollbanor. I detta projekt skall den matematiska modellen förbättras gentemot 2004 års projekt.

2.3.3 Grafiskt användargränssnitt

Det grafiska användargränssnittet kommer att implementeras i Java. Här väljer kunden vilken mod systemet skall arbeta i. För aktuell mod kommer relevanta data kunna inmatas/visas. Målet är att utarbeta ett kraftfullt och användarvänligt grafiskt gränssnitt.

2.3.4 Huvudenheten

Huvudenheten är själva hjärnan i systemet. Den har kontakt med ovannämnda tre enheter samt roboten självt. I stora drag kommer dess huvudsakliga uppgift vara att skyffla data från

övriga enheter samt skatta parametrar. Huvudenheten är den enda enhet som kommunicerar med roboten om hur den skall slå och vrida sig.

2.3.5 Roboten

Roboten kommunicerar med huvudenheten om hur den skall slå ett slag eller röra sig. Programmeringen av robotens rörelse kommer att ske i RAPID. Visst ansvar till att beräkna ett slag kommer att läggas i robotens styrprogram med hjälp av olika subrutiner.

2.4 Generella krav på hela systemet

Vissa generella krav finns på systemet, oavsett vilken mod den arbetar i.

Krav nr 1	Original	Systemets program skall vara sådant att användare, åskådare eller utrustning aldrig kan komma till skada.	1
Krav nr 2	Original	Begränsningar av vinkel och hastighet för utslaget ska implementeras för att bollen inte ska lämna banan och för att säkerheten skall kunna garanteras.	1
Krav nr 3	Original	Sökvägar till filer samt inställningar till systemet ska inte hårdkodas.	1
Krav nr 4	Original	Systemet skall arbeta i fyra olika moder: manuell mod, tävlingsmod, uppvisningsmod och träningsmod.	1
Krav nr 5	Original	Systemet ska hantera bollar som stannar på banan, även om kameran inte kan hitta bollen.	2
Krav nr 6	Original	Systemet ska kunna slå bollen från utslagsplatsen och träffa hålet i slutningen i 70% av försöken.	2
Krav nr 7	Original	Systemet ska kunna slå bollen från utslagsplatsen och träffa hålet i slutningen i 90% av försöken.	3
Krav nr 8	Original	Systemet ska kunna slå bollen från någon plats på greenen och träffa hålet på greenen i 70% av försöken.	2
Krav nr 9	Original	Systemet ska kunna slå bollen från någon plats på greenen och träffa hålet på greenen i 90% av försöken.	3
Krav nr 10	Original	En användarhandledning för systemet ska produceras.	1

2.5 Kalibreringskrav

För att modellen ska kunna användas tillsammans med roboten och kameran måste de kalibreras till ett gemensamt koordinatsystem om golfbanan eller någon annan enhet har flyttats.

Krav nr 11	Original	Kameran ska kunna kalibreras manuellt.	1
Krav nr 12	Original	Kameran ska kunna kalibreras automatiskt på kommando från användaren.	2

Krav nr 13	Original	Roboten ska kunna kalibreras manuellt.	1
Krav nr 14	Original	Roboten ska kunna kalibreras automatiskt med hjälp av kameran.	3
Krav nr 15	Original	Kameran ska kontinuerligt övervaka banan och larma om ny kalibrering krävs.	2
Krav nr 16	Original	Systemet ska kunna hantera små kalibreringar automatiskt.	3

2.6 Krav på moder

2.6.1 Manuell mod

Krav nr 17	Original	Vinkel och hastighet för ett slag skall kunna anges via det grafiska gränssnittet.	1
-------------------	-----------------	--	----------

2.6.2 Tävlingsmod

Krav nr 18	Original	Systemet ska informera användaren när det är tillåtet att gå in på banområdet .	1
Krav nr 19	Original	Systemet ska räkna slag för alla tävlande.	2
Krav nr 20	Original	Roboten ska flytta sig till ett läge där den inte är i vägen för motspelaren.	2
Krav nr 21	Original	Fler än en mänsklig motspelare ska kunna tävla samtidigt.	3
Krav nr 22	Original	En ”caddie”, eller motspelare, ska kunna välja det vinkelintervall roboten ska använda för slaget.	2
Krav nr 23	Original	Systemet ska helt autonomt välja vinkel och hastighet.	2
Krav nr 24	Original	Systemet ska testa mer avancerade slag.	3

2.6.3 Träningsmod

Krav nr 25	Original	Roboten ska flytta sig till ett läge där den inte är i vägen.	2
Krav nr 26	Original	Systemet ska kunna spela in bollbanan vid ett slag.	2
Krav nr 27	Original	Spelaren ska få förslag på en ny vinkel och/eller utslagshastighet och en jämförelse med det tidigare slaget.	3

2.6.4 Uppvisningsmod

Krav nr 28	Original	En vinkel ska anges och sedan ska systemet räkna ut rätt utslagshastighet.	2
Krav nr 29	Original	Roboten ska slå ett slag i den givna vinkeln med en hastighet som beräknats av modellen, fast utan korrektionsparametrar. Sedan ska roboten slå ett nytt slag, fast med korrektionsparametrar.	2

3 Kamera

3.1 Inledande beskrivning

En digitalkamera av modell AVT Marlin F-145C2 skall användas. Då utslag från banans startpunkt sker skall kameran kunna identifiera bollens bana och skicka vidare denna information till huvudenheten. Då en boll har stannat på banan skall kameran kunna identifiera var på banan den ligger och skicka vidare denna information till huvudenheten. Kameran fyller även en viktig funktion vid den automatiserade kalibreringen.

3.2 Funktionella krav för kameran

Krav nr 30	Original	Kameran skall kunna identifiera bollens bana då den slagits iväg så länge bollen är synlig för kameran.	2
Krav nr 31	Original	De delar av bollens bana som är osynlig för kameran ska kunna interpoleras (eller eventuellt, extrapoleras) fram.	3
Krav nr 32	Original	Kameran skall kunna identifiera var en boll som är på greenen befinner sig.	2
Krav nr 33	Original	Kameran ska kunna identifiera bollens position var den än är, så länge den är synlig för kameran.	2
Krav nr 34	Original	Kameran skall kunna identifiera referenspunkter till systemet vid den automatiska kalibreringen.	3
Krav nr 35	Original	Kamerans bild ska kunna visas på datorn.	1
Krav nr 36	Original	Kameran ska kunna startas och stoppas manuellt.	1
Krav nr 37	Original	Kamerans inställningar ska kunna ändras.	2
Krav nr 38	Original	Bollens position ska kunna tidsstämplas	2
Krav nr 39	Original	Bollens hastighet vid varje tidpunkt ska kunna räknas ut.	2
Krav nr 40	Original	Bollens rörelseenergi vid varje tidpunkt ska kunna räknas ut.	3

4 Matematisk modell

4.1 Inledande beskrivning

Den matematiska modelleringen kommer att ske i Matlab. Då utslag från banans startpunkt sker skall modellen användas i tävlings- respektive uppvisningsmod. I tävlingsmod skall modellen som insignaler från huvudenheten få den utslagsvinkel i vilken roboten skall slå bollen samt information om var bollen ligger. Utifrån detta skall modellen beräkna den utslagshastighet som behövs för att bollen ska gå i hål. Utslagsvinkeln och hastigheten skall skickas vidare till huvudenheten. Efter ett slag skall modellen uppdateras med nya parametrar

från huvudenheten. I uppvisningsmod skall det fungera på samma sätt som i tävlingsmod men med tillägget att parametrarna för olika vinklar är satta efter den matematiska modellen. Efter nytt slag uppdateras parametrarna med hjälp av återkopplingen från kameran. Detta för att kunna demonstrera hur man med hjälp av kamerans identifiering av bollbanan gradvis förbättrar ett slag.

Modellen skall användas i alla moder då bollen ligger på banans green. Den skall då utifrån information från huvudenheten om var bollen ligger beräkna den utslagsvinkel och hastighet som behövs för att putta bollen i hålet. Utslagsvinkel och hastighet skall skickas vidare till huvudenheten.

4.2 Funktionella krav för den matematiska modellen

Krav nr 41	Original	Modellen skall, utifrån en given utslagsvinkel samt information om var på banan bollen ligger, beräkna en utslagshastighet för att bollen ska kunna gå i hålet utan studs.	1
Krav nr 42	Original	Modellen ska kunna beräkna en bollbana enligt ovan, men med studs.	3
Krav nr 43	Original	Då bollen ligger på banans green skall modellen, utifrån information om var på banan bollen ligger, beräkna en utslagshastighet som gör att bollen går i hål.	1
Krav nr 44	Original	Modellen skall spara slagparametrar, slagtrajektorer och dess resultat i en databas.	1
Krav nr 45	Original	Bollens väg över banan skall kunna beräknas utifrån en utslagsvinkel och hastighet.	1
Krav nr 46	Original	Modellen skall utökas så att det går att spela med flera olika typer av bollar.	3
Krav nr 47	Original	Fysikaliska parametrar i den matematiska modellen ska identifieras offline (med hjälp av bollbanor från ett stort antal slag) och sparas.	2
Krav nr 48	Original	Korrektionstermer (och Black Box-modeller) ska kunna uppdateras online för att förbättra ett slag.	2

5 Grafiskt användargränssnitt

5.1 Inledande beskrivning

Det grafiska användargränssnittet, (GUI:t), kommer vara den del som syns för användaren. Här väljer man vilken mod man vill köra systemet. Beroende på vilken mod som körs kommer olika data att visas på skärmen. I tävlingsmod kommer i huvudsak endast resultatet att visas. I träningsmod kommer bollens bana visas samt hur spelaren bör ändra slaget för spik. I uppvisningsmod skall man kunna se bollbanan på skärmen och bli informerad av hur parameterskattningen går till och vad de nya parametrarna blir. Slutligen i den manuella moden kan man tänka sig att en bild på banan, klubbvinkel och en tänkt bana ritas upp. Målet kommer att vara ett stilrent och kraftfullt grafiskt användargränssnitt.

5.2 Funktionella krav för det grafiska användargränssnittet

Krav nr 49	Original	Aktuell mod ska kunna väljas i GUI:t.	1
Krav nr 50	Original	Bollbanan för ett predikterat slag ska visas.	2
Krav nr 51	Original	Den verkliga bollbanan ska visas efter ett slag.	2
Krav nr 52	Original	Aktuell information om vad som händer i systemet skall kunna observeras.	1
Krav nr 53	Original	Ljudfiler skall kunna spelas upp.	3
Krav nr 54	Original	En modell av banan ska visas i 3D på skärmen	3
Krav nr 55	Original	Bollen ska animeras och visas i 3D på skärmen.	3
Krav nr 56	Original	Bollbanan skall kunna observeras i realtid.	3
Krav nr 57	Original	Bollens hastighet vid olika platser ska kunna visas.	3
Krav nr 58	Original	All sparad och beräknad information om ett slag ska kunna visas.	3

6 Huvudenheten

6.1 Inledande beskrivning

Huvudenheten är den del i systemet som kommunicerar med och styr övriga enheter. Först får den information från GUI:t om vilken mod som spelas samt aktuella inparametrar, sedan bearbetas detta med hjälp av den matematiska modellen till slagdata för roboten. När detta skickats iväg observerar kameran bollens bana och skickar det till huvudenheten som behandlar signalen och tar fram bollens bana. Därefter uppdaterar enheten relevanta parametrar för framtida slag. Huvudenhetens näst viktigaste funktion är att automatisera kalibreringen.

6.2 Funktionella krav för huvudenheten

Krav nr 59	Original	Huvudenheten skall automatisera kalibrering vid uppstart av systemet.	3
Krav nr 60	Original	Systemet skall skatta och finjustera korrektionsparametrar i modellen med hjälp av bollbanedata.	1

7 Roboten

7.1 Inledande beskrivning

Roboten är en industrirobot av modell ABB IRB-1400. Den har sex axlar och därmed sex frihetsgrader. Roboten styrs av styrsystemet S4C och programmeras med hjälp av ABB:s programspråk RAPID 3.0. Verktygen till roboten är utbytbara men kommer under detta

projekt att bestå av ett verktyg bestyckat med minigolfklubba samt en sugkopp vända 180 grader mot varandra.

Roboten får parametrar från huvudenheten och använder dessa i olika subrutiner i robotens interna program. Dessa subrutiner får roboten att utföra önskat slag, hämtning av boll o.s.v.

7.2 Funktionella krav för roboten

Krav nr 61	Original	Roboten skall följa huvudenhetens instruktioner.	1
-------------------	-----------------	--	----------

8 Krav på möjlighet att uppgradera

I denna typ av projekt finns det naturligtvis alltid saker att förbättra. Det kommer därför vara vårt genomgående mål att utveckla en generell lösning till vårt problem. Vi ämnar att lösa problemen istället för att gå runt dem.

9 Ekonomi

Projektgruppen har 200 timmar per person som skall läggas på projektet. Totalt blir detta $7 \times 200 = 1400$ timmar. Det finns möjlighet att utnyttja teknisk expertis i max 20 timmar samt att få handledning angående dokumenten i max 10 timmar. Utöver detta ingår en utbildning av robotens styrprogram Rapid för tre personer ur projektgruppen.

10 Krav på säkerhet

Alla säkerhetsföreskrifter för industriroboten skall följas och uppgiften skall lösas på ett sätt som sätter säkerheten i första hand.

11 Dokumentation

LIPS-mallarna skall användas till dokumenten och dessa skall lämnas utskrivna eller i pdf-format till beställaren. Dokumenten utgör underlag för examination och är ett verktyg för att gruppen skall kunna utföra projektet på ett strukturerat och effektivt sätt. De dokument som skall skrivas är följande:

- Kravspecifikation
- Systemskiss
- Projektplan med aktivitetslista
- Tidplan
- Testplan
- Designspecifikation
- Testprotokoll

- Mötesprotokoll med enkel statusrapportering
- Protokoll över beslutspunkter
- Användarhandledning
- Teknisk rapport
- Efterstudie
- Poster
- Websida

12 Leveranskrav och delleveranser

Nedan följer tidpunkterna för de beslutspunkter, före vilka de olika dokumenten skall levereras.

- Besluts punkt 2: Kravspecifikation, systemskiss, projektplan och tidplan skall levereras innan 2005-02-09.
- Besluts punkt 3: Designspecifikation och testplan skall levereras innan 2005-2-21.
- Delleverans av matematisk modell och demo av kamerainterface ska ske innan 2005-03-04.
- Besluts punkt 5: Den slutgiltiga produkten skall presenteras och levereras med användarhandledning, testprotokoll, demonstration av produkten samt föredrag 2005-05-04.
- Besluts punkt 6: En teknisk rapport och en efterstudie skall levereras innan 2005-05-17. Dessutom skall en poster och en hemsida vara färdiga då.

13 Utbildning

13.1 Projektgruppens utbildning

Tre personer ur projektgruppen skall gå en introduktions- och säkerhetskurs av roboten ABB IRB1400. Denna kurs beräknas ta 16 timmar per person. Dessa tre kommer i sin tur att utbilda de övriga gruppmedlemmarna och kommer även att övervaka styrningen av roboten. Övrig utbildning är varje gruppmedlems egna ansvar.

13.2 Kundens utbildning

Kunden skall utbildas efter det att produkten är levererad, dels genom en muntlig demonstration och dels genom en utförlig användarhandledning.

Referenser

Svensson, Tomas & Krysander, Christian (2002), *LIPS – nivå 1*. Bokakademin, version 1.0.

Enqvist, Martin (2005), *Projektdirektiv – Golfspelande industrirobot med kamera*.

Eklund, Elin (2004), *Kravspecifikation – Golfspelande industrirobot*.