

Utveckling av modulära robotleder



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Anders Smedenmark
anders1smedenmark@telia.com

Daniel Rasmusson
cim03dr4@m.lth.se

Johannes Persson
cim03jp1@m.lth.se

Vuk Hadzi-Antic
cim03vh2@m.lth.se

Maskinkonstruktion / institutionen för designvetenskaper 2006

Sammanfattning

Detta är första delen av Produktutvecklingsprojektet 2006/2007. Resultatet av denna delrapport är en principlösning till en robotled som kan integreras till ett modulärt robotsystem.

Som metod har använts en modifierad produktutvecklings metod som presenteras i boken *Product Design and Development* av Karl T. Ulrich och Steven D. Eppinger.

Som grund till principlösningen har ett antal kundbehov identifierats. Dessa har i sin tur legat till grund för framtagningen av produktens målspecifikation. Målspecifikationen genererades med hjälp av en fyrstegsprincip presenterad av Ulrich och Eppinger.

Principlösningarna som sedan togs fram baserades på dessa målspecifikationer. Efter en primär utvärdering av dessa principlösningar vidareutvecklades två alternativ. En slutgiltig utvärdering pekade sedan ut den lösning som ansågs mest lämpad för att möta de fastställda kraven.

Den bästa principlösningen var förslaget med två borstlösa servomotorer monterade i respektive ända av ett självbärande rör. För att erhålla rätt utväxling används en kombination av harmonic drive och planetväxel. För att kunna koppla samman robotlederna används en koppling av typen bajonettfattning.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 MÅLSÄTTNING.....	1
1.3 METOD	1
2 IDENTIFIERING AV KUNDBEHOV	2
2.1 EXEMPEL PÅ ARBETSUPPGIFTER	2
2.2 INDELNING OCH VIKTNING AV KUNDBEHOV	2
2.3 REFLEKTION	3
3 MÅLSPECIFIKATIONER	4
3.1 FORMULERINGAR.....	4
3.2 BENCHMARKING.....	4
3.3 SPECIFIKATIONSVÄRDE.....	5
3.4 REFLEKTION	5
4 FRAMTAGNING AV PRIMÄRA PRINCIPLÖSNINGAR	6
4.1 DELPROBLEM.....	6
4.2 MÖJLIGA LÖSNINGAR FÖR DELPROBLEM.....	6
4.2.1 <i>Konvertering av energi till rörelseenergi</i>	6
4.2.2 <i>Konvertering till lämpligt vridmoment med minsta möjliga backlash</i>	7
4.2.3 <i>Grundkonstruktion av leden</i>	7
4.2.4 <i>Koppling mellan leder</i>	7
4.3 PRIMÄRA PRINCIPLÖSNINGAR	8
4.3.1 <i>Principlösning 1</i>	8
4.3.2 <i>Principlösning 2</i>	8
4.3.3 <i>Principlösning 3</i>	9
4.3.4 <i>Principlösning 4</i>	9
5 PRIMÄR UTVÄRDERING	10
5.1 UTVÄRDERING.....	10
5.2 REFLEKTION	11
6 VIDAREUTVECKLING AV PRIMÄRA PRINCIPLÖSNINGAR	12
6.1 PRINCIPLÖSNING 1	12
6.2 PRINCIPLÖSNING 4.....	12
7 SLUTLIG UTVÄRDERING OCH VAL AV PRINCIPLÖSNING	13
7.1 SLUTLIG UTVÄRDERING.....	13
7.2 REFLEKTION	13
8 PRESENTATION AV PRINCIPLÖSNINGEN	14
8.1. FUNKTIONER.....	14
8.2. KONSTRUKTION.....	14
8.3. PROBLEMSTÄLLNING	14
9 TEST AV VALD PRINCIPLÖSNING	15
9.1 FÖRBEREDELSE.....	15
9.2 UTFÖRANDE	15
9.3 TOLKNING AV RESULTAT	15
9.4 REFLEKTION	15
10 SLUTLIGA SPECIFIKATIONER	16

1 Inledning

Detta är första delen av Produktutvecklingsprojektet 2006/2007. Denna rapport kommer att beröra frågeställningar och fördefinierade målspecifikationer. I slutändan av denna rapport kommer en principiell lösning att presenteras som kommer att ligga som grund för vidarebearbetning och i slutändan en fungerande prototyp.

1.1 Bakgrund

Robotar utvecklade för servicesyften kräver flexibilitet och autonomitet i större utsträckning än dess nära relaterade industrirobot. Detta då dessa typer av robotar arbetar med fysiskt handikappade människor i deras vardagsrutin. Tanken med dessa robotar är att de ej skall ersätta mänsklig, aktivt, hjälpande utan i större grad ge vårdtagaren några timmar för sig själv och som resultat ökad självständighet. En av de grupper som i stor utsträckning kan nyttja denna typ av robot är exempelvis Tetraplegiker med en skada som medför användandet av en elektrisk stol samt personer med arbetsskador som uppkommit som följd av långvarigt arbete, t.ex. ryggproblem, nacke, skuldror etc. Något som kan nämnas i detta sammanhang är att denna grupp av vårdtagare ökar relativt mycket årligen. Då snittåldern för denna grupp av vårdtagare är relativt låg visar studier på att målgruppen är positivt inställda till denna typ av hjälpmedel som i sig självt ökar den sociala kapaciteten. Tanken bakom denna typ av robot är att den skall kunna placeras på en mobil rullstol med elektriska komponenter alternativt fast installation vid användarens arbetsplats. Detta i sig självt ger andra förutsättningar och därmed andra specifikationer än för industrirobotar.

Som ett nästa steg i utvecklingen av denna typ av robot finns tankar rörande modulära robotleder som enkelt kan sättas ihop.

1.2 Målsättning

Målet är således en fungerande prototyp av ett modulärt system av robotleder sammankopplade till en robot verkande i servicesyften. Det som kommer att diskuteras i stor utsträckning inom detta projekts ramar är reduktion av vikt, flexibilitet samt den totala storleken av robotledens systemuppbyggnad. I denna rapport kommer således inga aspekter rörande styrsystemet av denna led att diskuteras mer än på komponent nivå.

1.3 Metod

Som metod används en modifierad produktutvecklings metod presenterad i boken *Product Design and Development* av Karl T. Ulrich och Steven D. Eppinger. Detta då projektet har en mer betydande utvecklingskaraktär av principlösning som sedan kan ligga som grund för vidare utveckling av en produkt som sådan.

2 Identifiering av kundbehov

För att identifiera den slutliga specifikationen används arbetsuppgifterna som utgångspunkt för framtagningen av kundbehov. Detta istället för de brukliga utgångspunkterna så som kundutlåtanden.

2.1 Exempel på arbetsuppgifter

De arbetsuppgifter som en servicerobot utför är i huvudsak av manipulativ art. Detta innebär arbetsuppgifter som att lyfta och hantera föremål av mindre karaktär i robotens närområde. Med detta menas föremål såsom mjölkkartonger, dryckesglas etc. med en relativt låg vikt. Samt exempelvis manövrera olika enklare processer såsom öppna dörrar, på- och avtryckning av lampor och dylika funktioner.

2.2 Indelning och viktning av kundbehov

Kundbehoven är framtagna av gruppen med utgång från robotens arbetsuppgifter som grund. Detta återspeglar de generella kundbehoven på både den enskilda robotleden som det totala systemet.

Kundbehoven delas in i olika grupper beroende på om behovet rör den enskilda leden eller det totala systemet. Kundbehoven viktas därefter för att erhålla en mot verkligheten bättre överensstämmande målspecifikation.

Viktningen sker enligt följande indelning:

- 1: Behovet är ovidkommande
- 2: Behovet mindre viktigt
- 3: Behovet är viktigt
- 4: Behovet är mycket viktigt
- 5: Behovet är essentiellt

ID-nr	Enskild Led	Vikt
1	Låg vikt	5
2	Lättillgängliga anslutningar	3
3	Säker	4
4	Lätt att koppla	3
5	Lång livslängd	4
6	Lång driftstid	5
7	Låg ljudnivå	3
8	Hög verkningsgrad	4

ID-nr	Totala Systemet	Vikt
9	Låg totalvikt	5
10	Användarvänlig	5
11	Litet totalt backlash	5
12	Lång total driftstid	4
13	Hög tillförlitlighet	5
14	Lätt att modifiera	3
15	Stark i rotation	3

Tabell 1

2.3 Reflektion

Identifieringen av kundbehov har genomförts genom analyser av de arbetsmoment och arbetssituationer som denna typ av produkt kommer att utföra eller hamna i. Som nämnts tidigare har både robotleden som enskild produkt och hela det konceptuella systemet legat i fokus. De behov som här har framkommit anses ge den grund som är nödvändig för vidare framtagning av målspecifikationer.

3 Målspecifikationer

Målspecifikationen beskriver detaljerat vad produkten måste uppfylla i form av mätbara storheter. Specifikationen beskriver dessutom vad som krävs av produkten för att uppfylla framtagna kundbehov. Framtagning av målspecifikationer sker genom en fyrstegsprincip presenterad av Ulrich och Eppinger.

1. Formuleringar - Sammanställning av tabell innehållande mätbara storheter
2. Benchmarking - Insamling av information avseende konkurrerande produkter
3. Specifikationsvärde - Fastställning av ideala och marginellt acceptabla specifikationsvärden
4. Reflektion - Reflektion över resultat och process

3.1 Formuleringar

Nedanstående specifikationslista är framtagen för att representera kundbehoven och specificera storheterna för dessa. Viktning för de enskilda specifikationsvärdena sker enligt följande.

- 1: Specifikationen är ovidkommande
- 2: Specifikationen mindre viktig
- 3: Specifikationen är viktig
- 4: Specifikationen är mycket viktig
- 5: Specifikationen är essentiell

Spec.nr	Kundbehov	Specifikation	Vikt	Enhet
1	1, 2, 4, 9, 14	Monteringstid	2	h
2	1, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 14, 15	Vikt	5	kg
3	1, 6, 8, 9, 12, 13	Driftstid	4	h
4	3, 5, 6, 8, 9, 11, 15	Verkningsgrad	4	η
5	7, 11, 15	Ljudnivå	4	dB
6	3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13	Backlash	5	°
7	15	Moment	4	mNm

Tabell 2

3.2 Benchmarking

Då detta är ett konceptuellt projekt har undertecknad svårt att hitta representativa produkter att jämföra med. Därför kommer genomfördes ej denna del av fyrstegsprincipen.

3.3 Specifikationsvärde

För varje formulering anges både ett idealt- och ett acceptabelt värde. Det ideala värdet anger det mest fördelaktiga och önskade resultatet för produkten medan det marginella värdet anger det värde som utgör gräns, efter vilken man inte längre kan anse att produkten uppfyller önskad funktion. Nedanstående tabell visar de formuleringar som är gjorda för den enskilda leden som kommer att monteras in i ett totalt system. Det nya systemet kommer i sin att generera ny ideala- och marginella värden.

Spec.nr	Kundbehov	Specifikation	Vikt	Marginellt värde	Enhet	Ideal värde
1	1, 2, 4, 9, 14	Monteringstid	2	-	h	-
2	1, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 14, 15	Vikt	5	3	kg	1,5
3	1, 6, 8, 9, 12, 13	Driftstid	4	-	h	-
4	3, 5, 6, 8, 9, 11, 15	Verkningsgrad	4	0,5	η	0,6
5	7, 11, 15	Ljudnivå	4	< 50	dB	< 40
6	3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13	Backlash	5	< 1°	°	< 0,3°
7	15	Moment	4	50	mNm	50>

Tabell 3

3.4 Reflektion

Specifikationsvärdena har framställts utifrån egna erfarenheter och fastställda krav. Dessa kommer att påverka framtagningen av principkonstruktionen.

4 Framtagning av primära principlösningar

Nedanstående primära principlösningar är framtagna för att möta kundbehoven och uppnå de tidigare nämnda målspecifikationer.

4.1 Delproblem

Lösningen delas in i följande delproblem för att minska komplexiteten i systemet samtidigt som det ger en bättre översyn av de olika komponenterna som bör ingå i konstruktionen.

1. Konvertering av energi till rörelseenergi
2. Konvertering till lämpligt vridmoment med minsta möjliga backlash
3. Grundkonstruktion av leden
4. Koppling mellan leder

4.2 Möjliga lösningar för delproblem

Nedan presenteras alternativa lösningar för de tidigare nämnda delproblemen. För att underlätta har även beskrivning bifogats de mer tekniskt kritiska komponenterna.

4.2.1 Konvertering av energi till rörelseenergi

Med vilken typ av elektrisk motor omvandlas energin till rörelseenergi.

- A
1. Asynkronmotor: Asynkronmotor är den i industrin mest vanliga motorn. Enkel, robust och billig men hastigheten är svår att variera då den är proportionell mot matningsspänningen.
 2. Synkronmotor: Synkronmotor arbetar under ett konstant varvtal som beror på strömmens frekvens och motorns uppbyggnad. Motorn kräver ett ”glapp” i systemet för att starta.
- B
1. Likströmsmotor: DC-spänningskälla är essentiell. Motorhastigheten är proportionell mot spänningen. Spolen är lindad på järnkärna eller som bur. Den sistnämnda har högre accelerations- och retardationsförmåga. En viktig egenskap är den att en motor av denna typ drar lite ström.
 2. Bortslös motor: I borstlösa DC-motorer roterar permanentmagneten istället för lindningen. Motorn styrs via styrelektronik. Tekniken som motorn är uppbyggd av ger lågt slitage, lång livslängd och medger en möjlighet för höga hastigheter.
 3. Pannkaksmotor: Pannkaksmotor är en platt typ av DC-motor. Oftast för kraftiga applikationer eftersom den har ett högt vridmoment.

4. Servomotor: Positionsstyrd DC-motor med feedback.

C 1. Stegmotor: Stegmotorerna är frekvensstyrda via drivelektronik. Det medger att de är lätta att variera hastigheten på samtidigt som de är lätta att bestämma positionen på tack vare stegen.

2. Linjärmotor: Linjärmotorn är en variant av en stegmotor, där rotorn sitter på en axel, skruv, och upplevs som en mutter. Vid arbete förflyttas axeln, skruven, linjärt framåt eller bakåt.

D 1. Solenoider: Solenoider kan ersätta DC-motorer i vissa applikationer. De kallas ibland för elektromagneter. Då ström går genom solenoiden skapas en roterande eller linjär rörelse. När strömmen bryts återgå solenoiden till sitt ursprungsläge.

4.2.2 Konvertering till lämpligt vridmoment med minsta möjliga backlash

Med vilken typ av växelkonstruktion utväxlingen skall ske.

1. Planetväxel: Planetväxlar medger en förändrad utväxling och moment. Dock bidrar den till minskad verkningsgrad.

2 Harmonic drive: Genom att använda en harmonic drive kan backlashen minskas samtidigt som den medger ett högt vridmoment.

4.2.3 Grundkonstruktion av leden

På vilket sätt grundstommen är konstruerad samt hur komponenterna installeras.

1 Självbärande rör med instanser där motorpaketet är installerat

2 Ramverk med yttre skal

4.2.4 Koppling mellan leder

På vilket sätt robotarmarna sammankopplas till det totala systemet.

1 Bajonettfattning

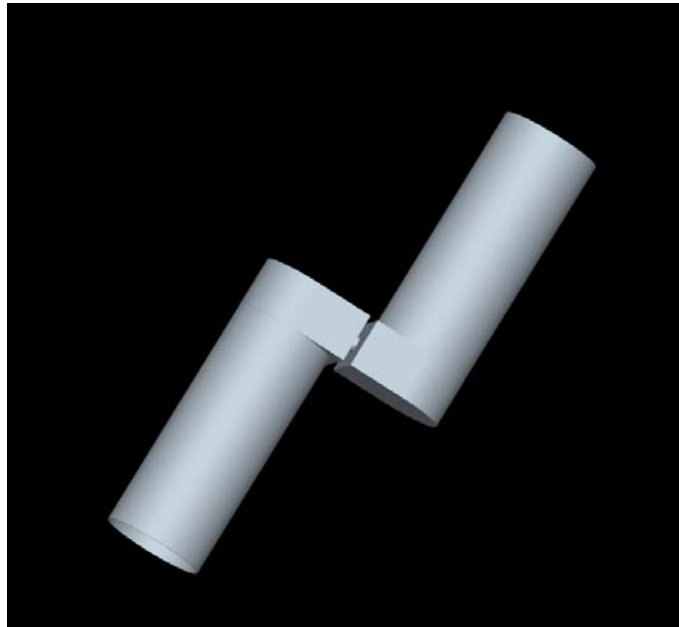
2 Skruvförband

4.3 Primära principlösningar

Utifrån ovanstående lösningar till delproblemen väljs olika kombinationer ut till primära principlösningar för ledarmen. En notering är att dessa principlösningar alla använder sig av samma utväxlingsprincip. Detta då en kombination av harmonic drive och planetväxel ger den bästa utväxlingen samtidigt som backlashen reduceras avsevärt.

4.3.1 Principlösning 1

Denna lösning består av två borstlösa servomotorer monterade i respektive ända av ett självbärande rör. Servomotorerna är monterade i ett T för att åstadkomma rotationerna som eftersöks. Genom att använda en kombination av planetväxel och harmonic drive erhålls ett högt vridmoment med liten backlash. Skruvförband används för koppling mellan de enskilda lederna.



Figur 1

4.3.2 Principlösning 2

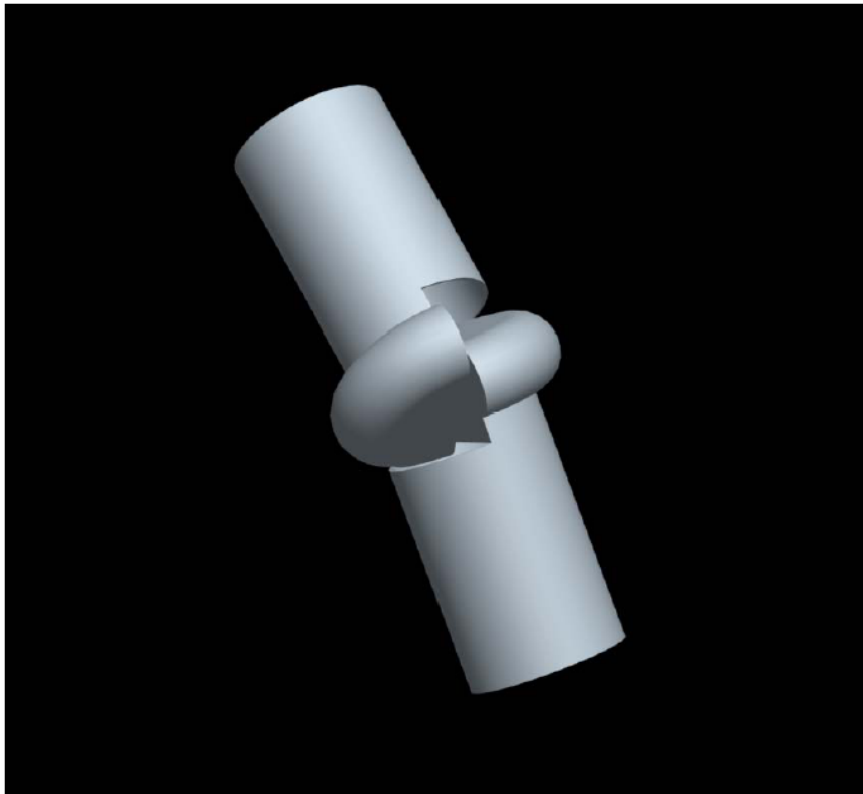
Lösningen består av två motorer i form av pannkaksmotorer. Även dessa är monterade i T form. Dessa motorpaket är monterade i ett självbärande rör med instanser som fungerar som motorfästen. För utväxling används även här en kombination av harmonic drive och planetväxel. Bajonettfattning används i denna lösning för att kunna koppla ihop flera leder.

4.3.3 Principlösning 3

I denna lösning monteras två olika sorters motorer, en pannkaksmotor samt en servomotor. Dessa monteras i en ramverkskonstruktion. Där rotationen kring Z-led sköts av servomotorn och Y-led av pannkaksmotorn. Även här används en kombination av harmonic drive och planetväxel. För koppling mellan lederna används i denna lösning bajonettfattning.

4.3.4 Principlösning 4

Denna lösning består av två likströmsmotorer med grafitborstar som är monterade i T form. Dessa monteras i ett självbärande rör med instanser som motorinfästningar. Som utväxling används en kombination av harmonic drive samt planetväxel. För koppling mellan lederna används i denna lösning en bajonettfattning.



Figur 2

5 Primär utvärdering

Utvärderingen av de olika principlösningarna kommer att ge en närmare bild hur den slutgiltiga lösningen kommer att se ut samt vilka egenskaper som är uppfyllda och vilka lösningar som borde vidareutvecklas. Varje egenskap kommer att viktas för den enskilda principlösningen.

5.1 Utvärdering

Utvärdering av principlösningarna sker med principlösning 1 som referens då den representerar den minst radikala lösningen. Som grund för de urvalskriterier som används ligger de tidigare presenterade målspecifikationerna. En notering angående urvalskriteriet storlek är att den reflekterar på lösningens möjlighet att reducera den totala storleken på en ledarm uppbyggd med lösningens komponenter.

- Minus innebär att lösningen är sämre än referensen
- + Plus innebär att lösningen är bättre än referensen
- 0 Noll innebär att lösningen är likvärdig med referensen

Urvalskriterier	Principlösningar			
	1	2	3	4
Vikt	0	+	+	-
Drifttid	0	+	+	+
Verkningsgrad	0	0	0	0
Moment	0	-	-	+
Storlek	0	+	0	-
Summa (-)	0	1	1	2
Summa (+)	0	3	2	2
Summa (0)	5	1	2	1
Slutsumma	0	2	1	0
Ranking	3	1	2	4
Vidareutveckling	Nej	Ja	Ja	Nej

Tabell 4

5.2 Reflektion

Många av dessa kriterier är svåra att reflektera över då dessa egenskaper beror på faktorer som är nere på komponentnivå. En metod som har använts är ett generellt tänkande över hur möjliga komponent val inom lösningen påverkar varandra i systemet. Exempelvis är pannkaksmotorn liten vilket medför att hela konstruktionen kan göras liten och därmed reducera vikten men å andra sidan skulle momentet bli lägre som resultat.

Tyvärr har det framkommit att pannkaksmotorerna inte kan kopplas till en så kallad "encoder" som gör att man kan kontrollera motorns position. Detta innebär att man bara kan reglera varvtalet. Denna typ av lösning är helt ointressant för själva projektet. Med de här restriktionerna i åtanke så kommer principlösningarna 1 och 4 att vidareutvecklas.

Så slutligen kommer utvärderingen att se ut på följande sätt:

Urvalskriterier	Principlösningar			
	1	2	3	4
Vikt	0	+	+	-
Drifttid	0	+	+	+
Verkningsgrad	0	0	0	0
Moment	0	-	-	+
Storlek	0	+	0	-
Summa (-)	0	1	1	2
Summa (+)	0	3	2	2
Summa (0)	5	1	2	1
Slutsumma	0	2	1	0
Ranking	3	1	2	4
Vidareutveckling	Ja	Nej	Nej	Ja

Tabell 5

6 Vidareutveckling av primära principlösningar

Utifrån de primära utvärderingarna har förbättringar av principlösningarna genomförts så att de uppnår de önskade kraven. Dock påpekas även här att många av kraven är specifika för ändamålet av det totala robotsystemet som leden ingår i.

6.1 *Principlösning 1*

Som ett vidare steg i utvecklingen optimeras konstruktionen genom att ena motorn placeras i mitten på ledarmen. Detta för att medge en enklare koppling mellan lederna. Som ett ytterliggare led förflyttas den andra motorn så att viktfordelningen förbättras. Detta leder även till att skalet omformas kring denna del av leden. Utöver detta används fortfarande valda komponenter som ovan nämnda. Bajonettfattning har införts som koppling mellan lederna för att underlätta monteringen samt för att reducera storleken på ledarmen.

6.2 *Principlösning 4*

Även här omdirigeras motorernas placering för att förbättra viktfordelningen i ledarmen vilket medför en del ändringar i grundkonstruktionen. Komponent sammansättningen är oförändrad från den föregående presentationen av principlösningen.

7 Slutlig utvärdering och val av principlösning

De vidareutvecklade lösningarna jämförs mot varandra och de enskilda urvalskriterierna viktas för att bättre representera hur viktigt de är för ett lyckat projekt. Den nödvändiga informationen tolkas och slutligen leder den till valet av den slutgiltiga principlösningen som kommer att ligga som grund för den färdiga prototypen.

7.1 Slutlig utvärdering

Till denna utvärdering används samma urvalskriterier som i den föregående utvärderingen. Utöver dessa läggs även ytterliggare urvalskriterier till, samt en förfinad betygsskala för att erhålla snarare utvärderingsresultat.

Betygsskalan för betygssättningen ser ut som följande:

- 1: Mycket sämre än referens
- 2: Sämre än referens
- 3: Likvärdig med referens
- 4: Bättre än referens
- 5: Mycket bättre än referens

Som referens används principlösning 1.

Urvalskriterier	Viktning	Principlösningar			
		1		4	
		Betyg	Viktat Betyg	Betyg	Viktat Betyg
Vikt	20%	3	0,6	2	0,4
Driftstid	10%	3	0,3	4	0,4
Verkningsgrad	15%	3	0,45	3	0,45
Moment	20%	3	0,6	3	0,6
Storlek	20%	3	0,6	1	0,2
Säkerhet	15%	3	0,45	3	0,45
Slutsumma		3		2,5	
Ranking		1		2	
Vidareutveckling		Ja		Nej	

Tabell 6

7.2 Reflektion

Utvärderingen ovan visar tydligt att principlösning 1 är den lösning som bör vidareutvecklas. Rent generellt kan man skåda att de båda lösningarna är av samma karaktär. Det som avgör till fördel för den första principen är att de enskilda komponenterna för den konkurrerande principen är mycket större och tyngre. Som i sig gör att dess betyg i utvärderingen blir avsevärt sämre.

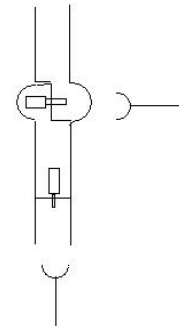
8 Presentation av principlösningen

Följande principlösning anses lösa de kritiska kundbehoven och uppfylla de krav som är ställda för produkten. Robotledens funktion utgör mestadels arbeten där lättare föremål ska kunna hanteras (mjölkpaket, tallrikar mm.) samt enklare operationer skall kunna utföras som t.ex. öppna dörrar, manipulera strömbrytare och dylikt.

8.1. Funktioner

Motorn som används för rotation av leden placeras i rörets övre del. Detta för att medge en viss modifikation av den passiva delens längd. Samtidigt kommer denna lösning att förenkla bajonettfattningens placering i rörkonstruktionens ändrar. I och med motorernas placering i förhållande till varandra förbättras viktförhållandet på robotarmen.

Det andra motorpaketet placeras på tvären mot föregående beskrivna motorpaket.



Figur 3

Bajonettfattningens placering och funktion ger en enkel koppling mellan lederna i ett totalt system.

8.2. Konstruktion

Stommen är ett självbärande rör. För infästning av komponenterna används instanser. Konstruktionen medger en lägre vikt gentemot en konstruktion uppbyggd av länkar, liknande en mänsklig arm.

8.3. Problemställning

Ett av de problem som kommer att uppstå, oberoende av principlösning, i vidareutvecklingen är kabeldragningen för kommunikation och ström. Även storleken på själva drivpaketet med motor, planetväxel och harmonic drive kan vara svåra att integrera i själva böjleden. Vilket medför att man får optimera eller rent av att ändra konstruktionen under vidareutvecklingen.

9 Test av vald principlösning

För att avgöra om den valda principlösningen uppfyller fastställda krav samt uppfyller de funna kundbehoven genomförs en intervju. För att genomföra testet användes en sjustegsmetod.

1. Definiera testets syfte
2. Välj ut testpersoner
3. Välj hur testet genomförs
4. Välj hur principlösningen skall presenteras
5. Mät kundens reaktion
6. Tolka resultat
7. Reflektera över resultat samt process

9.1 Förberedelse

För att erhålla en bild av projektets lyckade utgång har Professor Gunnar Bolmsjö vid Robotteknik kontaktats. I samband med detta har en presentation med skiss med beskrivande text visats. Ett visst antal frågor rörande lösningen ställdes i samband med presentationen.

9.2 Utförande

De ställda frågorna var följande:

- Kommer denna konstruktions design uppfylla ställda krav?
- Anses de val av motorkomponenter ha en teoretisk möjlighet att uppfylla ställda krav?
- Är bajonettfattning ett bra system för sammankopplingen av lederna?

9.3 Tolkning av resultat

På grund av kommunikationsfel hann svar ej mottagas.

9.4 Reflektion

I och med att svar från intervjun ej inkommit reflekteras det över tidigare samtal med handledare. Tidigare kommentarer har varit positiva till principlösningen. En kommentar som erhållits var rörande vikten av motorpaketets storlek och att dessa bör komprimeras i större utsträckning.

10 Slutliga specifikationer

De slutliga specifikationerna erhålls utifrån utförd test av principlösning samt framtagna kundbehov.

Spec.nr	Specifikation	Enhet	Slutligt värde
1	Monteringstid	h	-
2	Vikt	kg	1,5
3	Driftstid	h	-
4	Verkningsgrad	η	0,6
5	Ljudnivå	dB	20 - 30
6	Backlash	°	0,1°
7	Moment	mNm	50

Tabell 7

Projektgruppen anser att ovanstående specifikationslista väl specificerar principlösningen med tanke på ekonomiska förutsättningar samt tid.