



# LUND UNIVERSITY

## On Robotic Assembly using Contact Force Control and Estimation

Stolt, Andreas

2015

*Document Version:*

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Stolt, A. (2015). *On Robotic Assembly using Contact Force Control and Estimation*. [Doctoral Thesis (monograph), Department of Automatic Control]. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund University.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00



LUNDS  
UNIVERSITET

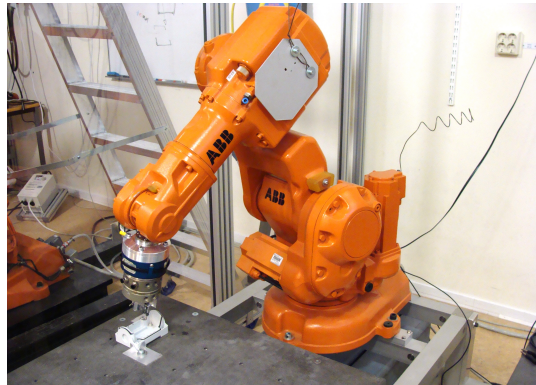
# Händiga robotar

Andreas Stolt

Institutionen för Reglerteknik

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *On Robotic Assembly using Contact Force Control and Estimation*, oktober 2015. Avhandlingen kan laddas ner från: <http://www.control.lth.se/publications>

Industrirobotar är idag oundgängliga inom många branscher. I till exempel bilindustrin sköter de många delar av tillverkningen av nya bilar, såsom svetsning och målning. Robotarna har i många fall tagit över sysslor som är enformiga och ibland även farliga att utföra för människor. Det som gör roboten till en bra arbetare är framförallt att den jobbar snabbt och gör jobbet likadant varje gång. Dessutom kan den jobba dygnet runt utan att vara i behov av raster.



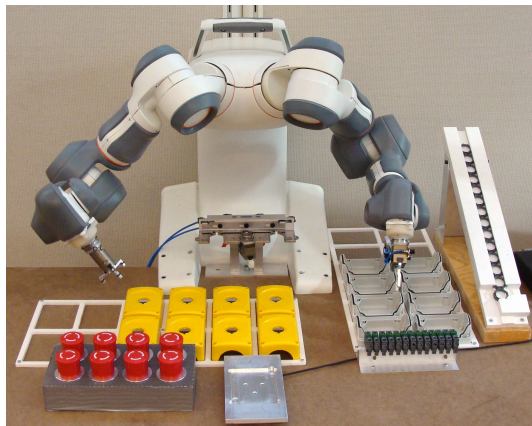
*En traditionell industrirobot som använts för experiment i avhandlingen.*

Det traditionella sättet att programmera robotar är att låta dem röra sig till ett antal förutbestämda positioner. Om roboten till exempel ska svetsa ihop två komponenter ska den börja med att röra sig till början av fogen och därefter röra sig längs med fogen med svetsen igång. I en uppgift såsom svetsning gäller det att roboten vet om var komponenterna som ska svetsas ihop befinner sig. Positioneringen kan lösas genom att komponenterna placeras i speciella hållare, så att de hamnar på samma ställe varje gång. En annan typ av uppgift är att öppna en dörr med en nyckel. Att föra in nyckeln i nyckelhålet kräver hög precision. Minsta positionsfel kan leda till att nyckeln kärvar. För en robot är det svårt att gripa nyckeln med den noggrannhet som krävs och det är även svårt att veta exakt var nyckelhålet befinner sig. Vi människor löser bristen på noggrannhet genom att vi känner att nyckeln kärvar och därför provar att justera positionen lite tills nyckeln glider in i låset. En robot däremot rör sig dit den är programmerad utan att veta om nyckeln kärvar eller ej. Eftersom robotar oftast är väldigt starka kommer en

kärvande nyckel förmodligen sluta med att den bryts när roboten fortsätter att trycka.

Gemensamt för uppgiften att föra in en nyckel i ett nyckelhål och andra uppgifter där roboten är i fysisk kontakt med omgivningen är att små fel i position kan leda till väldigt stora kontaktkrafter. Detta kan jämföras med de uppgifter som robotar traditionellt utför. Där leder små positionsfel till små fel i utförandet, oftast så pass små att de i praktiken inte spelar någon roll. En lösning som kan användas för att robotar ska kunna utföra uppgifter där de är i kontakt med omgivningen är att ge dem känsel. Detta kan åstadkommas med en kraftsensor, som mäter kontaktkrafterna som roboten utsätts för. En typ av uppgift där kraftsensorn är fördelaktig är montering exempelvis av mobiltelefoner. Med hjälp av kraftsensorn kan roboten känna när den håller på att göra fel och därmed göra korrigeringar av sin position. Att programmera robotar med kraftsensorer är dock inte helt lätt. Kraftmätningen måste tolkas och relateras till uppgiften. Dessutom måste roboten veta hur den ska korrigera sin position baserat på de uppmätta krafterna.

När vi människor ska montera ihop något så är det inte positionsnoggrannheten i våra händer som är det viktigaste. Istället är det vår förmåga att vara följsamma och känna när delarna passar ihop som är avgörande. Om vi till exempel får i uppgift att sätta på ett lock på en burk börjar vi vanligtvis med att föra locket i kontakt med burken. Därefter ser vi till att behålla denna kontakt och vrider ner locket på burken. Denna metodik kan efterliknas med robotar. Med kraftsensorns hjälp kan roboten söka efter kontaktkrafter och därmed känna när delarna är i kontakt med varandra. Väl i kontakt kan de avslutande monteringsstegen genomföras såsom att vrida ner locket på burken. Avhandlingen tar upp hur monteringsuppgifter kan specificeras och utföras av robotar med hjälp av kraftsensorer.



*Roboten och arbetscellen som användes för att montera nödstoppsknappen.*

I avhandlingen används ett antal olika monteringsexempel för att jämföra robotens förmåga med människors, dvs. de som oftast utför jobbet idag. Bland annat behandlas monteringen av en nödstoppsknapp i detalj. Det visade sig att människan är betydligt snabbare än roboten på att utföra monteringen. Om man däremot räknar med att roboten jobbar dygnet runt utan pauser så blir monteringsstiden ungefär densamma. Om

något går fel under monteringen får roboten dock problem. En människa skulle förmodligen ganska lätt upptäcka felet, åtgärda det och sedan fortsätta att arbeta. Roboten skulle däremot förmodligen behöva stanna och få hjälp från en operatör. Sådana här stopp på grund av diverse fel var alltför vanliga i de utförda experimenten för att roboten ska kunna användas ute i industrin. För att detta ska bli verklighet krävs en bättre förmåga att snabbt och enkelt lära sig felfall och vilka åtgärder som behöver utföras för att kunna fortsätta arbeta.

Programmeringen av monteringsuppgifter för robotar behöver bli enkel och intuitiv för att kunna användas i industrin. När man ska instruera en människa hur en monteringsuppgift ska utföras räcker det vanligtvis med att visa hur de olika delarna ska sättas ihop. Exakt hur ihopsättningen går till kan människan oftast prova sig fram till. En robot behöver däremot få allting specificerat i detalj. Avhandlingen tar upp en metod för att ändra på detta. Den går ut på att man specificerar uppgiften ungefär som man hade gjort till en människa, dvs. att man anger hur delarna ska sitta ihop. Avhandlingen beskriver även metoder som gör det möjligt för robotar att hantera små positionsfel och andra osäkerheter på ett systematiskt vis. Detta gör att roboten blir lite smartare och därmed kan arbeta mer självständigt.

En kraftsensor är oftast en ganska dyr investering. Ett alternativ är att istället estimeras krafterna genom att använda sensorer som redan finns inbyggda i roboten. Avhandlingen presenterar två olika metoder för att göra just detta. Flera monterings exempel som presenteras visar att det fungerar trots att prestandan på den skattade kraften inte är så bra som mätningen från en kraftsensor. Ett av de mest intuitiva sätten att programmera en robot är när man kan ta tag i den och leda runt den så som man vill att den ska röra sig. Detta kallas för *lead-through-programmering*. Avhandlingen presenterar en metod för hur detta kan genomföras utan att använda någon kraftsensor. Att programmera roboten på detta sätt är både enklare och betydligt snabbare än traditionella metoder.



*Lead-through-programmering.*

Avhandlingen visar att kraftsensorer kan användas för att robotar ska klara av att utföra monteringen. Flera metoder för att göra uppgiftsspecificeringen enklare och få roboten att hantera osäkerheter presenteras. Inom en inte alltför avlägsen framtid kommer troligen robotar som utför monteringen ute i industrin att vara en vanlig syn.