LUND UNIVERSITY

Adaptation and Learning for Manipulators and Machining

Sörnmo, Olof

2015

Document Version:
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link to publication

Citation for published version (APA):
Sörnmo, O. (2015). *Adaptation and Learning for Manipulators and Machining*. [Doctoral Thesis (monograph), Department of Automatic Control]. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund University.

Total number of authors:
1

Creative Commons License:
CC0

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

Noggrannare och effektivare robotar för bearbetning

Olof Sörnmo

Institutionen för Reglerteknik

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *Adaptation and Learning for Manipulators and Machining,* november 2015. Avhandlingen kan laddas ner från: `http://www.control.lth.se/publications`

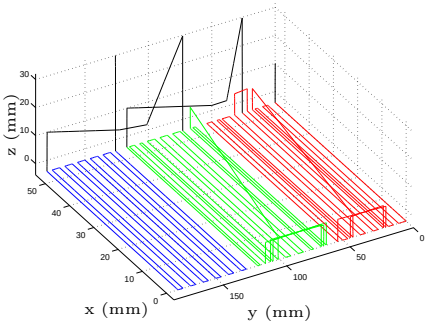
Denna avhandling undersöker hur tillämpningar som utförs med robotar kan förbättras på olika vis. I dagens industri används robotar till många olika uppgifter, men till största delen rör det sig om enkla uppdrag som inte är beroende av fysisk kontakt med omgivningen, till exempel sprutmålning eller varuförflyttning.

För bearbetningsuppgifter såsom slipning och fräsning används traditionellt sett specialmaskiner. Intresset för att istället använda industrirobotar har ökat, på grund av robotars flexibilitet i att kunna utföra en mängd olika uppgifter, samt den relativt låga investeringskostnaden. Industrirobotar är mycket bra på att positionera sig noggrant i fria luften, men under bearbetning när stora krafter utövas på roboten blir resultatet inte lika bra. Detta beror på att robotens leder är förhållandevis veka och böjs när externa krafter påverkar roboten, vilket i sin tur leder till att noggrannheten blir lidande. Om man hade kunnat mäta ledernas utböjning direkt hade det varit enkelt att kompensera för dem, men i dagsläget saknas sensorer som kan mäta utböjningen.

En industrirobot utrustad med fräsverktyg, som använts för experiment i avhandlingen.

I denna avhandling presenteras tre olika metoder för att öka noggrannheten under bearbetning med robotar. Till första metoden används en extern mekanismen för att kompensera för de positioneringsfel som uppstår under bearbetning. Den externa mekanismen kan röra sig i tre dimensioner och positionera sig mycket noggrannt och snabbt, upp till fyra gånger så snabbt som roboten. Genom att mäta robotens position i tre dimensioner och jämföra med önskad position, kan man kompensera för felet med hjälp av mekanismen. Den andra metoden

går ut på att modellera hur veka robotlederna är, och sen använda modellen för att räkna ut hur mycket varje led böjts ut, och kompensera för det. Ledernas vekhet kan uppskattas genom att låsa fast roboten, och därefter försiktigt röra varje led för sig. Eftersom roboten sitter fast så kan mätningarna som gjorts under rörelsen användas för att beräkna ledvekheten. För tredje metoden används en inlärningsstrategi, som går ut på att köra robotens uppgift upprepade gånger och förbättra prestandan däremellan. En förutsättning för att inlärning ska kunna ske och förbättra prestandan är att robotens uppgift måste vara exakt densamma varje gång. För denna metod har tre olika typer av mätningar använts för utvärdering: optiska mätningar av robotens position, mätningar av kraften som utövas på roboten, och mätningar av motormoment i robotens leder.



Ett exempel på tidseffektiv banplanering för en enkel bearbetningsuppgift.

Utöver att göra bearbetningen noggrannare så finns det intresse av att öka effektiviteten, dvs att få roboten att utföra sina uppgifter snabbare. Eftersom bearbetningsuppgifter ofta utförs tusentals gånger i sträck, kan några sekunder mindre per uppgift bli en stor besparing i längden. Under bearbetning används traditionellt en konservativt låg hastighet för att inte riskera att utsätta roboten för stora krafter, vilket ger upphov till en lägre effektivitet. Genom att istället styra kraften, så kan hastigheten ökas och därmed tiden minskas. En minskning med 14 % av totala bearbetningstiden har uppnåtts med hjälp av kraftstyrning. För bearbetning i icke-isotropa material som exempelvis trä, dvs material som har olika materialegenskaper i olika riktningar, kan ytterligare tidsbesparingar göras genom smart banplanering. Olika täckning av verktyget, dvs hur stor del av verktyget som används för bearbetning, ger olika effektivitet, vilket kan utnyttjas för att planera bearbetningsbanan för att minska tiden. I avhandligen presenteras en inlärningsansats för att först ta reda på effektiviten för olika täckningar och riktningar, och sedan använda den inlärda datan för att planera banan och minimera tiden. I genomsnitt lyckades inlärningen i kombination med banplanering minska den totala bearbetningstiden med 28 %.