



LUNDS  
UNIVERSITET

# Noggrannare robotar och säkrare fordon

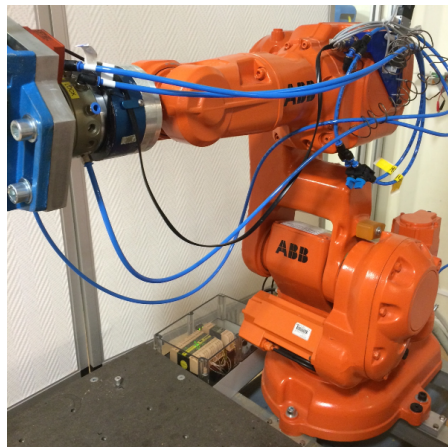
Björn Olofsson

Institutionen för Reglerteknik

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *Topics in Machining with Industrial Robot Manipulators and Optimal Motion Control*, september 2015. Avhandlingen kan laddas ner från:  
<http://www.control.lth.se/publications>.

Denna avhandling undersöker två olika ämnesområden: bearbetning med industrirobotar samt optimal rörelsestyrning för mekaniska system. Det som förenar de två områdena är behovet av noggrann reglering av rörelsen hos olika system, som robotar och bilar, i tillämpningar där nära maximal förmåga utnyttjas. För att uppnå detta, fordras algoritmer som automatiskt bestämmer styrsignaler att skicka till systemet som regleras, så att önskat beteende uppnås.

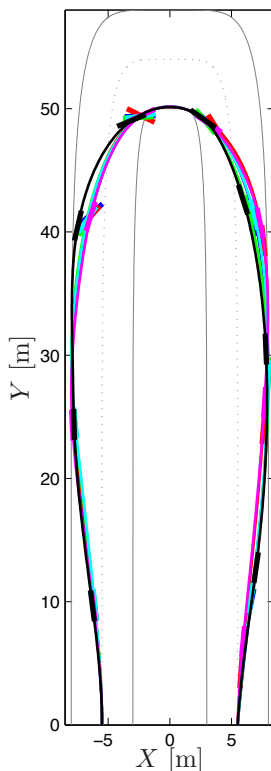
Industrirobotar har traditionellt använts för att utföra uppgifter som inte kräver varaktig kontakt mot omgivningen, som att flytta en vara från ett löpande band till nästa eller limning av exempelvis vindrutor i en bilfabrik. Då dessa processer ofta utförs på samma sätt och under samma förhållanden under en längre tid, kan erforderlig prestanda uppnås med moderna robotar samt tillhörande styrsystem. En ny mängd av tillämpningar, där det finns intresse från industrin att använda robotar, är inom bearbetning. Sådana processer är vanligt förekommande inom tillverkningsindustrin i form av fräsning, slipning och avgradning, men utförs då vanligen av CNC-maskiner eller manuellt. Det som är karakteristiskt för dessa operationer är att det fordras kontinuerlig kontakt mellan roboten och arbetsstycket för att utföra uppgiften. Dessutom är den kraft som behöver utövas ofta signifikant. Under beaktande av att robotar uppvisar utbøjningar då



*En industrirobot av seriekinematisk typ från ABB med modellbeteckning IRB140, vilken har använts för experimentell utvärdering i avhandlingen.*

sådana krafter uppnås, blir noggrannheten i den utförda uppgiften i många fall lägre än vad som krävs i tillverknings-specifikationen. Därför undersöker denna avhandling metoder för att öka noggrannheten vid bearbetning med robotar. Speciellt studeras hur användandet av yttre aktuatorer som samarbetar med roboten, ytterligare sensorer i robotens arbetsområde samt dynamiska modeller för relationen mellan pålagd kraft och uppvisad utböjning kan kombineras med förbättrade algoritmer för rörelsestyrning under sådana förhållanden. Ett konkret tillämpningsexempel som studeras gäller fräsning i aluminium och stål; en krävande tillämpning där en noggrannhet i storleksordningen en tiondel av en millimeter önskas.

Optimal rörelsestyrning för mekaniska system är av intresse ur flera olika perspektiv. Då en robot används inom industrin, är det ofta önskvärt att maximal hastighet uppnås, givet att specifikationer på uppgiften som ska utföras uppfylls. I fallet med en bil, är det av intresse att finna förbättrade säkerhetssystem som assisterar föraren i kritiska situationer. I många sådana situationer är det speciellt däckens som begränsar manöverförmågan; således önskas en reglerstrategi som utnyttjar maximalt av däckkrafterna som kan bildas mot vägen. Ur en regler teknisk synvinkel är utmaningen i dessa fall att bestämma algoritmer och strategier som uppnår det önskade målet. Matematiskt kan sådana problem formuleras inom ramen för det område som kallas optimal reglering. Förenklat kan detta beskrivas som att en kostnadsfunktion formuleras som önskas minimeras, till vilken bivillkor definieras som måste vara uppfyllda. Det förra kan exempelvis vara tiden som krävs för att en robot eller bil ska följa en given bana från start till slutpunkt och det senare kan vara begränsningar på styrsignaler och att systemets dynamik måste vara konsistent med de beräknade styrsignalerna. I denna avhandling studeras hur sådana problem kan formuleras för både industrirobotar och personbilar i tidskritiska situationer och sedan lösas med hjälp av numeriska datorverktyg. Vidare undersöks hur optimala, nominella lösningar som beräknats i förväg kan kombineras med algoritmer som säkerställer noggrannhet under exekvering, trots osäkerhet i antaganden om de ingående dynamiska modellerna och störningar som uppträder under drift i form av exempelvis lastvariationer.



*Ett exempel på optimal kurvtagnning i en så kallad hårnålskurva under olika antagande om bilens dynamik.*