

Autonom högprecisionsmarkering med robothunden Spot på MAX IV

Sebastian Gulz-Haake & Nils Karlbrink Malmquist, Lund, januari 2023

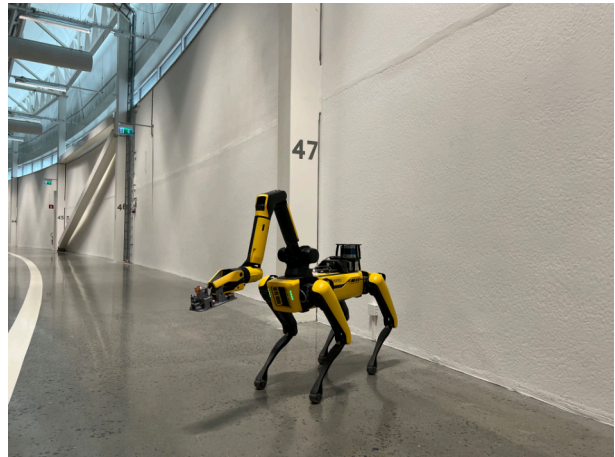
Populärvetenskaplig sammanfattning av examensarbetet [1] vid Lunds Tekniska Högskola

När ny högteknologisk utrustning ska installeras på forskningsanläggningen MAX IV krävs högsta precision. För att underlätta för mätingenjörerna har vi tagit hjälp av robothunden Spot från Boston Dynamics för att automatisera processen. Med hjälp av laserpositionering har Spot använts för att göra markeringar på golvet med stor noggrannhet som sedan används vid monteringen av utrustningen.

På MAX IV undersöks nästa generations material med hjälp av synkrotronljus, ett väldigt energitätt ljus som löser upp "klistret" mellan atomer. För att kunna utföra de känsliga experimenten måste all utrustning vara perfekt linjerad – något som ställer höga krav på både förarbete och montörer. Ett steg i installationsprocessen är att markera fäst- och referenspunkter på golvet. Detta görs genom att ta alla punkter från den virtuella modellen av experimentriggen och mäta ut dem manuellt med en lasermätare i den verkliga anläggningen i en process som på engelska kallas bluelining.

För att underlätta detta arbete har vi utvecklat ett arbetsflöde där robothunden Spot från Boston Dynamics utför utmärkningen delvis autonomt med samma precision och hastighet som en människa. Spot är en fyrbent robot med kameror runt hela kroppen som hjälper den att navigera. Versionen vi använt har även en robotarm med gripklo monterad och en LiDAR som förbättrar navigationsprestandan. Armen gör att Spot kan interagera med sin omgivning och vi har nyttjat den till att bära ett verktyg innehållandes en penna och en reflektor som tillsammans med lasermätaren låter Spot orientera sig. När Spot har kommit inom räckhåll av den tänkta målpunkten används armen för att placera det utvecklade markeringsverktyget inom en millimeter från punkten, varpå en operatör bekräftar punkten och fjärrutlöser pennan. Verktygspositioneringen använder sig av en enkel reglerteknisk lösning kallad PI-reglering, som ofta används för styrning av industriella processer.

Den utvecklade mjukvaran tar vara på Spots autonoma funktioner, men begränsar rörelsemönstret så att lasermätaren och Spot aldrig förlorar kontakten. Skulle detta ändå ske stannar Spot tills en operatör återetablerat kontakten.



Spot på plats i MAX IVs stora acceleratoring, hållandes det egenutvecklade markeringsverktyget inklusive reflektor i sin gripklo.

De inbyggda säkerhetsfunktionerna som hindrar Spot att krocka med sin omgivning är bibehållna, då de är extra önskvärda egenskaper i en känslig miljö som den på MAX IV. Benen gör också Spot anpassningsbar för olika underlag och nivåskillnader – trappor och stökiga lokaler är inga problem. Något som aldrig provades i experiment, men som vore möjligt tack vare armen, är att göra markeringar även på väggar och andra vertikala ytor.

Resultatet av vårt examensarbete är en robot som kan utföra ett väldigt specialiserat arbete med hög noggrannhet i en väldigt varierad miljö. Förutom att i detta fall frigöra mätingenjörerna från ett monotont och oergonomiskt arbete, öppnar vårt arbete upp för att automatisera andra områden, exempelvis inom byggbranschen. En felaktig grundplatta eller rördragning kan ställa till det ordentligt, men med en automatiserad process minskar den risken. Faktum är att Spot redan används inom bygg och anläggning idag, men med syftet att samla in data för validering och uppföljning. Skulle vår metod införas har vi alltså en robot som både kan utföra uppgifter och sedan kontrollera sitt eget arbete.

[1] Gulz-Haake, S. and Karlbrink Malmquist, Nils. "Automation of High-accuracy Marking Tasks at MAX IV using the Quadrupedal Robot Spot". Master's thesis report, TFRT-6189, Jan 2023. Dept. of Automatic Control, LTH, Lund University, Lund, Sweden. The report is available for downloading from <https://lup.lub.lu.se/student-papers/>.