



LUNDS  
UNIVERSITET

# Reglerteknik i Molnet: Avlastning och flexibilitet i prediktiva styrsystem

Per Skarin

Institutionen för Reglerteknik

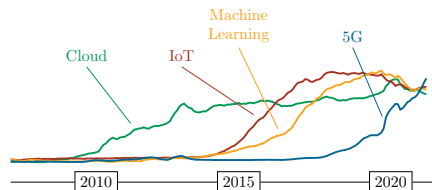
Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *Control over the Cloud: Offloading, Elastic Computing, and Predictive Control*, November 2021. Avhandlingen kan laddas ner från: <https://portal.research.lu.se>

Moln och molnteknik har varit av stort intresse inom datorvetenskapen det senaste decenniet. Till stor del har det handlat om att dela datorkraft och lagringskapacitet i stora datorhallar, vilka tillgängliggjorts via världsomspännande kommunikationsnätverk. Olika tekniker, och ett myller av specialiserade tjänster, har utvecklats, som gör det möjligt att bygga komplexa applikationer, utspridda i datorhallar, över stora geografiska områden, för att skapa åtkomst för alla som vill, var som helst, och när som helst. Molntekniken ger driftmässiga fördelar, och har skapat ett nytt ekosystem för mjukvaruutvecklare och innovatörer. Affärsmässigt skapas stor potential av oöverträffad tillgänglighet, och tillgången till närmast outtömlig datorkraft, med möjligheten att använda den bara när den behövs. Vi upplever effekten genom våra sociala medier, strömmade media, röstassistenter, smarta klockor, navigering, med mera, ofta i samklang med sakernas Internet (IoT), och maskininlärning.

En viktig faktor som också ligger till grund för den teknikutveckling som skett, och fortfarande sker, är ständigt utökade och förbättrade kommunikationsmöjligheter. Det handlar i hög grad om en utökad tillgång till anslutningsmöjligheter och trådlös kommunikation, och inte minst den omfattande utbredningen av cellulär bredbandskommunikation med fokus på datatrafik, det vi ofta kallar 3G och 4G.

Från autonoma fordon i gruvor och på vägarna, till en tillverkningsindustri

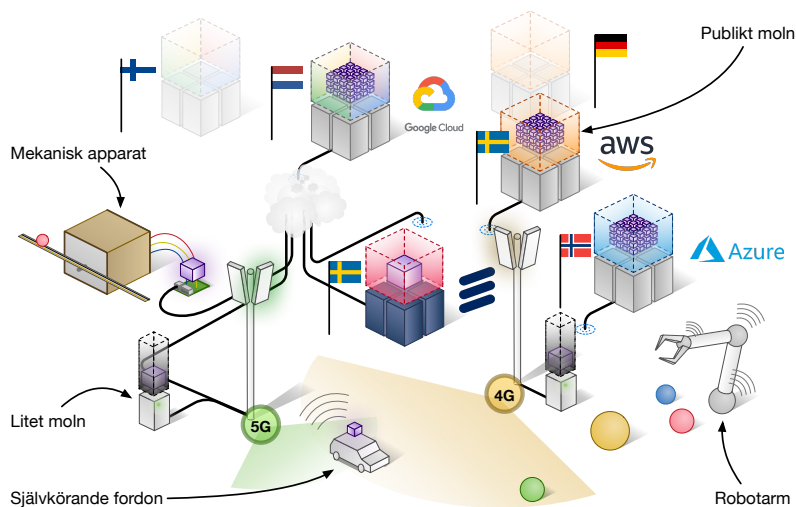
där produkter kan styra över sin egen produktion. De här teknologierna är på väg att ta det stora steget in i industri och samhälle, för att skapa smarta fabriker och smarta städer, med en väldigt hög grad av automation. Reglerteknik har länge tänt på gränserna för det möjliga, och bidragit med kostnadseffektiva lösningar som skapat grundförutsättningar för storskalig, avancerad automation. När industriella tillämpningar gör sitt intåg i molnet är det viktigt att reglertekniken följer med in i det nya tekniksiftet. Ett problem i vägen för reglertekniken är att den ofta kräver stabila,



Popularitetstrender hos fyra relevanta och sammanlänkade teknologier (bilden visar inte den inbördes relativa popularitet mellan teknologierna). Källa: Google Trends, <https://trends.google.com/>

upprepningsbara förutsättningar, medan den moderna tekniken bygger mycket av sin styrka på föränderlighet.

Avhandlingen tar avstamp i den stundande 5G tekniken och utforskar den potential som görs tillgänglig i kombination med molnteknik. En viktig del i 5G är att radiotekniken möjliggör korta och tillförlitliga svarstider när man skickar förfrågningar till nätverket. Men 5G skapar inte bara nya förutsättningar för radiokommunikation, systemen integrerar också molntjänster in i de cellulära nätverken, och skapar förutsättningar för massiv, industriell IoT. Ett av de första resultaten i avhandlingen tar fasta på den visionen i form av en prototyp som, via nätverken, ger en IoT-applikation tillgång till flera geografiska platser där den fritt kan placera sin mjukvara. I kombination med avancerad radiokommunikation, fortfarande på forskningsstadiet, skapas unika förutsättningar i form av mobilitet, tillförlitlighet, och tillgång till molnet. Resultatet gör det möjligt att placera ett känsligt styrsystem i molnet, och styra kvalitén det levererar, utan att förändra själva styrsystemet.



*Modern informationsteknologi skapar stor tillgänglighet med många anslutningsmöjligheter och tillgång till molntjänster. Bild: William Tärneberg*

Kapaciteten i nätverken kan tas tillvara genom att flytta beslut närmare en informationskälla, eller genom att använda molnens prestanda för att utföra beräkningar. Avhandlingen behandlar framförallt det sistnämnda, och föreslår molnet som en plats där reglersystem kan begära styrsystemsstöd som en tjänst. Synsättet gör det möjligt att behandla generiska koncept för hur moln kan användas för att bygga reglersystem och göra dem flexibla. Molntjänster är flexibla, för att snabbt kunna konfigureras om för att möta nya behov och omständigheter. Det kan vara en sådan enkel sak som att ett fordon tillfälligt sänker sin hastighet, för att undvika olyckor,

medan molnet arbetar för att säkerställa en högre prestandan på den tjänst styrsystemet behöver. På så vis kan molnbaserade styrsystem få fördelarna av både hög prestanda och tillförlitlighet, men också kraften av molntekniken sådan den i grunden är.

Avhandlingen kombinerar experimentella resultat från flera olika moln, molnplattformar, och mjukvaror, med koncept och simuleringar av realtidsoptimerande regulatorer, som med hjälp av modeller förutsäger ett systems reaktion på olika styrsignaler. Stora reglersystem behandlas inte i den här avhandlingen, utan en enkel styrprocess används genomgående genom hela texten, för att utforska gränserna och möjligheterna i molnet. Fokuset ligger i molnets prestanda, applikationer, och hur konventionell molnteknik kan användas i reglersystem. Resultaten pekar på vart gränserna går, hur enskilda styrsystem kan förstärkas och göras tillförlitliga, och hur kvalitetselastiska egenskaper arbetar i symbios med molnet. Fördelen med de optimerande regulatorerna är att de kan appliceras på många fler, mer krävande problem, som kan dra ännu större fördel av molnen och hur de integreras i tillförlitliga kommunikationssystem.

Arbetet i den här avhandlingen finansierades och möjliggjordes av Ericsson AB och Wallenberg AI, Autonomous Systems and Software Program, WASP.