

ELLIIT — strategisk forskning för samhälle och industri



Excellence Center at Linköping – Lund
in Information Technology

Digitalisering och teknik för IT och mobil kommunikation transformerar våra liv och utgör en ryggrad i svensk industri.

ELLIIT är ett av två strategiska forskningsområden inom fältet som regeringen inrättade 2010, och har fyra parter: Linköpings universitet, Lunds universitet, Blekinge tekniska högskola och Högskolan i Halmstad, med Linköpings universitet som koordinator.

Den här boken illustrerar genom 17 fallstudier hur ELLIIT har skapat nya idéer inom grundforskningen, samt utvecklat och nyttiggjort dessa med genomslag i det svenska samhället och den svenska industrin.

Medverkande: **Martin Hell, Bo Bernhardsson, Anders Robertsson, Fredrik Tufvesson, Michael Felsberg, Björn Landfeldt, Anton Cervin, Tom Ziemke, Görel Hedin, Fredrik Gustafsson, Atila Alvandpour, Henrik Sjöland, Jörn Janneck, Nauman bin Ali, Anders Ynnerman**

Kontakt: **Erik G Larsson, föreståndare, erik.g.larsson@liu.se**
Fredrik Tufvesson, vice föreståndare, fredrik.tufvesson@eit.lth.se

Mer information: www.elliit.se



ELLIIT — strategisk forskning för samhälle och industri

- Reglerteknik hjälper oss förstå det mänskliga immunsystemet 4-5
- Från teori till ledande teknik för 5G 6-7
- Chip-konstruktion för både 6G och livet 8-9
- Teknik för höga frekvenser lyfter Ericssons 5G-satsning 10-11
- De tar fordonskommunikationen in i 5G-världen 12-13
- Lämna undanmanövern till bilen och minska olycksrisken 14-15
- Robotarna kliver in i vår vardag 16-17
- Från examensarbete till 9000 citeringar och ett företag 18-19
- Tre i ett, för att hitta rätt 20-21
- Visualisering visar det vi inte annars kan se 22-23
- De håller koll på den öppna källkoden 24-25
- Datorverktyg bygger broar mellan forskningsvärldar 26-27
- Konsten att simulera och optimera cyberfysiska system 28-29
- Smart chipkonstruktion för strömmande data 30-31
- Dialog skärper mjukvaruutvecklingen 32-33
- Smart reglerteknik styr protonstrålen rätt 34-35
- Examensarbeten bidrar till det smarta lantbruket 36-37

Reglerteknik hjälper oss förstå det mänskliga immunsystemet

Att immunsystemet inte fungerar likadant hos alla människor har blivit än mer uppenbart i samband med covid-19 pandemin. I en stor studie av blod från 1000 fransmän har emellertid forskningen börjat komma gåtan på spåren, och det med hjälp av matematisk modellering och reglerteknik.

ELLIIT-professor Bo Bernhardsson, Institutionen för reglerteknik vid Lunds universitet, insåg tidigt att reglerteknikens metoder är användbara i många olika sammanhang. Hans doktorand Jacob Bergstedt fick ta med sig sitt matematiska och reglertekniska kunnande till Pasteur institutet i Paris för att arbeta med att modellera det mänskliga immunsystemet, ett arbete delvis finansierat via ELLIIT.

Under åren 2014 till 2018 arbetade forskarna i projektet Milieu Intérieur med unika data från 1000 friska personer i Frankrike. Genom noggrann statistisk analys

ville de försöka förstå vad det är som gör att människors immunsystem fungerar så olika. Målet var att undersöka sambanden mellan immunsystem, arv och miljö, det vill säga hur såväl gener som omgivning och livsval påverkar vårt immunsystem.

Den information som har analyserats är flödescytopmetridata (en teknik där man sorterar ut en viss typ av celler ur mängden), demografiska och kliniska variabler samt genotypdata. Den stora mängden data gör det möjligt att hitta ännu ej upptäckta samband.



– I projektet undersöks flera miljarder olika hypoteser och det krävs en korrekt och effektiv modellering och statistik för att kunna dra rätt slutsatser, som är statistiskt säkerställda och som inte beror på slumpen, säger Bo Bernhardsson.

Det är här Jacob Bergstedts kunnande kom in. Han och medicinforskarna på Pasteur institutet fick fram några tydliga slutsatser; De identifierade 15 olika nya mutationer i det mänskliga genomet som påverkar immunförsvaret. De har visat att kvinnor producerar fler T-celler än män, vilket eventuellt kan förklara varför kvinnor blir mindre sjuka av influensa och förkylning, men istället är mer drabbade av autoimmuna sjukdomar. De visade också att vissa miljöfaktorer har den största påverkan på immunförsvaret. Rökning försämrar exempelvis immunförsvaret, liksom ökad ålder.

– Mycket forskning återstår kring immunsystemet, men i förlängningen hoppas vi att forskningen ska leda till individanpassade mediciner och en förbättrad sjukvård, säger Bo Bernhardsson.

Resultaten av forskningen vid Pasteur institutet har publicerats i ett stort antal välrenommerade tidskrifter som Nature Immunology, Science Translational Medicine och Proceedings of the National Academy of Sciences, PNAS, samt även väckt uppmärksamhet i svenska medier, som exempelvis Vetenskapsradion (Därför blir människor olika sjuka) eller Sydsvenska Dagbladet (Män är mer förkylda än kvinnor – nu vet vi kanske varför).

Som en följd av detta har ELLIIT-forskare även varit och är aktiva när det gäller att ta fram prognoser för spridningen av Corona-viruset.

– Vi har haft stor nytta av vårt arbete tillsammans med fransmännen i samband med pandemin. Vi har en grupp inom ELLIIT med bland andra Fredrik Gustafsson, professor i sensorinformatik vid Linköpings universitet och Kristian Soltesz, docent i reglerteknik, Lunds universitet, där vi hjälper regionerna att ta fram pandemiprognoser. Kontakterna inom ELLIIT har varit helt avgörande för detta, säger Bo Bernhardsson.

Jacob Bergstedts avhandling har titeln *Statistic Modeling and Learning of the Environmental and Genetic Drivers of Variation in Human Immunity*, Lunds universitet 2018. Jacob Bergstedt själv fortsatte efter disputationen som postdoktor vid Pasteur institutet och är numera verksam vid Karolinska Institutet.



Bo Bernhardsson, professor i reglerteknik, Institutionen för reglerteknik, Lunds universitet.

Kristian Soltesz, universitetslektor och docent i reglerteknik, Lunds universitet.

Magnus Fontes, professor i matematik, numera anställd på Roches forskningsavdelning i Paris.



Från teori till ledande teknik för 5G

Kommunikationstekniken Massiv MIMO är idag en hörnsten i utbyggnaden av 5G-nätet. Forskning inom ELLIIT har tagit tekniken hela vägen från ett nytt och intressant teoretiskt koncept, via demonstrationer av att tekniken fungerar, till industriell användning och utbyggnad.

Idéerna bakom kommunikationstekniken föddes hos Tom Marzetta vid Bell Labs, New Jersey, USA, år 2009. ELLIIT-forskare insåg tidigt potentialen och startade de första projekten redan 2010, utan att då ha en aning om att tekniken skulle bilda basen för den femte generationens trådlösa nätverk tio år senare.

Forskare vid Linköpings universitet, under ledning av professor Erik G Larsson, Institutionen för systemteknik, utvecklade de teoretiska delarna medan forskare vid Lunds universitet, under ledning av professorerna Fredrik Tufvesson och Ove Edfors, Institutionen för elektro- och informationsteknik, började studera hur tekniken kunde bli praktisk möjlig att använda.

–Det här är ett av de områden inom ELLIIT som innefattat ett långt och nära samarbete mellan forskare i

Linköping och Lund. Vi har haft flera gemensamma projekt finansierade via Vetenskapsrådet och Stiftelsen för strategisk forskning och nu senast även EU-programmet Mammoet, säger Fredrik Tufvesson.

I de ursprungliga teorierna räknade Tom Marzetta med ett oändligt antal antenner. Ett första projekt för Lunda-forskarna var därför att ta reda på hur många antenner det egentligen handlade om.

–Det visade sig att ett oändligt antal i detta fall var 128. Vi utnyttjade inspelade kanaldata för att verifiera de teoretiska algoritmerna och blev först i världen med att visa att detta fungerade i praktiken och i realtid, säger Fredrik Tufvesson.



Forskningen har tagit Massiv MIMO hela vägen från att ha varit en visionär kommunikationsteori till en teknik som utgör basen i utbyggnaden av dagens 5G-nät. Foto: H2020 5G-SMART.

Forskarna kunde dessutom visa hur hårdvaran fungerar och att den fungerar även i stökig stadstrafik.

Inom ramen för ELLIIT har forskare i Lund även utvecklat ett högpresterande chip som även det är en förutsättning för den lyckosamma utvecklingen.

– Det intressanta och unika här är att ELLIIT-forskning tagit detta hela vägen från att ha varit en visionär kommunikationsteori till fungerande antenner och en teknik som utgör basen i utbyggnaden av dagens 5G-nät, säger Fredrik Tufvesson.

Det är dock inte bara forskare i Lund och Linköping som varit involverade i arbetet. Forskarna har samarbetat med såväl akademi som industri både inom och utom landet.

– Tidigt tog vi kontakt med uppfinnaren för att på djupet förstå potentialen i detta. 2009 ansågs teorin alldeles

för komplicerad för att någonsin kunna fungera i praktiken, säger han.

Samarbetet med National Instruments var viktigt för att snabbt få fram en testbädd och i samarbete med Bristol University undersöktes möjligheterna att få antenntekniken att fungera i realtid.

– Det gemensamma EU-projektet Mammoet var också nyckeln till att föra vår forskning närmare industrin. Det nära samarbetet med Ericsson och Sony innebar såväl att Sverige fått en ledande position inom området som att Massiv MIMO nu är en grundbult i 5G standarden, inte bara i Europa utan även i andra delar av världen, säger Fredrik Tufvesson.

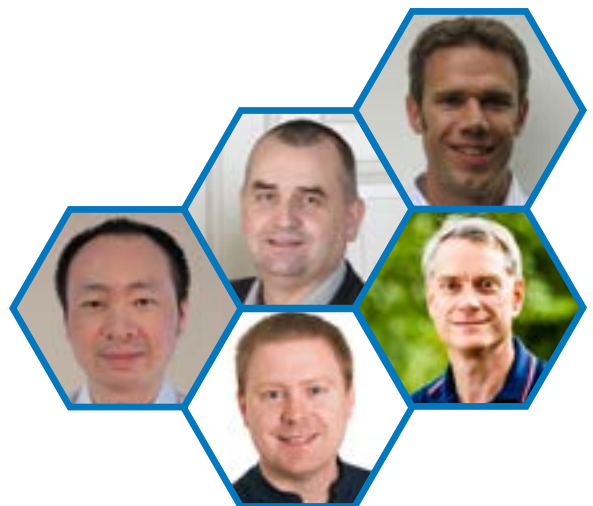
I nästa fas ska nu forskarna i Lund och Linköping utveckla tekniken mot 5G+ och 6G, nyligen startades det gemensamma EU-projektet Reindeer för att ta tekniken till nästa nivå.

”MIMO” står för ”Multiple-Input Multiple-Output”.

Hundratals små antenner på kanske 10 mW vardera kopplas samman. Alla antennerna skickar signaler med väl valda tidsfördröjningar. Tidsfördröjningarna väljs så att kopiorna av en signal når fram exakt samtidigt till den mottagare som ska ha signalen, men utspritt över tid hos alla andra mottagare. Det ger en stark signal hos den tilltänkta mottagaren och en liten störning hos alla andra.

Hundra antenner med 10 mW blir 1 W som fördelas mellan användarna, väsentligt mindre än den effekt 4G-nätets antenner använder. Den låga effekten räcker eftersom varje signal har riktverkan. Massiv MIMO ger därför en kombination av låg uteffekt, hög energieffektivitet och en överlägsen kapacitet eftersom många mottagare kan få signaler samtidigt.

Ett stort antal forskare har varit involverade i utvecklingen under de tio åren, kärnan består av
Fredrik Tufvesson, professor i radiosystem
Ove Edfors, professor i radiosystem
Liang Liu, universitetslektor i digital elektronik-konstruktion, alla vid Institutionen för elektro-och kommunikationsteknik, Lunds universitet.
Erik G Larsson, professor i kommunikationssystem
Emil Björnson, biträdande professor i kommunikationssystem båda vid Institutionen för systemteknik, Linköpings universitet.



Chip-konstruktion för både 6G och livet

Genom ELLIIT-samarbetet ligger forskningen inom kretskonstruktion för 5G och 6G-näten idag i världsklass. Vid Linköpings universitet finns ett svenskt kompetensnav för såväl energieffektiva och supersnabba integrerade kretsar som långsamma kretsar med extremt låg energiförbrukning.

Forskargrupper i Linköping och Lund var tidigt ute när de första reglerna för chip-konstruktion dök upp i den vetenskapliga litteraturen i slutet av 1970-talet. 20 000 transistorer kunde då tillverkas på samma chip och den första läroboken i konstruktion av integrerade kretsar publicerades av de amerikanska forskarna Lynn Conway och Carver Mead 1979.

De första kurserna i chip-konstruktion i Norden, och troligtvis även i Europa, hölls under våren 1981 vid Linköpings universitet och forskningen har legat i fronten allt sedan dess.

ELLIIT-samarbetet under senare år mellan grupperna i Lund och Linköping har bland annat varit viktig för utvecklingen av Ericssons nya basstationer för 5G-nätet liksom för utvecklingen av snabb och energisnål elektronik för omvandlingen av analoga till digitala signaler och tvärtom. Omvandlare som är nödvändiga för trafiken fram och tillbaka mellan mobiltelefoner och basstationer. Snabba och energisnåla radiokretsar är ännu en förutsättning för 5G och 6G-tekniken.

– Med den nya antenntekniken inom 5G och 6G, Massiv MIMO, utnyttjas en matris av radiolänkar som alla går till en egen liten antenn i en mycket hög datatakt, det betyder att den totala effektförbrukningen blir hög. Eftersom kretsarna är så många betyder varje liten ökning av energieffektiviteten mycket för slutresultatet. Vi ligger idag i den absoluta framkanten när det gäller supersnabba, lågenergikretsar för 5G och 6G, säger Atila Alvandpour.

Forskningen inom kretskonstruktion vid Linköpings universitet bedrivs utmed ytterligare ett viktigt spår, det handlar om kretsar med extremt låg energiförbrukning och som till och med kan skörda energi - för medicinska ändamål.

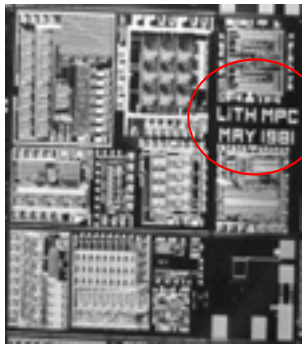
– Det är kretsar som inte är speciellt snabba, men det behövs inte heller. Här samarbetar vi med medicinforsk-

ningen, vid Karolinska Institutet bland annat. KI har tagit fram kretsar för pacemakers som skördar energi från hjärtats slag eller i det senaste projektet kretsar för sensorer som övervakar de celler i bukspottkörteln som producerar insulin och där vi kan bidra till effektivare mediciner mot diabetes, säger Atila Alvandpour.

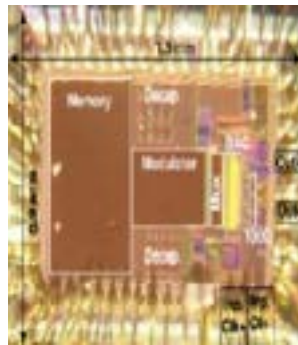
Atila Alvandpour och hans grupp vid LiU koordinerar också kompetensnavet Integrerade kretsar och system inom det svenska strategiska innovationsprogrammet Smarta elektroniksystem, finansierat av Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Inom detta svenska kompetensnav utvecklas ständigt nya samarbeten mellan små och stora svenska företag och forskare vid svenska universitet och forskningsinstitut.



Gruppen utvecklar kretsar för pacemakers som skördar energi från hjärtats slag.



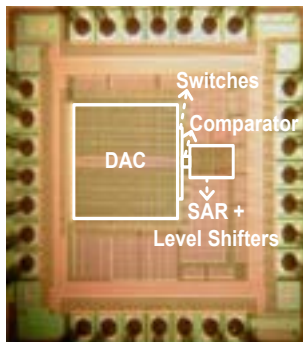
Första tillverkade chipet någonsin, i ett studentprojekt 1981 i Linköping.



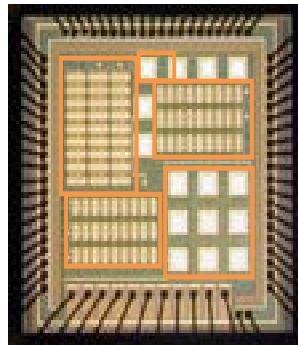
Den snabbaste digital-analog-omvandlaren, DAC, som rapporterats i sin klass. För 11 GS/s 1.1 GHz bandbredd i en $\Sigma\Delta$ DAC för 60-GHz radio tillverkad i 65 nm CMOS.



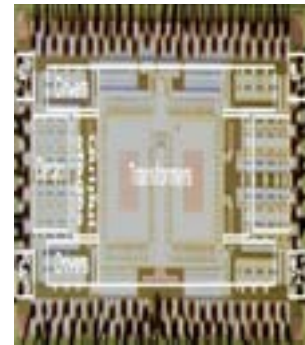
Snabbaste analog-digital-omvandlaren, ADC, för bredbandskommunikation som rapporterats. A 2.4 GS/s, 8 bit, enkanalig pipeline ADC i 65 nm CMOS.



Första rapporterade analog-digital-omvandlaren, ADC, med låg energiförbrukning i nanowatt för medicinska applikationer. A 53-nW 9.12-ENOB 1-kS/s SAR ADC.



Första piezoelektriska integrerade mikrowatt-kretsen för batteri- och blyfria pacemakers, kretsen skördar mekanisk energi från hjärtats slag som omvandlas till elektrisk energi.



Pionjärarbete som resulterat i en lösning för en bredbands radiosändare. Exempel: Bredband (1.6 GHz) +30dBm Class-D som fasar ut RF-förstärkare i 65 nm CMOS för WCDMA och LTE.

Atila Alvandpour, professor, Christer Svensson, professor emeritus och Ted Johansson, adjungerad professor, Avdelningen elektroniska kretsar och system, Institutionen för systemteknik, Linköpings universitet samt sex doktorander varav fyra har disputerat under arbetets gång.



Teknik för höga frekvenser lyfter Ericssons 5G-satsning

Brist på frekvensutrymme och viljan att utmana gränsen för det som anses omöjligt banade väg för kretsar i CMOS-teknik för millimetervågor. Resultatet av ELLIIT-forskning i Lund och Linköping utgör ett mycket viktigt bidrag till Ericssons nya basstationer för 5G.

Redan 2003 startade forskargruppen i Lund det första projektet med en långsiktig plan att bygga strålförande sändare och mottagare i CMOS-teknik för millimetervågor. I Linköping gjordes försök att få fram kretsar i CMOS-teknik som kunde översätta digitala signaler till analoga och tvärtom vid de betydligt högre bandbredder som det handlar om.

–Det fanns stora tveksamheter i forskarvärlden om detta ens var möjligt eftersom transistorerna vid den tiden var för stora och därmed inte heller tillräckligt snabba, berättar Henrik Sjöland, professor i integrerade elektroniska system, Institutionen för elektro- och informationsteknik, Lunds universitet. Han är även verksam på Ericsson i Lund.

Att siktet redan då var inställt på högre frekvenser beror bland annat på att även dagens 4G trängs om utrymmet med bland annat TV-sändare, GPS, mikrovågsugnar och wifi. Millimetervågor innebär frekvenser mellan cirka 24 GHz och 300 GHz, ett mycket stort frekvensområde som erbjuder både höga hastigheter och gott om tillgänglig bandbredd för framtidens mobiltelefoni, sakernas internet och strömmande medier.

Efter ungefär tio års forskning presenterade gruppen en prisbelönad arkitektur för strålförning och de kunde även demonstrera högpresterande kretsar i CMOS-teknik. Eftersom höga frekvenser innebär kortare räckvidd behöver strålar från många små antenner samverka och riktas mer precist mot målet.

En viktig del i arkitekturen är därför egenutvecklade kretsar som möjliggör noggrann individuell fäststyrning av antenssignalerna.

–Vi byggde upp en gedigen kunskap inom konstruktion av CMOS-kretsar för millimetervågor, säger Henrik Sjöland.

Medan gruppen i Lund arbetade med millimetervågs-sändare och -mottagare, undersökte forskare i Linköping analog till digital omvandlare liksom digital till analog omvandlare för höga bandbredder. Under ledning av professor Atila Alvandpour presenterade gruppen helt nya arkitekturer inom området och demonstrerade även här högpresterande kretsar i CMOS-teknik.

–Vid det här laget hade det blivit uppenbart att utvecklingen av CMOS-tekniken liksom kombinationen av millimetervågs-sändare och -mottagare och dataomvandlare med stor bandbredd var grundförutsättningar för framtidens snabba trådlösa överföring. Samarbetet mellan våra forskargrupper intensifierades inom ELLIIT, berättar Henrik Sjöland. Teknikerna har haft avgörande betydelse för utvecklingen av chip till Ericssons basstationer för 5G, en utveckling som leds från Lund.

Många av de doktorander som utbildats och disputerat i Lund och Linköping är nu verksamma med utveckling av system och chip för 5G hos Ericsson. För närvarande har Ericsson också två industridoktorander hos Henrik Sjöland.

–Betydelsen av Ericssons försprång inom 5G-radioteknik kan inte överskattas. En central del i utvecklingen av basstationerna för 5G är den absolut senaste utvecklingen av kretsar i CMOS-teknik som ELLIIT-forskningen står för. Teknik- och kompetensöverföringen inom det här området är och kommer att vara en nyckel till framgång, säger Henrik Sjöland.

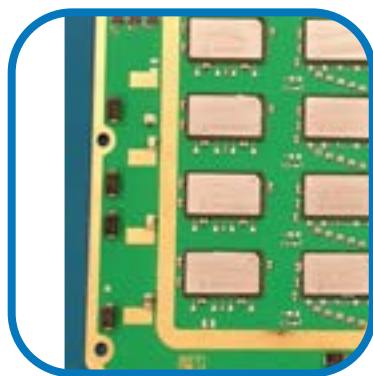
I januari 2021 startades nästa gemensamma ELLIIT-projekt. Målet är att bygga kretsar för 100 GHz eller mer för framtida 6G-system och radar.

–När det gäller CMOS-tekniken kanske gränsen snart är nådd för hur snabba kretsar vi kan konstruera, men vi ska försöka pressa det lite till, säger Henrik Sjöland.

CMOS – Complementary Metal Oxide Semiconductor, en metod att konstruera integrerade kretsar i huvudsak i kisel där kompletterande transistorer av n- och p-typ (leder negativt eller positivt laddade partiklar) byggs ihop till logiska grindar. Tekniken är en förutsättning för dagens höga packningstäthet där en miljard transistorer kan samlas i ett chip. Första fungerande MOS-transistorn demonstrerades 1959.



1G - NMT 1981, analogt system
2G - GSM 1992, digitalt system
3G - W-CDMA 2001, datahastighet >1Mbit/s
4G - LTE 2009, datahastighet >100Mbit/s
5G - 5G NR, lanseras nu, datahastighet >1Gbit/s



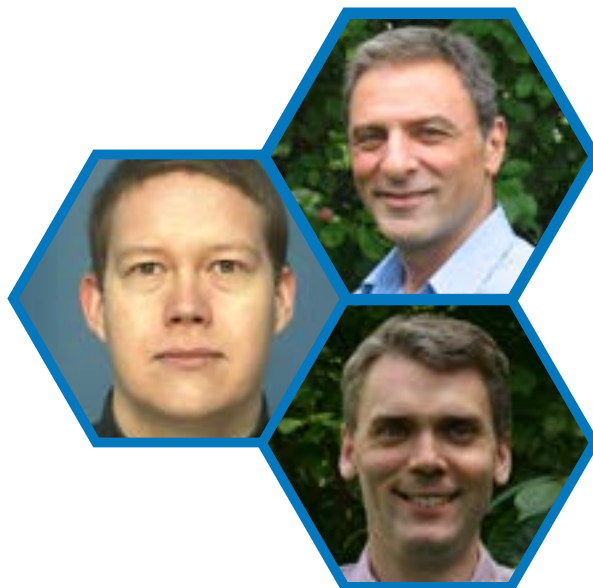
Bilder: Ericsson

Henrik Sjöland, professor, verksam vid Ericsson och vid Institutionen för elektro och informationsteknik, Lunds universitet.

Två industridoktorander hos Ericsson.

Vid Lunds universitet arbetar även universitetslektor Markus Törmänen, en postdoktor och två doktorander inom kretskonstruktion för millimetervågor.

Atila Alvandpour, professor, samt ytterligare två seniora forskare och två doktorander forskar på snabba omvandlare vid avdelningen Elektroniska kretsar och system, Institutionen för systemteknik, Linköpings universitet.



De tar fordonskommunikationen in i 5G-världen

I tio års tid har forskare inom kommunikationsteknik i Lund, i nära samarbete med Volvo Cars och andra fordonstillverkare, på djupet studerat kommunikation mellan fordon. Resultatet är robusta kommunikationslösningar som fungerar i alla väder och i alla miljöer.

Olyckan är framme och det behövs snabb hjälp. Är bilen en Volvo har den redan kopplat upp sig direkt mot hjälpcentralen. Om framförvarande fordon tvärnitar bromsar den automatiskt in för att hålla lagom avstånd. Allt bygger på robust kommunikation.

–Robust är ett nyckelbegrepp här. Har vi gjort oss beroende av kommunikationstekniken så krävs det att den alltid fungerar - utan undantag, säger Fredrik Tufvesson, professor i radiosystem vid institutionen för elektro- och informationsteknik, Lunds universitet.

Systemen ska fungera i alla väder och i alla miljöer, i snöstorm och -40 °C likaväl som i ökenhetta och sandstorm, stillastående likaväl som i 200 km/h.

–Idag är kommunikationslösningarna viktiga för valet av bilmodell. Det handlar om att bilen ska kunna kommunicera med omgivningen om något inträffar, men också om möjligheten att ta emot och strömma musik och video inne i bilen, säger Fredrik Tufvesson.

Inom ELLIIT har han och forskargruppen vid Lunds universitet de senaste tio åren samarbetat med Volvo Cars och andra fordonstillverkare kring just fordonskommunikation. ELLIIT har fungerat som paraply för samarbeten inom fyra Vinnova-finansierade projekt inom Fordonsstrategisk forskning och innovation, FFI. Förutom Volvo Cars har även andra aktörer deltagit i de olika projekten, som Volvo Lastvagnar, Terranet och forskare inom Akademin för informationsteknologi vid Högskolan i Halmstad.

–Vi behövde förstå på djupet hur kommunikationen fungerar mellan två rörliga enheter, i det här fallet bilar. Det är andra utmaningar som behöver lösas jämfört med om den ena enheten är en mast som står fast förankrad. Vi har modellerat och undersökt de fysiska processerna för att ta reda på vad som behöver prioriteras för att bygga upp ett robust system för kommunikation mellan rörliga enheter, säger Fredrik Tufvesson.



Forskarna har sedan analyserat möjligheter och begränsningar och utvecklat modeller som gör det möjligt att testa algoritmer och simulera systemen i datorn, istället för att bygga dyra prototyper och utföra körtester.

Många av de forskare och studenter som varit engagerade i Vinnova-projekten arbetar i dag inom Volvo Cars och har kunnat påverka utvecklingen av kommunikationslösningarna Erfarenheterna från de olika samarbetsprojekten har även bidragit till att forma Volvos 5G-strategi.

Forskningen drivs nu vidare mot nya mål, i nästa steg handlar det om att bilarna ska hjälpa varandra att exempelvis upptäcka ett hinder.

– Dyker det plötsligt upp en cykel framför din bil ska bilarna bakom få reda på det så att alla bilar i kön bromsar in samtidigt, förklarar Fredrik Tufvesson.

Ett annat viktigt användningsområde är i fordonståg där tunga lastbilar ligger tätt bakom varandra.

– Vi kan spara 20 procent bränsle genom att ligga nära framförvarande. Även den första lastbilen i fordonståget får lägre bränsleförbrukning på grund av de ändrade luftvirvlarna bakom. Men det bygger på att det finns en fungerande signalering mellan bilarna, hela vägen utmed fordonståget.

Ett annat exempel där fordon behöver kunna kommunicera är på en motorvägsåfart då två bilar kör parallellt i hög fart och ska samsas i samma fil - en situation som ofta leder till olyckor.

ELLIIT-forskningen inom fordonskommunikation bidrar därmed till ökad trygghet, minskad risk för olyckor, lägre bränsleförbrukning och inte minst till konkurrensfördelar för de deltagande fordonsstillverkarna.



Forskningen leds av Fredrik Tufvesson, professor i radiosystem vid Institutionen för elektro- och informationsteknik, Lunds universitet. Volvo Cars och Terranet har varsin industridoktorand och tillsammans med Maria Kihls forskargrupp inom Cloud Control arbetar fem seniora forskare och fem doktorander inom området i Lund.

Ytterligare fyra personer finns vid Högskolan i Halmstad, under Alexey Vinels ledning.



Lämna undanmanövern till bilen och minska olycksrisken

Svajar du ut i vägkanten eller nuddar mittlinjen säger bilen ifrån, i nyare modeller kan den till och med glida tillbaka till mitten av vägbanan, mjukt och fint. Om bilen även hjälpte till vid snabba undanmanövrar skulle olyckorna kunna minska med runt 80 procent, visar ELLIIT-forskning.

– Helt autonom och förarlös trafik på vanliga landsvägar och under alla möjliga väderleksförhållanden ligger troligtvis ganska långt fram i tiden. Framför allt måste vi lösa utmaningarna med att under en övergångsperiod kunna blanda autonom och människostyrd trafik, konstaterar Anders Robertsson, professor vid Institutionen för reglerteknik vid Lunds universitet.

Utvecklingen mot autonoma hjälpmedel för föraren har dock gått snabbt de senaste åren och körfältsassistans eller så kallad LDW, lane departure warning, finns på de flesta nyare bilmodeller. Med hjälp av radar, kameror och datorkraft får föraren hjälp att hålla bilen på vägen. Nästa steg är att även bistå föraren vid hastiga undanmanövrar då exempelvis älg, hjort eller vildsvin springer ut på vägen. Bilen håller koll på vägens kanter och med hjälp av en infraröd sensor kan den också uppfatta att ett djur är på väg.

– Bilen får även en indikation på i vilken riktning djuret står eller springer och kan styra för att om möjligt smita

bakom, säger Lars Nielsen, professor i fordonssystem, Institutionen för systemteknik vid Linköpings universitet. Att optimera en manöver för en hastigt uppdykande älg eller för en hårmålskurva i Alperna har genom den senaste ELLIIT-forskningen minskat från timmar till minuter och till och med sekunder. Nya verktyg och procedurer för dynamisk optimering har sedan 2010 utvecklats i flera doktorandprojekt och i samarbeten mellan Lunds och Linköpings universitet.

– Numeriskt kan vi analysera vilken som är den optimala manövern och sedan ta reda på vilken regleringsprincip som är den bästa, säger Lars Nielsen.

En sådan regleringsprincip är att studera kraftvektorerna på bilen, från däckfriktion, bromsar och ratt. Bland annat har Victor Fors i sin avhandling vid Linköpings universitet visat att den säkraste manövern görs om alla krafter maximeras i en riktning, snett bakåt. Det vill säga att kraftvektorerna från varje däck utnyttjas och fås att samverka för att ge maximal kraft i undanmanövern.



– När vi gör simuleringar kommer vi mycket nära den optimala undanmanövern med den här metoden, intygar Lars Nielsen.

Lars Nielsen har också tillsammans med Lundaforskaren Björn Olofsson, Institutionen för reglerteknik, gått igenom 233 avåkningsolyckor i en tysk olycksdatabas. Olyckorna hade alla dödlig utgång eller ledde till mycket allvarlig skada. Forskarna har tittat på ingångshastigheter, kurvradier med mera för att jämföra med hur många olyckor som hade kunnat undvikas med ett autonomt system. Cirka 80 procent, visade det sig.

–Det är inte alltid det går att undvika en krock helt, men eftersom bilen bromsar maximalt kan vi ändå utgå ifrån att hastigheten minskat så pass att skadorna blir mindre även i de återstående fallen, säger Lars Nielsen.

Vi människor kan vara lite för långsamma i reaktionerna, kanske får vi panik och vrider ratten för hårt och i

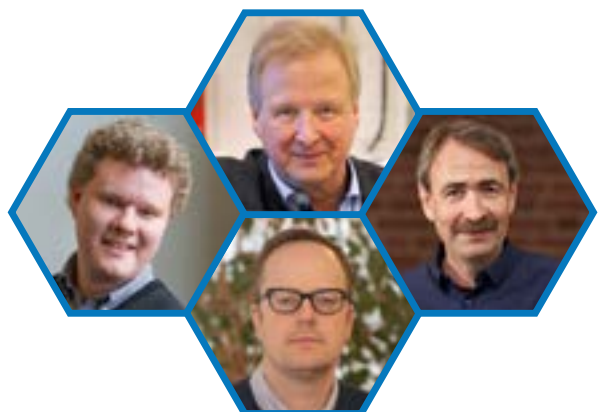
några fall kan föraren ha somnat och åkt av vägen. Kompetens inom forskningsområdet har spridits ut till fordonsindustrin när de doktorander som varit verk-samma inom ELLIIT-projekten sedan 2010 disputerat och fått nyckelpositioner på företag som Scania, Volvo Trucks, Volvo Cars och Mitsubishi Electric.

De senaste rönen sprids också genom de kurser, både inom grundutbildningen och för doktorander, som hålls vid Lunds och Linköpings universitet. Några exempel är doktorandkursen 'Motion Planning and Control' och masterkursen 'Autonomous Vehicles - Planning, Control and Learning Systems' som lockar allt fler studenter såväl i Lund som i Linköping.

–Vi ser hur intresset växer. Autonoma fordon finns redan idag i gruvor och i inhägnade miljöer som hamnar, men vi tittar även på krafter i robotarmar med relevans för skördare i skogsindustrin och i många andra sammanhang inom robotiken, säger Anders Robertsson.

Forskningen leds av professor Anders Robertsson, Lunds universitet och professor Lars Nielsen, Linköpings universitet. Sammantaget arbetar åtta forskare inom området i ELLIIT-projekt vid årsskiftet 2021, varav fyra doktorander.

Professor Anders Robertsson, Institutionen för Reglerteknik, Lunds universitet. Professor Lars Nielsen och professor Erik Frisk, avdelningen för Fordonssystem, Institutionen för Systemteknik, Linköpings universitet. Docent Björn Olofsson, avdelningen för Fordonssystem, Institutionen för Systemteknik, Linköpings universitet samt Institutionen för Reglerteknik, Lunds universitet.



Robotarna kliver in i vår vardag

Autistiska barn kan öva upp sina sociala förmågor med en snäll och gullig robot och dementa äldre blir lugnare och får en ökad trivsel med en robotkatt i knät. Det visar de senaste årens kognitionsforskning inom ELLIIT, men hur interagerar vi med robotar eller självkörande fordon när ögonkontakten inte finns?

Att robotar sakta men säkert tar sig in i vårt vardagliga liv är ett faktum. Ännu så länge utför de enkla tjänster som att dammsuga huset eller klippa gräsmattan, men det är bara ett första steg. Sociala och människoliknande robotar och robotkatter har visat sig ha en betydligt större potential att öka mänskligt välbefinnande.

I EU-forskningsprojektet DREAM, som bedrevs i samarbete mellan sex europeiska universitet och avslutades 2019, har professor Tom Ziemke och hans kollegor visat att sociala robotar fungerar väl i terapi för autistiska barn. Företaget SoftBank Robotics, som även de deltog i projektet, fortsätter att utveckla lösningar som underlättar inläringen och ökar de autistiska barnens förmåga att kommunicera med omgivningen.



Tom Ziemke är professor vid avdelningen interaktiva och kognitiva system, Institutionen för datavetenskap vid Linköpings universitet och har en del av sin professur finansierad via ELLIIT. Som en fortsättning på DREAM-projektet driver han nu ett projekt i samarbete med flera äldreboenden i Östergötland. En robotkatt och en robohund har fått vara på besök i äldrevården för dementa.

–Vi fokuserade på robotkatter, men några av de äldre gillade inte katter så vi fick ta dit en hund också, berättar han.



En nio månader lång studie genomfördes före och under Corona-pandemin med goda resultat. Sofia Thunberg, doktorand hos Tom Ziemke, studerade hur de äldre interagerade med robotkatten, hur de talade med katten och om katten – eller hunden. Hon intervjuade även personal på boendet. Ur ett användarcentrerat perspektiv ska hon i nästa steg ta reda på hur robohusdjur kan introduceras, användas och utvärderas för att ge en ökad livskvalitet åt äldre och dementa.

I samarbete med SJ genomförde Sofia Thunberg under hösten 2018 en etnografisk studie av hur resenärerna interagerade med en humanoid robot på Centralstationen i Stockholm. Roboten Pepper svarade på frågor och hjälpte resenärer till rätta.



Exemplen är fler och forskningen handlar även om hur vi kan interagera med robotar som inte är människo- eller djurliknande.

Forskargruppen samarbetar exempelvis med såväl RISE SICS som Saab i olika projekt som studerar hur människor interagerar med drönarsvärmar och obemannade farkoster. I ett samarbete med Toyota Material Handling diskuteras att studera hur lagerarbetare interagerar med autonoma truckar som ilar omkring med varor.

Under 2021 och 2022 ska också en ELLIIT-finansierad postdoktor studera hur människor interagerar med de autonoma bussar som trafikerar Linköpings universitets Campus Valla.

Bussen ELIN kör i knapp gångfart på campusområdet och alla som studerar och jobbar vid LiU ser den varje

dag. I projektet, som forskarna bedriver i samarbete med VTI, ska bussen nu tillåtas gå längre sträckor utanför campusområdet och så småningom i högre hastighet.

– Robotar i offentliga miljöer måste vara 100 procent säkra i alla situationer. Vi behöver ta reda på hur autonoma fordon kan fungera i vardagen. Hur uppfattar en cyklist, ett barn eller en äldre person en robotbuss som kommer körande? Förväntar de sig att bussen ser dem och kan stanna, trots att det inte går ett få ögonkontakt med en förare? frågar Tom Ziemke.

Målet är att de autonoma och små eldrivna bussarna på sikt ska kunna fungera som resurseffektiv pendeltrafik, då i betydligt högre hastigheter och därmed också längre bromssträckor. Och kanske i framtiden med en robohund ombord som visar matte eller husse till rätta på vägen.



Tom Ziemke, professor vid avdelningen Interaktiva och kognitiva system, Institutionen för datavetenskap vid Linköpings universitet. Engagerade i ELLIIT-projekt är även en postdoktor och två doktorander.



Från examensarbete till 9000 citeringar och ett företag

Visuell objektföljning är ett område där professor Michael Felsberg och hans medarbetare sedan 2013 legat i fronten av den vetenskapliga utvecklingen, förutom ett stort antal prisbelönta och väl citerade vetenskapliga arbeten har nystartade företaget Singulareye forskningen som bas.

Intresset för visuell objektföljning har exploderat de senaste åren i spåren av det ökande intresset för självkörande fordon, robotik, artificiell intelligens och maskininlärning

Teknikutvecklingen har gått snabbt och en av förklaringarna till det är ovanligt nog en tävling, Visual Object Tracking Challenge, som arrangerats varje år sedan 2013.

–Tävlingen samlar de mest framstående forskarna inom området vid de främsta universiteten i världen, konstaterar Michael Felsberg, professor i datorseende vid Linköpings universitet, som sedan några år tillbaka också sitter i tävlingskommittén.

2014 vann Michael Felsberg, tillsammans med sin dåvarande doktorand Martin Danelljan, Fahad Khan, handledare och forskare vid avdelningen, samt Gustav Häger, då student, i dag doktorand, den prestigefulla tävlingen. Martin Danelljan hade, som en fortsättning på sitt examensarbete, utvecklat en metod där datorn följer ett objekt inom en definierad ruta i bilden, en bounding box.

Datorn lär sig hur objektet i boxen ser ut i olika lägen, både till färg och form, med hjälp av särdrag i bilden - en kant eller en färg. Beräkningarna sker sedan snabbt med väl valda algoritmer. De hade därmed löst en viktig knut inom objektföljningen: skalbarheten - ett objekt som rör sig ändrar storlek ju längre bort från kameran det kommer och ändrar även form.

Kod la forskargruppen ut öppet vilket resulterade i tusentals citeringar på kort tid. Gruppens vetenskapliga arbeten, delvis finansierade via ELLIIT, har sedan dess vunnit ett stort antal utmärkelser och när Martin Danelljan försvarade sin doktorsavhandling 2018 hade

hans arbeten redan då fler än 2000 citeringar, idag är antalet citeringar fler än 9000.

De senaste två åren har forskningen tagit ännu ett steg.

–Forskningen går nu alltmer över till segmentering, en teknik där pixlar i bilden klassificeras till att tillhöra olika objekt. I bildklassificeringen ska datorn kunna skilja till exempel en sovande hund från soffan den sover på. Segmenteringen innebär lite förenklat att man gör samma sak men på pixelnivå, säger Michael Felsberg.

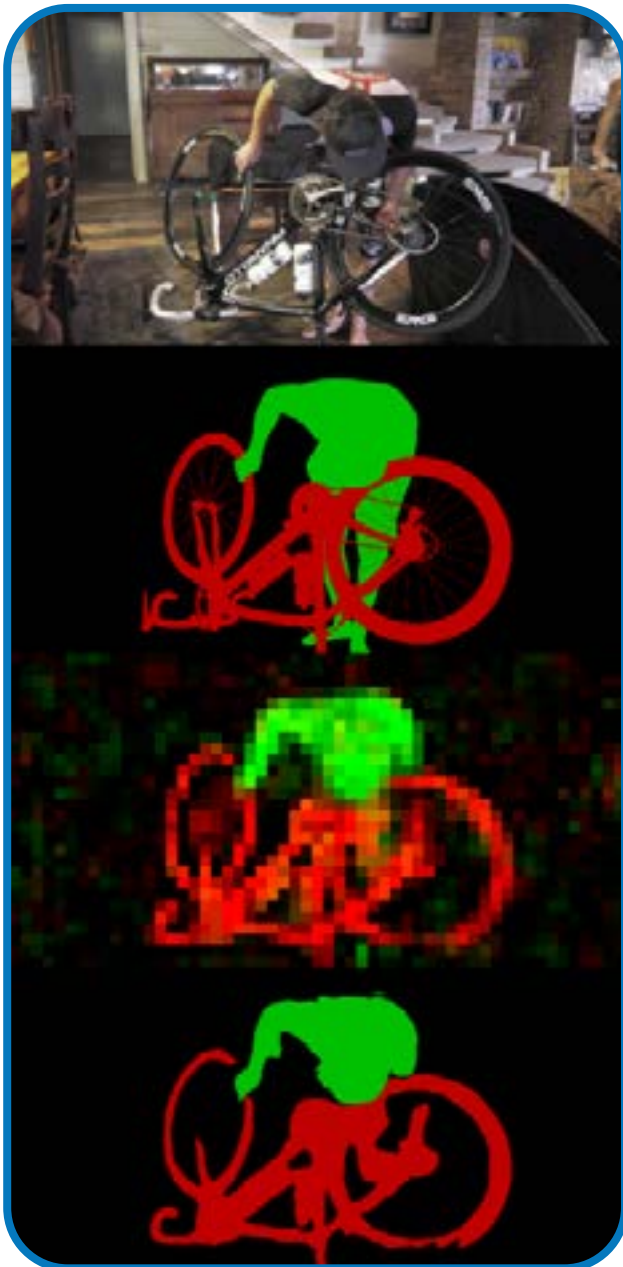
Utvecklingen inom området har allt mer tagits över av kinesiska forskargrupper som också tog hem samtliga priser utom ett i den senaste upplagan av VOT Challenge.

–De har stora resurser till forskning inom det här området, inte minst för att förbättra ansiktsgenkänningen som är en accepterad teknik i Kina, men som inte är etiskt försvarbar här i västvärlden.

Andra användningsområden för visuell objektföljning är både bredare och mindre kontroversiella, några exempel är att fordon autonomt kan upptäcka och följa fotgängare och cyklar i trafiken, i flygande farkoster som söker nödställda människor i katastrofområden och i mobiltelefonernas kameror som automatiskt fokuserar på ett ansikte om ett sådant finns i bilden, för att bara ta några exempel.

–Om några år har vi nog en funktion i mobilen där vi kan spela in en video och byta ut bakgrunden direkt under inspelningen, säger Michael Felsberg.

Målet för forskningen är dock större än så.



Segmentering, överst en bild från videon.

Nästa bild är facit.

Det tredje ett mellansteg inuti det djupa nätet.

Till sist resultatet från objektsegmenteringen.

Illustration: Andreas Robinson, CVL

–Vi bygger vår världsbild i första hand på det vi ser och upplever och robotar som ska fungera tillsammans med oss människor behöver ha liknande förmågor. AI-system måste kunna lära sig från data utan att ha ett facit och utifrån ett fåtal exempel (one shot learning). Vi kan inte förvänta oss att all data som hanteras av den artificiella intelligensen först ska skapas av en människa och sedan läras in av systemet, vi måste kunna ange starten och riktningen och sedan lämna över lärandet, säger han.

Martin Danelljan, idag 2020 verksam som postdoktor vid ETH i Zürich, startade år 2018 tillsammans med två andra dåvarande doktorander företaget Singulareye. Förutom världsledande kunskaper i visuell objektföljning bidrar de även på konsultbasis med kunnande om djupinlärning och AI. De största kunderna finns inom fordonsindustrin.



Michael Felsberg, professor, Fahad Khan, universitetslektor, Per-Erik Forssén, biträdande professor och Mårten Wadenbäck, biträdande universitetslektor samt tre doktorander, Avdelningen Datorseende, Institutionen för Systemteknik vid Linköpings universitet.

Tre i ett, för att hitta rätt

Nu behöver du inte längre leta efter ett tomt mötesrum på kontoret eller efter en speciell butik i en gigantisk galleria. En app i telefonen sköter såväl sökningen som vägvisningen dit. Tre olika informationskällor inomhus ersätter det satelliter sköter utomhus.

Företaget Senion AB föddes 2010 efter en kurs i entreprenörskap vid Linköpings universitet. Första produkten var en app som visar besökare rätt i stora gallerior, och tillbaka till bilen igen då det behövs.

–På kursen sammanstrålade fyra av våra doktorander inom sensorfusion med en doktorand vid Institutionen för datavetenskap, IDA. Våra doktorander kunde tekniken och datavetaren applikationen, berättar Fredrik Gustafsson, professor i sensorfusion, Institutionen för systemteknik, Linköpings universitet.

Första ordern gick till 80 stora gallerior i Singapore och i dag finns deras system i drift i exempelvis Amerikas största shoppingcentrum Mall of America och världens största shoppingcentrum Dubai Mall.



Besökarna loggar in vid ankomsten, en blå prick dyker upp på inomhuskartan och de får vägvisning till butiker och tillbaka till bilen. Promenaderna loggas anonymt och köpcentrumens ägare kan analysera mönstren, hur många som går vart och hur länge de stannar i lokalerna. Butikerna kan även skicka ut erbjudanden till kunder inne i köpcentrumet via appen.

Men ett än viktigare användningsområde är kanske det moderna och smarta kontoret, där medarbetaren snabbt kan hitta till en ledig arbetsplats eller ett mötesrum.

Om de inte hunnit boka i förväg och skickat ut en kallelse sköter appen om det när medarbetarna går in i rummet. När de lämnar rummet frågar appen om de vill boka av.

–Här finns pengar direkt att tjäna för stora företag med flexibla kontorslösningar. Medarbetarna sparar tid och företaget klarar sig med mindre lokalyta, säger Fredrik Gustafsson.

Utomhus är vi vana vid att navigeringen sker via kartor och satelliter, men inget av detta fungerar inomhus. Istället bygger systemet på information från tre helt olika teknikområden; tröghetssensorer, radiosignaler och byggnadsritningar. För att fusionera så helt olika datakällor används ett så kallat partikelfilter.

En tröghetssensor känner av acceleration och rotationshastighet. Med hjälp av sensorerna tar systemet reda på hur du rör dig i byggnaden relativt startpunkten. Med hjälp av små billiga och mycket energisnåla sändare, ”blåtands radiofyror” (beacons), utmed väggarna ger radiomätningar avståndet till dem, som referenspunkter. Slutligen används byggnadsritningar för att få troliga alternativ för hur man kan förflytta sig, samt utesluta omöjliga gångvägar, som att passera väggar eller hoppa mellan våningar.

–För att vi ska kunna lägga samman signaler från så helt olika källor som en karta, radiosignaler från radiofyror och information från tröghetssensorer behövs partikelfilter, en teknik som uppfanns 1993 och som vår forskargrupp arbetat med sedan 1998, säger Fredrik Gustafsson.

Inom ett par år hade forskargruppen börjat publicera artiklar, inom både teori och tillämpningar, som idag har citerats tusentals gånger. Väldigt förenklat genererar partikelfiltret slumpmässigt ett stort antal gångvägar på kartan, och jämför de hypotetiska mätningarna man då skulle ha fått med de faktiska mätningarna.

På detta sätt får varje förslag en vikt, sannolikhet, som används för att generera nya alternativa gångvägar.

Även inom området positionering med hjälp av radio, blåttand, har forskargruppen legat långt fram allt sedan Ericsson gick med i Vinnova-finansierade kompetenscentrumet ISIS 1998 (Information Systems for Industrial Control and Supervision). Nyare tillämpningar handlar exempelvis om att hitta försvunna personer med hjälp av drönare, eller hålla koll på betesdjur och noshörningar på savannen.

Tröghetssensorer har legat som grund för ett stort antal doktorsavhandlingar. Sensorerna användes tidigt i Gripen för positionering utan satellitdata, men används numera även inom exempelvis medicinsk rehabilitering,

elitidrott, spelindustrin och för att figurer i tecknade filmer ska röra sig så människo- eller djurlikt som möjligt. Kompetensbehovet i industrin växer.

–När den första iPhone lanserades 2007 startade vi snabbt projekt för att se hur vi kunde utnyttja telefonens inbyggda tekniker, blåttand och tröghetssensorer, på ett nytt sätt. Plötsligt hade vi en konsumentprodukt med samma sensoruppsättning som Gripen, säger Fredrik Gustafsson.

Senion AB är bara en av flera avknoppningar från forskargruppen och deras unika samlade kompetens inom tre teknikfält som vanligtvis finns inom helt olika vetenskapliga discipliner.



Foto: Martin Stenmarck

Fredrik Gustafsson, professor i sensorfusion vid avdelningen Reglerteknik, Institutionen för systemteknik, Linköpings universitet.
Grundarna till Senion: Peter Bonus, Jonas Callmer, Christian Lundquist, Per Skoglar och David Törnqvist.



Visualisering visar det vi inte annars kan se

Möjligheten att visualisera gigantiska mängder data är av avgörande betydelse för våra ökande kunskaper inom områden som klimat, material och medicin. Forskningen har även resulterat i flera avknoppningsföretag liksom i interaktiva och lärorika upplevelser för miljontals barn och unga.

Den ELLIIT-finansierade visualiseringsforskningen startade på allvar 2012 då utvecklingen av Inviwo, en plattform för interaktiv visualisering, tog fart vid Linköpings universitet.

–Inviwo är i huvudsak en forskningsplattform där vi kan designa och utvärdera visualiseringsmetoder. Plattformen är kraftfull, visualiseringarna blir effektiva och dessutom interaktiva, vilket innebär att våra resultat även används i ett antal kommersiella produkter, säger Ingrid Hotz, ELLIIT-professor i vetenskaplig visualisering, avdelningen Medie- och informationsteknik vid Linköpings universitet.

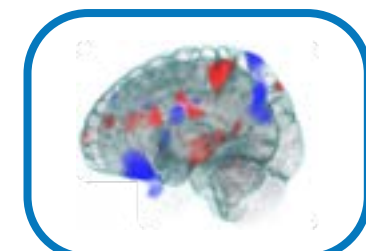
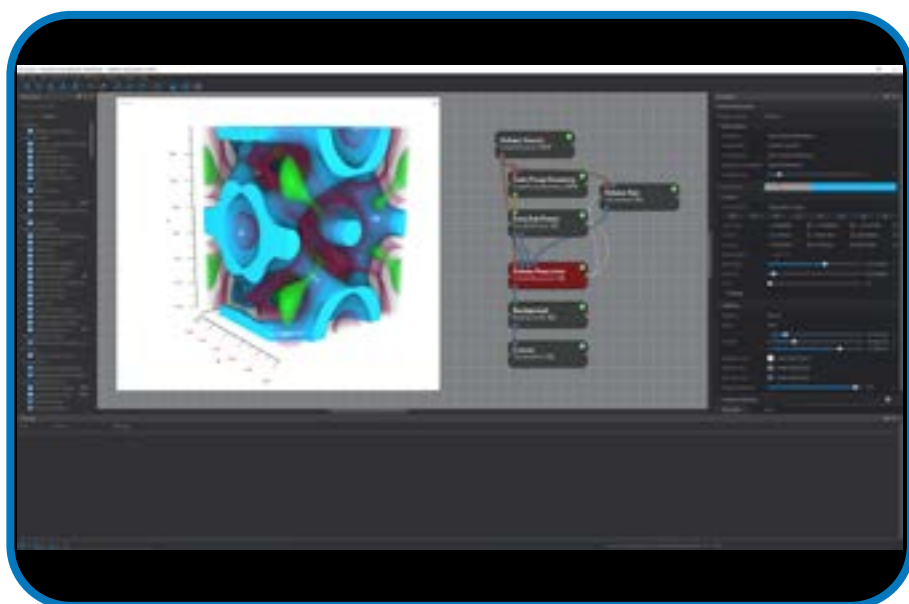
Plattformen är utvecklad i öppen källkod och består lite förenklat av tre lager. På den lägsta nivån finns hårdvaran och de processer som är gemensamma för all visualisering - det grundläggande receptet, om man så vill.

På mellannivån finns möjligheten att experimentera med nya algoritmer och kodsträngar och på den högsta nivån finns ett gränssnitt som gör det enkelt att koppla samman de olika algoritmerna, funktionerna, på olika vis bara genom att klicka och dra. På den högsta nivån krävs heller inga kunskaper i programmering.

–Plattformen är utvecklad för att vi snabbt ska kunna utvärdera nya algoritmer och experimentera med dem. Ett effektivt gränssnitt gör att vi snabbt kan komma åt och ändra även i det nedre lagret, säger Daniel Jönsson, biträdande universitetslektor, avdelningen Medie- och informationsteknik.

Resultaten av forskningen blir också snabbt tillgängliga för andra forskare och för företag. Den höga kvaliteten på visualiseringarna och den snabba renderingen har varit viktiga konkurrensfördelar när företag inom medicinsk visualisering som ContextVision och Sectra valt de framforskade algoritmerna som del i sina produkter.

Sectra, en gång startat av forskare vid Linköpings universitet, har ett nära samarbete med forskargruppen bland annat kring det virtuella obduktionsbordet. Även det är ett resultat av LiU-forskning, som lyckosamt kommersialiserats av Sectra och i dag används exempelvis inom läkarutbildningar över hela världen.



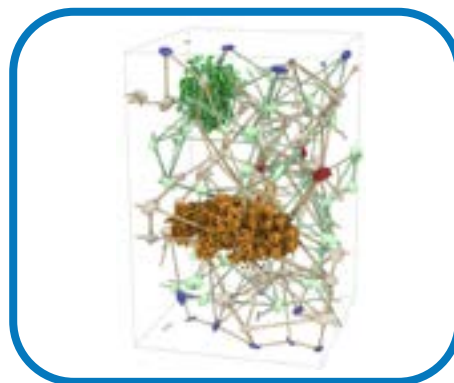
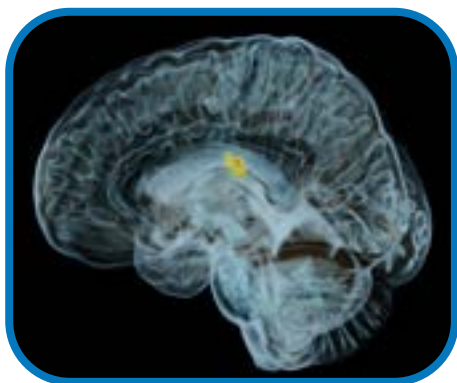
Forskningen inom visualisering har utvecklats snabbt, från starten handlade det om att hitta effektivare algoritmer för att rendera exempelvis volymdata medan forskningen i dag är mer inriktad på att visualisera komplexa samband inom olika samhällsviktiga domäner, som exempelvis medicinsk visualisering, material och flöden, biologisk visualisering av proteiner och virus eller visualisering inom rymd och astronomi.

Inviwo används i dag av forskare inte bara vid Linköpings universitet utan även vid KTH i Stockholm, Ulm University i Tyskland, och universitetet i Bergen, Norge.

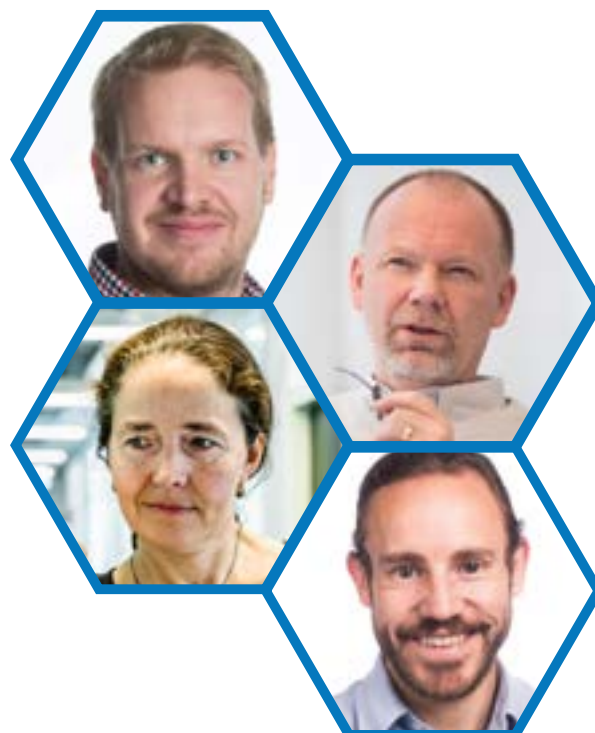
Via avknopningsföretaget Vistinct, grundat av bland

andra Daniel Jönsson, har Inviwo nått ut än bredare. Plattformen används för att ta fram lärorika och spännande vetenskapliga installationer på Tekniska museet i Stockholm och Visualiseringscenter C i Norrköping.

– Tack vare forskningen inom ELLIIT har miljontals barn, unga och vuxna blivit inspirerade, fått interagera med och lära sig mer om naturvetenskap och teknik. Inviwo har därmed fått stor betydelse även långt utanför den akademiska världen, säger Anders Ynnerman, professor i vetenskaplig visualisering vid Linköpings universitet samt även direktör för Visualiseringscenter C.



Seniora forskare inom ELLIIT är Ingrid Hotz, professor, Daniel Jönsson, biträdande universitetslektor, Peter Steneteg, förste forskningsingenjör och Anders Ynnerman, professor. Samtliga vid avdelningen Medie- och Informationsteknik, Institutionen för teknik och naturvetenskap, Linköpings universitet, Campus Norrköping. Totalt forskar idag fem seniora forskare, inklusive postdoktorer, samt 3-4 doktorander om Inviwo.



De håller koll på den öppna källkoden

Bibliotek med öppen källkod, lätt tillgänglig på nätet, är en guldgruva för alla företag som utvecklar mjukvara. Men med den följer också sårbarheter. Vid Lunds universitet föddes företaget Debricked som skannar av nätet och varnar användarna för buggar, sårbarheter och attacker.

Webbtjänster och appar, som exempelvis hjälper oss komma i kontakt med sjukvården, banken och olika myndigheter, innehåller nästan undantagslöst kod som är hämtad från olika kodbibliotek på nätet, så kallad öppen källkod. I kodbiblioteken finns mängder av kod som är testad och väl beprövad i många olika applikationer och som oftast underhålls av grupper av engagerade utvecklare och användare i olika communities.

– Utvecklingstiden blir väsentligt kortare och det finns ingen anledning att uppfinna hjulet en gång till, konstaterar Martin Hell, universitetslektor i elektro- och informationsteknik vid Lunds universitet.

Han och hans kollegor bedömer att mellan 90 och 99 procent av all mjukvara i system, webbtjänster och appar idag har någon del öppen källkod i sig. En typisk kodbas består i genomsnitt av 60 procent öppen källkod, det vill säga kod öppet tillgänglig på nätet för den som vill licensiera och använda.

– Det finns miljontals bibliotek och många används av företag över hela världen, säger han. Men som med all mjukvara så finns det sårbarheter, buggar och därmed också risker för hackerattacker, och gärna där det gör som mest skada – i kod som används av många och i ett stort antal applikationer.

Den här sårbarheten och de beroenden som det innebär uppmärksammades för ett antal år sedan i ett Vinnova-projekt som leddes från Lunds universitet där två institutioner, forskningsinstitut och ett flertal företag deltog. Projektet resulterade i ett proof of concept – en fungerande mjukvarulösning. I projektet utvecklades en mjukvara som skannar av nätet efter tecken på sårbarheter för att hitta varningar och larm så snart de uppstår någonstans i världen.

Konceptet togs så väl emot att det med stöd från LU Innovation kommersialiserades i företaget Debricked

AB 2018. Företaget fortsätter utvecklingen av mjukvaran med i dag ett 20-tal anställda, flera dem tidigare doktorander i projektet, och med stöd av riskkapital.

– Med hjälp av maskininlärning kan vi skanna av nätet och snabbt få fram varningar så att företagen kan fatta snabba beslut om åtgärder, säger Martin Hell.

Det är inte bara larm om buggar eller upptäckter av skadlig kod som företagen kan få varsel om. Det handlar också om att värdera hälsan i den community, den utvecklargrupp som varnar om koden.

– Ofta består den inre kärnan i en community av engagerade personer som gör detta på sin fritid. Om någon eller några av dem byter jobb, får familj eller blir sjuka kan det snabbt påverka hur koden utvecklas och underhålls.

Det tar allt längre tid innan sårbarheter upptäcks och åtgärdas, men även innan de lägger till ny funktionalitet och håller sig kompatibel med annan mjukvara. Hur stark communityn är, och hur hälsan ser ut generellt, är en av de parametrar vi undersöker, säger Martin Hell.

Det han och kollegorna också fokuserar på är att bistå företagen med att upptäcka eventuella brott mot licensavtal. Denna kontroll kan göras ända ner på enskilda kodblock. En applikation kan innehålla tusentals kodsträngar med olika licenser och det blir dyrt om koden används på ett otillåtet sätt. Det finns också stora bibliotek där communityn kräver att all kod som deras kod används tillsammans med också ska vara öppen. Många företag är inte beredda att möta ett sådant krav och behöver då byta bibliotek.

– Det finns företag som har en väl genomarbetad process för att hantera öppen källkod och licenser, men i många företag är det utvecklarna själva som väljer vilket bibliotek de ska använda, säger Martin Hell.

- Vi försöker hjälpa företagen att få till helheten när det gäller sårbarhet, hälsa och licenser. Vi ser en tydlig tendens i företagen att kompetensen nu trycks ner i organisationen istället för att som tidigare finnas på ledningsnivå. Vi vill bidra till att kompetens och säkerhetstänk flyttas ner till den enskilda utvecklaren och att det finns någon i varje utvecklargrupp som har huvudansvar för de här frågorna, säger han.

Inom det stora ELLIIT-paraplyet bidrar Martin Hell och hans forskarkollegor med de senaste rönen inom det här området. Även i mjukvaror för kommunikation i 5G- och så småningom 6G-näten finns det ansenliga mängder öppen källkod, liksom i majoriteten av de enheter och tjänster som använder och kommer använda 5G- och 6G-näten.



Forskargruppen leds av Martin Hell, universitetslektor i elektro- och informationsteknik vid Lunds universitet.



Datorverktyg bygger broar mellan forskningsvärldar

När reglertekniker och realtidsexperter arbetar var för sig leder det ofta till såväl dyra lösningar som rena missförstånd. Forskare inom reglerteknik i Lund och inbäddade system i Linköping har i ett mångårigt samarbete utvecklat datorverktyg som överbryggat klyftorna.

I bilar, flygplan och stora tillverkningsindustrier finns i dag hundratals, och ibland tusentals datorer sammankopplade i nätverk, i inbäddade system. Styrningen av dessa dynamiska system sker med hjälp av reglertekniska metoder. Motorn, bilen, flygplanet eller fabriken får att bete sig på det sätt man önskar med hjälp av återkoppling, resultatet av styrsignalerna skickas åter till styrsystemet som skickar ut nya styrsignaler i en ständigt pågående loop.

Ytterligare en vetenskap med stor relevans för de inbäddade systemen är realtidssystem. Det är den del av datavetenskapen som studerar tidskritiska datorsystem, där beräkningarna behöver vara så snabba att styrsignalerna kan ges i realtid.

De två vetenskapsgrenarna, reglerteknik och realtidssystem, har ett gemensamt ursprung från 1960-talet men har sedan utvecklats åt olika håll och bildat separata ämnen med egna begrepp och metoder.

– Det är få forskare och ingenjörer som behärskar båda vetenskapsgrenarna, vilket ibland leder till dyra lösningar och även till rena missförstånd, säger Anton Cervin, universitetslektor vid Institutionen för reglerteknik vid Lunds universitet.

Sedan många år tillbaka har dock forskare vid Lunds och Linköpings universitet gjort gemensam sak för att överbrygga klyftorna mellan de två vetenskapsgrenarna.

– En doktorand hos professorerna Petru Eles och Zebo Peng vid LiU hörde av sig till mig, han arbetade inom realtidssystem men var intresserad av reglertekniken. Vi inledde då ett samarbete och när ELLIIT-programmet sedan startades hade vi redan projekt igång, berättar Anton Cervin.

Samarbetet inom ELLIIT har resulterat i ett antal datorverktyg som överbryggat de två vetenskaperna. Det är verktyg som tagits emot med öppna armar av industrin.

Det vanligaste är simuleringsverktyget TrueTime, ett gratis komplement till standardmjukvaran på området, Matlab.

– TrueTime är ett ingenjörsmässigt verktyg för snabba prototyper, rapid prototyping, där hela eller delar av ett system först byggs och simuleras i datorn innan det blir en fysisk prototyp. ABB har använt TrueTime för att simulera ett nytt trådlöst kommunikationsprotokoll för industriell automation, för att bara ta ett exempel, säger Anton Cervin.

I starten loggade forskarna hur många som laddade ner verktyget.

– Det gör vi inte längre men vi vet att vi har tusentals användare inom akademi och industri över hela världen, säger han.

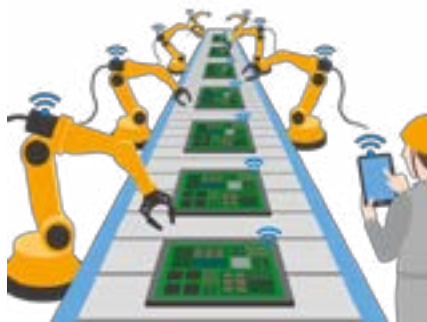
För forskningsändamål har de sedan utvecklat en serie verktyg med namn som Jitterbug, JitterMargin och JitterTime, som går ner på djupet med teoretiska studier av systemets tillförlitlighet, robusthet och prestanda.

– I vår nuvarande forskning samarbetar vi med General Motors med Jitterbug och JitterMargin för samdesign av kommunikation och reglersystem i ett nytt fordonskoncept, säger Anton Cervin.

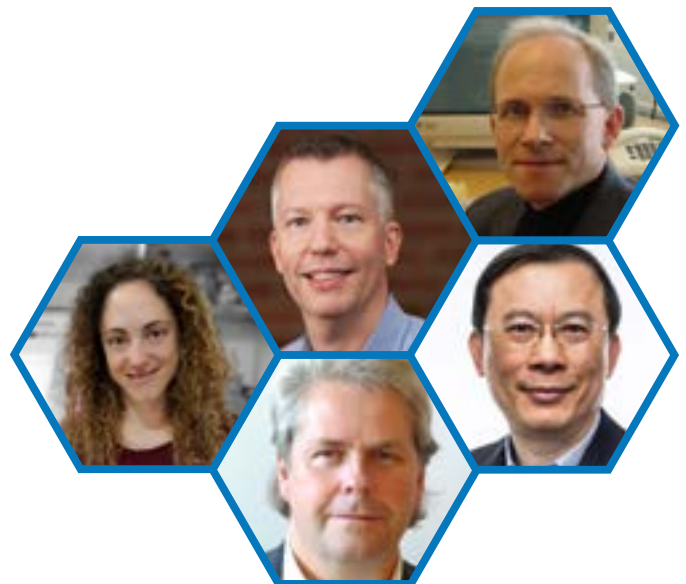
Speciellt stor betydelse har verktygen när utvecklarna behöver bestämma hur kraftfulla och därmed också dyra komponenter som ska användas.

– Verktygen ger utvecklarna information om hur olika delsystem, som delar på gemensamma resurser, kan samverka utan att störa varandra. Det är flaskhalsar som är svåra att upptäcka när reglertekniker och realtidsexperter arbetar var för sig, här får de ett gemensamt språk att samsas kring och får en övergripande förståelse för helheten, säger Anton Cervin.

Inbyggda nätverkskopplade system



Verksamma inom området är fem seniora forskare och två doktorander. Anton Cervin, universitetslektor, Martina Maggio, universitetslektor och Karl-Erik Årzén, professor, samtliga vid Institutionen för reglerteknik, Lunds universitet, samt professorer Petru Eles och professor Zebo Peng, Institutionen för datavetenskap, Linköpings universitet.



Konsten att simulera och optimera cyberfysiska system

Lägg Modelica, OpenModelica, Optimica och JastAdd på minnet. Tio års samarbete inom ELLIIT mellan forskare i Lund och Linköping och mellan akademi och industri har gjort det avsevärt enklare att simulera och optimera hela cyberfysiska system.

Cyberfysiska system är inbyggda system som används i den fysiska världen; bilar, flyg, telekommunikation, robotar, produktionsutrustning, utrustning inom sjukvården eller olika konsumentprodukter. Gemensamt för dem alla är att de består av en komplex blandning av exempelvis mekanik, elektronik, mjuk- och hårdvara.

Sedan 2010 har forskarna Görel Hedin och Johan Åkesson, Lunds universitet, och Peter Fritzson, Linköpings universitet, samarbetat inom ELLIIT i olika projekt för att forska kring och utveckla simulering och optimering i Modelica, ett objektorienterat språk som skapades i slutet av 1990-talet.

Professor Peter Fritzson, institutionen för datavetenskap vid Linköpings universitet, skrev tillsammans med medarbetare den första formella specifikationen för Modelica och startade 1998 företaget MathCore AB med implementationer av Modelica som grund. 2002 tog han initiativ till OpenModelica, en öppen källkod fri för forskare och industri att ladda ner och använda. För att stötta verktygets utveckling på längre sikt tog han även initiativ till organisationen Open Source Modelica Consortium, en ideell förening med idag drygt 50 medlemsorganisationer, från industri och akademi.

I Lund startades företaget Modelon år 2005, som en avknoppning från Institutionen för reglerteknik. Affärsidén var att utveckla bibliotek för Modelica. Kunderna fanns i huvudsak inom fordonsindustrin.

Görel Hedin, professor i programvaruteknik, Institutionen för datavetenskap, och hennes grupp utvecklade en ny teknik som gjorde det enkelt att skapa en kompilator som översätter kod i ett högnivåspråk till lågnivå som maskinkod. Forskarna byggde in tekniken i JastAdd, ett verktyg i öppen källkod med vars hjälp de också tog fram en Javakompilator.

–I verktyget beskrivs det man vill att kompilatorn ska göra på en hög nivå, med ekvationer, och sedan genere-

ras kompilatorn från beskrivningen. Vi valde Java, men tekniken är generell och fungerar även för andra komplexa språk, som Modelica, säger Görel Hedin.

Johan Åkesson, dåvarande doktorand inom reglerteknik vid Lunds universitet, hade stor nytta av verktyget i sitt avhandlingsarbete. Han använde JastAdd för att utöka Modelica med stöd för optimering - Optimica. Från att tidigare ha kunnat simulera exempelvis en bil som kör runt i en bana kunde mjukvaran nu också optimera bilens hastighet och kurvtagning.

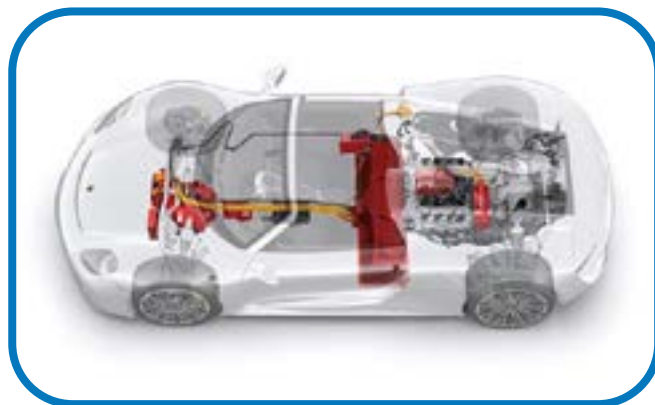


Illustration Porsche

Johan Åkesson övergick 2013 till Modelon på heltid tillsammans med simuleringsmjukvaran Optimica Compiler Toolkit, som i dag är en integrerad del av Modelons utbud.

–Vi har ett fortsatt långsiktigt samarbete med Modelon, intygar Görel Hedin.

Ytterligare ett steg togs för några år sedan då grupperna runt Modelon i Lund och OpenModelica i Linköping, tillsammans med andra europeiska partners, samverkade i utvecklingen av FMI, en idag prisbelönt standard för att få olika verktyg att fungera tillsammans.

FMI har också anpassats för industriell användning.

–FMI gör det möjligt att simulera en del i Modelica och en annan del av systemet i någon annan simuleringsmjukvara, säger Görel Hedin.

Idag är OpenModelica och Optimica Compiler Toolkit etablerade produkter som används brett såväl inom akademien som i industrin. OpenModelica används i ett stort antal kommersiella produkter världen runt av exempelvis ABB och Bosch-Rexroth. MathCore har bytt namn till Wolfram Mathcore med ett 20-tal anställda och ingår i Wolfram koncernen.

Tack vare Optimica har Modelon på senare år vuxit från 15 till 80 anställda. 2020 lanserade Modelon en molnbaserad plattform, Modelon Impact, för simulering och optimering som gör det möjligt med storskaliga parallella beräkningar i molnet.

JastAdd utvecklas i forskargruppen vid Lunds universitet men används också av forskare världen över, liksom

av exempelvis ABB för att utveckla kompilatorer för styrsystem.

–Det här visar på det stora värdet av ett långsiktigt och nära samarbete mellan akademi och industri där vi får nya forskningsfrågor från industrin och vår forskning bidrar till den industriella utvecklingen, säger Görel Hedin.

Programmeringsspråket Modelica har sina rötter i 1970-talet då Hilding Elmqvist doktorerade i reglerteknik vid Lunds universitet. Han utvecklade då tankarna om ett objektorienterat programmeringsspråk där grundläggande tekniska och fysikaliska samband finns som förprogrammerade moduler eller objekt i ett bibliotek. Avhandlingen ansågs då intressant men för visionär och ställdes i hyllan.

Görel Hedin, professor i programvaruteknik, Institutionen för datavetenskap, Lunds universitet leder arbetet med JastAdd, i samarbete med flera juniora forskare och doktorander.

Peter Fritzson, numera professor emeritus vid Institutionen för datavetenskap, Linköpings universitet, driver arbetet tillsammans med docent Adrian Pop, docent Lena Buffoni, samt flera juniora forskare och doktorander.

Johan Åkesson, är docent från Institutionen för reglerteknik, Lunds universitet, och är idag CTO på Modelon.



Smart chipkonstruktion för strömmande data

ELLIIT-forskare vid Lunds universitet utvecklar en verktygslåda för att simulera integrerade kretsar, chip, innan de tillverkas. Ett chip består idag av ett stort antal mycket heterogena komponenter som ska fungera tillsammans. Komplexiteten ökar och minsta misstag slår hårt mot företagen.

Att vi kan ta emot och utnyttja strömmande data tar vi idag helt för givet. Att kameran fångar upp både text och bild, ibland även rörlig, är en självklarhet. I de digitala samarbetsplattformar vi använder byter vi gärna ut bakgrundsbilden i rutan medan vi själva syns i förgrunden och ljudet går fram i realtid.

Bakom det faktum att detta fungerar, varje gång, står skickliga och erfarna konstruktörer av integrerade kretsar, eller chip.

–Alla större företag arbetar i dag med dataströmmar, det fundamentala problemet här är att alla system består av en komplex och heterogen blandning av olika komponenter som processar olika delar av signalerna, säger Jörn Janneck, universitetslektor vid Institutionen för datavetenskap vid Lunds universitet.

Han tar kameran som ett exempel, en del av chipet tar emot signalen och processar den, en annan del söker efter mönster, många kameror kan zooma på ansikten exempelvis, medan ytterligare andra delar ägnar sig åt bildbehandling och maskininläring. De olika delarna av chipet har väl definierade uppgifter.

–För att vara konkurrenskraftig ska produkten dessutom vara liten och dra så lite effekt som möjligt. Detta gör att komplexiteten i den heterogena samlingen komponenter ständigt ökar, förklarar Jörn Janneck.

Chipen måste också vara tillräckligt snabba, en del av bearbetningen ligger i hårdvaran och annat i mjukvaran. Vad som ska ligga var måste bestämmas tidigt i konstruktionsprocessen liksom hur de olika delarna ska samarbeta.



– Detta blir allt mer komplicerat ju fler funktioner som tillförs och idag kan chipets prestanda inte utvärderas och analyseras förrän sent i processen, säger han.

Det är här som Jörn Janneck och hans ELLIIT-kollegor kommer in, i samarbete med industrin bygger de en verktygslåda för att kunna simulera chipets funktion.

Ett första steg togs 2016 i ett projekt inom Eurostars, finansierat av Vinnova, och i samarbete med hårdvarubolaget Magillem, mjukvaruutvecklaren Softeam, samt Tekniska högskolan i Lausanne, EPFL, Schweiz (École polytechnique fédérale de Lausanne). Den svenska delen av projektet resulterade i en kompileringssvit kallad Tÿcho, en möjlighet att ta ett helhetsgrepp över såväl hård- som mjukvaruutveckling.

– Vi har nu arbetat vidare för att utveckla ett verktyg som kan bidra till konstruktionen av många olika typer av system och som kan analysera och karakterisera varje

algoritm på ett chip. Vi bygger sedan en modell där det blir möjligt att simulera olika varianter och få feedback på vad som fungerar och inte, säger Jörn Janneck.

Besluten kan fattas tidigare i konstruktionsprocessen och flera versioner kan testas utan att chipet behöver byggas.

– De företag som tillverkar egna chip har skickligt yrkesfolk som konstruerat kretsar i många år. Men idag är de hänvisade till att göra kvalificerade gissningar av vad som kan fungera och så lägger de till en säkerhetsmarginal.

Men trots detta görs ibland kostsamma misstag. Ett sådant fel vid konstruktionen av ett chip blir både dyrt och försenar marknadsintroduktionen av nya funktioner eller produkter, nog så viktigt för alla både större och mindre företag som arbetar med strömmande data.

Jörn Janneck, universitetslektor vid Institutionen för datavetenskap vid Lunds universitet tillsammans med tre postdoktorer och två doktorander, varav en har disputerat.



Dialog skärper mjukvaruutvecklingen

Förbättringar i utvecklingen av mjukvaran kan ge stora vinster både för företagen och användarna. ELLIIT-forskare i Lund och Karlskrona arbetar i nära samverkan med företagen, vilket förutom den industriella nyttan också ger goda möjligheter att bedriva mjukvaruforskning av hög internationell klass.

Hela det moderna samhället bygger på olika mjukvarusystem, vem minns inte paniken kring millennieskiftet? Att mjukvarorna är robusta och av hög kvalitet är nödvändigt i ett väl fungerande samhälle, men också att de underhålls, förbättras och förfinas i takt med kunskapsläget och samhällsutvecklingen.

Inom ELLIIT bedrivs forskning kring utveckling, underhåll, förvaltning och förbättring av olika mjukvarusystem i mycket nära samarbete med företagens mjukvaruutvecklare.

–Vårt forskningssamarbete startade med telekom, men i dag finns mjukvaror överallt, i bilar och andra fordon och även som egna produkter, som hos Spotify. Jag har en doktorand som arbetar mot Skånetrafiken, blir det fel på mjukvaran syns det direkt eftersom det blir köer vid stationerna, exemplifierar Per Runeson, professor i programvarusystem, Institutionen för datavetenskap, Lunds universitet.

Det ELLIIT-forskarna vid Lunds universitet och Blekinge tekniska högskola, BTH, hjälper till med är förbättrade arbetsmetoder och flöde i processerna. De arbetar med en modell för ständiga förbättringar, med begrepp lånade från tillverkningsindustrin.

–Det handlar ofta om interna processer för hur mjukvara utvecklas och underhålls, det finns ingen standard för hur företagen arbetar med detta, alla gör olika. Företagen bidrar med sina problem eller utmaningar och vi abstraherar och plockar fram förslag till lösningar i nära dialog med företagets utvecklare enligt en väl beprövad process, säger Per Runeson.

Att det handlar om en kontinuerlig dialog intygar också Claes Wohlin, professor vid Institutionen för programvaruteknik på BTH.

–Vi arbetar med stora och komplexa mjukvarusystem

och oftast är det någon liten del i processen vi förbättrar, små steg som passar in i helheten.

Vi försöker också identifiera områden där det finns långsiktiga behov av förbättringar. För att våra doktorander ska kunna arbeta krävs det en långsiktighet, som företagen inte alltid har, och då gäller det att vi kan leverera dellslösningar, säger han.

Att arbeta så nära företagets utvecklingsavdelningar kräver goda och långsiktiga relationer, såväl med de chefer som har rätt att fördela resurser som med samarbetande eldsjälar, Champions.

–En Champion behöver även förstå att det handlar om ett långsiktigt relationsbyggande, om kompetensutveckling men också om kompetensförsörjning på lite sikt, säger Claes Wohlin. Ett typiskt projekt kan handla om att studera flöden i en process.



Hos Ericsson, en viktig samarbetspartner, fångas behov upp från marknaden, det kan vara en funktion som det är av stort värde att vara först med. Processen drivs i flera steg, från design och utveckling till testning och spridning. Genom att studera varje steg för sig får forskarna en uppfattning om var utvecklingen stoppas upp eller går långsamt och kan ge förslag hur tiden till marknaden kan kortas.

-Vi studerar processen, var det finns flaskhalsar. Här använder vi gammal hederlig köteori för att få fart på flödet. Kanske behövs en omflyttning av personal eller andra resurser, säger Claes Wohlin.

De för också in tankar om hur förändringar av processerna skapar värden, både för användaren och för företaget. Ericsson har exempelvis infört ett verktyg för studier av värdeströmmar, VSM eller value stream mapping, i sin ordinarie globala utvecklingsprocess, tack vare samarbetet inom ELLIIT.

-Det handlar om att prioritera utveckling av det som ger det största värdet både för användaren och företaget på lite sikt. Att visualisera värden och ge företagen ett värdetänk i mjukvaruutvecklingen är en viktig del av vår verksamhet, säger Per Runeson.

Bara på BTH i Karlskrona samarbetar forskarna för närvarande med ett 30-tal företag, stora som små.

-Det är ofta storföretag som Ericsson, Sony eller Axis,

men vi bjuder gärna in mindre företag med liknande utmaningar i projekten, vilket gör att företagen via oss även samarbetar med varandra, säger Claes Wohlin.

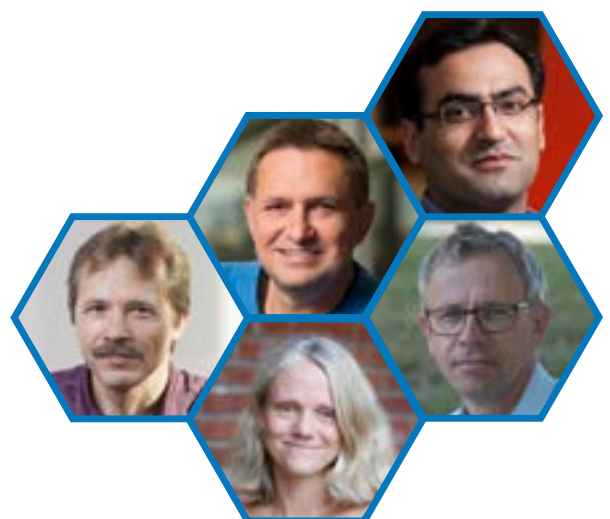


Webbaserat verktyg för visualisering i ett samarbetsprojekt med Ericsson. Projektet analyserar 1) olika aktiviteter i mjukvaruutvecklingen, 2) vilka uppgifter som väntar på att utföras, markerade med färger (rött - försenat, gult - med risk att försenas, grönt - i tid), samt 3) möjligheter att välja vilka delar av produkten eller projektet som analyseras

Universitetslektor och docent Nauman bin Ali, professor Claes Wohlin, professor Jürgen Börstler och professor Kai Petersen, Institutionen för programvaruteknik, Blekinge Tekniska Högskola.

Professor Per Runeson och universitetslektor Emelie Engström, programvarusystem, Institutionen för datavetenskap, Lunds universitet.

Vid årsskiftet 2020/21 var även tre doktorander och två postdoktorer verksamma inom området.



Smart reglerteknik styr protonstrålen rätt

Ett lyckat projekt ligger ofta i detaljerna. I det gigantiska mångmiljardbygget EES, European Spallation Source, i Lund har ELLIIT-forskarnas kunnande inom regler- och mikrovågsteknik visat sig ha stor betydelse.

–Vi har bidragit med en liten, men tekniskt knepig del i detta som handlar om att få protonstrålen att accelereras på rätt sätt, säger Bo Bernhardsson, ELLIIT-professor i reglerteknik vid Lunds universitet.

ESS är en sameuropeisk forskningsanläggning som byggs i Lund och som ska stå klar för användning för materialforskning år 2023. Spallation innebär att en tungmetalls atomkärnor bombarderas med protoner som kommer farande i nära ljusets hastighet, neutroner frigörs och får sedan penetrera det prov som forskarna vill undersöka. När neutronerna kommer ut på andra sidan bär de med sig information om provets egenskaper. Med neutroner kan man se andra saker än med de röntgenapparater och synkotronljus som exempelvis den närliggande anläggningen MAX IV använder.

För att protonerna ska komma upp i tillräckligt hög hastighet accelereras de i en 500 meter lång tunnel med 155 stationer som tillför energi genom starka oscillerande elektromagnetiska radiofält.

–Radiofälten måste vara noggrant styrda så att exakt rätt mängd energi tillförs vid rätt tidpunkt. För att åstadkomma detta finns ett styrsystem som ser till amplitud och fas på radiofältet hela tiden blir korrekt, säger Bo Bernhardsson.

Han liknar processen vid en rad med fotbollsspelare som skickar bollen framåt i allt högre fart, missar någon av dem bollen med bara någon millisekund tappar bollen fart och far åt sidan istället för rakt fram.

–Om styrningen inte fungerar i ESS och protonerna får fel hastighet kan de stöta in i den närliggande utrustningen som då blir radioaktiv och i värsta fall går sönder. Anläggningen får då stängas av tills radioaktiviteten avklingat och utrustningen kan bytas ut eller repareras, förklarar Bo Bernhardsson.

Samarbetet mellan ESS och ELLIIT-forskarna i Lund har letts av Anders J Johansson, biträdande professor vid Institutionen för elektro- och informationsteknik, Lunds universitet.

Forskarna har tagit fram prototyper för de enheter som styr acceleratoren och har konstruerat styrningen i ett nyskapande digitalt system, uppbyggt enligt en standard kallad flexibel micro-TCA teknik.



Foto: Perry Nordeng/ESS

–Den här typen av anläggningar byggdes länge med analog teknik. Eftersom protonstrålen ska röra sig med ljusets hastighet ansågs den digitala tekniken vara lite för långsam. Men micro-TCA systemet införs nu i flera anläggningar i världen, det var ett bra val som Anders J Johansson var med att driva igenom, säger Bo Bernhardsson.

I det här sammanhanget har forskarna haft stor nytta av tidigare samarbeten med Ericsson inom radioteknik i mW-området.

–Det är ofta liknande tekniska problem som gäller för MW. Den tekniska kompetensen inom mobiltelefoniutveckling här i Lund har varit till stor nytta, konstaterar Bo Bernhardsson.

Algoritmerna i det styrsystem som nu ska styra protonstrålen togs fram i samarbetet mellan ESS och forskargruppen vid Lunds universitet och har resulterat i en doktorsavhandling av Olof Troeng med titeln Cavity Field Control for Linear Particle Accelerators, Lunds universitet 2019. Handledare var Bo Bernhardsson, Anders J Johansson och Rolf Johansson.

Förutom styrsystemet har ELLIIT-forskarna även konstruerat ett system som sköter temperaturregleringen av det fasreferenssystem som ska se till att all utrustning går i precis rätt takt. Detta består av ett 500 meter långt kopparrör som används som vågledare. Acceleratorn, som är på 5 MW när den är fullt utbyggd, kommer att generera mycket spillvärme, vilket innebär att röret förlängs med någon mm om temperaturen ökar, något som kan leda till oönskade synkroniseringsproblem.

-Temperaturvariationerna måste hållas nere till en tiondels grad och för att lösa detta håller vi röret lite varmare än tunneln med hjälp av en elslinga. På så vis kan röret hållas vid exakt samma temperatur hela tiden, säger Bo Bernhardsson.

Forskarna la fram ett förslag i en rapport, så här kan ni göra och så här mycket kostar det. Förslaget togs väl mot och idag finns lösningen på plats.

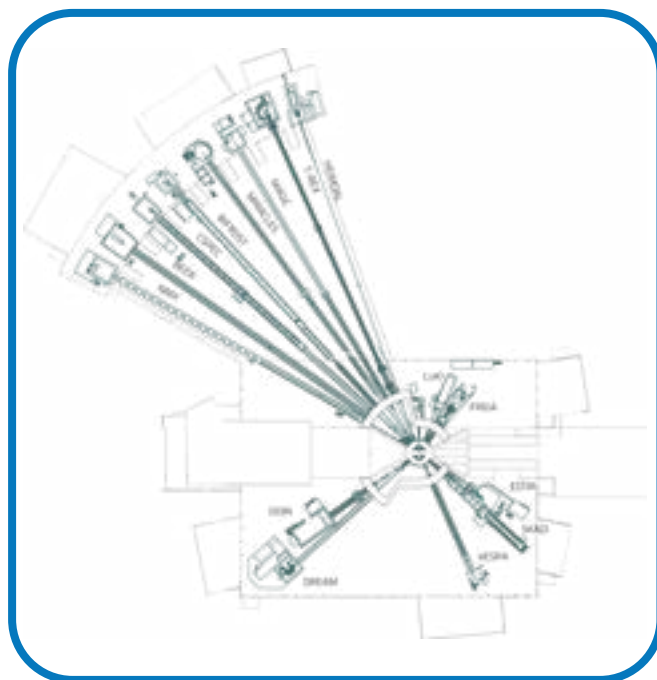


Illustration: ESS instrument layout



Bo Bernhardsson, professor, Institutionen för reglerteknik. Anders J Johansson, docent, Institutionen för elektro- och informationsteknik. Rolf Johansson, professor, Institutionen för reglerteknik. Olof Troeng, doktor, Institutionen för reglerteknik. Alla vid Lunds universitet.

Examensarbeten bidrar till det smarta lantbruket

Med hjälp av sensorer och trådlös överföring får lantbrukaren besked om var på fälten det behövs vatten och hur mycket. ELLIIT-professor Björn Landfeldt och kollegan Emma Fitzgerald handleder examensarbeten i samarbete med företagen Sensative och Sensefarm.

Lundaföretaget Sensative utvecklar teknik avsedd för smarta städer där små energieffektiva sensorer kopplas samman i sakernas internet (Internet of Things) och ger information om energiförbrukning, trängsel i trafiken, snabbaste vägen hem med mera. En av företagets grundare, Anders Hedberg, insåg att tekniken även kunde vara till nytta i lantbruket och startade även systerföretaget Sensefarm.

-Vi har samarbetat med Sensative, Anders Hedberg och hans kollegor, sedan starten såväl i regionala projekt här i Skåne som i EU-projekt, och nu på senare år även med Sensefarm, berättar Björn Landfeldt, professor i nätverksteknik vid Lunds universitet och med en ELLIIT-professur som en del av sin tjänst.

För den trådlösa överföringen används LoRA, ett standardprotokoll för radio som täcker långa avstånd. Att signalerna har lång räckvidd är en nödvändighet på landsbygden med sina stora fält och långa avstånd mellan basstationerna. LoRA är också energisnålt, inte minst viktigt där energikällan är batterier eller solceller då det är för dyrt att lägga ner elkabel. En utmaning att lösa är dock täckningen. En stor ladugård, ett magasin eller en bergknalle är nog för att signalen ska hamna i radioskugga och försvagas eller stoppas upp helt.

-I två examensarbeten inom nätverksteknik har vi undersökt olika sätt att lösa detta, berättar Björn Landfeldt.



Foto: Björn Landfeldt

I det första examensarbetet tog Eva Jurado fram ett optimeringsverktyg, en matematisk modell, för hur basstationerna ska placeras för att ge så bra täckning som möjligt.

–Hon testade också modellen i stadsmiljö i Lund. Eftersom här redan finns basstationer kunde hon även verifiera modellen. Examensarbetet utförde hon i samarbete med Sensefarm och Anders Hedberg var med vid presentationen och visade en implementering som minimerar kostnaderna för lantbrukaren, berättar Björn Landfeldt.

I det andra examensarbetet som handledes av universitetslektor Emma Fitzgerald byggde Daniel Lundell upp ett mesh-nät. Istället för att gräva ner elkablar och placera ut flera basstationer täcks ytan av ett antal radiomoduler eller noder. Modulerna kommunicerar med varandra trådlöst och information från sensorerna

kan skickas via mesh-nätet till den nod som just då har uppkoppling mot Internet.

–Det är en teknik med många fördelar, det behövs varken nedgrävda fiber eller kablar och noderna kan spridas över stora ytor, säger Björn Landfeldt.

En konkret och direkt nytta för lantbrukaren är att placera ut fuktsensorer på väl valda platser på fälten för att bestämma var det behövs vatten och hur mycket. Informationen förs vidare via nätet och direkt till lantbrukarens dator eller mobil. Fördelarna är såväl bättre utnyttjande av vattenresurser som grödor som växer och mår bra.

Forskning likaväl som examensarbeten inom nätverksteknik för trådlösa system och sakernas internet kan därmed ge viktiga bidrag till framtidens smarta lantbruk.

Björn Landfeldt, professor vid avdelningen nätverk och säkerhet vid Institutionen för Elektro- och informationstekni, Lunds universitet.

Emma Fitzgerald, universitetslektor vid avdelningen nätverk och säkerhet vid Institutionen för Elektro- och informationsteknik, Lunds universitet.





li.u
LINKÖPINGS UNIVERSITET



LUNDS
UNIVERSITET



HÖGSKOLAN
I HALMSTAD