



Center for Indlejrede Software Systemer vil rykke fronterne for udvikling af indlejret apparatsoftware

4G MOBILTELEFONI

Ph.d. *Anders Brødørs Olsen*, Afdeling for Kommunikationsteknologi, AAU, er involveret i udvikling af teknologiplatform til fremtidens 4. generations mobiltelefoni. Det foregår i og uden for Ciss-regi under et 40 millioner kroners delprojekt med 10 udviklere. 4G, der ligger 6-10 år ude i tiden, bliver afløseren for det gsm-baserede 3G, hvilket vil udvide mobilbegrebet. Såsom med trådløse kommunikerende netværk af intelligente indlejrede sensorsystemer.

Af **Sebastian Swiatecki** redaktion@ing.dk

Forskning, uddannelse og ikke mindst erhvervssamarbejde er i fokus på Center for Indlejrede Software Systemer (Ciss), der er halvandet år inde i en fireårig projektfase med en projektbevilling på 63 millioner kroner. Centret er sammensat af en gruppe fra Institut for Datalogi og to grupper fra Institut for Elektroniske Systemer på Aalborg Universitet og har som overordnet målsætning at skabe flest mulige samarbejdsprojekter mellem forskning og industri.

Den erhvervsrettede del består af et antal treårige ph.d.-forløb sammen med virksomheder tillige med korterevarende virksomhedsprojekter. Ciss tilbyder virksomhederne at deltage i månedlige arrangementer, hvor forskere og erhvervsfolk behandler emner ud fra virksomhedsønsker.

Centret er et af fire kompetencecentre etableret under den jysk-fynske it-satsning. De tre andre er Knowledge Lab i Odense, der arbejder med værktøjer til videndeling. Isis Katrinebjerg i Århus, der arbejder med pervasive computing, og CSI, Center for Software Innovation, i Sønderborg.

Indlejret software er et af 23 særlige fokusområder under EU's aktuelle 6. rammeprogram til fremme af teknologisk forskning og udvikling. Her er Ciss koordinator for test og validering af indlejrede softwaresystemer.

25 millioner af bevillingen til Ciss på 65 millioner kommer fra Forskningsministeriet. De resterende 38 millioner er fra Nordjyllands Amt, Aalborg Kommune, Aalborg Universitet samt en række samarbejdsvirksomheder. □

SOFTWARES TIDSEGESKABER

Hastighed og pålidelige tidsegenskaber er afgørende for software, der skal indgå i hurtige indlejrede realtidssystemer. Det være sig mobiltelefoner eller sikkerhedskritiske systemer såsom airbags.

Analyse af tidsegenskaber handler om at forudberegne det tidsinterval en given sammensætning af software og hardware vil bruge på en detailberegning. Det foregår ved detailanalyse af beregningstiden for de mange forskellige kombinationer af kodestumper, systemet kan benytte til den samme beregning.

Her arbejder post.doc. *Alexandre David* fra Sverige med udvikling af softwareværktøjet, Uppaal, i et Ciss-projekt mellem universiteterne i Aalborg og Uppsala.

Her er et af de problemer, Alexandre David søger at tackle, State Space Eksplosion i forbindelse med analysemetoden. Dette er et lager- og ram-problem. Det kræver meget store beregninger at undersøge alle mulige eksekveringssekvenser i et komplekst system for at checke tidsegenskaber. Blot en enkelt ekstra variabel kan give så mange nye beregninger, at der opstår State Space Eksplosion, hvor selv moderne computere løber ind i deres ram- og beregningsloft.

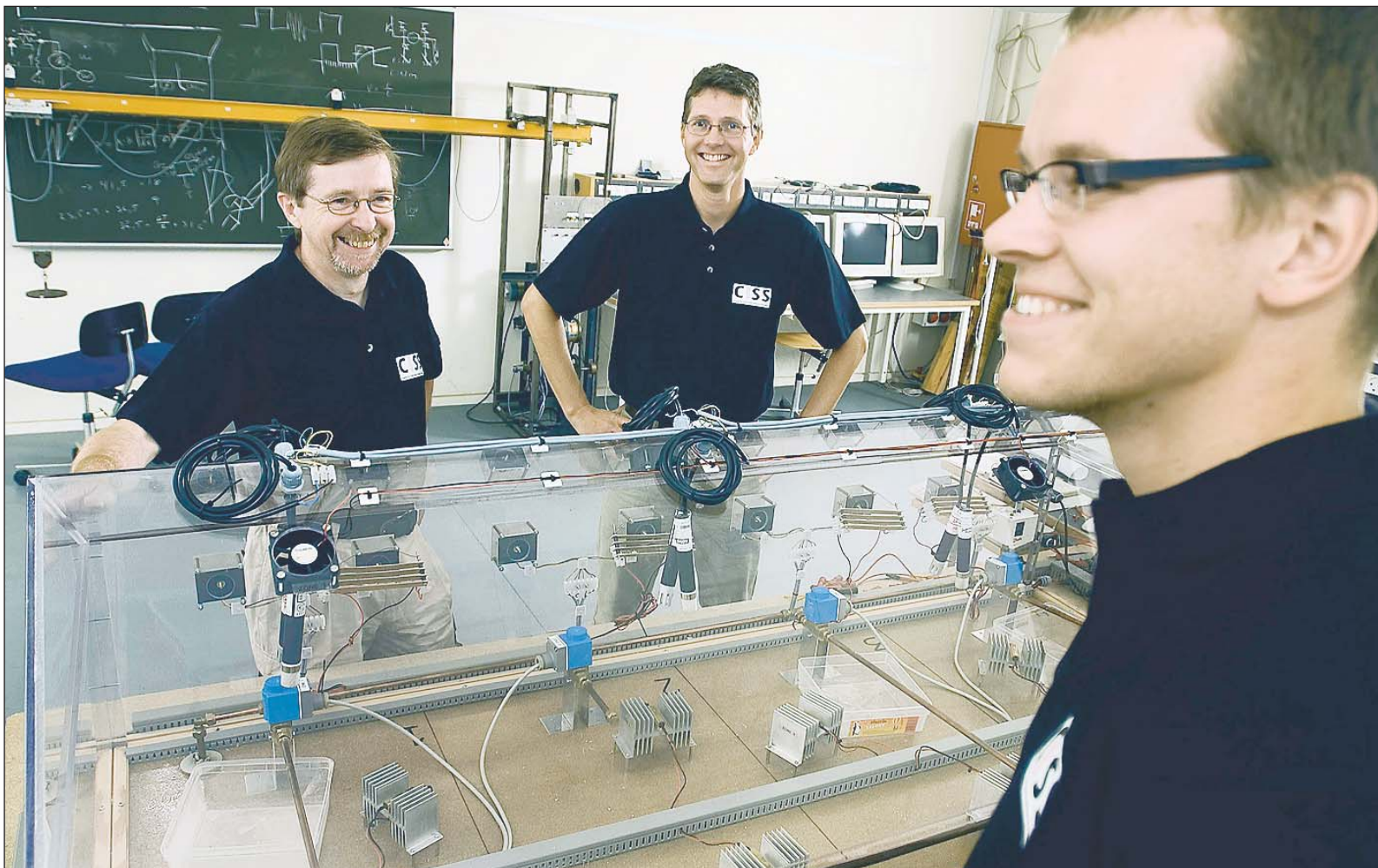
Med nye komprimeringsmetoder vil Alexandre David gøre det lettere at håndtere disse verifikationsberegninger.

En anden del af Uppaal er møntet på at checke resurseforbruget ved forskellige arkitekturer. Målet er at optimere resurser såsom anvendt chipareal og strømforbrug. Hvor det sidste er afgørende for batteridrevne apparater.

Uppaal kan også bruges til at gennemregne de mange måder, hvorpå software kan eksekvere den samme beregning. Hvilket kan bruges i jagten på fejl, hvor softwaren vil gå i deadlock.

Sådan verifikation har primært været noget, hardwareproducenter har brugt til check af generelle chiparkitekturer, såsom en 486'er. Det nye, som flere arbejder på rundt om i verden, er at tilpasse disse metoder til indlejrede systemer, inden softwaren bliver lagt på chip.

Et aspekt af Uppaal er automatisk testcase generering. Således, at man allerede ud fra arkitekturen for et stykke indlejret software, kan skabe en egnet testsuite, der gennemprøver aspekter af systemet og dets funktionaliteter.



SKRÆKEKSEMPLERNE

Ariane 5-raketten blev i 1996 bragt til sprængning kort efter affyring over Fransk Guyana på grund af en indlejret softwarefejl. Årsagen til, at raketten gik tabt, viste sig at være, at indlejret software i et delsystem indeholdt rester af parametre fra Ariane 4-raketten, der ikke kunne flyve så hurtigt. Derfor tolkede systemet den korrekte kurs og position som en navigationsfejl. Hvilket udløste en kæde af handlinger, der endte med tab af raketten.

En stor dansk konsumvarereproducent var i ti år klar over, at der var en fejl i et softwarebaseret produkt. Man kunne bare ikke finde fejlen. Problemet blev mere påtrængende, da virksomheden ville øge sammenkoblingen mellem apparater. Ciss fik softwaren ind til analyse med nyt program til formålet og fandt en protokolfejl begravet i det indlejrede software ifølge Ciss-direktør, datalog, professor *Kim Guldstrand Larsen*.

Han taler om 100 pct.-reglen. Får man et embedded system ind til analyse, vil der stort set altid være fejl. Udfordringen er at udvikle analysemetoder og værktøjer, der kan finde disse.

Heller ikke bilindustrien går fri af de problemer, dette kan give, såsom da BMW i 2003 måtte kalde 15.000 biler tilbage på grund af fejl i chipstyret benzinindsprøjtningen. Uagtet at den kvalitetsprægede bilproducent har lang erfaring med brug af indlejret software.

Eller da en amerikansk lastbilproducent for nyligt måtte kalde 39.000 lastbiler hjem, på grund af softwarebaseret ABS-bremsefejl.

INTELLIGENTE TRÅDLØSE SENSORNETVÆRK

Et langsiget indsatsområde inden for indlejrede systemer er udvikling af intelligente trådløse sensornetværk.

Udvikling af intelligente trådløse sensornetværk er et forskningsområde på Ciss, foruden at være en overordnet europæisk "Challenge" under EU's 6 Rammeprogram.

»Intelligente trådløse sensornetværk er i dag blot tre ord, der er sat sammen,« konstaterer lektor og vicedirektør på Ciss, *Henrik Schiøler* fra Afdeling for Proceskontrol på Institut for elektroniske Systemer.

Netværkene kommer til at indeholde sensorer som del af det indlejrede system, og disse enheder bliver forbundne i et trådløst kommunikationsnetværk.

Et af de åbne spørgsmål er, hvorledes intelligensen bedst indbygges i sensornetværket. Dette er genstand for omfattende forskning flere steder i verden.

»En tilgang kan være, at hver trådløs sensor har nogle forholdsvis basale reaktioner, men at helheden er sammensat på en måde, så systemet alligevel udviser kompleks adfærd. Lidt ligesom en myretue. Dette zoologisk inspirerede princip er velkendt,« påpeger Henrik Schiøler.

Det, der mangler, er at eftergøre det maskinelt. Her kommer de muligheder, det giver, at man kan indlejre mere kode i hurtige billige chips, ind i billedet. Samt de mulighe-

der som sensorchips forbundet i netværk via trådløs kommunikation giver, qua udviklingen inden for mobiltelefoni, nærmere betegnet 4G. Disse elementer udgør tilsammen nye ben i visionerne for kommende intelligente trådløse sensornetværk.

En af de gevinster, forskerne jager, er robusthed, såkaldt Gracefull Degradation. Selv om en sensor falder ud, skal sensornetværket kunne arbejde videre, men med lidt dårligere ydelse.

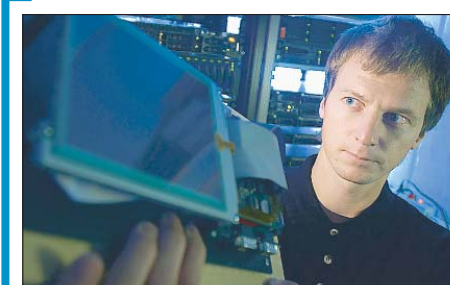
Ciss arbejder via flere ph.d.-projekter på feltet. Også industrirelateret sammen med blandt andet Skov A/S i Glyngøre, der har 200 ansatte, og som arbejder med staldventilation.

Viser et par af de intelligente trådløse sensorer fra en svinesti forkert, kan kollektiv vægtning af sensordata sammen med det fysisk-matematiske overblik over stalden, som såkaldt flervariabel modelbaseret regulering giver, modvirke, at systemet fejltolker tilstanden i den pågældende sti.

Dette handler også om at undgå overvågnings- og kontrolsystemer, der indeholder "Single Point of Failure." Såsom hvis al intelligensen lå på en central server. Eller hvis vægtningen fra en enkelt sensor var afgørende.

◀ **SOFTWARE TIL SVIN.** Ciss samarbejder med Skov A/S i Glyngøre om modelbaseret klimaregulering i en svinestald. Ved forsøgssopstillingen ses vicedirektør Arne Skou, ph.d. Jan Jakob Jessen og direktør Kim Guldstrand Larsen, alle fra Ciss. [foto: Lars Horn]

▷ **OPERATIV- EKSPERTEN.** Mikkel Christiansen hjælper virksomheder med at finde de rette operativsystemer og platforme. [foto: Lars Horn]



OPERATIVSYSTEMLABORATORIET

I indlejret software verden over er der ingen hovedstandarder, såsom Windows eller MS dos, men flere hundrede operativsystemer. Ofte er de tilegnet en enkelt virksomheds praksis og de få chiptyper, virksomheden har erfaring med. Især mindre virksomheder sidder kun med know-how om et enkelt operativsystem, og det er ikke nok i længden.

Blandt andet derfor har Ciss oprettet et OS-laboratorie, hvor man gerne samarbejder med virksomheder om sammensætning og valg af de rette operativsystemer og embeddede platforme, oplyser OS-laboratorieleder ph.d. *Mikkel Christiansen*, Institut for Datalogi og Ciss:

OS-laboratoriet har sat fokus på en moderne grundplatform, som det er frit for andre at bruge. Her kan man trække på den viden, laboratoriet oparbejder på området.

Platformen består i hovedtræk af et ARM9-baseret kort med 32 MB ram og ethernet. Oven på dette er der valgt realtidsoverativsystemet, eCos. Det har den fordel, at det er konfigurerbart, bruger open source software, der giver adgang til TCP/IP protokolstakken.

OS-laboratoriet arbejder på at tilpasse en Java-udviklingsplatform med en pakke værktøjer hertil.

»Helt generelt handler det om at øge abstraktionsniveauet, for herved at kunne øge udviklernes produktivitet,« siger Mikkel Christiansen:

»Hvad angår programmering, så er de facto standarden stadig C og C++ samt Assembler. Dette er ikke holdbart i længden, når udviklingen hurtigt går i retning af mere komplekse indlejrede systemer. For at bevare den nødvendige produktivitet til udvikling af mere komplekse indlejrede systemer, er det nødvendigt at skifte til et højniveauopprogrammeringssprog, såsom Java, og at bruge Unified Modelling Language værktøjer (UML). Dermed får man adgang til at beskrive og validere komplekse design i en tidlig udviklingsfase. Noget der sparer tid, og forbedrer kvaliteten af slutproduktet.«

TRIVIELLE TESTS

Et af de mere trivielle studenterjob tilknyttet mobilindustrien i det nordjyske er at taste variationer over en ny funktionalitet igennem på en mobiltelefon i jagten på fejl i indlejret software.

30-80 pct. af udviklingsarbejdet med indlejret software går i dag til testning under en eller anden form. Et Ciss-projekt går ud på at kunne erstatte en del af dette langtrukne arbejde med autotest ud fra eksisterende systemdokumentation.

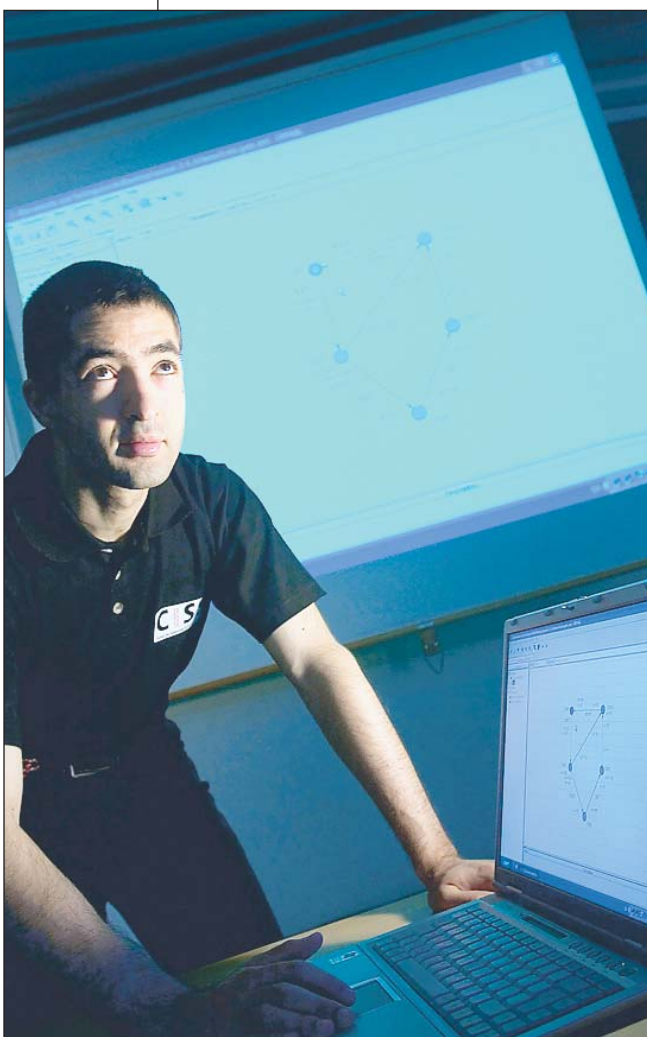
Lektor *Brian Nielsen*, Ciss, står for et sådant projekt sammen med Danfoss Refrigeration and Air Conditioning.

En industriel EKC-kølerregulator er for søgsobjekt. Autotestningen generer input-værdier og tester den kode, som styrer kølerregulatorens respons.

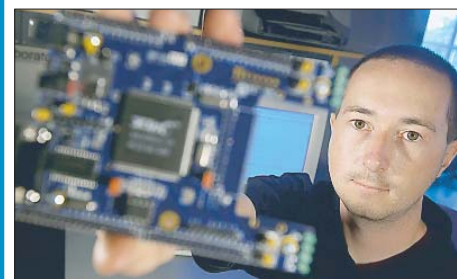
»Et af problemerne er prioritering,« oplyser Brian Nielsen.

Kombinationsmulighederne er så mange, at systemet aldrig ville blive færdigt, hvis autotesteren blot startede i den ene ende.

For at imødegå dette er en af strategierne at lade den fokusere på numerisk forskellighed i prioriteringen og dermed udvælge de mest relevante autotests.



◀ **PÅLIDELIGHED.** Svenske Alexandre David udvikler nye komprimeringsmetoder, der gør det lettere at håndtere verifikationsberegninger. [foto: Lars Horn]



△ **ENERGIMÅLING.** Ved at måle energiforbruget undersøger Yannick le Moulec om kode og proccesstype passer sammen. [foto: Lars Horn]

ENERGIMÅLING PÅ CHIPNIVEAU

Strømforbruget i en chip kan være mål for, hvor effektivt den effektuerer kode.

I et af Ciss-laboratorierne fremviser projektleder *Yannick le Moulec* en chip tilkoblet et amperemeter via seks kontaktpunkter på chippen. Amperemeteret giver ind i mellem udslag i milliampereområdet med fem decimaler.

Formålet er udvikling af en simpel måde at evaluere nye algoritmers effektivitet til en given chiptype på og omvendt, ud fra måling af det elektriske energiforbrug i forskellige områder af chippen ved en given opgave. »Jo mindre elforbrug jo bedre, og jo bedre passer kode og processorstype til hinanden,« oplyser Yannick le Moulec.

Tilgangen hedder Functional Level Power Analysis. Den er oprindeligt udviklet til brug sammen med digitale signalbehandlingsprocessorer. På Ciss arbejder man på at tilpasse den til blandt andet hurtige parallelle processortyper til indlejret software.