

Vad händer egentligen före en krasch?

Res bakåt i tiden och se hur och varför programmet uppförde sig fel!

Svarta lådor och tidsmaskiner sparar pengar för företag

Svarta lådor och tidsmaskiner från företaget Zealcore Embedded Solutions skall installeras i ABBs alla robotar. En omfattande och mycket lyckad fallstudie har genomförts och en utvärdering av tidsmaskinteknologin i ABB:s riktiga robotstyrssystem är klar. ”Vi ser en spännande framtid an” säger Zealcore:s VD, Dr. Henrik Thane och hoppas på ytterligare framgångar framöver.



Dr. Henrik Thane beskriver tekniska detaljer kring uppfinningen

Zealcore Embedded Solutions AB är ett spin-off företag från en forskargrupp vid Mälardalen Real-Time Research Centre. Företaget kommersialiserar en uppfinning, en avancerad realtids-debugger för felsökning av programvara i inbyggda realtidssystem. Uppfinningen underlättar diagnos av timingproblem och haverier som visat sig svåra att upprepa. Uppfinningen visar hur och varför en tillämpning betedde sig som den gjorde.

Företagets VD, Dr. Henrik Thane:

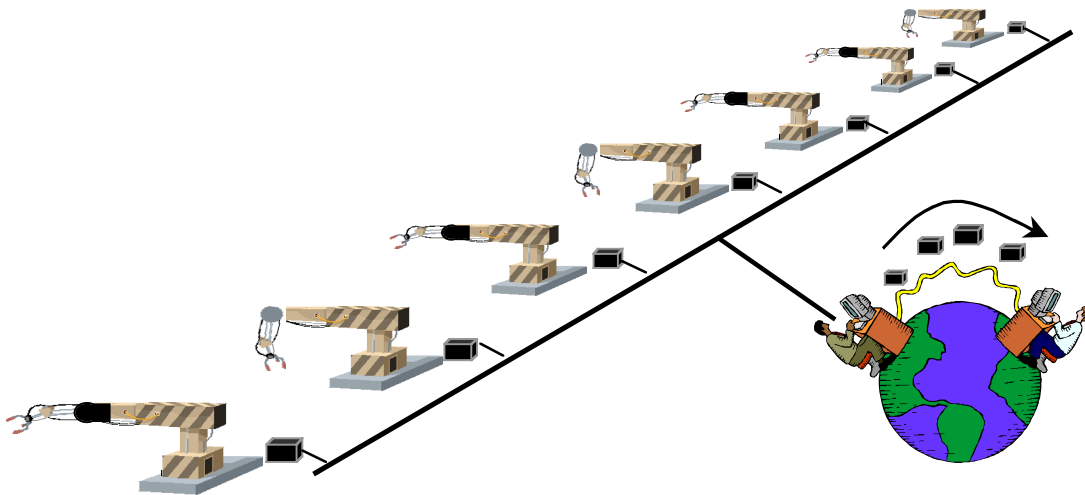
”Forskningsprogrammet ARTES, som finansieras av SSF (Stiftelsen för Strategisk Forskning), har med sitt nätverk och finansiering möjliggjort de forskningsresultat som ligger till grund för uppfinningen, i form av bl.a. min doktorsavhandling, men även i form av finansiering av en doktorand som deltagit i utvecklingen av tidsmaskinteknologin.”

Tidsmaskiner och svarta lådor för inbyggda system

”Svarta lådor” och virtuella tidsmaskiner gör det möjligt att korrekt återupprepa exekveringen av programvara i inbyggda realtidssystem efter att systemet kraschat. Det är möjligt att ”hoppa” framåt och bakåt i tiden medan man gör felsökning av systemet offline.

Resor i tiden

Koncepten tidsmaskiner och resor i tiden har fått människors fantasi att flyga fritt i århundraden. Sedan H. G. Wells publicerade ”The Time Machine” år 1895 har hundratals böcker och filmer följt. Till och med har forskning i teoretisk fysik om just detta ämne tagits på fullt allvar. Man har funderat på så ovanliga idéer som att använda ”svarta hål” för resor i tiden (Kip Thorne vid CalTech) eller konsekvenser av Einsteins relativitetsteori – men man har aldrig kunnat bevisa att resor i tiden fungerar vare sig i teori eller praktik. Man har spekulerat i att naturlagarna kanske rent av omöjliggör resor i tiden. Trots detta, när det gäller tillverkade föremål som datorer och datorprogram så är det möjligt att konstruera tidsmaskiner som låter oss göra resor i tiden för ett specifikt ändamål: felsökning (debugging).



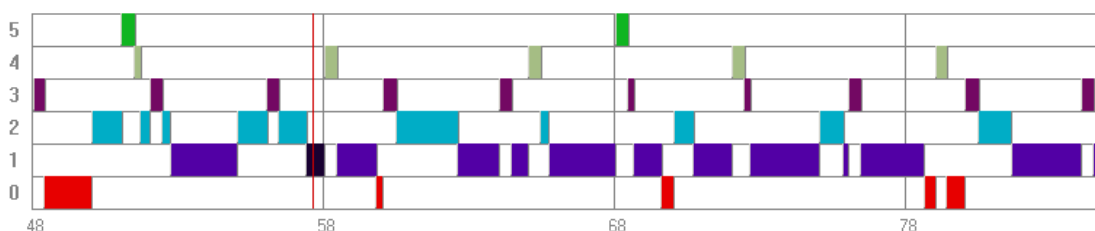
En produktionslinje av robotar med ”svarta lådor”. Genom fjärråtkomst av innehållet i de svarta lådorna kan systemet tillförlitligt felsökas i efterhand med hjälp av tidsmaskiner.

Företagen sparar pengar

Kostnaden för verifiering och felsökning av inbyggd programvara överstiger vanligen hälften av projektets totala utvecklingsbudget. Felsökning av programvara i inbyggda system är komplicerat och för realtidsprogramvara med multi-tasking (flera parallellt exekverande program) är det ytterligt komplicerat. Inbyggda system har väldigt få gränssnitt för diagnostiska observationer just på grund av att de är inbyggda. Förutom låg observerbarhet så kan även själva observationen av ett inbyggt realtidssystem ändra systemets beteende, speciellt om observationen genomförs genom användning av någon annan programvara än tillämpningskoden och därmed orsakar en ”probe effect” (mätsonds påverkan). Ett annat stort problem hänger ihop med samtidigheten i de parallella realtidsprogram som exekveras; det är mycket svårt att korrekt återupprepa exekveringar och observationer.

Forskningens frammarsch

I arbetet med dessa problem har vår forskning vid Mälardalen Real-Time Research Centre (MRTC) lett till spännande problemlösningar baserade på svarta lådor (likt de som finns i flygplan) och tidsmaskiner. Genom att spela in betydande händelser såsom processbyten (exekveringstransfer från ett program till ett annat) och avbrott när de inträffar samt data från externa processer och interntillstånd, kan vi korrekt återupprepa körningen av den inbyggda programvaran i efterhand, på det sätt som inspelningen dikterar. Från en användares synvinkel beter sig återexekveringen av det multi-taskande realtidssystemet precis som ett vanligt sekventiellt program. Vi kan stega fram i exekveringen, lägga in godtyckligt antal brytpunkter och inspektera data utan att introducera någon probe-effect. Vi kan även hoppa framåt och bakåt i tiden med vår debugger – som vi därför kallar tidsmaskinen (The Time Machine). Eftersom vi har eliminerat beroendet av realtid och ersatt tids- och funktionssammanhanget med själva inspelningen, så kan vi nu spela upp systemets historik om och om igen.

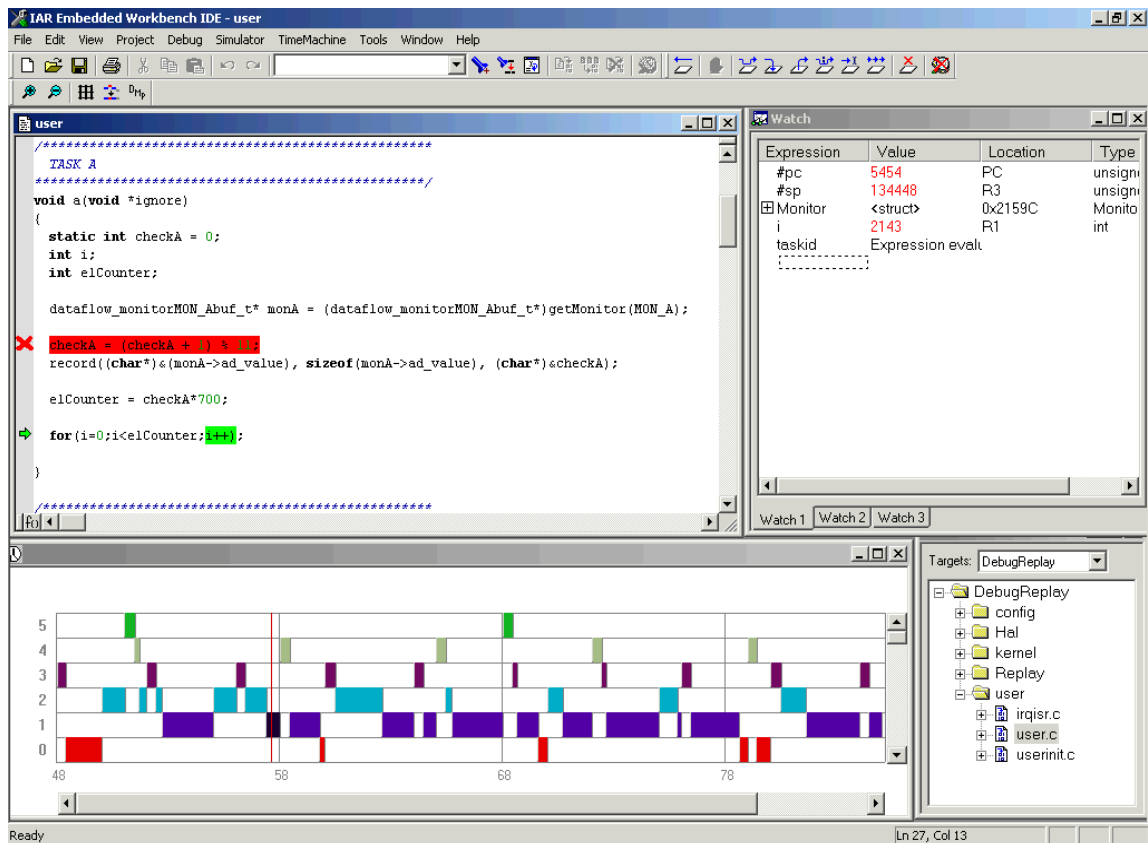


Tidslinjan i tidsmaskinen illustrerar inspelat kontrollflöde för 6 processer, vars prioriteter återfinns på y-axeln. Om man väljer ut en tidpunkt (en viss körning av en process), upprepas körningen av systemet från det senaste viloläget (representeras av de röda fälten för processen med lägsta prioritet) fram till den valda tidpunkten, med möjlighet att hoppa bakåt eller framåt i tiden.

Forskningsresultaten nu i ABB:s industrirobotar

Vi har tillämpat forskningsgruppens resultat på ett flertal system, och den senaste och mest komplicerade tillämpningen är styrsystemet i industrirobotar från en av världens största robottillverkare – ABB. Deras system består av flera datorstyrsystem, signalbehandlingssystem samt in- och utmatningsenheter. Vi introducerade tidsmaskin teknologin i robotens programvara som omfattar ca 2,5 miljoner rader C-kod och som körs på realtidsoperativsystemet VxWorks. Styrsystemet arbetar under hårda realtidskrav, med ca 70 processer (varav den mest frekventa körs varje 4 ms) och flera olika typer av avbrott.

Vi instrumenterade utan större ingrepp alla systemanrop som kunde påverka systemets kontrollflöde genom att använda ett redan existerande abstraktionslager i operativsystemet. Den enda manuella instrumentering som behövde införas i källkoden var anrop till övervakare av dataflöde efter varje blockerande systemanrop, för att kunna spela in meddelanden och tillståndsvariabler (representerade av namngivna lokala och globala variabler). Det är värt att notera att endast starttillstånden behövde spelas in eftersom exekveringen ändå upprepas i efterhand. Totalt sett orsakade vår svarta låda endast en extra last på mindre än 2 % av processorutnyttjandet och en bandbredd/lagringsutnyttjande på ca 2MB/s. Några hundratal KB av data räckte dock för att spela in de senaste hundratalet händelser före en större krasch, och som sedan kunde spelas upp i tidsmaskinen.



En kommersiell IDE (Interactive Development Environment) med en instruktionssimulator debugger, i vilken vi har integrerat vår tidsmaskinsteknik (fönstret nere till vänster). Tidsföljden illustrerar inspelat kontrollflöde för 6 processer. Om man väljer ut en tidpunkt upprepas exekveringen av systemet från det senaste viloläget (representeras av de röda fälten) fram till den valda tidpunkten (med möjlighet att hoppa bakåt eller framåt i tiden). Debugger-fönstret visar det aktuella tillståndet. Från denna punkt är det sedan möjligt att stega framåt i programmet, inspektera variabler och sätta nya brytpunkter.

Ytterligare information kan ges av:

Dr. Henrik Thane, tfn: 070-776 89 97

E-post: henrik.thane@zealcore.com

URL: <http://www.zealcore.com>

Länkar: <http://www.mrtc.mdh.se/> eller <http://www.real-timemachine.com/>

Ingemar Reyier, ABB Robotics,

E-post: ingemar.reyier@se.abb.com



ZealCore, här representerat av Henrik Thane (till höger) och Daniel Sundmark, är ett groddföretag med rötter i ARTES och genomförde en presentation av sina produkter vid Embedded Computing & Real-Time Computer Show i Stockholm, 17/9 2001.