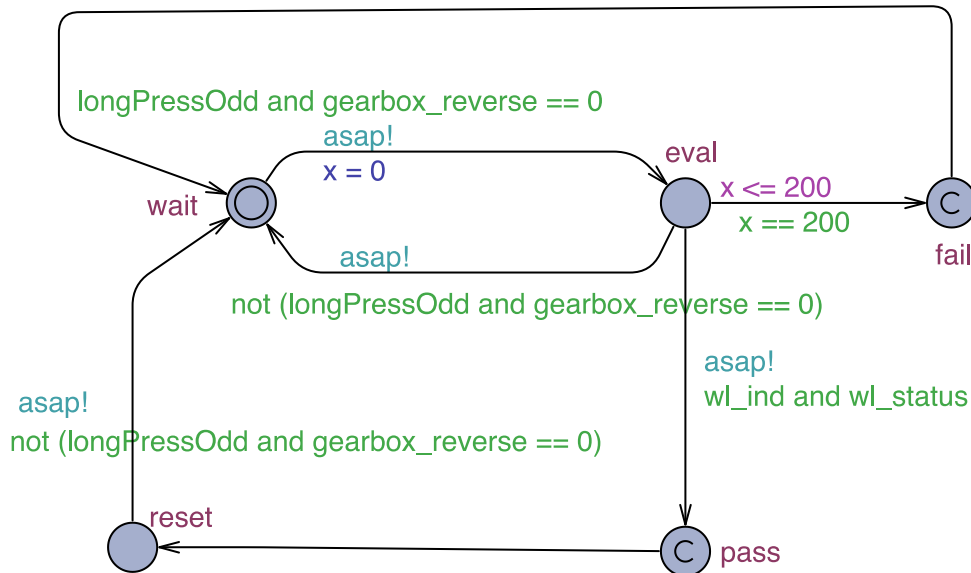


Parallellisering av integrationstest (PINT)



Daniel Sundmark, Thomas Gustafsson, Daniel Flemström
2015-09-30
Fordonsutveckling/Möjliggörande elektronik

Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	4
3. Syfte.....	4
4. Genomförande.....	5
5. Resultat	6
5.1 Bidrag till FFI-mål	7
6. Spridning och publicering.....	7
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	7
6.2 Publikationer	7
7. Slutsatser och fortsatt forskning.....	8
8. Deltagande parter och kontaktpersoner	9

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på www.vinnova.se/ffi

1. Sammanfattning

Elektriska system i moderna fordon blir alltmer komplexa och programvaruintensiva. Detta gör integrations- och systemnivåtestning, där alla olika fordons delsystem är sammankopplade och testade tillsammans, mycket utmanande. Vanligtvis när man testar fordonssystem, är systemet under test uppdelat i separata funktionella delar som är testade i isolering på ett sekventiellt sätt. Detta tillvägagångssätt efterliknar emellertid dåligt driftförhållandena i verkligheten där flera funktioner ofta används parallellt. I PINT-projektet har SICS Swedish ICT och Scania CV under två år fokuserat på att utveckla metoder och verktyg för parallellisering av integrations- och systemnivåtest som förbättrar den totala testkvaliteten.

Det viktigaste resultatet av PINT är en metod för att uttrycka, genomföra och analysera parallelliserade testfall för fordonssystem i en laboratoriemiljö. I projektet har vi föreslagit ett sätt att övervaka exekveringen av det system som testas för att kunna avgöra om systemkraven håller eller inte under testet. Med vårt föreslagna tillvägagångssätt har vi visat hur man kan underlätta parallell exekvering av testfall genom att bryta upp testerna i mindre delar, som var och en kan arbeta i isolering från de andra delarna.

Det övergripande målet för PINT var att uppnå en ökad verklighetsförankring (mer representativ testning), minskad tidsåtgång för test, och ökat antal funna defekter i fordonssystemtestningen. I synnerhet bör testfall vara möjliga att utföra parallellt, eftersom upprepad sekventiell exekvering av scenarier anses dåligt efterlikna verkliga situationer. Den insats som krävs för att köra en uppsättning parallelliserade testfall bör vara mindre än att köra den ursprungliga uppsättningen enskilda testfall. Vidare bör exekverandet av en parallelliserad uppsättning testfall upptäcka fler fel än vad de enskilda testfallen skulle ha gjort om de utförts i sekvens, i sitt ursprungliga format.

Med hänsyn till dessa mål har vi experimentellt visat att vår metod möjliggör parallell exekvering av testfall (och därmed uppfyller det första målet om ökad representativitet), minskad exekveringstid (och därmed uppfyller det andra målet med minskad tid för testning), men (hittills) inte visat på ökat antalet funna fel. De experimentella studierna har gjorts i Scantias provningslaboratorium för helfordonsintegration och den föreslagna metoden är därför testad i en verklig miljö med hjälp av ett riktigt fordons elsystem. För att vara helt automatiserade och kunna användas av industrin, kräver vår metod ytterligare mognad. Vi uppskattar nuvarande TRL-nivå till 3.

2. Bakgrund

Under de senaste årtiondena har fordonsindustrin upplevt en snabb ökning av komplexa och autonoma funktioner, och det finns inga tecken som tyder på att denna trend kommer att förändras inom en överskådlig framtid. En stor del av komplexiteten i ett fordons elsystem idag, har sitt ursprung i Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). Funktionaliteten i ADAS är orsakade av en ökande mängd sensordata. Dessutom är omfattningen och komplexiteten i de situationer som systemet behöver hantera växande.

Förutom utmaningarna att designa och implementera sådan funktionalitet så är kvalitetssäkringen av dessa alltmer komplexa och beroende system ett växande problem. Idag är testning det primära medlet för att säkerställa kvalitén för fordonssystem. Testning genomförs i flera faser genom hela systemutvecklingskedjan. Dessa faser spänner från unit-testning, där små funktioner testas i enskildhet, till full-vehicle integrationstest där hela det ihopkopplade fordonssystemet testas. Testningen sker normalt i olika miljöer såsom: model-in-the-loop (MIL), software-in-the-loop (SIL), och hardware-in-the-loop (HIL). Testerna genomförs med hjälp av use-case baserade test sekvenser som skrivs utifrån systemkraven. Denna typ av testning kallas ofta scenariobaserad testing. Scenariobaserad testning har dock ett antal nackdelar. Exekvering av testfallen är ofta repetitiv och utan särskilt mycket variation. Dessutom läggs väldigt lite fokus på interaktionen mellan olika scenarier. Utöver detta är testfallen baserade på krav som definierar hur systemet *borde* fungera under normala omständigheter, vilket troligen inte maximerar möjligheterna att hitta fel. Dessa nackdelar blir ännu tydligare efter introduktionen av ADAS, där det krävs att testningen tar hänsyn till normala scenarios, men också farliga och oväntade scenarios.

3. Syfte

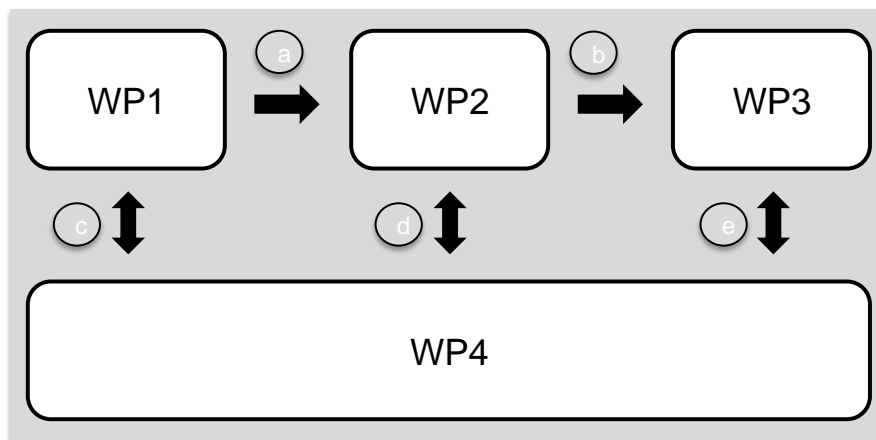
Det övergripande målet för PINT var att utveckla en metod och stödverktyg för automatiserad förberedelse och genomförande av integrations-testfall som uppfyller följande mål:

- **Ökad verklighetsförankring** (mer representativ testning)
Det skall vara möjligt att exekvera testfall parallellt eftersom repetitiv och sekventiell exekvering av scenarios anses ha dålig verklighetsförankring.
- **Minskad tidsåtgång för testning**
Den insats som krävs för att köra en uppsättning parallelliserade testfall bör vara mindre än att köra den ursprungliga uppsättningen enskilda testfall. Utvärderingen av detta bör också ta provberedning och analys i beaktning.
- **Ökat antal funna defekter**
Exekvering av en uppsättning parallelliserade testfall bör upptäcka fler fel än om de ursprungliga testfallen hade exekverats individuellt i en sekvens.

4. Genomförande

Den ursprungliga projektplanen för pint inkluderade en tänkt organisation av forskningsarbetet. För att möta utmaningarna inom integrationstestning av fordonssystem och för att uppfylla målen för PINT, identifierades ett antal forskningsaktiviteter som delades upp i fyra tekniska arbetspaket(WPs):

- **WP1: Testfallsberoende och modellering**, med fokus på utveckling och utvärdering av metoder för att detektera och modellera beroenden mellan testfall.
- **WP2: Testfallsparallellisering**, med fokus på utveckling och utvärdering av metoder för att parallellisera testfall. Detta genom analys av testfallsmodeller och modeller av testfallsberoenden.
- **WP3: ”Multi-Objective Optimization”**, med fokus på att utveckla och utvärdera heuristik för testfallsparallellisering.
- **WP4: Experiment**, med fokus på empirisk utvärdering av PINTs metoder. Bland annat beroendeanalys (WP1), validering av parallelliseringsmetoder(WP2) och optimering med avseende på PINTs mål(WP3).



Ovanstående figur visar en översikt över hur arbetspaketen i PINT hänger ihop. Projektet har genomförts som en iterativ process där experiment med preliminära resultat och prototyper har inkluderats i varje iteration.

Genom hela projektet har vi haft halvdagsmöten varannan vecka med alla aktiva projektmedlemmar. Dessa möten har hållits hos SICS i Kista eller hos Scania i Södertälje. Fokus vid mötena har varit tekniska diskussioner och gemensamt arbete med lösningar eller kunskapspridning (t.ex skriva forskningspapper).

Dessutom har vi haft styrgruppsmöten varje kvartal med alla projektmedlemmar inklusive medlemmar av projektets styrgrupp. Dessa möten hade ett mer strategiskt fokus, med aktiviteter såsom granskning av tekniska resultat och diskussioner om långsiktiga inriktningar för forskningsaktiviteterna.

Som framgår av ovanstående beskrivning av arbetets upplägg, var det en stor betoning på **beroenden** mellan testfall, dvs. situationer där enskilda testskript avbryts eller påverkas negativt av andra testskript som körs parallellt. Det faktum att sådana beroenden skulle innebära den största utmaningen att nå PINTs mål identifierades redan innan starten av projektet.

Tidigt under projektet upptäckte vi dock att den föreslagna approachen för att lösa beroendeproblematiken inte skulle fungera i praktiken. Så för att lösa detta, men utan att ändra de ursprungliga målen, ändrades fokus i projektet (speciellt i WP1 och WP2). Fokus ändrades från metoder för att hitta och explicit modellera beroenden mellan testfall, till att utveckla mekanismer för att skriva testfall samt att ta fram en infrastruktur som tillåter utveckling och exekvering av mer robusta testfall, dvs. testfall som bättre klarar påverkan från andra testfall som exekverar parallellt.

5. Resultat

Huvudresultatet av PINT är en metod för att uttrycka, exekvera och analysera parallelliserade systemtestfall för fordonsindustrin i en laboratoriemiljö. Genom att använda tidigare resultat inom temporallogik har vi infört ”*Guarded Assertions*” [1] som ett sätt att monitorera exekveringen av testobjektet för att validera att systemkraven är uppfyllda under testningen. Genom att använda *Guarded Assertions* kunde vi visa hur parallell exekvering av testfall kunde förenklas genom att separera testfallens stimuli, från testfallens validering av systemkrav.

Med avseende på de övergripande målen för PINT (dvs Ökad verklighetsförankring, minskad tidsåtgång för testning och Ökat antal funna defekter), har vi experimentellt visat att parallell exekvering av testfall är möjlig [1] genom att använda *Guarded Assertions* (härigenom är första målet uppfyllt med ökad verklighetsförankring). Vidare har vi visat att parallellisering av testfall möjliggör en reduktion av tidsåtgången [1] [2] (härigenom är andra målet ”Minskad tidsåtgång för testning” uppfyllt)

Vad det gäller det sista målet (Ökat antal funna defekter) har vi inte ännu kunnat visa detta experimentellt, men genom att använda *Guarded Assertions* kommer antalet valideringar av krav under samma tidsrymd att öka markant. Detta eftersom valideringarna genomförs parallellt för alla testfall och kommer då att genomföras i många *olika* situationer där systemet befinner sig i olika tillstånd. Denna konsekvens av att använda vår metod torde borga för ett ökat antal funna defekter.

Det är värt att notera att ”technology readiness level (TRL)” för vår metod är ganska låg (uppskattad till 3), och att föreslagen ytterligare forskning bör fokusera på att utvärdera metoden i en produktionsmiljö med riktiga testare, snarare än forskare som använder metoden (se Slutsatser och fortsatt forskning nedan).

5.1 Bidrag till FFI-mål

Genom dess resultat, syftar PINT att främja kunskapen om hur vi effektivt och ändamålsenligt kan etablera en adekvat bedömning av kvaliteten på det system som utvecklas, och är därför i högsta grad relevant för de övergripande FFI målen för förkortad *time-to-market* samt såväl väg som fordonssäkerhet. Genom sin inriktning och utformning, bidrar också PINT indirekt till FFI målen att öka Sveriges forsknings- och innovationskapacitet, främja domänöverskridande samarbete, samt främja samarbete mellan industri och forskningsinstitut.

PINT adresserar primärt det strategiska området ”Möjliggörande Elektronik” inom FFIs Fordonsutvecklingsprogram. Inom detta område siktar PINT först och främst effektiv och ändamålsenlig användning av MIL, SIL och HIL kedjan.

Det huvudsakliga resultatet av PINT är en verktygskedja för automatisk generering och analys av MIL, SIL och HIL tester. Denna förväntas underlätta upptäckande av fel tidigare i utvecklingsprocessen, bidra till mer kostnadseffektiv testning och ge högre produktkvalitet. Dessutom bidrar PINT till kunskaps- och metod-utveckling inom de strategiska områdena mjukvarutestning såväl som modellbaserad utveckling.

6. Spridning och publicering

Spridning och publicering i PINT projektet inkluderar presentationer av projektet på Mälardalens högskola, SICS Swedish ICT, Scania CV, SAAB Group och några andra mindre företag. PINT har också presenterats i en föreläsning av Thomas Gustafsson på Scania TestForum (ett internationellt forum för att sprida test relaterad kunskap på Scania), i en poster på SICS Open House (en publik kunskapsspridningsaktivitet på SICS i Kista för 400+ besökare), och i en föreläsning av Thomas Gustafsson på ”Software Technology Exchange Workshop” (STEW) i Kista (tekniköverförings-workshop arrangerad av Swedsoft).

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

PINT ingår i en större samling pågående projekt inom integrations- och system-testning av inbyggda system med industripartners såsom Volvo, ABB HVDC, Bombardier Transportation, och Scania, såväl som akademiska partners som Mälardalens högskola (MDH), Högskolan i Skövde (HIS), Blekinge Institute of Technology (BTH), och SICS Swedish ICT. MDH, HIS, och BTH, SICS är medlemmar i den distribuerade forskningsmiljön TOCSYC som är finansierad av KKS. TOCSYC är ett femårigt projekt som fokuserar på icke-funktionell testning av inbyggda system. Relaterade projekt som leds av TOCSYC's partners inkluderar det Vinnova/FFI-finansierade VeriSpec (MDH,

Scania, and Volvo), det VR-finansierade EXACT (MDH), och det Vinnova-finansierade IMPRINT (Volvo Construction Equipment, ABB HVDC, Bombardier Transportation, and MDH). Genom att arbeta inom denna miljö, med t.ex. årliga gemensamma industridagar med workshops, har möjligheter för kunskapsöverföring, interaktion och samarbete skapats mellan olika industrisegment, projekt och partners.

6.2 Publikationer

Resultatet från PINT har hittills publicerats i följande publikationer:

- [1]. Gustafsson, T.; Skoglund, M.; Kobetski, A.; Sundmark, D., "Automotive system testing by independent guarded assertions," in *Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW), 2015 IEEE Eighth International Conference on*, vol., no., pp.1-7, 13-17 April 2015
- [2]. Rodriguez-Navas, G.; Kobetski, A.; Sundmark, D.; Gustafsson, T.; "Offline Analysis of Independent Guarded Assertions in Automotive Integration Testing," in *Embedded Software and Systems (ICESS), 2015 IEEE 12th International Conference on*, 24-26 August 2015

Ett avslutande forskningspapper som beskriver det övergripande angreppssättet och återstående utmaningar är under arbete men har ännu inte sänts in för publicering.

7. Slutsatser och fortsatt forskning

I PINT projektet har vi tagit itu med problemet med bristande variabilitet och interaktion mellan olika funktioner i integrationstestning av fordonssystem. Framför allt har vi föreslagit parallellisering av integrationstester genom att använda *Guarded Assertions* som en strategi för att få mer representativa testfall, minska tidsåtgången för test och öka antalet upptäckta fel. Experiment genomförda i projektet har visat att vår föreslagna metod ger en förbättring med avseende på de två förstnämnda målen, men hittills har vi inte kunnat visa positiva effekter på antal upptäckta fel.

Framtida forskning inom detta område (främst som föreslagits av den nyligen framlagda FFI-ansökan SAGA) kommer i första hand att fokusera på att automatiskt generera sekvenser av test stimuli baserade på "state of the art" testmål, mer lättillgängliga metoder för att uttrycka *Guarded Assertions*, och ytterligare utveckling av metoden för att underlätta / öka industriell acceptans och ibruktagande.

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

PINT projektpartners var SICS Swedish ICT AB och Scania CV AB. För mer information om PINT, kontakta:

Jakob Axelsson, SICS Swedish ICT, jax@sics.se

Thomas Gustafsson, Scania CV, thomas.gustafsson@scania.com

