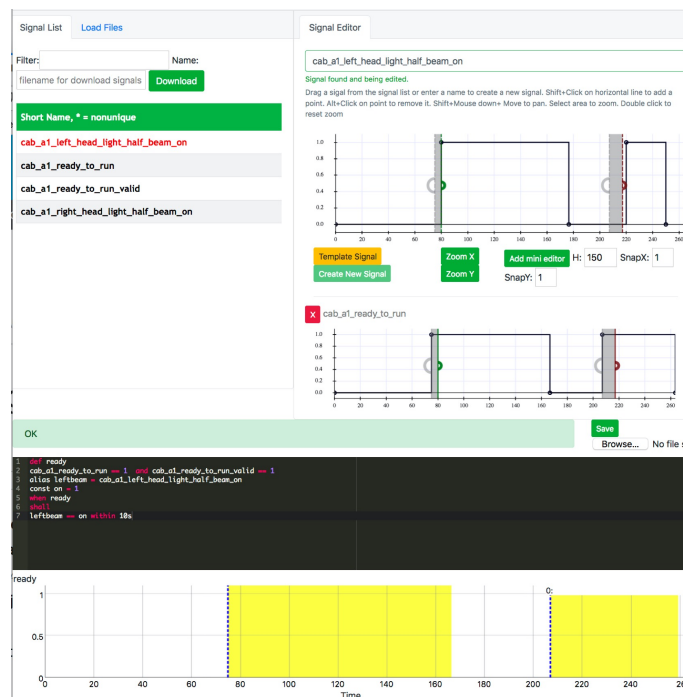


SAGA - Situationsbaserad Integrationstestning av Fordonssystem med hjälp av Guarded Assertions

Publik rapport



Författare: Daniel Flemström

Datum: 2019-11-04

Projekt inom Fordonsutveckling/Möjliggörande elektronik

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| 1 Sammanfattning | 3 |
| 2 Executive summary in English | 3 |
| 3 Bakgrund..... | 5 |
| 4 Syfte, forskningsfrågor och metod..... | 6 |
| 5 Mål | 9 |
| 6 Resultat och måluppfyllelse | 9 |
| 7 Spridning och publicering | 10 |
| 7.1 Kunskaps- och resultatspridning | 10 |
| 7.2 Publikationer..... | 11 |
| 8 Slutsatser och fortsatt forskning | 12 |
| 9 Deltagande parter och kontaktpersoner | 13 |

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

En stor del av dagens innovationer inom fordonsindustrin består av programvara som använder elektriska sensorer för att ta självständiga beslut och som påverkar vitala funktioner i fordonet. Dessa system blir alltmer komplexa på grund av det ökande antalet datorer och komplexa sensorer, t.ex. kameror och radar. Testningen av dessa system försvåras inte bara av att funktionerna blir fler, utan också av att nya typer av situationer måste kunna detekteras utan förarens hjälp och sedan hanteras korrekt av systemet. Det är därför av yttersta vikt att testmetodikerna kan hantera denna ökande komplexitet. För att möta dessa utmaningar har RISE och Scania CV under fyra år fokuserat på att utveckla metoder och verktyg som tillåter samtidig och kontinuerlig testning av krav i en kombination av situationer på en högre abstraktionsnivå än traditionella stimuli-sekvenser i form av knapptryckningar.

Det viktigaste resultatet av SAGA projektet är en industriellt utvärderad metod, språk och verktygstöd för automatiserad passiv systemnivå-testning av fordonssystem. En generator för automatiserat och situationsbaserat teststimuli togs också fram.

Det övergripande målet för SAGA är att föreslå metoder och verktyg för mer realistiskscenariobaserad, noggrann och mer effektiv integrationstestning av mjukvaran i fordonssystem, med bibehållen eller förbättrad effektivitet och resursutnyttjande. Angreppssättet för att nå dessa mål har i SAGA varit att höja abstraktionsgraden hos testerna från traditionell sekvens av t.ex. knapptryckningar med mellanliggande test till situationsbaserade inputsekvenser med oberoende och parallell verifiering av relevanta krav. En konsekvens av detta är att det måste gå resonera i termer av situationer (t.ex. kör i 90km/h mot en annan bil i vått väglag och svag uppförbacke) och generera testsekvenser baserat på kombinationer av sådana situationer. Vidare krävs det att testningen av kraven kan ske oberoende, parallellt, samt kan beskrivas på ett enkelt och effektivt sätt som kan få industriell acceptans.

Med hänsyn till dessa mål har vi experimentellt visat att vår process, vårt språk och våra verktyg för att ta fram och analysera passiva testfall är tillämpbara i en industriell miljö. I och med att SAGA öppnar upp för industriell användning av passiv testning på systemintegrationstestnivå, möjliggör detta att lyfta abstraktionsnivån hos tester och testsekvenser, vilket bidrar till att nå målet för en mer realistisk scenariobaserad testning. Eftersom de passiva testfallen appliceras över alla exekveringar av alla scenarier, bidrar detta till en noggrannare integrationstestning och nya möjligheter till tidigare upptäckt av defekter i programvaran.

De experimentella studierna är dels genomförda på Scantias provningslaboratorium för helfordonsintegration, dels på Bombardiernas nåtning TCMS.

Vi uppskattar nuvarande TRL nivå hos verktygskedjan till 6, förutom test sekvensgeneratoren som vi uppskattar ligger på TRL 3.

2 Executive summary in English

Integration and system testing in the automotive industry is becoming increasingly complex, involving many different functions and components. In the SAGA project, Scania CV and RISE SICS have been working together towards the objective of devising methods and corresponding tools for more adequate, thorough, and efficient

automotive integration and system testing. The underlying idea in SAGA is to test for realistic situations involving triggering of multiple functions at the same time instead of testing a single function at a time. In practice, this requires i.) separating the stimulus (input) to the system from the test logic, and ii.) the test logic must run in parallel. In particular, the focus has been to shift from traditional testing to situation-based testing, specification issues, and finally, tooling issues to make integration and system testing of automotive systems practically useful in an industrial setting.

The general approach in SAGA is based on the latest available research in software testing and is adapted/extended to the automotive domain. Specifically, we have chosen to build on the latest work on Independent Guarded Assertions to automatically verify that the automotive system's behavior complies with the requirements during testing. Another fundamental principle in the project is to prioritize practical usability over universality. Therefore, we have followed an incremental workflow, where the input to each iteration is based on an experimental evaluation.

The main result of the project is an industrially evaluated, user-friendly language (T-EARS) for describing passive test cases (a prerequisite for our situation-based testing approach) and an interactive tool, the SAGA-tool, for writing and analyzing passive test cases. The language-syntax builds on EARS (The Easy Approach to Requirements Syntax) and its patterns to reduce the gap between the requirements and corresponding test cases. The SAGA tool offers interactive evaluation of the T-EARS expressions as well as editing of input signals. We were able to reach TRL-6 during the project. Another result of this project is the concept of defining situation components at different levels of abstraction. A situation component describes, e.g., the statistical behavior of a button or environmental aspects such as slope or friction. A Test Sequence Generation Tool randomly superimposes the components on a basic scenario to form an executable test script. The sequence generation tool reached TLR-3 (of intended TRL-6) during the project due to the industrial needs of prioritizing a mature SAGA-Tool. These results were evaluated in industrial case studies at Scania and also Bombardier Transportation and have resulted in four conference publications, one patent, one thesis work, and a journal paper. The SAGA tool is also integrated into Scania's regular test framework.

Due to the expected faster feedback on found faults, increased and more confident and correct understanding of the quality of the software, the project contributes to the FFI goals of *Shortened time-to-market* as well as *Road and vehicle safety*.

Through the collaboration between RISE SICS and Scania, the project contributes to FFI's goal of *increasing Sweden's research and innovation capacity* and *to promote cooperation between industry and research institutes*.

Concerning the goal of *promoting cross-border cooperation*, cooperation with Bombardier Transportation Västerås AB contributes to this goal.

SAGA primarily addresses the strategic area "*Enabling Electronics*" within FFI's Vehicle Development Program. In this area, SAGA first and foremost aims at effective and efficient use of testing in the MIL (Model-In-Loop), SIL (Software-In-Loop) and HIL (Hardware-In-Loop) chain.

The SAGA-Tool is expected to facilitate the detection of errors earlier in the development process, which contributes to the FFI-goals of more *cost-effective testing*, and to provide *higher product quality*. Finally, SAGA contributes to knowledge and method development in the strategic area of software testing.

One important conclusion from the project is that passive testing requires a more thorough understanding of the tested system, and the mixture of logic and temporal aspects require tool support to write and analyze the test cases. Furthermore, since the number of test cases tends to become very large, a well-integrated approach is required to evaluate them and to present the results. Another significant conclusion is that the sometimes large gap between individual button presses can make the resulting system state complex, resulting in difficulties to specify situation components for test stimuli generation.

Finally, there is a need for further research on the optimal level of detail for the situation components of test sequence generation and how to describe the components and their constraints. Other future research involves research on how to aggregate and visualize the results of parallel test cases over time. Further, there is a need for formal validation of grammar and semantics for the language in order to transform the expressions into a certified evaluation engine that can be accepted by security standards such as ISO 26262.

3 Bakgrund

Under de senaste decennierna har mjukvarusystemen i våra bilar ökat i komplexitet och det finns inga indikationer som antyder att denna trend kommer att förändras inom en överskådlig framtid. Mycket av komplexiteten som introduceras idag har sitt ursprung i Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) som t.ex. adaptiv farthållare eller automatisk nödbroms. Denna ADAS-funktionalitet är beroende av en ökande mängd sensordata för att klara de ökade kraven som ställs på systemen. Dessutom växer omfattningen av- och komplexiteten i de situationer som systemet behöver hantera utan stöd av en mänsklig förare.

Förutom utmaningen att utforma och implementera sådan funktionalitet är kvalitetssäkring av dessa alltmer komplexa, och av varandra beroende, system ett växande problem. Idag är testning det primära sättet att bedöma kvaliteten på sådana fordonssystem. Testning utförs vanligtvis i flera steg under systemutvecklingen, allt från enhetsnivå-testning av mindre och isolerade funktioner till full fordonsintegrationstest av det fullständigt sammankopplade fordonssystemet. Testning utförs normalt i olika typer av testmiljöer såsom model-in-the-loop (MIL), software-in-the-loop (SIL) och hardware-in-the-loop (HIL). Typiskt används case-baserade testsekvenser härledda från systemkrav. Denna typ av testning benämns vanligtvis scenariobaserad testning. Scenariobaserad testning har ett antal nackdelar. Testfall utförs repetitivt utan mycket variation, och liten tonvikt läggs på att testa samspelet mellan olika scenarier. Vidare är testfall typiskt baserade på krav som definierar hur systemet ska bete sig under normal drift, en strategi som sannolikt inte maximerar feldetektering. Dessa nackdelar framhävs ytterligare genom införandet av ADAS, där verifieringen måste beakta scenarier som sätter systemet i test i normala, men också i farliga och oförutsedda situationer.

Alla testmetoder som föreslås för att möta ovanstående utmaningar måste klara av alltmer komplexa och autonoma fordon. Testresurser är alltid begränsade, vilket innebär att testsekvenser måste väljas klokt.

Den bakomliggande idén för SAGA är därför att basera tester på realistiska situationer (där alla ingående krav testas samtidigt där det är tillämpligt) istället för att testa en enskild funktion i taget. En approach för detta är en variant av passiv testning som kallas Independent Guarded Assertions[GUSTAFSSON 2015]. Passiv testning med Independent Guarded Assertions innebär att testlogiken (Assertion), som avgör ifall ett enskilt krav är uppfyllt eller inte, är helt oberoende av varandra och av styrsekvensen till systemet. Ett antal Guards bevakar systemets tillstånd och avgör om och när en Assertion skall utvärderas. Styrsekvensens oberoende av testningen möjliggör (i teorin) att höja abstraktionsgraden på styrsekvenserna till situationer t.ex. ”90km/h på hal motorväg i skarp högerkurva” från den mer traditionella approachen med en serie knapptryckningar.

I SAGA tar vi upp frågan om det är möjligt att göra detektering av defekter tidigare i utvecklingsprocessen, ge mer kostnadseffektiv testning och produkter av högre kvalitet genom att testa fler situationer utan att öka resursbehovet för testning.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

4.1 Syfte

Syftet med SAGA projektet är att uppnå en mer kostnadseffektiv testning som också resulterar i produkter av högre kvalitet. **Målet** för SAGA är att ta fram en praktiskt användbar testmetod och verktyg för att hantera fler och mer realistiska situationer utan att öka resursbehovet för testning. På så sätt kan en mer realistisk, noggrann och effektiv systemtestning för fordon genomföras.

4.2 Forskningsfrågor

För att kunna realisera praktiskt användbar situationsbaserad testning i en industriell miljö, har projektets fokus legat på följande frågeställningar:

- ***Vad krävs för att möjliggöra ett skifte från traditionell testning till situationsbaserad testning?***
Mer specifikt innebär denna frågeställning hur situationer kan beskrivas på ett modulärt sätt, så att varierande och realistiska testsekvenser kan genereras automatiskt baserat på denna beskrivning. Vi besvarar denna fråga genom att skapa en prototyp för en testfallsgenerator givet ett urval av situationskomponenter av olika typ.
- ***Hur kan vi minska svårigheterna med att specificera passiva testfall?***
Det finns idag en stark tradition att specificera passiva testfall med, vad testingenjörerna uppfattar, en formalism som är svår, kostsam och lätt att göra fel i. Vi besvarar den här frågan genom att skapa ett enkelt språk som utgår från själva kravtexten och testingenjörens domänkunskaper.
- ***Vilket verktygs-stöd behöver testingenjören för att praktiskt kunna skriva och utvärdera/analysera passiva testfall?***
Testfall som innehåller logiska uttryck och tid är notoriskt svåra att hantera, även om beskrivningsspråket är enkelt. Vi besvarar denna fråga genom att

intervjua testingenjörerna om vilket stöd från ett verktyg som skulle sänka tröskeln för att passiva testfall skall bara praktiskt användbara.

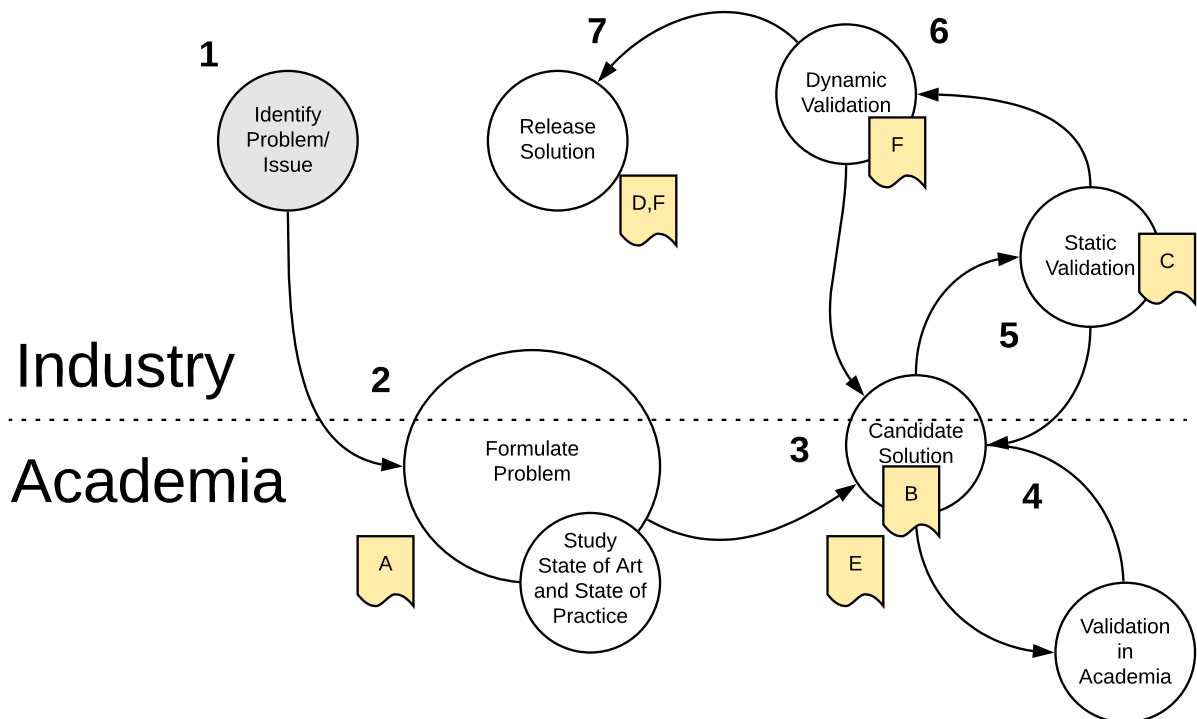
4.3 Metod

Ansatsen i vårt arbete har varit att utgå ifrån senaste tillgänglig forskning inom mjukvarutestning och anpassa / utöka denna till fordonsdomänen. Specifikt har vi valt att bygga på det senaste arbetet med Independent Guarded Assertions för att automatiskt kontrollera att fordonssystemets beteende överensstämmer med kraven under testning.

En annan grundbult är att praktisk användbarhet prioriteras över universalitet. Detta innebär att alla resultat skall vara praktiskt användbara för en testingenjör. Därför har vi följt en inkrementell arbetsmodell där vi hela tiden utgått ifrån testingenjörens vardag och kompetens. Varje iteration bygger på en experimentell utvärdering, där utvärderingsresultaten används för att förfinas resultaten.

Vårt arbetssätt baseras på en modell beskriven av Gorschek m.fl ”A Model for Technology Transfer in Practice”[GORSCHKEK 2006] som avbildas i figur 1 nedan. Modellen beskriver processen för att identifiera, lösa och exploatera industriella problem på ett systematiskt sätt, där det bästa från akademi och industri används. Siffrorna anger flödets ordning och texten i cirklarna anger vilken aktivitet som avses. Aktiviteterna ovanför den streckade linjen har utförts av eller hos industrin, medan aktiviteterna nedanför den streckade linjen har utförts av eller inom akademien. Dokumentsymbolerna märkta A-F visar hur aktiviteter resulterat i industri/akademi-gemensamma publikationer (Listade i kapitel 7.2).

Modellen är metodagnostisk såtillvida att den inte bestämmer vilken metod som används för de olika aktiviteterna, utan för varje aktivitet anpassas modellen till olika forskningsmetoder beroende på problemens art. I SAGA har vi använt oss av litteraturstudier för att täcka in state-of-art och state-of-practice (1 och 2 i figur 1). Vi har också använt fallstudiemetodik för att utvärdera resultaten, både genom kvalitativa intervjuer (5) såväl som fallstudier av mer explorativ natur (6).



Figur 1 Technology Transfer Model (Gorschek m.fl. 2006) med annoterade publikationer

Steg 1 Identify Problem/Issue, handlar om att tillsammans med industrin identifiera projektets problemställningar. Detta skedde hos Scania CV AB genom informella samtal med deras testingenjörer redan när ansökan skrevs. Resultatet av denna aktivitet manifesterades huvudsakligen i SAGA-ansökan samt djupare information i alla identifierade delproblem under projektets gång.

Steg 2 Formulate Problem, handlar om att formulera problemet i vetenskapliga termer och undersöka gällande akademisk diskurs för att kunna bygga vidare på befintliga forskningsresultat. Exempel på detta är användandet av Independent Guarded Assertions och EARS [MAVIN 2009]. Publikationen [A] problematiserar utmaningarna som identifierades.

Steg 3 Candidate Solution. I detta steg föreslås lösningar på de identifierade problemen. I SAGA-projektet gällde detta både processer och praktiska verktyg för att kunna realisera situationsbaserad testning. Publikationen [B] demonstrerar en första iteration av verktyg och språk för att arbeta med situationsbaserad testning med hjälp av Guarded Assertions.

Steg 4 Validation in Academia, under varje iteration av lösningarnas utveckling användes en delmängd av de krav som samlats in från Scania CV samt Bombardier Transportation i Västerås AB.

Steg 5 Static Validation, avser de intervjuer som ligger till grund för publikationen [C]. Feedbacken från denna fallstudie ledde fram till nästa inkrement av verktygskedjan.

Steg 6 Avser en utvärdering i industriell miljö. Publikationerna [D,F] visar hur vi applicerat slutresultatet i SAGA på ett stort antal krav.

Steg 7 Release Solution, är det sista steget i modellen och avser processen för att exploatera resultaten i processerna. För SAGA innebär detta att SAGA TOOL integrerats i den ordinarie testdatabasapplikationen så att verktyget är åtkomligt för alla testare. Dessutom har patent SE 540 377 C2 blivit godkänt under projektets gång.

5 Mål

“The overall objective of SAGA is to devise methods and corresponding tools for more adequate, thorough and efficient automotive system testing. By its results, SAGA ultimately aims to further the knowledge on how to effectively and efficiently establish an adequate assessment of the quality of the system being developed...”

Vartefter projektet fortskred blev betydelsen av att kunna specificera, hantera och analysera passiva testfall tydligare och tydligare. Framförallt framstod nyttan av interaktivt verktygsstöd mer och mer avgörande för exploatering och disseminering av tekniken. I belysningen av detta prioriterades därför arbetet med SAGA-Tool framför sekvensgeneratoren under projektets fortskridande.

6 Resultat och måluppfyllelse

Som beskrivits tidigare är målet för SAGA att ta fram en praktiskt användbar metod och tillhörande verktyg för att testa fler situationer utan att öka resursbehovet för testning och härigenom få mer adekvat, noggrann och effektiv systemtestning för fordon. Mer konkret, förväntades SAGA leverera följande:

1. En automatiserad metod och verktygsprototyp för att **verifiera krav under testning ”SAGA Tool”** (TRL6).
2. En automatiserad metod och verktygsprototyp för att **generera testsekvenser ”TSG Tool”** (TRL6).
3. Experimentella resultat som visar i vilken utsträckning de föreslagna metoderna svarar upp mot de identifierade utmaningarna (adekvat, noggrann och effektiv systemtestning för fordon)
4. Riktlinjer för hur industrin skall kunna exploatera de båda verktygen.

Det främsta resultatet av projektet är nr 1 i ovanstående lista: SAGA-Tool¹ som består av ett användarvänligt språk (T-EARS) för att beskriva passiva testfall och ett interaktivt verktyg för att skriva och analysera passiva testfall. För att minska gapet mellan krav och testfall bygger språkets syntax på EARS och dess mönster. Interaktionen i verktyget erbjuder kontinuerlig evaluering av uttrycket som skrivs samt editering av ingående signaler med omedelbar visuell feedback. Olika iterationer av språket och verktyget dissemineras i publikationerna B, C, D och den slutliga versionen i publikation [F]. Verktyget har integrerats i Scantias ordinarie testramverk och har nått TRL6, vilket var målet.

För att kunna avgöra om en testsekvens är användbar eller inte, krävs ett moget SAGA-Tool vilket stod mer och mer klart under projektets gång. Därför prioriterades utvecklingen av SAGA-Tool över TSG-Tool, varför det slutliga TSG-Toollet hamnade på en något lägre TRL nivå än förväntat. Inom arbetet med TSG Tool togs även ett koncept fram för att definiera situationskomponenter. Dessa komponenter kan slumpvis överlagras i ett grundscenario i sekvensgenereringsverktyget (TSG). En situationskomponent beskriver t.ex. beteendet hos en knapp på instrumentpanelen och statistiska parametrar om hur ofta och hur länge knappen

¹ Overview (early release) <https://youtu.be/SHsKPR9Kr9g>, GA-Creation (early release) <https://youtu.be/exxUp4fm00Q>, Editing Signals (early release) <https://youtu.be/NLKGWrMjSUs>

skall tryckas ned. Ett antal sådana komponenter definierades och matades in i verktyget som då genererade exekverbar Python-kod för HIL riggen på Scania. TSG Tool dissemineras i publikation [B].

Vad det gäller de experimentella resultaten (nr 3 i listan) så genomfördes en fallstudie på Scania (publikation [C]) med en tidig iteration av SAGA Tool och en fallstudie på Bombardier Transportation (publikation [F]) med projektets slutresultat. Tillsammans uppfyller publikationerna det förväntade resultatet att visa att resultatet kan appliceras på en industriell tillämpning. Det sista förväntade resultatet var ”riktlinjer för exploatering”, vilket adresseras av publikation D som detaljerat beskriver ett förslag till process för att översätta krav till passiva testfall med hjälp av resultaten från SAGA projektet.

Utöver de förväntade resultaten har Scania även tagit patent SE 540 377 C2 ”System and Method for Testing an Operative Status of a Motor Vehicle”. Resultaten har även använts i ett samarbete med projektet TestMine (KKS) på Bombardier Transportation AB.

6.1 Bidrag till FFI-mål

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

Genom att projektets leverabler bidrar till en snabbare återkoppling vid hittade fel, ökad och mer konfident samt korrekt förståelse för kvaliteten hos mjukvaran bidrar projektet till FFI målen *Förkortad time-to-market* samt *Väg och fordonssäkerhet*.

Genom samarbetet mellan RISE och Scania bidrar projektet till FFI målet att *Öka Sveriges forsknings- och innovationskapacitet* och att *främja samarbete mellan industri och forskningsinstitut*.

Gällande målet med att *Främja domänöverskridande samarbete*, bidrar Scantias samarbete med Bombardier Transportation Västerås AB till detta mål.

Det huvudsakliga resultatet av SAGA är en verktygskedja för att skriva, exekvera och analysera passiva tester. Denna underlättar upptäckande av fel tidigare i utvecklingsprocessen eftersom ”alla” delar testas ”alltid” vilket bidrar till mer kostnadseffektiv testning och högre produktkvalitet. Dessutom bidrar SAGA till kunskaps- och metod-utveckling inom det strategiska området mjukvarutestning.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

| Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas? | Markera med X | Kommentar |
|---|---------------|--|
| Öka kunskapen inom området | X | Verktygskedjan utgör en experimentell plattform för att undersöka språk och verktyg för att beskriva och analysera parallella testfall. |
| Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt | X | Resultatet har används i projektet TestMine på Bombardier Transportation Västerås AB. Resultatet kommer att användas i forskningsprojektet ADEPTNESS(H2020 EU Projekt). Vi planerar även att ansöka om fortsättningsprojekt (ITEA eller ECSEL) där SAGA resultaten utgör en experimentell plattform. |
| Föras vidare till produktutvecklingsprojekt | X | Verktygskedjan är integrerad i den ordinarie testdatabasapplikation på Scania och finns tillgänglig för alla testare på Scania CV. |
| Introduceras på marknaden | X | Verktygskedjan är integrerad i den ordinarie testdatabasapplikation på Scania och finns tillgänglig för alla testare på Scania CV. En open source licens diskuteras också på Scania CV. |
| Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut | | |

Bombardier Transportation Västerås AB har låtit oss testa verktyget genom att översätta SAFE-systemkrav för ”Train Control Management System” (TCMS) inom ramen av forskningsprojektet TestMine. Bombardier visar stort intresse att fortsättningsvis delta i studier som innefattar resultatet av SAGA projektet.

7.2 Publikationer

Projektet har resulterat i ett flertal publikationer och även visats på RISE utställningsmonter på den prestigefulla och internationellt ledande software engineering konferensen ICSE i Göteborg våren 2019. Följande publikationer har hittills blivit accepterade:

- [A] *A Research Roadmap for Test Design in Automated Integration Testing of Vehicular Systems*. Daniel Flemström, Thomas Gustafsson, Avenir Kobetski, Daniel Sundmark. Published at The Second International Conference on Fundamentals and Advances in Software Systems Integration (FASSI'16). Nice, France.
- [B] *SAGA Toolbox: Interactive Testing of Guarded Assertions*. Daniel Flemström, Thomas Gustafsson, Avenir Kobetski. Published at The 10th IEEE International

Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST'17), Tokyo, Japan.

- [C] *A Case Study of Interactive Development of Passive Tests*. Daniel Flemström, Thomas Gustafsson, Avenir Kobetski. Published at The 5th International Workshop on Requirements Engineering and Testing (RET'18).
- [D] *From Natural Language Requirements to Passive Test Cases using Guarded Assertions*. Daniel Flemström, Eduard Enoiu, Wasif Azal, Daniel Sundmark, Thomas Gustafsson, Avenir Kobetski. Published in IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS'18).
- [E] *The impact of parsing methods on deep learning models for event-based vehicular signal data*, Max Lindblad, Examensarbete 2017

Följande publikation kommer att skickas in till journalen International Journal on Software Tools for Technology Transfer(STT).

- [F] *T-EARS, an Easy Approach to Passive Test Case Specification*, Daniel Flemström mfl.

Projektets resultat har disseminerats på ett flertal interna möten för olika testgrupper på Scania CV AB, RISE och Mälardalens Högskola. Ett flertal större presentationer har dessutom genomförts:

- 3x Bombardier Transportation AB
- 2x Volvo Construction Equipment AB
- 2x RISE Open House
- 1x RISE SICS Västerås invigning
- 1x ICST (RISE Monter)
- 1x Mälardalens Högskola
- 2x VECS Göteborg

Youtube:

- Overview (early release) <https://youtu.be/SHsKPR9Kr9g> (Public)
- GA-Creation (early release) <https://youtu.be/exxUp4fm00Q> (Public)
- Editing Signals (early release) <https://youtu.be/NLKGWrMjSUs> (Public)

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Att beskriva passiva testfall är utmanande på flera plan. Dels kräver det en vidare förståelse av det testade systemet och hur man kan säkerställa dess tillstånd, dels krävs det verktyg för att på ett intuitivt sätt beskriva, testa och analysera testfallen. Eftersom testfallen tenderar att snabbt bli väldigt många, krävs dessutom en väl integrerad hantering av att utvärdera dom och presentera resultatet på ett begripligt sätt.

En betydande utmaning vad det gäller att generera testsekvenser är att det är ett stort avstånd mellan knapptryck och resulterande system-state vilket gör det svårt att generera

testfall i den detaljgrad som vi gjorde. Det som fungerade bra i vår modell var att vi hade ett grund-testfall med överlagrade, parallella, genererade stimuli för t.ex knappar och spakar i styrhytten.

Mer forskning kring vilken detaljnivå som är optimal för test sekvensgenereringen och hur detta skall beskrivas behövs. Hur kan t.ex. beroenden mellan olika stimuli och situationer beskrivas. De utmaningar vi identifierade här var att beskriva beroenden och att kunna hantera situationskomponenter på olika abstraktionsnivå som helt eller delvis överlappar varandra.

I traditionell testning fås ett resultat per testfall som ofta är en av PASS;FAIL, NOT-RUN. När man använder passiva testfall får man en kontinuerlig utvärdering över tid. Detta öppnar upp för alternativa tolkningar av testresultatet. Frågeställningar som uppstår är, t.ex hur många aktiveringar skall krävas innan ett krav anses vara testat, Därför behövs mer forskning om hur aggregera och visualisera resultatet av dessa parallella testfall över tid.

Annan framtida forskning inbegriper en formell validering av grammatik och semantik för språket för att ev. transformera uttrycken till en certifierad utvärderingsmotor som kan accepteras av säkerhetsstandarder såsom ISO 26262.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Thomas Gustafsson, Scania CV AB
Daniel Flemström, RISE



SCANIA

**RI
SE**

10 Referenser

GUSTAFSSON, Thomas, et al. Automotive system testing by independent guarded assertions. In: *2015 IEEE Eighth International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)*. IEEE, 2015. p. 1-7.

GORSCHER, Tony, et al. A model for technology transfer in practice. *IEEE software*, 2006, 23.6: 88-95.

MAVIN, Alistair, et al. Easy approach to requirements syntax (EARS). In: *2009 17th IEEE International Requirements Engineering Conference*. IEEE, 2009. p. 317-322.