

FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Automatisering av fordon



Malin Lindquist, Stefan Bergquist och Filip Holmqvist

2012-01-30

Delprogram: Fordons- och trafiksäkerhet

Innehåll

1. Sammanfattning.....	3
2. Bakgrund	3
3. Syfte.....	4
4. Genomförande.....	4
5. Resultat	10
5.1 Bidrag till FFI-mål	10
6. Spridning och publicering.....	11
6.1 Kunskaps- och resultatspridning	11
6.2 Publikationer	12
7. Slutsatser och fortsatt forskning.....	12
8. Deltagande parter och kontaktpersoner	13

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

Det övergripande målet för projektet är att analysera, integrera och realisera autonoma och semiautonoma funktioner i Volvo Construction Equipments anläggningsmaskiner. Projektet innehåller tre viktiga delar: upprätta en teknisk roadmap från dagen maskiner till morgondagens fullt autonoma maskiner; kunskapsöverföring samt realisering av ett antal robusta säkerhetsfunktioner för verifiering och demonstrationer.

Inom projektet har man lagt en mycket viktig grund för fortsatt arbete med förarassisterande, semi autonoma och fullt autonoma system på Volvo Construction Equipments anläggningsmaskiner. Man har identifierat drivkrafter och målsättningar för autonoma hjullastare och lastbilar samt jämfört resultaten. Den största utmaningen för att nå önskad funktionalitet är perception. Inom projektet har även krav identifierats för att säkra att aktiva system klarar den hårda miljön runt anläggningsmaskinerna. Det har arbetats fram en analys av hur verktyg för ökad robusthet kan användas vid utveckling av säkerhetssystem. Riskscenarion har undersökts och viktiga risker att reducera identifierats. En målsättningsanalys om hur dessa risker kan reduceras genom introduktion av aktiva säkerhetssystem har genomförts.

Dessutom har ett antal säkerhetsfunktioner realiserats på hjullastare för utvärdering och demonstration:

- Ett förarassisterande system för förbättrad sikt i maskinens närområde har utvärderats med hjälp av vana operatörer.
- System för hinderdetektering har implementerats och utvärderats.
- Algoritmer för aktivt kollisionssundvikande med inbromsning har utvecklats, implementerats på demonstrator och verifierats med den implementerade hinderdetekteringen.
- Människodetektering har realiserats med hjälp av detektering av reflexvästar.
- Algoritmer för aktiv varning till operatörer om risken att välta har utvecklats, implementerats i demonstrator och verifierats mot vana operatörer.

Projektet har skapat flera positiva effekter och haft en mycket stor inverkan på VCEs fortsatta arbete med att integrera aktiva funktioner i anläggningsmaskiner.

2. Bakgrund

Säkerhet och robusthet ses som två mycket viktiga aspekter i utvecklingen mot autonom funktionalitet för framtiden. Dels i form av aktiva säkerhetssystem som kan understödja föraren. Dels i form av säkerhets- och robusthetskrav på systemen så att dess ökande komplexitet och kapacitet inte leder till introduktion av nya risker.

3. Syfte

Det övergripande syftet är att analysera, integrera och realisera autonoma och semiautonoma funktioner i Volvo Construction Equipments anläggningsmaskiner. Projektet innehåller tre viktiga delar:

- Upprätta en teknisk roadmap från dagens maskiner till morgondagens fullt autonoma maskiner. Där semiautonoma säkerhets- och avlastningsfunktioner samt robusthet finns med. I detta arbete ingår även ett riskscenario för anläggningsmaskiner med fokus på hur introduktion av nya säkerhetssystem kan reducera dessa risker.
- Kunskapsöverföring inom semiautonoma funktioner, säkerhet och robusthet. Målet är enligt ovanstående roadmap och mot nedanstående funktioner.
- Realisering av ett antal robusta säkerhetsfunktioner för verifiering och demonstrationer. Både med tillämpningar mot fullt autonoma maskiner men även mot dagens maskiner.

Genom detta arbete kommer grunden för det fortsatta arbetet med autonoma funktioner att etableras.

Inom ramarna för detta projekt betraktas aktiva säkerhetssystem som en delmängd av semiautonoma funktioner i VCEs anläggningsmaskiner. Denna delmängd ses som en gradvis introduktion av den fullständigt autonoma maskinen. De semiautonoma funktionerna ger en ökad komplexitet och leder i förlängningen till autonoma fordon. Aktiva säkerhetssystem är här en mycket viktig komponent, både för dagens anläggningsmaskiner och för framtidens fullt autonoma maskiner. En fullt autonom fordon/maskin anses här vara ett system som kan fungera självständigt för en specifik uppgift utan inblandning från en operatör/förare. Den ska kunna verka i en dynamisk miljö och anpassa beslut därefter genom ett tydligt intelligent beteende.

4. Genomförande

Projektets arbete delades in ett antal arbetspaket efter planerade aktiviteter. De första tre delarna: roadmap, riskscenarion och robusthet är teoretiska bitar som lägger grunden för det fortsatta arbetet med implementation på en demonstrator. Arbetspaket 4 till 8 är implementationer på en demonstrator av förarassisterande system, hinderdetektering, människodetektering, automatisk bromsning och vältvarning. Projektet har genomfört flera intervjuer och gruppdiskussioner för att samla information, bland annat med experter på anläggningsmaskiner, ingenjörer, återförsäljare och kunder. Informationen som används inom projektet bygger även på statistik från databaser. Funktioner implementerade på demonstratorn har utvärderats av vana operatörer på VCE. För att kunna uppnå önskad funktionalitet hos system har viktiga kontakter med leverantörer har knutits för fortsatt samarbete.



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Arbetspaket 1, Roadmap

Syftet med arbetspaket 1 är att skapa en roadmap, tidsplan, som beskriver avståndet mellan dagens existerande teknik och vad som behövs för att kunna uppnå fullt autonoma maskiner. Tidsplanen har utformats med hänsyn till dagens teknik, planerade utvecklingssteg och framtidsvisioner vad gäller semi-autonoma och autonoma funktioner. Den beskriver hur ny funktionalitet kan vara utformad, när den skulle kunna lanseras samt de funktioner som krävs för slutprodukten, en fullt autonom maskin. Den framtagna tidsplanen täcker både lastbilar och anläggningsmaskiner, med fokus på hjullastare.

Projektet har fokuserat på att förstå de drivkrafter och målsättningar som finns för autonoma maskiner och aktiv säkerhet. En nulägesanalys samt avståndsanalys mellan tillgängliga funktioner och vad som krävs för att uppfylla identifierade målsättningar har genomförts. Information och data för hjullastare är baserat på intervjuer och gruppdiskussioner med experter på VCE i Eskilstuna. Information och data för lastbilar kommer Volvo 3P.

Introduktion av semi-autonom och fullt autonom funktionalitet är främst intressant ur ett kostnadsperspektiv, där man inte bara ser reducerade förarkostnader, utan också minskad bränsleförbrukning och ökade produktivitet. Denna introduktion av funktionalitet ska ske gradvis i utvalda applikationer. Perception är den största utmaningen för att nå målen med introduktion av aktiva system. Projektet har identifierat intressant teknik för framtiden och för introduktion i demonstrator med dagens tekniker. Förhållanden kring anläggningsmaskiner är mycket tuff i jämförelse med även andra utomhusapplikationer. Ett slutgiltigt system måste kunna hantera vibrationer och mekaniska stötar, väderförhållanden som regn, snö och dimma samt direkt solljus och mörker.

Arbetspaketet har gett den nödvändiga grunden för fortsatt arbete med aktiva säkerhetsfunktioner.

Arbetspaket 2, Riskscenario

Syftet med arbetspaket 2 är att identifiera riskscenarion för anläggningsmaskiner samt undersöka hur aktiva säkerhetssystem kan användas för att minska olycksrisken i de identifierade riskscenariona. Minst två aktiva säkerhetssystem som är lämpliga för implementation skulle identifieras. Arbetet delades in tre steg, nämligen datainsamling, analys av data och aktiv säkerhet.

Insamlad data om olyckor bör i huvudsak komma från databaser. Inom anläggningsmaskiner är dock mängden tillgänglig data mycket begränsad och behöver kompletteras för att ge bättre validering av resultatet. Den kompletterande informationen samlades in via intervjuer och gruppdiskussioner med både experter på anläggningsmaskiner, återförsäljare och förare/operatörer. Viss statistik kunde inhämtas från Arbetsmiljöverket (AV), Informationssystemet om arbetsskador (ISA) samt från

försäkringsbolag. Informationen från de olika källorna täcker inte in alla olyckor och en olycka kan vara registrerade i flera databaser. Till vilken omfattning som insamlad data är överlappande eller inte täcker olyckor är svårt att estimeras. Registren innehåller olika olycksföljder: personskador av alla grader, dödsfall eller svårare personskador samt olyckor med icke smärre personskador. Från försäkringsbolag kommer även olyckor med bara ekonomiska konsekvenser in. Totalt sett är informationen svårtolkad och den ger dessutom indikationer i olika riktningar. Det viktigaste resultatet är att olyckstyper är klarlagda och kategoriserade för vidare undersökning om hur de kan reduceras genom introduktion av aktiva säkerhetssystem.

- Välta: Sker oftast på grund av att marken ger vika eller ett hinder som inte upptäckts. Endast ett fåtal är orsakade av oförsiktig körning. Maskinen hade tung last i de allra flesta fall. Det är möjligt att utveckla ett säkerhetssystem för att beräkna maximal lateral acceleration som varnar då ett gränsvärde nås. För en autonom maskin är det också mycket viktigt att kunna verifiera att systemet inte begär för kraftig lateral acceleration.
- Kollision: Beror oftast på att operatören brister i uppmärksamhet samt att vissa områden runt maskinen är svåra att se. Ett säkerhetssystem kan vara utformat för att detektera objekt i olika storlekar för och varna operatören eller bromsa maskinen vid behov.
- Påkörning: Beror oftast på att operatören briser i uppmärksamheten. Ett aktivt säkerhetssystem för att förhindra påkörning kräver ett detekteringssystem för att urskilja människor. Bilindustrin har börjat introducera system för att detektera en människa i färdvägen, varna föraren och bromsa fordonet vid behov. Ett liknande system för anläggningsmaskiner är tänkbart men den omgivande miljön är betydligt mer utmanande och ställer höga krav på sensorer.
- Arbete med maskin: Denna kategori är omfattande och innehåller olika typer av olyckor. Ofta är det någon som hjälper operatören, exempelvis med lasten, och befinner sig i maskinens närhet som skadas. För att komma åt denna typ av olyckor krävs ett system där operatören kan övervaka maskinens närområde, t.ex. ett så kallat Bird's eye view system.

Med analysen av olyckskategorier och aktiva system samt med den framtagna roadmappen som guide valde projektet att implementera och verifiera ett antal system. Ett "Bird's eye view" system valdes som förarassisterande system för dagens maskiner, automatiskt stopp för att undvika kollisioner samt vältvarning med anpassning mot autonoma maskinen. Sensorer har utvärderats och implementerats för hinderdetektering och människodetektering som behövs vid automatiskt stopp.

Arbetspaket 3, Robusthet

Vid introduktion av nya säkerhetssystem är det mycket viktigt att nya fel inte introduceras. Ett förslag till hur man kan gå tillväga för säkerhetsanalys har utformats som en del i målet att öka robustheten på systemen. De utarbetade grunderna är passande till både utvecklingsprojekt och tidiga steg i produktionsutvecklingen. Metoden är även utvärderad på en säkerhetsfunktion under utveckling.

Arbete för analysen är indelat i följande steg:

- Beskriva funktion: Alla ingående aktiviteter ska beskrivas, men beskrivningar av implementation ska undvikas i möjligaste mån. Ska försäkra att det inte finns några oklarheter eller saknas information
- Systemarkitektur: Valfritt, då en säkerhetsanalys kan utföras även om systemarkitekturen inte är känd. Beskrivningar behöver bara identifiera delar eller komponenter och gränssnitt som de är anslutna med.
- Miljöförhållanden och begränsningar: Ska uppges enligt praxis. Behövs då de kan orsaka problem för ett system. Det är också viktigt att veta om ett visst villkor kan antas uppstå eller inte.
- Preliminär riskanalys: Beskrivs bra i ISO 15998, men projektet har gjort några förtydliganden och råd.
- Felträdsanalys: För varje identifierad risk med SIL på minst ett. Risken är den översta händelsen och trädet skapas genom att utvidga den med att identifiera all omedelbara händelser som resulterar eller kan resultera i den översta händelsen. Processen upprepas tills alla grundläggande orsaker är identifierade.
- Grundläggande säkerhetskrav: Högsta nivån av säkerhetskrav kan definieras från SIL klassificeringar av risker. Säkerhetskrav anges på en förhållandevis hög nivå och måste förfinas och delas upp i syfte för att fastställa mer exakt vad som är nödvändigt och tillräckligt för att nå de högsta säkerhetskraven.

Arbetet har gett en viktig metod för att säkra robusta system.

Arbetspaket 4, Förarassisterande system

Ett Bird's eye view system kompletterar sikten som föraren har i speglar och fönster. Med hjälp av ett antal kameror skapas en vy där maskinen betraktas från ovan, som från ett fågelperspektiv. Tanken är att skapa en naturlig och intuitiv bild av maskinen och objekt i maskinens närhet. Denna teknik är tidigare använd på lastbilar och bussar. En viktig skillnad att ta hänsyn till under installation och utvärdering är hjullastarens form. Sikten i vyn kan lätt bli skymd av skärmar som sticker ut utanför kameraplaceringen på hytten. Även midjestyningen kan orsaka problem.

Installationen av systemet har optimerats för bästa sikt i enlighet med den framkomna informationen från riskanalysen. En undersökning för att verifiera användbarheten av systemet utfördes. Förarna, som alla ligger på en hög nivå vad det gäller vana och körskicklighet, fick utvärdera systemet i ett antal olika applikationer. Ett stort intresse för denna typ av förarassisterandesystem visades. Förarna var eniga om att man har mest

användning av systemet då man arbetar i miljöer med trånga utrymmen eller där det rör sig fotgängare. Systemet anses mindre användbart i miljöer med få hinder, så som ett grus- eller sandtag.

Systemet levererades av ASL Vision som utförde själva bildbehandlingen. Projektet har även skapat kontakter med olika leverantörer inom området. Resultatet ses som en första installation för utvärdering. Ett system med integrerade algoritmer för detektering och trackning av objekt och människor är under utveckling hos leverantörer.

Arbetspaket 5, Hinder detektering

Syftet med arbetspaket 5 var att identifiera och integrera aktiva sensorsystem för hinderdetektering. I arbetet ingick utveckling av grundläggande algoritmer samt interface mot aktiv inbromsning. Val av sensorteknik skedde genom utvärderingen i arbetspaket 1. En undersökning av kommersiella system utfördes baserat på de krav som finns för anläggningsmaskiner generellt och för projektets specifika mål. De flesta sensorsystem är anpassade för bilar/lastbilar och där det kan antas att fordonet framförs på plan väg. Ett system, GreenSight, är anpassat för miljön runt anläggningsmaskiner och installerades i samarbete med leverantören. Systemet är baserat på ultraljudssonar och har en, för ändamålet, relativt begränsad räckvidd, ca 9 m. Via ett CAN interface kan information om avståndet till ett objekt bakom maskinen tas emot. Systemets noggrannhet och förmåga att upptäcka olika objekt utvärderades. Under normala förhållanden där maskin och målobjekt var stillastående är detektionen stabil med bra noggrannhet. Även detektering i låga hastigheter fungerar bra medan beteendet inte är lika robust i högre hastigheter. Även väderförhållanden, såsom regn och vind, har visat sig ha påverkan på hur tidigt objekt upptäcks och för hur robust detektionen är.

Fördelen med att använda ett kommersiellt tillgängligt system är givetvis att utvecklingstiden för ett egenutvecklat system undviks. Det är fördelaktigt att utvärdera system även om de inte uppfyller alla ställda krav. På så sätt kan det utvärderas vad som kan finnas på marknaden inom en snar framtid. Det möjliggör även återkoppling till tillverkaren och denna får möjlighet att vidareutveckla och anpassa sina produkter. Projektet har bidragit till relationer med flera sensortillverkare som arbetar för att plocka fram produkter mer anpassade för anläggningsmaskiner på sikt.

Ett andra sensorsystem som utvärderats inom projektet är laser scanner, där även detekteringsalgoritmerna utvecklades inom projektet. En laser scanner har mycket hög precision jämfört med andra tekniker. Nackdelen med det utvärderade systemet är uppdateringshastigheten i 3D. Genom kompromisser vad gäller täckningsområde och storlek på detekterade objekt mot uppdateringshastighet kunde man nå 1Hz. Utvärderingen av systemet visar som väntat att precisionen på detekterade objekt är mycket hög, även vid t.ex. snöfall och algoritmen som utvecklats fungerar tillfredställande. Problemet med låg uppdateringshastighet gör dock att systemet inte kan användas för kollisionsvarning i högre hastigheter. Det kan tilläggas att det på marknaden finns laser scanner med 15 Hz i 360 graders synvinkel, vilket skulle vara tillräckligt

snabbt även i högre hastigheter. Även om den snabbare laser scannern faller utanför detta projekts kostnadsram förväntas kostnaden att sjunka på sikt.

Arbetspaket 6, Människodetektering

Det finns fall där det kan orsaka större skada på maskin och/eller last vid en hastig inbromsning än att köra på ett mindre hinder. Är hindret en människa ska en inbromsning ske oavsett konsekvenserna på maskin eller last. Därför är det mycket viktigt att aktiva säkerhetssystem kan urskilja människor från andra hinder.

Undersökningen av kommersiella system visar även här att de är anpassade för bilindustrin. Projektet valde då att ta fram ett koncept anpassat för miljön runt anläggningsmaskiner. Systemet detekterar människor i reflexvästar, något som måste användas inom arbetsområden. Algoritmer för att ta fram reflekterande material utvecklades samt metoder för att klassificera reflektionerna från västar jämfört med andra reflexområden, som andra fordon och vägmarkeringar. Systemet arbetar i realtid, > 15Hz. Det detekterar både stillastående människor, i alla positioner (hukande, liggande) och människor som rör sig snabbt. Då ingen avståndsmätning implementerades skapades heller aldrig något interface till testplattformen.

Arbetspaket 7, Automatiskt stopp

I detta paket utvecklades en algoritm för automatisk kollisionundvikande. Kollision undviks genom aktiva ingrepp, bromsning. Algoritmen integrerades på en prototyp maskin och utvärderades för fall identifierade i arbetspaket 2.

Algoritmen består av två huvuddelar, nämligen beslutsalgoritm samt en del för interaktion med operatör:

- Bestlutsalgoritm.
Diskussioner fördes med experter på VCE angående hjullastarens funktion. Litteratur studerades för val av metod för hot estimering. Mjukvaran implementerades som ett antal separata komponenter som sedan sattes ihop för att få den färdiga funktionen.
- Interaktion med operatör
Det beslutades att maskinen ska varna dels med hjälp av dioder och dels med aktiv bromsning. För att kunna åstadkomma ett interface inleddes ett samarbete med transmissionsgruppen på VCE.

Den färdiga funktionen integrerades i en hjullastare för testning. Utvärderingen utgjordes av tester på både komponent- och funktionsnivå. Tester visar att funktionen fungerar enligt specifikationen. Objekt detekteras och funktionen varnar operatören, om operatören ignorerar varningen bromsas maskinen automatiskt. Resultatet i ett enskilt test är väldigt beroende på sensorns funktion och räckvidd. I låga hastigheter fungerar sensorn bra och funktionen hinner både varna operatören och bromsa maskinen för att undvika kollision. I högre hastigheter blir sensordata sämre och räckvidden för kort för att funktionen ska fungera optimalt. I dessa fall hinner maskinen oftast inte varna operatören utan måste

bromsa maskinen direkt då ett objekt upptäcks. I många fall hinner maskinen inte stanna i tid för objektet men hastigheten, och därmed konsekvenserna, av kollisionen minskas.

Arbetspaket 8, Vältvarning

Syftet var att skapa en demonstrator med ett tippvarningssystem. Den beräknade risken ska kunna skickas till såväl förarna som andra aktiva system som kan använda resultatet. Genomförandet kan delas upp i tre olika delar; datainsamling, modellering och evaluering.

- **Datainsamling**
För att utveckla en så exakt modell som möjligt är bra data en nödvändighet. Arbetet inleddes med att samla in data om maskinens geometri, sensorer och begränsningar. Sedan genomfördes ett antal intervjuer med utvalda tekniker och ingenjörer med stor kunskap inom konstruktion och utveckling av hjullastare.
- **Modellering**
Med stöd av data och geometriinformation skapades en modell för att modellera hur vinklar och lastvikt påverkar stabiliteten. Konceptet bakom modellen är enkelt beskrivet, beräkna placering av den totala tyngdpunkten för maskinen och avgör hur stor risken är för att välta. Detta görs genom att maskinen delas in i fem olika delar som kan röra sig individuellt, detta som resultat av midjestyrring och rörliga länkagedelar. Med hjälp av geometrin för maskinens olika delar beräknar de olika delarna placering i varje beräkningscykel och summeras till en total tyngdpunkts placering.
- **Evaluering**
Systemet utvärderades förare med stor erfarenhet av hjullastare. En kortare testkörning av ett scenario som föreställde arbete i grustag med inslag av en s.k. bärcykel användes. Scenariot gick ut på att skopan lastades och sedan kördes maskinen över en kulle. Syftet med scenariot var att trigga tippvarningen framåt då det är för riskfyllt att försöka trigga den i sidled. Riskbedömningen från de erfarna förarna överensstämmer väl med systemets riskkalkylering.

5. Resultat

5.1 Bidrag till FFI-mål

Projektet har bidragit till FFI-målen genom följande aktiviteter:

- Genom att identifiera var olycksrisker finns och hur de sker har förståelsen ökat för vilka system som kan reducera riskerna. Datainsamling via både statistik och intervjuer med experter, återförsäljare och kunder gav en fördjupad kunskap om hur aktiva säkerhetssystem kan användas för att reducera olyckor.
- Arbetat fram metoder för att säkerställa robustheten i introduktion av nya system.
- Utvärdering av tillgänglig teknik för industrialisering i närtid:
 - Ett förarunderstödjande system för att förbättra sikten i närområdet.

- System med ultraljudssonar, kan dels användas som förarunderstöd med aktiv hinderdetektering men även för att aktiv inbromsning.
- Tagit fram ny teknik för att reducera olycksrisker anpassat för anläggningsmaskiner och dess arbetsområde genom:
 - Reflexvästigenkänning, inom arbetsområden där det är obligatorisk användning av reflexvästar
 - Vältvarningssystem, ger aktiv varning vid statisk instabilitet.
 - Automatisk inbromsning, bromsar maskinen vid nära förestående kollision om en operatör ignorerat systemets varningar..
- Resultaten av implementationer kan överföras till andra områden t.ex. inom godshantering, logistik, materialhantering i produktion.

6. Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Projektet har visat upp resultat vid Volvo Techshow i Maj 2011. Vid detta tillfälle visades en tidig version av Bird's eye view funktionen upp i en maskin och personal fanns på plats för att berätta om och diskutera projektet. Volvo Techshow är en utställning där nyheter och forskning från Volvo gruppen visas upp under en veckas tid. Besökarna är både interna och externa, bland andra, politiker, representanter för åkerier, återförsäljare, universitetsanställda och studenter.

För att sprida arbetet internt har ett antal informationsträffar hållits i projektet regi. Under dessa möten har projektresultat disseminerats och diskussioner om aktivs säkerhet hållits. Normalt har personer från produkt plattform, produkt planering, lagar och förordningar, samt funktionsutvecklare varit inbjudna.

- Plattform hjullastare, Eskilstuna, två tillfällen 2009 och 2010.
- Plattform grävmaskin, Konz, 2010.
- Plattform dumper, Braås, 2010.
- Plattform vägmaskiner, Shippensburg, 2011.

Mottagandet har varit mycket positivt och projektet har gett en mycket bättre medvetenhet om fakta och frågeställningar. Detta omsätts även i operativ planering. Delar av resultatet har visats externt, och det har ökat medvetenheten om allvaret i ämnet och ökat fokus på området. Det har också initierats samarbete med andra högskolor och universitet om fortsatt teknikutveckling, t.ex. Mälardalens Högskola och Penn State University, USA. Projektet har bidragit till relationer med flera sensortillverkare som arbetar för att på sikt utveckla produkter mer anpassade för anläggningsmaskiner.

Projektet har haft samarbete med de EU finansierade projekten HAVEit och Intersafe 2 på VTECs sida.



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Ett större seminarium med presentationer och demonstrationer planeras när projektet avslutats. Vid detta tillfälle kommer alla ingående arbetspaket presenteras samt implementerade system att visas.

6.2 Publikationer

Henrik Andreasson, et. al. "Vision-based People Detection Utilizing Reflective Vests for Autonomous Transportation Applications" IROS 2011

Todor Stoyanov, "Reliable Autonomous Navigation in Semi-Structured Environments using the Three-Dimensional Normal Distributions Transform (3D-NDT)", PhD thesis, in preparation.

7. Slutsatser och fortsatt forskning

Arbetet har gett flera effekter och haft en mycket stor inverkan på VCEs fortsatta arbete med att integrera aktiva funktioner i anläggningsmaskiner. Inom projektet har en struktur utarbetats som överförts till andra plattformar. Som exempel kan nämnas att inom olycksstatistiken genomfördes en fördjupad kundundersökning. Arbetet med olycksundersökningarna har fortsatt för andra plattformar som dumper och grävmaskiner, både på en nationell och på en internationell nivå. Arbetssättet har varit en direkt överföring av kompetensbyggandet från projektet, m.a.p. metod och data, och det ger en förbättrad bild av olycksstatistik och kundperspektiv inom större delar av anläggningssegmentet. Detta stärker i sin tur Volvo CE:s konkurrenskraft. Bird's eye view system har även utvärderats på grävmaskin och asfaltläggare.

Arbetet med roadmap har gett en förbättrad situation för ökat samarbete med teknikutveckling inom Volvo AB. Tillvägagångssättet för säkerhetsanalys har gett verktyg för att hantera integrationen av aktiv säkerhetstekniken, vilket kan användas i industrialiseringsarbetet.

Det finns ett tydligt samarbete med VCEs arbete för autonoma maskiner, ALL4eHAM och dess fortsättnings projekt ALLO. De gemensamma delarna är perception och framförallt hinderdetektering. Även Örebro universitets arbete med reflexvästigenkänningen har fortsatt.

Nästa FFI projekt, Nollvision och ökad produktivitet vid vägarbeten, bygger på den samlade kunskapen från detta projekt.



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

8. Deltagande parter och kontaktpersoner

Volvo Construction Equipment
Malin Lindquist
malin.lindquist@consultant.volvo.com
016-5418608

Volvo Construction Equipment
Torbjörn Martinsson
torbjorn.martinsson@volvo.com
016-5414331

Volvo Construction Equipment
Andreas Nordstrand
andreas.nordstrand@volvo.com
016-5415362

Volvo Technology
Stefan Bergqvist
stefan.bergqvist@volvo.com
031-3229254

Örebro universitet
Achim Lilientahl
achim.lilientahl@oru.se
019 - 303602