

Automatisk linjejustering vid läggning av längsgående vägmarkering

Thomas Ahlstrand, Per Ljunggren, Klas Rosendahl

april 2016

SVEVIA

Street Smart
Equipment

SBUF 

Förord

Denna slutrapport redovisar arbetet och resultatet från förstudien "Automatisk justering vid läggning av längsgående linjer".

Författare: Thomas Ahlstrand, Per Ljunggren, Klas Rosendahl från Street Smart Equipment AB
Författad: mars och april 2016

Projektet har finansierats via SBUF genom samarbete med Svevia och projektparternas egen finansiering.

Projektets referensgrupp har bestått av:

Lars Petersson, Trafikverket
Hawzheen Karim, Trafikverket
Peter Nilsson, PEAB
Roger Isaksson, SEKO
Roger Nilsson, Skanska

I projektgruppen har ingått:

Magnus Fredriksson, Svevia
Andreas Bäckström, Svevia
Per Ljunggren, Street Smart Equipment
Thomas Ahlstrand, Street Smart Equipment
Klas Rosendahl, Street Smart Equipment

Sammanfattning

Syftet med denna förstudie var att undersöka realiserbarheten i ett system för att automatiskt detektera befintliga vägmarkeringar för att därigenom kunna styra utläggningen av nya vid reparations- och underhållsarbeten.

Tanken var att koppla ihop detekteringsutrustningen med befintlig intermittensbox, dvs. "bygga på" befintligt system.

Vår förstudie har visat att det är möjligt att automatiskt detektera vägmarkeringar. Det finns naturligtvis i början på ett sådant här arbete vissa kvarstående frågetecken och, har det visat sig, också att vi måste tänka om i vissa frågor.

När det gäller hopkopplingen med befintlig intermittensbox måste vi tänka om. Det har visat sig att funktionaliteten i intermittensboxen inte i tillräcklig grad är tillgänglig för externa system utan vi måste återskapa mycket av samma funktionalitet i vårt system, samtidigt behövs det nya funktioner i användargränssnittet som svårigen kan implementeras i den befintliga intermittensboxen.

När det gäller detekteringen, som vi gör med hjälp av vision-teknik, är det avgörande att ljusförhållandena inte varierar för mycket. Detta åtgärdas enkelt med en riktad ljuskälla i närheten av den detekterande kameran. En annan utmaning är att detektera slitna och försvunna linjer. Detta klarar systemet alldeles utmärkt. När det finns flera lager av gamla vägmarkeringar som dessutom ligger förskjutna i såväl sidled som längsled behöver systemet vidareutvecklas för att rätt detektera dessa. Vidare behöver systemet bestå av komponenter med högre prestanda för att fungera i de hastigheter som är aktuella vid normal linjeläggning.

Vid utläggningen av linjer vid reparationsarbete sker idag manuellt en kontinuerlig justering med avseende på linjens positionering, främst i längsled, men även i sidled genom att föraren noggrant kör och har en siktstång som anger var han ska positionera bilen i förhållande till befintlig linje.

Arbetsprocessen med att justera läggningen av en viss linje vid reparationsarbete kan, som våra tester visar, helt automatiseras såväl i längsled, som i sidled. Övergång mellan olika linjetyper kan delvis automatiseras, men i vissa situationer behövs stöd av en operatör, alternativt att det finns GPS-koordinater som i förväg identifierar start och stopp av en viss linjetyp.

Produktivitetsmässigt ger vår analys att branschen skulle kunna göra en årlig besparing på storleksordningen 12 MSEK genom att använda denna metod.

Vår slutsats är alltså att det finns goda möjligheter att tekniskt realisera ett system idag som för det mesta helautomatiskt, men ibland halvautomatiskt sköter justeringen av utläggningen. Dessutom avlastas föraren genom att justering i sidled sker automatiskt.

För att nå fram till ett sådant system krävs ytterligare vidareutveckling av analysalgoritmerna samt utveckling för att ta fram en "intermittensbox".

Innehållsförteckning

Ordlista	5
Bakgrund och syfte	5
Internationell utblick över tillgänglig teknik	6
Projektplan	6
Teknisk lösning	8
- Detekteringsmetod	8
- Systemlösning	8
o Tänkt framtida systemlösning	8
o Systemlösning för nuvarande testutrustning	9
- Metod för korrigering sid- och längsled	10
- Styrning av extruderns position i sida	10
- Arbetsprocess och användargränssnitt	11
o Förslag på grafiskt användargränssnitt	12
- Anslutning till fordonets övriga utrustning	14
Tester	15
- Genomförande av tester	15
- Resultat	16
Identifierade tekniska svårigheter	16
Uppskattad kostnadsbesparing/produktivitetsökning	18
Arbetsmiljönytta	18
Slutsats	19
Projektets leverabler	19

Ordlista

Odometer	Mätare som mäter vägsträcka. Odometern är mekaniskt kopplad till fordonets hjul.
Extruder	Kallas också "skopa" i branschen. Extrudern är den apparat som pressar fram det band av plastmassa som läggs på vägen och utgör själva vägmarkeringen
Klaffar	Klaffarna är monterade på extruden och är de ventiler som öppnar och stänger och därmed bestämmer vägmarkeringens längd och bredd. Klaffarna drivs av tryckluft och styrs med elektriska ventiler kopplade till systemets styrelektronik
Päralspridare	Päralspridarna sprayar glaspärlor på den varma vägmarkeringen för ökad ljusreflektion. Dessa styrs på samma vis som klaffarna med elektriska tryckluftsventiler kopplade till systemets styrelektronik
Intermittensbox	Intermittensboxen är den enhet som i dagens system styr klaffar och päralspridare. Intermittensboxen innehåller logikfunktion (PLC), drivning av klaffar/päralspridare och användargränssnitt.

Bakgrund och syfte

Vid utläggning/reparation/förbättring av långsgående vägmarkeringar (kantlinjer, mittlinjer, körfältslinjer, o likn.) försöker man lägga den nya markeringen ovanpå den gamla. Detta blir inte exakt utan måste hela tiden trimmas under arbetspasset. I sidled styr lastbilsföraren linjens läge med hjälp av en sk. riktstång. I längdled justeras linjen av en extra person utöver föraren. Denna person bestämmer också typ av linje, start- respektive stopp-punkterna för linjen.

Det övergripande målet är att hitta en teknisk lösning som automatiskt kan justera placeringen av linjen så att hela arbetet kan utföras av enbart en person dvs föraren av lastbilen. Detta ökar produktiviteten, sänker kostnaderna och minskar olycksrisken då färre vägarbetare befinner sig på vägarna.

Vi tror att med hjälp av visionteknik och intelligenta algoritmer bör det vara möjligt att automatiskt styra extruder/spruta så att den nymålade linjens början och slut hamnar rätt i både längdled och sidled. Syftet med detta förstudieprojekt är:

- att undersöka hur de kvarvarande delarna av den befintliga linjen på ett robust sätt kan detekteras,
- att ta fram en automatisk metod för korrigering i längdled och sidled av utläggningen,
- att i praktiska tester verifiera detta,
- att definiera och testa hur anslutning/ihopkoppling med befintlig utrustning ska ske,
- att definiera hur arbetsprocessen ska gå till och hur gränssnittet mot användaren ska se ut och fungera.
- att uppskatta den kostnadsbesparing som denna teknik kan ge användarna.

Internationell utblick över tillgänglig teknik

En sökning på internet kring ämnet "Line Detection" ger massor med träffar. Alla syftar till att detektera väglinjer för att stödja bilkörning.

För att automatiskt identifiera och förutsäga vilken linje som ligger på vägen har vi inte funnit någon idag existerande utrustning.

Det finns en utrustning som automatiskt identifierar startpunkten på en befintlig linje. Denna utrustning gör ingen analys av vad det är för linjemönster och kan alltså inte identifiera att det saknas någon/några streck. Den analyserar inte heller hur bred linjen är, bara var den börjar. Detta innebär att det inte sker någon korrektion för slitna linjer där t.ex. snöplogen har skrapat bort början på varje linjestyck.

Projektplan

Projektarbetet har genomförts enligt följande arbetsplan:

1 Kunskapsinhämtning

För att förstå problemställning och kravbild har ett studiebesök hos Svevia vid komplettering av långsgående vägmärkingar på riksväg 47 vid Vara gjorts. Dessutom har intermittentsboxens funktion och inkoppling i fordonet diskuterats ingående med Road Marking Equipment AB. En enkel kravspecifikation har upprättats.

2 Skapa utvecklingsmiljö

Mjukvara för bildbehandling har bestämts och införskaffats. Inläring av hur mjukvaran fungerar och konfigurering av den med avseende till vår applikation har gjorts. Vidare har operativsystem, utvecklingsverktyg och datorplattform bestämts, installerats och konfigurerats.

3 Samla bildmaterial

Bildmaterial på olika vägmärkingar och vägbanor har införskaffats för att kunna användas vid simuleringstester under utvecklingsarbetets gång. Materialet har innehållit olika grad av slitage av märkingar för att kunna efterlikna de verkliga förhållandena så mycket som möjligt.

4 Teknisk lösning

Första steget har varit att hitta en teknisk strategi för hur problemet skall lösas. Därefter har en systemlösning/arkitektur gjorts för både mjukvara och hårdvara. De olika mjukvaru- och hårdvarukomponenterna har utvecklats och testats var för sig. Slutligen har komponenterna integrerats till ett helt system. Nödvändig hårdvara har införskaffats.

5 Framtagning av testplattform

För att underlätta testningen har en speciell testplattform byggts baserad på en personbil. Bilen har utrustats med utrustning för både grundfunktionaliteten och utrustning för att kunna verifiera och dokumentera funktion och prestanda. Läggning av märkingar har simulerats i testplattformen med lysdioder som filmats med hög bildfrekvens.

6 Tester

Först har systemet testats på kontoret genom simuleringstester. Därefter har systemet testats med testplattformen under kontrollerade förhållanden i garage. Slutligen har systemet testats med testplattformen ute på riktig väg.

7 Uppskattning av kostnadsbesparing

Baserat på erfarenheterna från detta arbete har en uppskattning av den potentiella kostnadsbesparingen gjorts vid en implementering av systemet.

8 Dokumentation och rapportskrivning

Resultatet av studien har dokumenteras i en projektrapport.

Teknisk lösning

Detekteringsmetod

Det finns flera tänkbara sätt att detektera de gamla kvarvarande vägmarkeringarna. t ex genom att mäta någon av följande egenskaper:

- Ytjämnhet med laserljus eller ultraljud
- Ultraljud reflektion
- Dielektricitetskonstanten
- Elektrisk resistans
- Ljusreflektion - Visionsystem

För att få en tillförlitlig funktion hos systemet är det viktigt att detekteringsmetoden är robust och pålitlig. Dessutom får inte detekteringsmetoden vara allt för kostsam. Med vår erfarenhet ser vi ingen annan metod som kan vara bättre än ett vision-baserat system för att detektera de kvarvarande markeringarna. Även med vision kan det vara svårt att detektera markeringarna under alla tänkbara förutsättningar och denna studie har utförts för att verifiera att en vision-baserad metod har förutsättningar att fungera i verkligheten

Systemlösning

Tänkt framtida systemlösning

Ett tänkt framtida system bygger på att en kamera samlar in bilder av den underliggande vägbanan som sedan analyseras i en fordonsdator. Denna dator är vidare kopplad till odometern och till klaffstyrningen för extrudern. Ytterligare 2 kameror är anslutna till systemet för att visa bilder i användargränssnittet som underlättar för operatören att styra fordonet och kontrollera resultatet. Användargränssnittet utgörs av en touch-skärm som är kopplad till datorn. Datorn kan även kopplas till ett rapporteringssystem för vägmarkeringsmålning till Trafikverket och göra denna process helt automatisk och integrerad. Integreringen mot vägtrafikverkets databas möjliggör också att systemet i framtiden vet vad som skall målas var.

Systemets hårda komponenter är:

- Fordonsdator med lämpligt operativsystem.
- Ljusstark bildskärm med touch-funktion.
- Kameror.
- Belysning av kamerans upptagningsområde.
- I/O modul för insamling av data och styrning av extruder.
- Styrning för sidoförflyttning av extruder.
- Styrning av pump för extruder.
- GPS
- Mobilt internet.

Systemets mjuka komponenter förutom OS är:

- Bildinsamling, bildbehandling och analys.
- Styrlogik med kopplingen till bildanalysen.
- Användargränssnitt
- Rapportgenerator.
- Kalibreringssystem för kamera, extruderposition samt odometer.
- Inställningssystem för styrparametrar som t.ex. extruderns pump.

Uppbyggnadsmässigt består systemet av:

- Touchbildskärm, möjligen med inbyggd dator och/eller en fordonsanpassad dator.
- I/O låda som kopplar mot all övrig utrustning som odometer, extruder, pumpstyrning osv.
- 3 väl kapslade kameror. 2 av dessa med skärm mot solljus och inbyggd belysning
- Servostyrning för sidoförflyttning av extruder

Systemlösning för nuvarande testutrustning

Testutrustningen är förenklad i förhållande till den tänkta framtida lösningen. I testutrustningen används en Laptop dator med Windows som systemdator och användargränssnitt. Till datorn kopplas en kamera för bildinsamling samt en I/O modul för odometerdata och styrning av lysdioder vilka simulerar extruderklaffarna. Kameran samlar in bilder av den underliggande vägbanan med vägmarkeringar som sedan bildbehandlas och analyseras i datorn. Styrprogrammet i datorn styr sedan lysdioderna.

Som testfordon har en vanlig personbil används. Kamera med belysning har monterats längst fram på bilen. Längst bak på bilen, strax ovanför marken, har de 19 lysdioderna monterats i en rad tvärs färdriktningen. Ovanför lysdioderna har en extern höghastighetskamera monterats så att den ser lysdiodraden och vägmarkeringarna som passerar under lysdioderna. På så sätt kan resultatet observeras och dokumenteras utan att riktiga vägmarkeringar behöver läggas.



Bild 1, visar montering av lysdiodrad, odometerhjul och höghastighetskamera bak på testfordonet.

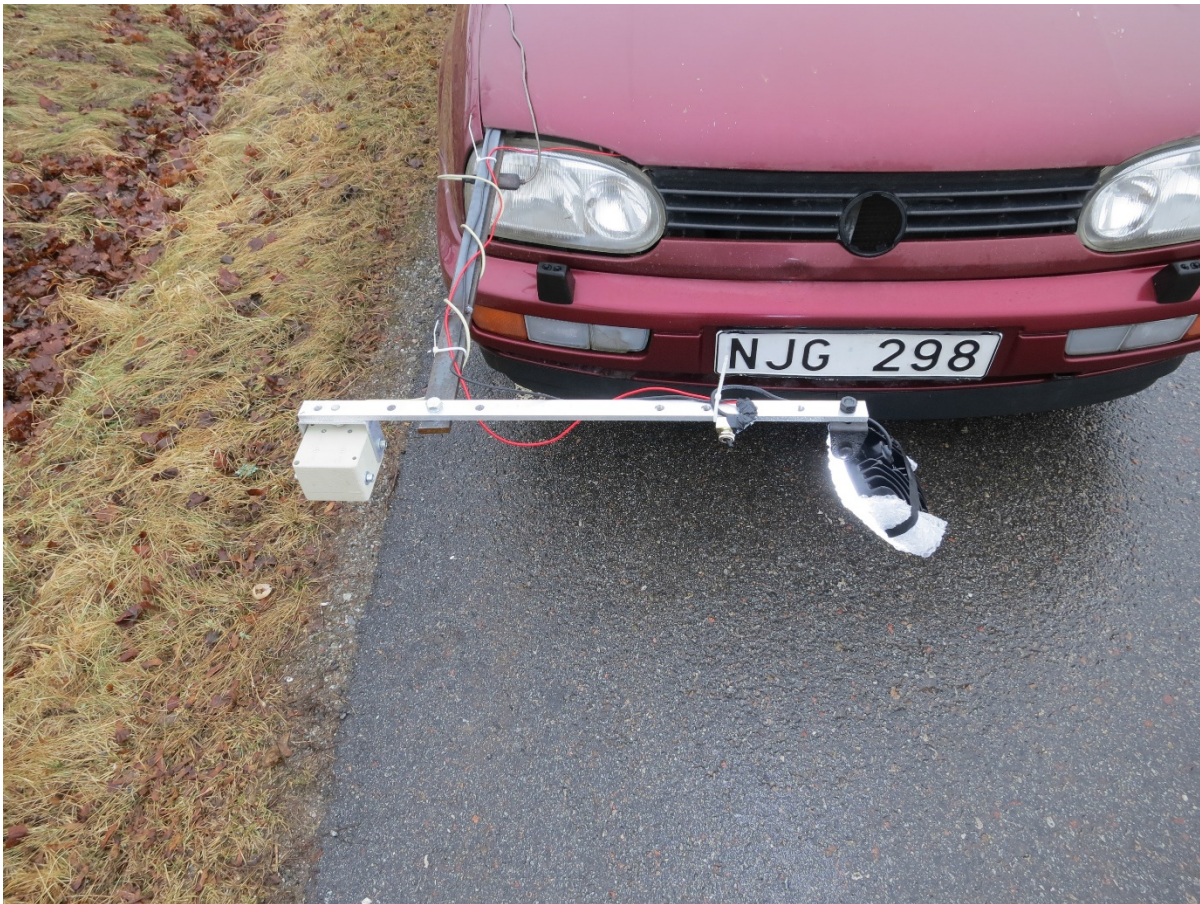


Bild 2, visar kamera och belysning monterat fram på testfordonet.

Metod för korrigering i sid- och längdled

I sidled styrs extrudern av en PID regulator som får sin data från linjedetektorn där kanterna har bestämts med god noggrannhet. Regleringen för placering i sidled är användbar så länge som kvaliteten på de befintliga linjerna är tillräckligt god. Då fallet ej är så kommer denna regulator behöva förlita sig på att föraren håller fordonet på rätt plats och att extrudern då intar neutralt mittenläge. I praktiken innebär detta att under omständigheter då linjerna är hårt slitna behöver föraren ha god kontroll över placeringen på vägbanan. Är linjerna acceptabla kan föraren "vingla" inom marginalerna för extruderns arbetsområde utan att linjerna placeras fel.

I längsled styrs läggningen av en PID regulator som tillåter att styrsignalen tillfälligt försvinner och då behåller sitt tidigare värde (intervall). PID regulatorn är adaptiv så tillvida att då linjedetekteringen har god tillförlitlighet tillåter den stora förändringar av perioden; och tvärtom när linjedetekteringen har låg tillförlitlighet tillåts enbart små eller inga förändringar alls av perioden. Tillförlitligheten bestäms av hur tydligt linjerna syns mot vägbanan av linjedetektorn.

Metoden för längsleds positionsbestämning beror på situationen, t.ex. om det är förbättring av detekterbara linjer, övermålning av usla/obefintliga och/eller multipla ej överlappande linjer eller nyläggning.

Styrning av extruderns position i sida

För att kunna justera vägmarkeringen i sidled måste extruden kunna röra sig i sidled. Detta kan åstadkommas genom att extruden är monterad på guider med en rörelselängd på +/- 25 cm från neutralläget. En servomotor driver rörelsen via antingen en skruv, en kuggstång eller en kedja.

Servomotorn styrs av systemet via lämplig servoförstärkare. Det är viktigt att det mekaniska utförandet görs robust och tålig för smuts då omgivningsmiljön är mycket krävande. I denna studie har ingen rörlig extruder testats praktiskt.



Bild 3, Redan i dag är extruden normalt monterad på en vagn så att den kan skjutas ut vid användning och skjutas in vid transport mellan arbetsobjekt. Bilden visar en typisk montering av en extruder.

Arbetsprocess och användargränssnitt

När ansökan för detta projekt gjordes antogs det att ett system för automatisk justering skulle kunna utgöra ett komplement till redan befintliga intermittens/extruder-system. Vi tror inte längre det är möjligt. Det har visat sig att funktionen är så djupt integrerad med övrig funktionalitet i intermittensboxen att det inte finns några naturliga gränsdragningar mellan de olika funktionaliteterna. Detta gäller både logiskt, elektriskt och användarmässigt. Det bästa sättet att implementera funktionen är därför att integrera den med de övriga funktioner i en intermittensbox.

Dagens intermittensboxar har ett användargränssnitt som huvudsakligen bygger på två joystick-spakar. Det är ett mycket väl fungerande och inarbetat gränssnitt som har använts i många år. Vi tror dock att om föraren av lastbilen ensamt också ska operera extrudern så måste man gå över till ett grafiskt gränssnitt på datorskärm. Detta möjliggör att man hela tiden kan anpassa gränssnittet för den aktuella situationen. Man kan också lägga in bilder och processdata direkt i gränssnittet. Informationen blir då tydligare och gränssnittet kan göras mer intuitivt. Man kan också tänka sig att konfigurera sidor i gränssnittet för speciella jobb, t ex körning på specifika vägtyper så som motorväg. Ett sådant gränssnitt blir mer attraktivt för den yngre generationens operatörer men samtidigt blir det en utmaning för den äldre generationen att lära om.

Förslag på grafiskt användargränssnitt

Vi föreslår att gränssnittet har flera driftmoder, t.ex. helt automatisk läggning med hjälp av GPS-data och en databas som informerar systemet om vilken typ av linje som skall läggas var. En annan driftmode är halvautomatisk läggning där ingen GPS- och databasdata används utan systemet är autonomt men använder vision för att underlätta för operatören att både köra fordonet och sköta utläggningen av de nya linjerna. Ytterligare en mode skulle kunna vara rapportering och redovisning.

Nedan beskriver vi hur gränssnittet skulle kunna se ut för halvautomatisk mode. Vi vet från tidigare projekt att det krävs många tester och ändringar innan man har ett bra gränssnitt. Detta förslag är en första ansats som ska visa på hur vi tänkt oss ett grafiskt gränssnitt men har inte ambitionen att ännu vara optimalt .

Kamerabilder

Tre stycken kamerabilder visas centralt i gränssnittet. Den översta bilden visar vägmarkeringarna framför fordonet. Denna bild används av operatören för att underlätta att styra fordonet rakt längs med markeringarna.

Den mellersta bilden kommer från den kamera som är monterad längst fram på fordonet och som används av visionsystemet för styrning av systemet. Denna bild används av operatören för att dels kontrollera att markeringarna ligger inom arbetsområdet och dels för manuell initiering av ny linjetyp då detta inte kan göras automatiskt av systemet.

Den understa bilden kommer från en tredje kamera placerad efter extruden och som visar resultatet av nylagd linje. Denna bild används för att kontrollera att den nya vägmarkeringen kommer rätt och håller god kvalitet.

Väljare av linjetyp

I gränssnittets högra övre del finns det knappar för val av linjetyp. Genom att trycka på de två knapparna med linjer på kan man välja mellan 4 olika linjer alternativt två streckade, heldragen och ingen alls. Detta möjliggör att alla typer av linjer kan konfigureras. Intermittensen och linjebredd bestäms med knapparna under linjerna. När rätt linje har konfigurerats trycker operatören på "Lägg till" och linjetypen hamnar underst i kölistan på vänster sida.

Kölista

I gränssnittets vänstra övre del finns "kölistan" Kölistan visar vilken linjetyp som läggs just nu samt vilka två nästkommande linjetyper som har valts. Linjetypernas ordning kan ändras genom att de grafiskt flyttas eller raderas. Den aktuella linjetypen överst i listan kan ändra färg, grönt, gult och rött. Färgerna indikerar vilken konfidens systemet har att läsa de ursprungliga linjerna och därmed med vilken säkerhet som systemet automatiskt kan byta linjetyp. Grönt inga problem att byta automatiskt. Gult på gränsen att bytet fungerar automatiskt, kräver övervakning av operatören. Rött innebär att operatören måste byta linjetyp manuellt genom att trycka på knappen för linjebyte.

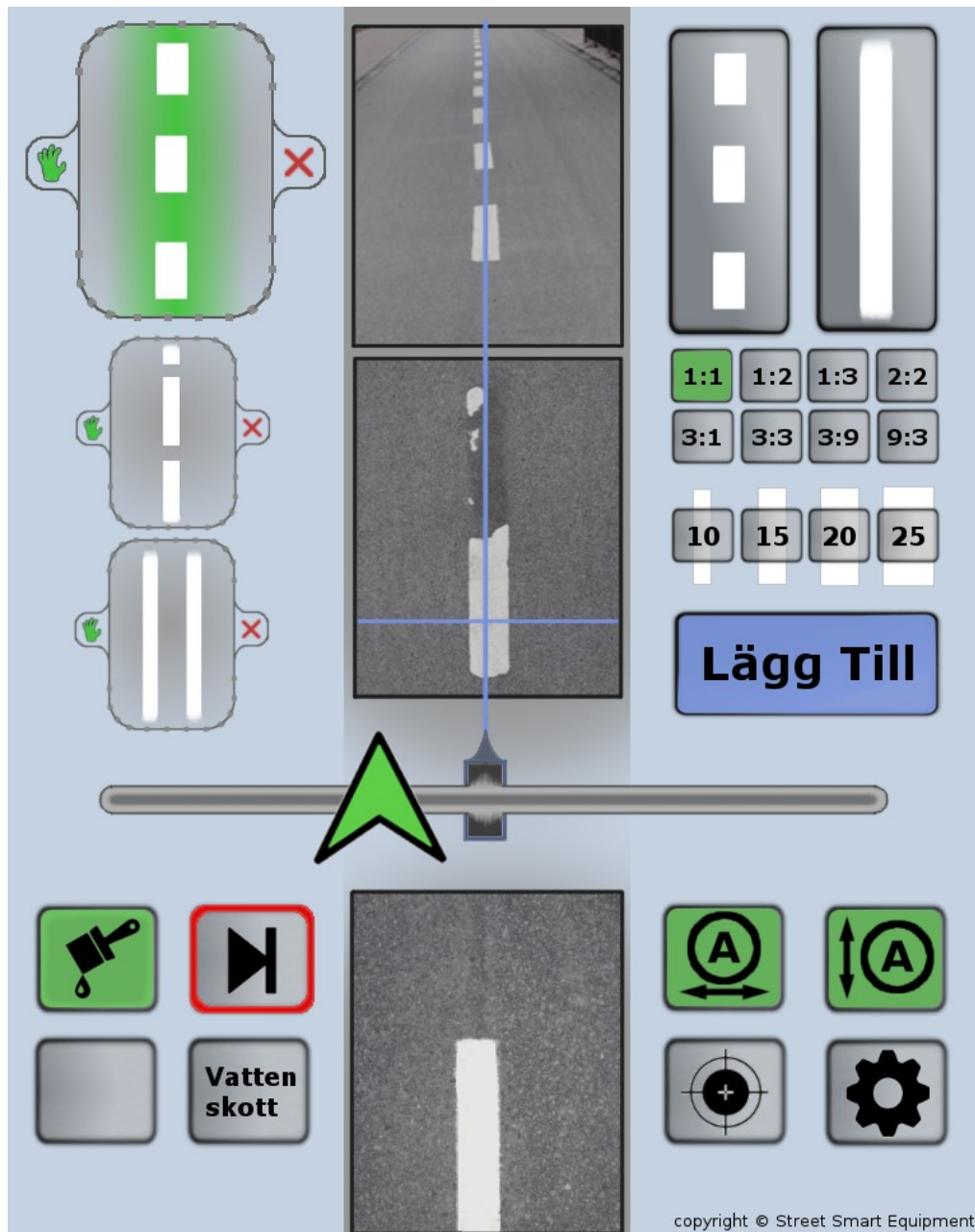
Körriktningsindikator

Under mittbilden finns en pil som indikerar hur fordonet skall styras för att ligga så centrerat som möjligt över linjen. Pilen visar fordonets avvikelse och föraren skall sträva efter att få pilen i centrum. pilens färg visar också systemets konfidens när det gäller att reglera i sidled. Grön pil indikerar att systemet reglerar automatiskt utan problem. Gul färg indikerar att det är på gränsen att systemet kan reglera automatiskt. Röd färg betyder att systemet inte kan reglera automatiskt och att denna funktion är avslagen. Vid avslagen sidreglering kan extruden manuellt ställas i sida genom att pilen flyttas på gränssnittet med fingret.

Övriga funktionsknappar

I gränssnittets nedre vänstra hörn finns funktionsknappar för extruderklaffar på/av, initiering av ny linjetyp från kölistan, vattenskott på/av.

I gränssnittets nedre högra hörn finns funktionsknappar för automatisk sidreglering på/av, automatisk reglering i längdled på/av, knapp för att få upp kalibreringspanel, knapp för att få upp verktygspanel.



Figur 1, Operatörens gränssnitt

Anslutning till fordonets övriga utrustning

I tabellen nedan redovisas hur systemet är tänkt att kopplas in till fordonets övriga system.

Komponent/funktion	Beskrivning
Odometer (pulsgivare)	Systemet behöver odometerdata och använder en odometer av samma typ som dagens intermittensboxar använder. Odometern kan monteras på kardanaxeln. Mekanisk inkoppling och urkoppling styrs direkt från det nya systemet.
Klaffar	Extrudens klaffar kopplas till systemet på samma vis som med dagens intermittensboxar.
Päralspridare	Päralspridarna kopplas till systemet på samma vis som med dagens intermittensboxar
Val av höger/vänster extruder	I det fall dubbla extrudrar är monterade väljs höger alt. vänster extruder på samma vis som med dagens system. Det vill säga båda extrudrarnas klaffar och päralspridare är kopplade till en separat reläbox som kopplar signalerna från systemet till vald extruder.
Massapump	Massapumpen kopplas till systemet och styrs på samma sätt som tidigare system.
Kamera och belysning	För att datorn skall hinna processa bildbehandling mm behöver kameran vara monterad 3-4 meter framför extruden. Kameran bör därför monteras längst fram på fordonet. Lämplig höjd över vägbanan är c:a 70 cm. I det fall två extrudrar är monterade på fordonet krävs det också två kameror, en på var sida om fordonet. Kameran/kamerorna är kopplade till systemet. Vardera kamera har en belysning som lyser på vägmarkeringen för att förbättra bildkvaliteten. Belysningen är också kopplad till systemet.
Sidreglering extruder	För att reglera vägmarkeringens placering i sida är extruden rörlig i sida. Extrudens rörelse styrs av en servomotor med inbyggd lägesgivare som är kopplad till systemet.

Tabell 1, Systemkopplingar

Tester

Genomförande av tester

Testningen har genomförts i flera steg. I första steget har systemet testats genom att kamerabilden har simulerats med en videofilm som byggts ihop av fotografier av verkliga linjer på asfalt. Dessa linjer har "misshandlats" på diverse sätt för att bli; för korta, för långa, sakna delar, vara hårt slitna samt vingla runt. Detta har utgjort en stor del av testdatat för utvecklingen.

I det andra steget har odometerhjulet belagts med vita markeringar på svart botten och kameran kalibrerats så att ett varv på hjulet motsvarat 4 meter. Genom att rikta kameran mot det roterande hjulet så har vägbanan med vägmarkeringar simuleras. På detta sätt har hela systemet kunnat testas före installation på testfordonet.

I ett tredje steg har kamera, belysning, lysdiodramp och odometer monterats på ett fordon och ett antal vägmarkeringar tillverkats av plastmatta. Dessa har sedan lagts ut med hög precision i ett stort garage och använts för kalibrering av systemet. Därefter har tester körts mot för korta, för långa och helt avsaknade streck för att verifiera att synkroniseringen av klaffarna fungerar.

I fjärde och sista steget har ett antal tester körts med fordonet på verklig väg för att verifiera funktionen under verkliga förhållanden. Tester har gjorts i både regnigt och soligt väder varvid data har spelats in för senare analys och presentation.



Bild 4, Testkörning i garage med artificiella vägmarkeringar gjorda av vit plastmatta.

Resultat

Testerna har gett ett antal resultat:

- Synkronisering mot enkla linjer, även hårt slitna fungerar väl förutsatt att ljusförhållandena är bra så kameran ger en tydlig bild.
- Det fungerar utmärkt att ersätta några enstaka på varandra slitna streck, oavsett dessa saknar delar eller saknas i helhet. En situation som kan uppstå t.ex. av slitage i en kurva eller av en överambitiös snöplog.
- Stora skillnader på ljusförhållandena ger kamerans inbyggda automatjusteringsfunktion dynamikproblem. Mjukvaran måste därför kunna hantera att reglera kamerans exponeringstid för att få bra bilder i olika ljusförhållanden.
- Det finns situationer som är svåra att analysera, t.ex. 3 på varandra liggande målningar som inte ligger i fas i vare sig längd eller periodicitet eller ens sidplacering.
- Det finns ett flertal parametrar som behöver trimmas in på ett målade fordon och en hel eller halvautomatisk metod för detta behöver tas fram för att t.ex. service inte skall kräva specialiserad kunskap eller verktyg. Exempel är kameraorientering och placering; kameraapertur; distans mellan kamera och klaffar; odometerpulser; belysningsjämnhet.
- Nuvarande system hann med att processa informationen i hastigheter upp till 2 m/s. Detta är kritiskt och ej tillräckligt som enligt specifikation kräver hastighet på upp till 6 m/s för spraymålning med lösningsbaserad färg. Vid utveckling av en riktig produkt måste man noga beakta detta problem genom val av kamera, operativsystem och systemlösning.
- Vid de första försöken var det molnigt och mörkt vilket gav en för stor rörelseoskärpa från kameran för bildanalys, i storleksordningen 3 cm. Vid det sista försöket låg det svagt solljus på vägen och rörelseoskärpan var ej märkbar dvs mindre än 1 mm. Kameran behöver göras ljuskänsligare samt tillföras en bättre ljuskälla. Gissningsvis är en rörelseoskärpa på bättre än 3 mm lämplig.

Identifierade tekniska svårigheter

Det finns ett antal tekniska svårigheter som visat sig med denna studie.

1) Odometri, kamerabild och klaffstyrning är mycket intimt bundna till varandra i tiden och indirekt hastigheten. För att kunna öppna en klaff vid rätt tillfälle måste dessa tre ha sin data kopplade till tiden med en noggrannhet med bättre än 1 ms, vilket då ger ett fel på ca 2 mm vid 5 km/h. Den använda kameran uEye från IDS uppfyller detta krav då den har sin egen inbyggda klocka som tidstämplar varje bild. Den använda I/O noden från Advantec har däremot ingen sådan koppling mellan tiden och den ingående räknaren kopplad till odometern eller de utgående utgångarna för klaffstyrning.

Att basera lösningen på ett vanligt operativsystem såsom Windows ger svårigheter med denna timing. Problemet kan kringgåas genom lite extern elektronik istället för en standard I/O nod som den använda. Denna I/O nod får sköta kritisk timing istället för ha detta som mjukvara i ett standard OS. Oavsett lösning, mjuk eller hård, tillkommer extern elektronik för att hantera signálnivåomvandlingen till den externa utrustningen som t.ex. klaff, pump och odometer.

2) Med den initiala kameraupplösning 1280 x 1024 hann inte den använda datorn, som är relativt medelmåttig, med att behandla hela bilden. Problemet löstes med att minska bildupplösningen till 640x480.

En bättre lösning vore att minska den processade ytan genom att från tidigare bilds hämtade information bestämma vilken del för tillfället nyttiga regionen är och enbart samla in denna för processning. Det skulle ge en bättre precision utan att öka kravet på processorkraft. 640x480 är lite i det minsta laget, en pixel är då ca 1x1 mm. I praktiken är bara 10% till 25% av varje bild ny information då bilderna överlappar varandra.

Kameran täckningsområde i testen var 0,5 x 0,5 meter vilket är i minsta laget i sidled, ett

lämpligare värde ligger runt 0,8 meter. Behovet av högre upplösning återkommer då, och med det, behov av antingen effektivare bildbehandling eller mer datakraft.

3) Ljuförhållanden med sol och skuggor ger störningar i bilden. I testerna har kamerans upptagningsområde inte varit skärmat från solen men i en verklig produkt behövs det och även en egen definierad ljuskälla. Kameran klarade inte att med den inbyggda automatiken hantera svartnivå och bias på ett tillfredställande sätt. Detta behöver istället hanteras av det analyserande programmet.

4) Det finns situationer då det ej är möjligt för systemet att avgöra vilken linje som skall målas och var detta skall ske. Då typen av linje ändras från t.ex. 1:2 till heldraget i ett starkt slitet område är det svårt för systemet att avgöra när denna växling skall ske utan stöd från en operatör. När enskilda eller några på varandra streck är helt nedslitna så utgör det inget problem så länge som linjetyper ej ändras. Så fort linjerna kan detekteras synkroniserar systemet med dessa igen.

5) I situationer där flera på varandra liggande linjer existerar är det svårt att avgöra vilken av dessa som skall följas. Se bild nedan. Här måste systemet antingen köras manuellt (nymålning) eller tillåtas gissa utifrån någon form av medelvärde.



Bild 5, Exempel på utmaningar för systemet

Uppskattad kostnadsbesparing/produktivitetsökning

Att beräkna kostnadsbesparingen kräver att vi har tillgång till data från vägmarkeringsentreprenörerna. Data som skulle behövas är antal timmar som körs med dubbelbemanning vidläggning av långsgående linjer för alla entreprenörerna. Detta släpper entreprenörerna dock inte ut och därför får vi göra en uppskattning utifrån kända data.

Det läggs idag i storleksordningen 16 900 km långsgående linjer per år i Sverige via Trafikverket. Det fördelas på 5 200 km färg och 11 700 km termoplast. Vi vet att vissa linjer, främst de som läggs med färg, redan idag läggs med en person i bilen. Även viss del av termoplast jobben är så enkla att de läggs med en person i bilen. Antag att all färg och 25% av termoplasten läggs med en man i bilen. Kvar blir 8 775 km som vi uppskattar idag läggs med dubbelbemanning i lastbilen (52% av det totala).

Trafikverket lägger årligen ca 250 MSEK på vägmarkeringar, varav ca 95% är för långsgående markeringar, dvs. 237,5 MSEK. En grov fördelning av kostnaderna inom vägmarkering är personal 20%, fordon 20% och material 60%. Detta innebär att den totala personalkostnaden står för ca 47,5 MSEK. Om 52% av kostnaden påverkas motsvaras detta av 24,7 MSEK. Vår ansats är att vi kan halvera personalkostnaden vilket då skulle innebära 12,35 MSEK i minskade kostnader per år, eller ca 5% av den totala årliga kostnaden. Hur denna besparing fördelas mellan entreprenörer respektive Trafikverket går inte att förutsäga. Till detta kommer övriga jobb som entreprenörerna gör för andra kunder än Trafikverket.

Sen tillkommer en mindre investeringskostnad för entreprenörerna för att köpa in och installera detta system.

Arbetsmiljönytta

Det finns också en arbetsmiljönytta genom att färre personer befinner sig ute i trafiken, utsätts färre för avgaser och inte heller för risken att hamna i en trafikolycka.

Slutsats

Förstudien visar att det är fullt möjligt att automatiskt styra läggningen av långsgående markeringar både i längdled och sidled med hjälp av ett visionsystem som identifierar och positionerar de tidigare lagda markeringarna. Yttre faktorer så som ljusförhållanden och typ av vägbeläggning påverkar visionsystemets förmåga kraftigt men kan hanteras på ett bra sätt vid en vidareutveckling av systemet till en färdig produkt.

Bildbehandling och analysfunktion har sådan god förmåga att man skulle kunna låta systemet kvalitetsbedöma de gamla vägmarkeringarna och därmed automatiskt bara "bättringsmåla" de markeringar eller delar av heldragna linjer som verkligen behöver nyläggas.

Det är inte möjligt att utveckla denna funktion som ett tillbehör till dagens intermittensboxar. Funktionen kräver en så nära integration med boxens övriga funktionalitet att en helt ny intermittensbox med ett nytt grafiskt användargränssnitt måste tas fram.

I det fall man strävar efter att lägga linjer helt automatiskt också när det gäller byte av linjetyp uppstår problem i de fall linjerna är mycket slitna och systemet misslyckas att läsa linjen. Detta kan lösas genom att systemet varnar för dessa situationer och operatören får manuellt göra skiftet. I framtiden kan detta lösas på ett annat sätt genom att använda GPS data och tillgång till databaser med information om vilken typ av linjer som ligger var. Det betyder att ett nyutvecklat system bör förberedas för en sådan funktion.

Arbetet med att vidareutveckla systemet till en riktig produkt skall inte underskattas även om ingen avancerad ny teknik krävs. Det kommer att krävas ett omfattande arbete för att specificera det nya systemet som täcker alla funktioner och användningssituationer. För att få ett robust, lättanvänt och tillförlitligt system krävs också mycket testning under verkliga förhållanden. Det betyder att omfattande testning måste göras på väg med systemet monterat på en riktig läggargbil.

Projektets leverabler

Projektet har resulterat i ett antal användbara leverabler för olika behov. Dessa är:

- Denna rapport
- Ett datorprogram "Longitud.exe" som simulerar funktionen av ett styrsystem, antingen helt i mjukvara eller i kombination med verklig kamera och odometer samt lysdioder som representerar öppning av klaffar samt deras sidoförflyttning. Longitud.exe hanterar bara enkla linjer i sitt nuvarande utförande men utökning till dubbla borde inte vara ett problem.
- Ett antal datafiler som visar hur Longitud.exe beter sig i olika simulerade och verkliga situationer.
- Ett antal videofiler som visar hur Longitud.exe beter sig i olika simulerade och verkliga situationer.
- En videofilm som presenterar information ur projektet.

Saker som inte varit leverabler i detta projekt är:

- Specifikationer på ett skarpt system
- Programvaran för ett skarpt system
- Hårdvara för ett skarpt system
- Projektplan för nästkommande fas
- Marknadsförande dokument

