

Accelerate 2

Publik rapport



Författare: Mattias Mellhorn, Alexander Seward, Adam Östgaard
Datum: 2019-07-21
Projekt inom Maskininläring för fordonsindustrin

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| Innehållsförteckning | 2 |
| 1 Sammanfattning | 3 |
| 2 Executive summary in English..... | 3 |
| 3 Bakgrund..... | 5 |
| 4 Syfte, metod och mål | 6 |
| 5 Mål, diskussion..... | 8 |
| 6 Resultat och måluppfyllelse | 11 |
| 7 Spridning och publicering | 12 |
| 7.1 Kunskaps- och resultatspridning | 12 |
| 7.2 Publikationer..... | 12 |
| 8 Slutsatser och fortsatt forskning | 12 |
| 9 Referenser..... | 13 |
| 10 Deltagande parter och kontaktpersoner..... | 14 |

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

Tillgång till högkvalitativ och tillförlitlig realtidsinformation med underliggande högupplöst grunddata i trafikledningssystem har visat sig bli en allt viktigare faktor i utvecklandet av moderna ITS-lösningar och konkurrenskraftiga transporttjänster. Detta omfattar förmåga att leverera attraktiva resenärsinformationssystem, ITS-mobilitetstjänster och effektiva ledningsstöd för operativ trafikledning. I Accelerate 2 adresseras förbättringar av underliggande statisk grunddata samt realtidsdata inom trafikledningssystem genom att applicera AI-baserade metoder. Stora nyttor kan erhållas om man skapar ett automatiskt tekniskt system som i realtid kan studera anonyma GPS-koordinater (från enheter ombord) och som med låg fördröjning (i molnet) kan identifiera vilken specifik buss och tur som varje anonym koordinatström härrör ifrån. Ett problem som kan lösas, som tydliggjorts genom samverkan med bussbolagsbranschen i projektet, är möjlighet att ta bort handhavandefel vid (föräres eller trafikledares) allokering av fysiskt fordon på rätt tur eller omlopp innan avgång. Denna möjlighet kan bibringa förutsättningar för att skapa en "svart låda" där föraren inte behöver interagera med systemet alls, och därmed eliminera handhavandefel. Vidare kan fler enheter användas för positionering, ex. resenärers eller föräres egna, för att öka täckning på AVL-data för fordon som saknar uppkoppling eller tillgänglighet på sådan data. Ytterligare kan tekniken användas för att verifiera att förare kör enligt trafikplan/rutt, eller som visat sig mycket användbart; detektera fel i trafikplan/grunddata. Även kraven på datafrekvens/uppkopplingskvalitet kan sänkas, då exempelvis positionsextrapolering kan tillämpas mellan datasamples, då körplanen är känd. I syfte att adressera dessa nyttor i framtida kommersiella system har i detta projekt utvecklats en AI-baserad matchningsteknik som med hjälp av känd a-priori data (statisk data; såsom vägnätsdata, körruttsdata, samt annan data från operatörers trafikplan) kan matcha virtuell fordonsidentitet mot erhållna GPS-dataströmmar i realtid. Projektet förväntas genom dessa förbättringar öka precisionen, trovärdigheten samt effektiviteten i kommande trafikledningssystem, till nytta för operatörer, transportköpare och resenärer. Likaså innebär detta besparingar i form av lägre kostnader och mindre handhavandefel. Scania som produktägare har koordinerat, kravställt och specificerat projektet som utgör ett tekniskt samarbetsprojekt med Veridict (produkt- och tjänsteföretag inom ICT och FKG-medlem). Utvecklingsarbetet utgår delvis från kunskap och kompetens genererad från bland annat projektet Accelerate 1 [1], realiserat inom BADA-programmet. Arbetet i Accelerate 2 har utförts med stöd från programmet Fordonsstrategisk Forskning och Innovation, FFI.

2 Executive summary in English

The availability of high-quality and reliable real-time raw data in traffic management systems have proven to be a crucial factor for modern ITS-solutions. Accelerate 2 focused on improving the raw data by applying Artificially Intelligence (AI) methods. Benefits could be achieved if automatic systems could analyse anonymized GPS coordinates with low latency and match which vehicle and/or route they originated from. The technology could be used to verify that the bus drives according to its schedule both time and route. If it is not according to plan deviations could be calculated and reported to the traffic management system and/or travellers. It could also be used for the reversed, to detect errors in the plan. The automation of the association task could help avoid be user-errors when associating vehicles to routes

either by the driver or by the traffic management operator. The automated matching would also make it easier to have more than one device reporting per vehicle and/or route. For example could the passengers' cell-phones be used as positioning devices for a bus. The goal for the project have therefor been to create a "black box" that could provide this information with very limited need for user-interaction.

In the project three different types of data been primarily used to facilitate the matching; 1. Vehicle Position (AVL, Automatic Vehicle Location), 2. Data about the travelers (APC, Automatic Passenger Counting), 3. Driving routes and timetables. The data types were selected based on potential for improvements with automatic methods and synergies that improving one of the have on the others.

After initial testing with generated data the algorithms were tested with real vehicles with known route but the route was not revealed to the Matching-AI. The Matching-algorithm's precision could then be tested by letting it predict the route of the vehicle and then compare the prediction to the route which the vehicle were reporting. Development were first conducted with open data from vehicles operated by Östgötatrafiken and Skånetrafiken. Tests were performed with good results on coordinate level.

| | |
|--------------------|---------|
| Correct matching: | 67 398 |
| Incorrect matching | 6 222 |
| No matching | 110 375 |

To have tests in more controlled environments tablets were installed in Scania's corporate MaaS-solution Scania Go in Södertälje which included approximately 30 vehicles. This allowed the project to access data from start to stop of the routes and even in the overnight depots. This gave such insights as that matching is hard to do for the first stretch of road out the depot since most vehicles have the same path there.

In order to get additional user feedback test together with a cruise line operator that buys transport to its cruise ships and a transport operator was conducted. These test were to show what information could be available and see what transport operators could use that information for. The test with cruise line operator was conducted with the aim to streamline information flow for the harbour to know which of the inbound buses that the cruise line should what for and which to leave if the buses were running late. Previously most of the communication in this flow had been done by phone-calls.

In the different cross-industry collaboration that have been conducted during the project the assumption have been that there is a demand for better quality and more available AVL-data. These assumptions have been confirmed by the collaboration partners.

The project have strength AI competence in Swedish automotive industry, both on high-level in how the technology could be used in the Transport System solutions and in-depth knowledge of the how to implement the technology in working software. Thereby have the project delivered on FFI's goals especially within the target areas of traffic Management Systems and usage of AI and Machine Learning.

The industry have a demand for better traffic management systems for route based traffic, with both fewer manual administrative tasks and enhanced information towards travellers/transport buyers. The traveller perspective will be further investigated in the project "Välkommen Ombord" (dnr 2018-03990). The Project partners see a potential in the transport

buyer perspective and work with how to use the information effectively and further potential to automate the information flow is worth investigating.

3 Bakgrund

Tillgång till högkvalitativ och tillförlitlig realtidsinformation i kombination med underliggande högupplöst spatial grunddata har visat sig bli en allt viktigare faktor i utvecklandet av moderna ITS-tjänster och konkurrenskraftiga trafikledningssystem. Detta omfattar förmåga att leverera attraktiva resenärsinformationssystem, nya ITS-mobilitetstjänster och MaaS, men inte minst effektiva ledningsstöd för operativ trafikledning. Resenärer med tillgång till realtidsinformation har visats spendera 15% mindre tid i väntan vid busshållplats än personer utan sådan information [2]. Flera studier visar också på hur sådan informationstillgång leder till bättre transporteffektivitet och ökat bussresande [3], [4] samt ökade biljettintäkter [5]. Även förtroendet för bussresande ökar, liksom att personer väljer att göra fler enskilda resor [6]. Utifrån ett trafikperspektiv, blir förmågan att hantera trafikstörningar och förseningar avsevärt högre om god överblick på trafikläget finns [7]. Likaså skapar detta möjligheter att applicera effektiva prognosalgoritmer för att kunna agera förebyggande för upprätthållande av optimalt flöde och tidhållighet i transportsystemen [8], [9]. Realtidsinformation omfattar uppdaterad och detaljerad information om avgångs- och ankomsttider, förseningar och uppkomna störningar, vilket möjliggör ett bättre beslutsunderlag för både trafikförvaltare och resenärer. För att kunna beräkna precisa ankomsttider, predicera förseningar samt erbjuda annat relevant stöd för reseplanering, krävs att bakomvarande trafikledningssystem har korrekt och uppdaterad information om trafiksituation. En ytterligare informationstyp, som blir allt viktigare, är kännedom om resebehov och resmönster [9], [10]. För att busstransportsystem skall kunna konkurrera med privatbilismen som idag genomgår en mycket snabb utveckling både avseende digitalisering och automatisering, krävs också att moderna bussystem kan ta hänsyn till och agera på aktuellt resbehov och även se fyllnadsgrad på fordonen i realtid [11]. Sådan s.k. APC-information (automatic passenger counting) involverar dels strategier för att avgöra fyllnadsgrad på själva fordonen, men också metoder för att avgöra hur många personer som väntar på respektive hållplats. Båda dessa är viktiga parametrar i trafikledning och för optimering och ledning av busstrafiken. Projektet förväntas bidra till och påskynda utvecklingen i flera initiativ inom Scania; inom utveckling av Hållbara mobilitetstjänster, inom utveckling av ledningsstöd, samt inom området autonoma persontransporter.

I införandet av autonoma/förarlösa bussfordon kommer behovsstyrda (on-demand) mobilitetstjänster spela en mycket viktig roll för den framtida transporteffektiviseringen. I dessa scenarier är tillgången till sådan kunskap om den omgivande fordonstrafiken, transportefterfrågan, samt transportkapacitet (genom fyllnadsgrad i fordonen) kritiska informationsfaktorer.

I detta projekt har vi undersökt dessa tre primära kategorier av information som är mest eftersatta på bussidan och där också störst förbättringar bedöms kunna ges med automatiska metoder. Vidare har projektet undersökt hur dessa kategorier är sammanlänkande och de synergistiska fördelar som kan skapas dem emellan. Informationskategorierna är 1; fordonspositioner, s.k. AVL-data (automatic vehicle location), 2; information om resenär, APC-data, samt 3; tillgång till exakta körrutter genom detaljerad geo-data för varje fordon.

Ett problem är att realtidssystem med AVL-data är dyra, speciellt när många fordon omfattas. Utöver hårdvarukostnader i fordonen, så innebär detta också höga nätverkskostnader för att kontinuerligt streama högfrekvent positionsdata från stora bussflottor över 3G/ 4G-nät. Nästa generations 5G-nät kommer visserligen kunna

erbjuda lägre nätlagens, dock väntas nätverkskostnaderna inte bli lägre. Som en konsekvens så är tillgången på god AVL-data låg i de flesta bussystem i västvärlden, och i många delar av världen helt obefintlig, åtminstone i sådan skala att det är användbart. I många fall där sådan data skapas, så skickas den med alltför låg frekvens eller görs otillgänglig då den inte delas mellan fordonsaktörer.

Helhetsbild av trafikläget krävs, dels över bussflottor som i princip alltid är multibrand / multi-OEM, men även multimodalt över trafikslag - det är inte tillräckligt att endast se en delmängd av fordonen, såsom sina egna, i trafiken.

Gällande körruttsdata i busstrafik så visar flera studier att kvaliteten på sådan geografisk grunddata är låg. För översikt av problem och lösningsansatser se [12], [13]. Genom jämförelser med GIS-vägnätsdata som idag har hög kvalitet från nationella vägdata (ex. NVDB) och internationella (ex. OSM), framgår att stora avvikelser föreligger, med rutter i trafikhuvudmäns digitala ruttdata. Detta bekräftas av det omfattande arbete med globala data som bedrivits i [1]. I takt med att nya krav uppstått på bättre kvalitet och precision på informationen i kollektivtrafiktjänster så skapas ytterligare krav på att underliggande data är av hög kvalitet. Tillgänglighet och kvalitet för annan statisk och dynamisk trafikdata är dock annars relativt hög, såsom tidtabellsinformation, GIS-data för hållplatser, störningsinformation, etc. Många öppna datainitiativ, exempelvis [14], har under senare tid bidragit till en positiv utveckling när det kommer till ökad tillgänglighet på befintliga data.

4 Syfte, metod och mål

Stora nyttor kan erhållas om man skapar ett automatiskt tekniskt system som i realtid kan studera anonyma GPS-koordinater (från enheter ombord) och som med låg fördröjning kan identifiera vilken specifik buss och tur som varje anonym koordinatström härrör ifrån.

Dels kan fler enheter användas, ex. resenärers, för att öka täckning på AVL-data för fordon som saknar uppkoppling eller tillgänglighet på sådan data. Dels kan tekniken användas för att verifiera att föraren kör enligt trafikplan/rutt, eller omvänt detektera fel i trafikplan/grunddata. Även kraven på datafrekvens/uppkopplingskvalitet sänkas, då exempelvis positionsextrapolering kan tillämpas mellan datasamples, då körplanen är känd. Ett ytterligare problem som kan lösas, som blev tydliggjord under projektet genom samverkan med busstransportbranschen, är möjlighet att ta bort handhavandefel vid (förarens) inloggning på rätt tur eller omlopp precis innan avgång. Detta skulle teoretiskt skapa förutsättningar för att skapa en "svart låda" där föraren inte behövde interagera med systemet alls, och därmed eliminera handhavandefel.

I syfte att kunna adressera dessa nyttor i framtida kommersiella system utvecklades i projektet en matchningsteknik som givet känd a-priori data (statisk data); såsom vägnätsdata, körruttsdata, samt annan känd data från operatörers trafikplan, kan matcha denna mot erhållna GPS-data. Systemet utvecklades i en första fas med öppna trafikdata som grund, dels från Östgötatrafiken och i ett senare skede även från Skånetrafiken. Indata för testning gjordes initialt med användardata från en utökad version av Veridicts öppna kollektivtrafiktjänst Traze, där appen utökats med positionsrapportering. I nästa fas, och i syfte att kunna ha data från varje turs början till slut, tillämpades positionsdata från installerade plattor i mobilitetstjänsten Scania GO i Södertälje. Tjänsten omfattade ett 30-tal fordon, som dagligen trafikerar ett begränsat område.

Genom att data från monterade mobilenheter kunde nyttjas, så erhöles bra data med full täckning över hela aktiva dygnet. Matchning-ALn utvecklades initialt med neurala nät (DNNer) som grund, efter att flera initiala tekniker provats. Allteftersom lärdom drogs av

hur matchningen fungerade och kunde förbättras, och i syfte att kunna anpassa systemet löpande, så implementerades en regelbaserad stokastisk version, som fungerade fullvärdigt, dock med högre flexibilitet. Genom att datapunkter användes vars fordonstillhörighet redan var känd (men som inte användes av matchningen) för att testa systemet så kunde precisionen verifieras med god exakthet. Hårdvaran var Android-plattor, vars GPS-hårdvara är motsvarande med normala smartphones. Vid utförandet av precisionstesterna rensades testdatan från all information som eventuellt skulle kunna knyta punkten till fordonet innan de matades in i systemet. Punkterna skickades en och en till systemet som efter varje punkt svarar med en potentiell matchning. Systemets matchning jämfördes sedan med den korrekta, från tidigare kända, ruttidentifieraren. Om värdena är ekvivalenta så anses matchningen vara rätt i den tidpunkten. Om mer än 80% av de behandlade koordinaterna är korrekt matchade för en enhet som skickat minst 10 koordinater så anses matchningen vara korrekt för resan. Testdatan som användes innehöll drygt 180 000 mätpunkter, tillhörande 246 individuella koordinatsekvenser, dvs koordinater som följer varandra och som kommer från samma enhet.

Matchning på koordinatnivå:

| | |
|---------------------|---------|
| Korrekt matchning: | 67 398 |
| Inkorrekt matchning | 6 222 |
| Ingen matchning | 110 375 |

Av de koordinater systemet matchade mot någon tur och fordon så var 91,5% av dessa matchade rätt. Den relativt stora andelen koordinater som inte matchades uppstår av att konfidensgraden var för låg för det fordon som ansågs ha högst sannolikhet (det finns alltid ett sådant). Denna false-accept/false-reject tröskel kan anpassas i systemet. En större andel av koordinater bör dock ignoreras, dels då flera datasamples är felaktiga (orsakade av GPS-fel/störningar, pågående GPS-kalibrering, etc.), men framförallt då datan innehåller en hel del s.k. kalkörningsdata, dvs. fordon som ej ännu påbörjat reguljär tur, eller fortsätter sända efter sista hållplats, under ex. tillbakakörning. Så länge merparten av koordinater per fordon matchas rätt kontinuerligt, så är det ingen nackdel att också irrelevanta koordinater ignoreras, och inte matchas mot något, utan snarare positivt.

Tittar vi på matchning på fordonsnivå och indelar deltagande bussturer i två kategorier, de som hade över 80% av samtliga datapunkter korrekt matchade (hög konfidens), samt de som hade under 80% korrekt matchade (låg konfidens), så ser utfallet ut enligt nedan:

Matchning på fordons/tur-nivå:

| | |
|--|-------------|
| Över 80% av data samples / tur korrekt matchade | 230 (93,5%) |
| Under 80% av data samples / tur korrekt matchade | 16 (6,5%) |

Matchning mot körrutt

Inkommande GPS-koordinater kommer sällan exakt på körbanan. Inte minst i urban miljö är avvikelserna uppenbara, och inte sällan kommer mätpunkter långt utanför vägen. Den design som valdes var att mjukvaran alltid applicerar en realtidskorrigering och flyttar in fordonen till den mest sannolika punkten i körfilen, så fort de har identifierats och exakt körrutt är känd. I detta steg har en "off-route-detektor" implementerats, så om avvikelsen vid någon tidpunkt är för stor, så tillåts avvikelsen

genom att korrigeringssteget till körfilen temporärt stängs av. Fordonet ritas fortfarande ut på kartan i trafikledningssystemet, men som ett "off-route-fordon" som inte är matchad mot någon tur. Återgår sedan fordonet tillbaka till planerade rutten så kan det matchas mot rätt tur igen. Genom att tillämpa ansatsen att forcera fordon geografiskt till statisk shapedata (med en tröskel), så ställs visserligen krav på att shapedata är korrekt, men positioneringen - även den interpolerade mellan datasamples - blir mycket god. För korrekt matchade fordon så var målet att modellens beräknade position, jämfört med faktisk position, i 80% av fallen hade en avvikelse om 30 sekunder eller lägre, som kvalitetsmått oberoende av fordonens hastighet. Detta mål uppnås med råge med antagen ansats, så länge shapedatan är precis, samt att frekvensen på GPS-koordinater inte avsevärt under den tillämpade. I samtliga tester låg samlingsfrekvensen på 1 Hz. I varje fall är behovet av kvalitativ shapedata viktig även i andra avseenden; inte minst för tillförlitlighet i förseningsberäkningar, som också blir helt fel om shapedata avviker från den faktiska körvägen. I upptakten till projektet såg vi även hur shapedata skulle kunna skapas från AVL-data. Utvecklingen i branschen är dock tydlig att sådan data skapas i allt högre takt, bland annat tack vare bättre GIS/kartdata tillsammans med bättre routingalgoritmer, och behovet av att skapa shapes direkt med GPS-sourcing blir mindre intressant. Däremot att tillämpa GPS-data för verifiering av att shapes är korrekta, bedöms som användbart även på sikt.

Industriell samverkan

Ett centralt syfte för projektet var att bedriva det under industriella förutsättningar så att avståndet för resultat till produktifiering inte skulle vara nämnvärt långt. Detta innebar dels att avsevärd del lagts på industriell samverkan mellan parterna, men också tidskrävande involvering med branschorganisationer inom busstransport. Likaså har de delsystem som utvecklats, även om de är att betrakta som prototyper, gjorts med integration mot produktfärdiga system, för att kunna testas under skarpa förutsättningar, samt ha kortare väg till produktifiering om sådan skulle göras senare. Det är också av hög vikt att kunna utvärdera och visa tekniken i ett större funktionssammanhang, där också krav från verkligheten gör sig gällande. I projektet har därför ett antal skarpa use-cases genomförts, där projektets frågor angripits från ett större trafikledningsspektiv. Utöver projektets parter Scania och Veridict har också ansevärd tid lagts in av Scantias transportbolag Transportlaboratorium, likaså av bussoperatören Björcks Buss. Dessa har bistått med värdefull input, men framförallt också deltagit i tester av system; både mjuk och hårdvara. Därtill har även stora synergier skapats mot Scania GO, och även mot projektet Hållbara Mobilitetstjänster i Södertälje. Under senare skedet av projektet genomfördes även tester med anslutningstrafik för färjetrafik, där även ett större nordiskt rederi involverades i projektet. Viktiga lärdomar av denna branschmedverkan är dels förståelse för olika funktioners värde och relevans, men också kunskap om vilka branschmässiga krav som faktiskt föreligger.

Inga forskningsmässiga artiklar har varit planerade, då projektet är tillämpat till sin natur, och det har istället fokuserat mycket på att utveckla fungerande tekniska lösningar och demonstrationer, som kommer att ligga till grund för fortsatt arbete. Demonstrationer kommer även att kunna visas efter projektets slut. En stor mängd källkod har producerats, med tillhörande dokumentation, liksom projektintern dokumentation för projektet, samt denna rapport. Därtill har flertalet workshops hållits i projektet, ett antal studiebesök hos bussbolag, gemensamma funktionstester tillsammans med bussbolag i skarp trafik, samt samverkan med trafikledare och bussförare.

5 Mål, diskussion

Projektet har framgångsrikt visat att antagna hypoteser håller. Den centrala frågan om det med automatiska metoder i realtid går att identifiera fordon i linjetrafik endast givet strömmar av GPS-koordinater, tillsammans med tillräcklig förinformation bör ses som besvarad. Den nivå och konfidens på matchningen som uppnås är fullt tillräcklig för att kunna komma flera applikationsområden till godo. I projektet har dessa applikationer utvärderats både teoretiskt och i skarpa tester i samverkan med transportaktörer i bussbranschen. En av utgångspunkterna till projektet var den relativa bristen på tillförlitlig trafikdata, och framförallt tillgång till högkvalitativ AVL-data. Genom projektet har vi bl.a. visat på möjligheterna med att använda en "anonym" GPS-enhet och automatiskt koppla denna till befintlig statisk data (i molnet) och på detta vis erhålla smart positionering, där turinformation blir känd på automatisk väg. Det faktum att denna enhet antingen kan bäras ombord av resenär (crowd-sourcing), av förare på morgonen innan första körpasset, eller förinstalleras som en "svart låda" i fordonet, öppnar upp för flera alternativ. Vilket alternativ som kommer vara mest framgångsrikt i framtiden kommer säkerligen att variera mellan olika regioner och operatörer, beroende på ett flertal faktorer. Men det faktum att det blir enklare även för operatörer att nyttja sådan här teknik tillsammans med massproducerad hårdvara, gör att vi sannolikt kommer att få se en accederad trend av positionsuppkopplade bussfordon i trafiken, med bättre transporttjänster som följd. I tillägg ser vi att matchning av resenärs enheter till fordon baserat på GPS-rörelsemönster kommer att kunna vara mycket användbart, även om positioner från dessa enheter inte används för systemmässig fordonspositionsbestämning i systemet. Endast genom att ha förmåga att identifiera vilket fordon en enhet befinner sig på så skapas möjligheter till flera resenärsrelaterade funktioner, exempelvis att automatisk förmedla fordonsspecifik trafikinformation till varje enskild mobiltelefon, dvs. automatiskt ge "onboard display i mobilen". Även mer avancerade tillämpningar som mobilbaserad stoppknapp, eller sensorlös e-biljettvisering skulle kunna införas.

Ett flertal svåra och även rent olösliga scenarier som förekommer i trafiksituationer har också identifierats. Ett sådant exempel är när två olika bussar avgår samtidigt från samma starthållplats, och som har samma körrutt under ett antal stationer i början av turen (för att sedan avvika från varandra senare). I dessa fall finns ingen möjlighet till diskriminans i början utifrån rörelsemönster, då GPS-signaturerna för de båda fordonen är ekvivalenta. Kompromisser för att lösa detta är antingen att prompta mänsklig intervention (antingen till trafikledare eller förare), alternativt att invänta att fordonen avviker från varandra geografiskt och då exponerar vilket som var vilket. Oavsett dessa specialfall, så bedöms det finnas stor nytta av att kunna ta bort belastning på förarna, som redan har en kognitivt belastad situation, speciellt innan omloppsstart, och där systeminteraktion utöver själva framförandet av fordonet bör minimeras trafiksäkerhetsskäl.

Ett annat intressant användningsområde, är tillämpning av tekniken i verifieringssyfte som har undersökts i projektet. Om systemmässig dedikering (dvs. inloggning) av ett visst fordon mot en specifik tur, göres av antingen förare eller av trafikledare, med möjlighet till att fel uppkommer, så är den andra sidan detektion av fel i grunddatan. Ett exempel kan vara en ändrad rutt (ex. pga. trafikarbete), men som inte avspeglats i systemet. I dessa fall kan tekniken detektera en avvikelse och meddela till trafikledare, som efter att ha bekräftat att fel finns i systemets data kan åtgärda detta. Detekteras och åtgärdas inte dessa typer av fel, så får det negativa konsekvenser. Trafikinformation till resenär och även förseningsberäkningar blir fel, då dessa baseras på en körrutt som inte gäller. Genom att systemet kontinuerligt analyserar alla uppdateringar av trafikplansdata (inkl. inställda körningar, extrainsatta bussar, etc) och korrelerar detta mot realtidsdata och indikerar misstänkta fel till trafikledare, så kan datakvalitetsgraden i

transportsystemet höjas och även bibehållas på en hög nivå. Detta i sin tur leder till mer tillförlitlig trafikinformation, och som en konsekvens mer nöjda kunder.

Vi har sett en tydlig efterfrågan från de branschaktörer vi samverkat med i projektet. Möjligheten att förenkla trafikledningssystem för linjeburen trafik, reducera manuellt arbete för både trafikledare och förare, samt förbättra informationen om ankomst och tidhållighet mot kunder/transportköpare, ses som angelägna utmaningar som projektets resultat ses kunna bidra till. En viktig slutsats under projektets gång var de nyttor tekniken kunde bibringa i ett TMS-system, där operatören själv installerat uppkopplad kostnadseffektiv GPS-hårdvara i fordonen. Dels genom reduktion av handhavandefel som tidigare nämnts, och genom möjlighet att detektera fel i den trafikplansdata som är inlagd i TMS-systemet. Detta gjorde att projektet bibehöll sitt fokus på tillämpning med mobila enheter, men med större fokus på hur tekniken skall kunna implementeras organiserat genom operatörernas försorg. Dock så gjordes inga förändringar som minskade möjligheterna att tillämpa resenärers enheter, då alla förutsättningar är de samma och ingen annan data än ren GPS-data nyttjades från de mobila enheterna. Projektet satte på förhand upp ett antal konkreta mätbara mål. Precision matchningsandel fordon. Detta mål är dels det centrala då det avgör tillämpligheten av tekniken som sådan, och därför det mest kritiska i projektet. De AI-baserade metoderna antogs, för att tekniken skulle ha tillräckligt högt nyttogörande, behöva uppnå en matchningsandel där minst 70% av avgångarna blev rätt klassade. Inget antagande gjordes om att korrekt facit skulle finnas, men att utfall från längre matchningssessioner (ej realtid) skulle kunna användas som referensdata. Dock visade det sig möjligt att i projektet nyttja data från mobila enheter i fordon där varje fordon faktiskt var känt, och därmed även den underliggande referensdatan, vilket ökade tillförlitligheten i utfallen av testerna avsevärt. Detta möjliggjordes dels genom tillämpning av GPS-data från mobila Android-enheter i Scantias transporttjänst Scania GO med dryga 30-talet fordon i skarp trafik. Ytterligare data som tillämpades i projektet inhämtades från det externa bussbolaget Björck buss som för projektet lät installera mobila enheter i ett antal av dess bussar, och som deltog under två olika faser. Under projektet tillgängliggjorde även två RKMer (Östgötatrafiken och Skånetrafiken) GPS-data för en stor del av sina fordon som kunde tillämpas i utvecklingssyfte. Denna kollektivdata användes dock inte för primära tester, framförallt då GPS-data samplats av annan typ hårdvara som inte kunde anses vara fullgott ekvivalent med mobila enheter. Den utvecklade tekniken visade på en matchningsandel överstigande 90%, väl över uppsatta mål. Ett ytterligare mål var att visa på möjligheten att skapa fullgoda shapedata (körrutter i GIS-format) i minst 65% av fallen. Dessa mål visade sig att kunna uppnås med den mjuk- och hårdvara som tillämpades i projektet, dock bedömdes applikationsnyttan vara större att istället med hjälp av tekniken kunna detektera fel i systemets trafikplan som viktigare än att kunna skapa data. Vidare sattes ett hastighetsoberoende mål för högsta tillåtna avvikelser för modellens positionering, där modellens beräknade position för korrekt matchade fordon aldrig skulle avvika från faktisk fordonposition med mer än 30 sekunders faktisk körtid. Detta mål sattes bl.a. för att inte tillåta för stora fördröjningar i mjukvarans analyshastighet, eller fel pga. för låg samplingshastighet. Detta mål kunde dock uppnås med god marginal, då algoritmerna aldrig införde några fördröjningar med mer än max 1-2 sekunder, samtidigt som en GPS-samplingsfrekvens med mobila enheter kunde ges på 1Hz eller högre. Projektet bedöms sammanfattningsvis som framgångsrikt och parterna har identifierat ett antal möjligheter till fortsatta gemensamma satsningar runt de resultat som projektet lett till.

6 Resultat och måluppfyllelse

Stark kompetenshöjning inom utveckling av teknik för realtids-sourcing och hantering av data från mobila enheter och fordon.

Kompetensuppbyggnad, ur både ett övergripande och ett fördjupande perspektiv, där nya kunskaper och insikter skapats inom området Traffic Management Systems med applicering av AI och maskininlärning.

Utveckling av en prototyp av programmodul som kan analysera stora mängder data och automatisk matcha dessa mot statistiska data. Resultat visar på mycket goda möjligheter att med fördel implementera framtagna lösningar i nästa generations trafikledningssystem.

Erfarenhet av praktiska tester under realistiska förhållanden.

Förbättrad förståelse för vilka utmaningar som bussbranschen har och på vilka sätt ny avancerad teknik kan öka produktivitet, minska stress och fel, samt förbättra överblick av trafikläge.

Projektet kompletterar dels andra projekt, dels förväntas projektet leda till vidare utöknings- och uppföljningsprojekt i en längre satsning på området med potential för nyrekryteringar både inom Scania och hos samarbetsaktörer inom industrin och akademien. På så sätt förväntas även forsknings- och innovationskapaciteten i Sverige ökas. Scania är ett MNE och Veridict är ett SME och underleverantör, vilket i sig bidrar till att nå två FFI mål; att främja medverkan av små och medelstora företag, samt främja medverkan av underleverantörer. Veridict är också medlem i Fordonskomponentgruppen, och därigenom stärks både samverkan mellan avtalsparter inom FFI, vilket är ett ytterligare mål.

I FFI:s beskrivning av den strategiska satsningen inom Machine Learning nämns den övergripande utmaningen att skapa kunskap och värde ur Big Data. Detta projekts mål är att skapa ny kunskap och värde ur flera typer av transportrelaterade data genom applikation av automatiska metoder.

Projektets resultat har relevans mot och kommer kunna samverka mot andra Scania-ledda FoU-projekt med hög relevans in mot FFI:s delprogram *Effektiva och uppkopplade transportsystem*.

Ett ytterligare mål för Scania är att förstå hur möjligheter inom smart kollektivtrafik kan bidra till att göra bussoperatörer mer hållbara och kollektivtrafik mer attraktiv för användaren, samt bygga kunskap hos busspartners i regionen inom relevanta teknikområden.

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 | |
| Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt | X | |
| Föras vidare till produktutvecklingsprojekt | X | Sannolikt |
| Introduceras på marknaden | | |
| Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut | | |

7.2 Publikationer

Primär extern projektpublikation utgörs av detta dokument. Då projektet är tillämpat till sin natur, och har fokuserat mycket på systemutveckling av fungerande tekniska lösningar och demonstrationer, samt branschmedverkan med transportaktörer. Framtagna demonstrationer kommer att ligga till grund för fortsatt arbete, och dessa kommer att kunna demonstreras för intresserade parter även utanför projektkonsortiet efter projektets slut. En stor mängd källkod har producerats, med tillhörande dokumentation, liksom intern dokumentation för projektet, i tillägg till denna rapport.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet Accelerate 2 har adresserat ett högaktuellt område runt realtidsanalys av data i trafikledningssystem med AI-baserade metoder. I projektet har ett koncept på hur automatisk identifiering av fordon kan göras med hjälp av GPS-data från ett större antal fordon i realtid, tillsammans med olika typer av a priori-känd data; såsom GIS och trafikplansdata.

Vi har sett en tydlig efterfrågan från de branschaktörer vi samverkat med i projektet. Möjligheten att förenkla trafikledningssystem för linjeburen trafik, reducera manuellt arbete för både trafikledare och förare, samt förbättra informationen om ankomst och tidhållighet mot kunder/transportköpare, ses som angelägna behov. Vidare har flera möjligheter att skapa nytta för slutanvändare/resenär identifierats. Arbete med ett resenärsrelaterat fokus riktat mot public transport-sektorn bedrivs vidare i ett projekt tillsammans med bl.a. svenska kollektivtrafikmyndigheter i projektet Välkommen Ombord (dnr. 2018-03990). Gällande fortsatt arbete med fokus på trafikledningssidan, så ser projektparterna stor potential att fortsätta detta arbete, i samverkan med transportoperatörer och transportbeställare, i ett potentiellt fortsättningsprojekt. Angränsande kontexter är även det driftsatta transporttjänsten Scania Go, där projektet ser stora möjligheter till nya förbättringar, och där flera funktioner från detta projekt skulle kunna förädlas vidare för att kunna integreras skarpt.

Tekniken som har utvecklats i projekt bör även ha potential utanför persontransporter. Att kunna få bort liknade handhavandefel från system för godslogistik vore intressant

att undersöka för att förstå potentialen och vilka specifika utmaningar som kommer med transport av gods istället för människor.

Som fortsättning på det arbete som har gjorts med operatörer av transportsystem vore det intressant att förstå hur informationen skulle kunna nyttjas på bästa möjliga sätt. T.ex. Om buss är 15 minuter sen till färjan vad kan de olika aktörerna göra med den informationen. Eller om det går att prediktera att 20 minuter innan ankomst att lastbilen kommer vara 10 minuter sen till lastkajen, vad kan de olika aktörerna göra då för bäst nyttja tiden och informationen.

De flesta av dessa förslag på fortsatt forskning ligger väl i linje med Drive Swedens strategiska innovationsprogram Innovationer för ett digitaliserat & automatiserat transportsystem för människor och gods.

9 Referenser

- [1] S. Persson, A. Seward, A. Lindström and A. Seward, "ACCELERATE - Massively Scalable Connected Vehicle Services for Transport Efficiency," Vinnova BADA, project no. 2015-04851 (In Swedish), 2016.
- [2] A. Watkins, B. Ferris, B. A. G. Rutherford and D. Layton, "Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders," *ELSEVIER Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 45, no. 8, pp. 839-848, 2011.
- [3] L. Tang and P. Thajuria, "Ridership effects of real-time bus information system: A case study in the City of Chicago," *ELSEVIER Transportation Research Part C*, no. 22, pp. 146-161, 2012.
- [4] A. Monzon, S. Hernandez and R. Cascajo, "Quality of Bus Services Performance Benefits of Real Time Passenger Information Systems," *Transport and Telecommunication*, 14(2), pp. 155-166, 2013.
- [5] C. Brakewood, G. Macfarlane and W. K., "The impact of real-time information on bus ridership in New York City," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 53, pp. 59-75, 2015.
- [6] B. Ferris, K. Watkins and B. A., "OneBusAway: Results from Providing Real-Time Arrival Information for Public Transit," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2010.
- [7] Bruglieri, Bruschi, Colorni, Luè, Nocerino and Rana, "A real-time information system for public transport in case of delays and service disruptions," in *Transportation Research Procedia* 10, 2015.
- [8] Y. Lin, X. Yang and L. Jia, "Real-Time Bus Arrival Time Prediction: Case Study for Jinan, China," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 11, no. 139, pp. 1133-1140, 2013.
- [9] D. Harris, D. Smith, O. C. and J. & Severinsen, "The role of real-time crowdsourced information and technology in supporting traveller information and network efficiency," NZ Transport Agency research report 593, 2016.
- [10] A. Nash, "How crowdsourcing can help public transport innovate successfully in an era of rapid change," in *Transportation Research Board 96th Annual Meeting*, Washington, DC, 2017.
- [11] M. Chaudhary, A. Bansal, Bansal, D., B. Raman, K. K. Ramakrishnan and N. Aggarwal, "Finding occupancy in buses using crowdsourced data from smartphones," in

Proceedings of the 17th International Conference on Distributed Computing and Networking, 2016.

- [12] F. Poletti, P. Bösch, F. Ciari and K. Achausen, "Public transit route mapping for large-scale multi-modal networks," ETH, Institute for Transport Planning and Systems, Zürich, 2016.
- [13] H. Bast, D. Delling, A. Goldberg, M. Müller-Hannemann, T. Pajor, S. P. W. D and W. R., "Route planning in transportation networks," in *Algorithm Engineering*, Springer International Publishing, 2016, pp. 19-80.
- [14] Forum för transportinnovation, "Kraftsamling Öppna Trafikdata - en målbild för Sverige," Vinnova. Diari 2016-03467, 2017.
- [15] M. Deepali, "Real-time Bus Tracking using Crowdsourcing," Thesis. Dep of Computer Science and Engineering, Indian Inst. of Technology, Mumbai, 2016.
- [16] Y. Jiang, H. Qiu, M. McCartney, G. Sukhatme, M. Gruteser, F. Bai, D. Grimm and R. Govindan, "CARLOC: Precisely Tracking Automobile Position," in *Proceedings of the 13th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, Seoul, 2015.
- [17] A. Jahangiri and H. Rakha, "Applying machine learning techniques to transportation mode recognition using mobile phone sensor data," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, no. 16.5, pp. 2406-2417, 2015.
- [18] H. Omrani, "Predicting Travel Mode of Individuals by Machine Learning," *Transportation Research Procedia*, vol. 10, pp. 840-849, 2015.
- [19] S. Chaudhary, T. Kaur, N. Aggarwal, R. B. D. Bansal and K. K. Ramakrishnan, "Bus boarding event detection using smartphone sensors," 2016.
- [20] X. Jiang, d. S. EN, A. Pesaranghader, B. Hu, S. DL and M. S, "TrajectoryNet: An Embedded GPS Trajectory Representation for Point-based Classification Using Recurrent Neural Networks," in *arXiv preprint arXiv:1705.02636*, 2017.
- [21] A. Bolbol, T. Cheng, I. Tsapakis and J. Haworth, "Inferring hybrid transportation modes from sparse GPS data using a moving window SVM classification," *ELSEVIER, Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 36, no. 6, pp. 526-537, 2012.

10 Deltagande parter och kontaktpersoner

Scania CV
Kontakt: Mattias Mellhorn

Veridict AB
Kontakt: Alexander Seward

