



Duurzame transportnetwerken en corridors

Meerwaarde en impact van teleoperatie in het wegvervoer

74

De potentiële meerwaarde en impact van teleoperatie op de logistieke keten is nog nauwelijks in kaart gebracht

Lauren Deckers, Thierry Verduijn, Bahman Madadi

HZ University of Applied Sciences

Samenvatting

Experts zijn van mening dat teleoperatie van trucks logistieke operaties zullen verbeteren en dat het de eerste stap is richting volledig autonoom transport. De potentiële meerwaarde en impact van teleoperatie op de logistieke keten is nog nauwelijks in kaart gebracht. In dit onderzoek verkennen we de technische, operationele, economische, sociale, veiligheids- en wettelijke vereisten voor de inzet van teleoperatie van trucks in logistieke ketens. Het onderzoek is uitgevoerd door middel van interviews met experts in teleoperatie-technologie en dienstverlening, wegbeheerders en logistieke dienstverleners. Tenslotte identificeren we vraagstukken voor verder onderzoek gericht op de toepassing van teleoperatie in de logistiek.

75

Inleiding

Connected and Automated Transport (CAT) zal naar verwachting een revolutie teweegbrengen in transport en logistiek door grote verbeteringen te bieden op het gebied van verkeersveiligheid, doorstroming van het verkeer, logistieke efficiency, comfort en vermindering van emissies. Connected and Automated Transport omvat alle technologieën en toepassingen gericht op de communicatie van een voertuig met de omgeving teneinde 1) het voertuig veilig, efficiënt en duurzaam door het verkeer te laten bewegen, 2) de infrastructuur optimaal te benutten en 3) de logistieke keten (door het digitaal delen van informatie) te stroomlijnen. Naast de verbetering van huidige processen, maakt CAT brengt ook nieuwe concepten mogelijk, zoals robo-taxi's, autodelen, truck platooning en volledig autonoom transport (Milakis et al, 2017). In dit artikel richten we ons op de automatisering van de rijtaken en de ontwikkeling naar autonoom transport.

Volgens de SAE-definitie van rijtaakautomatisering (SAE, 2018), vereist niveau 0 tot 2 dat de bestuurder te allen tijde de bestuurder is, niveau 3 vereist dat de bestuurder de controle overneemt in geval van storingen in het automatische rijstelsel, en niveau 4 staat geautomatiseerd rijden toe zonder menselijke controle in een veiliger gecontroleerde omgeving, mits de mens nog kan ingrijpen. Op niveau 5 wordt het voertuig in staat geacht zelfstandig zonder monitoring door een operator door het verkeer te rijden. Recente ontwikkelingen in voertuig- en communicatietechnologieën hebben autonoom transport mogelijk gemaakt in gecontroleerde omgevingen (bijvoorbeeld rijden op snelwegen onder normale weersomstandigheden of op een afgesloten containerterminal).

Echter, nog niet alle technologische uitdagingen, die het mogelijk moeten maken om connected and automated transport in alle rijdomeinen en onder alle omstandigheden toe te passen, zijn overwonnen. Empirisch onderzoek naar volledig geautomatiseerd rijden in de Verenigde Staten laat zien dat bestaande voertuigen niet in staat zijn om alle dynamische rijtaken betrouwbaar en foutloos uit te voeren onder alle omstandigheden, met name in complexe stedelijke omgevingen (Favaro et al., 2018; Boggs et al., 2019). Daarom zal voorlopig het waarborgen van de veiligheid in het verkeer toch nog de verantwoordelijkheid blijven van een chauffeur die in het voertuig aanwezig is. Bij personenauto's zal daarom stap voor stap het niveau van autonomie worden verhoogd omdat de chauffeur/passagier nog in de auto zit om in te grijpen. In de logistiek kan dat ook, maar transportbedrijven zullen pas echt voordelen realiseren als er op de inzet van de chauffeur kan worden bespaard.

Een tussenstap op weg naar autonome transport is het toepassen van teleoperatie. Teleoperatie (TO) is het concept waarbij de mens een systeem niet meer fysiek op locatie bedient, maar op afstand. Teleoperatie is in gebruik sinds de jaren 1940 en wordt al toegepast op verschillende gebieden, zoals ruimteverkenning, militaire operaties, mijnbouw, chirurgie en terminaloperaties (Lichiardopol, 2007; Chi et al, 2012). TeleOperated Driving (TOD) is het systeem waarin een voertuig wordt bestuurd door een mens via een communicatieverbinding vanuit een control room, de TOD-control room (Neumeier et al. (2018). Teleoperatie wordt niet expliciet genoemd in de niveaus van rijautomatisering van SAE, maar kan op alle niveaus van rijautomatisering worden toegepast. Op de lage niveaus heeft de TOD-operator continue de volledige controle over het voertuig en bestuurt hij het voertuig vanuit zijn TOD-control room. Op niveau 3 en 4 kan het voertuig grotendeels automatisch rijden waarbij de teleoperator op afstand mee kijkt en de controle overneemt in bijzonder complexe rijsituaties.

Het directe voordeel van TOD is dat een teleoperator alleen maar ingezet hoeft te worden voor en tijdens de besturing van het voertuig, in tegenstelling tot een chauffeur die ook bij een voertuig aanwezig is tijdens wachten, laden en lossen. Een TOD-operator kan als

een voertuig stilstaat digitaal overstappen naar een ander voertuig om die te besturen. Dat kan een flinke kostenbesparing opleveren. D'Oray et al. (2016) tonen via een analyse van een taxibedrijf in Portugal aan dat door het toepassen van TOD het aantal taxichauffeurs tot 27% kan worden vermindert. TO kan ook ingezet worden bij platooning van personenauto's en vrachtwagens (Boban et al. (2018). TOD kan een oplossing bieden voor de dreigende chauffeurs. Niet alleen zijn er met TOD minder chauffeurs nodig, ook de arbeidsomstandigheden voor chauffeurs worden verbeterd. TOD-operators hebben feitelijk een kantoorbaan (ook al zijn het wisselende tijden) en kunnen na een dienst van 8 a 9 uur weer gemakkelijk naar huis (International Transport Forum, 2017; STL, 2019; VDAB, 2019)

Onder welke voorwaarden TOD in een logistieke setting kan worden toegepast en werkelijk meerwaarde biedt is nauwelijks onderzocht. De doelstelling van het 5G Blueprint project, dat wordt ondersteund door het Horizon 2020 programma van de Europese Commissie, is om end-to-end teleoperated transportoplossingen die wordt ondersteund door 5G te ontwerpen, te implementeren en te valideren in grensoverschrijdende pilots. In dit paper presenteren we de resultaten van een eerste verkenning naar de meerwaarde en randvoorwaarden voor het toepassen van TOD in logistieke ketens in het wegvervoer en de binnenvaart. In het onderzoek is een uitgebreide analyse gemaakt voor het wegvervoer. Vervolgens is verkend of deze randvoorwaarden en meerwaarde ook van toepassing zijn voor de binnenvaart. De Europese Commissie en aanbieders van 5G-diensten willen dit inzicht graag hebben om tot komen tot een generieke aanpak, technologie en 5G-netwerken voor de gehele transportsector.

77

Methodologie

Om de mogelijkheden van TOD in de logistiek te verkennen is een proces van data-verzameling, analyse en validatie met vier rondes opgezet:

- Ronde 1: Interviews voor het inventariseren van de randvoorwaarden voor teleoperated driving
- Om een eerste overzicht van de randvoorwaarden voor het toepassen van TOD te kunnen opstellen, hebben we 13 interviews gehouden met belanghebbenden op het gebied van teleoperatie die momenteel deelnemen aan pilots voor teleoperated weg- en binnenvaartvervoer binnen het 5G Blueprint-project (<https://www.5gblueprint.eu/>). Deze selectie van respondenten hebben we gekozen om de randvoorwaarden in beeld te krijgen die voortkomen uit het ecosysteem van teleoperatie dat toepassingen in de logistiek mogelijk moet maken. Daarbij gaat het om factoren die noodzakelijk zijn voor TOD en niet binnen het bereik van de logistieke liggen. Deze factoren kunnen bepalend zijn voor het moment waarop de ontwikkeling en adoptie van TOD in de logistieke sector werkelijk van start kan gaan. De interviews zijn gehouden met

aanbieders van systemen voor teleoperatie, wegkantsystemen, logistieke software en telecommunicatiediensten en met wegbeheerders, terminals en vervoerders. Systemen voor teleoperatie bestaan uit (1) de systemen die ingebouwd worden in het voertuig (telecommunicatie, sensoren, camera's en actuatoren), (2) de teleoperation controlroom waarin de teleoperator de informatie uit het voertuig gepresenteerd krijgt en het voertuig bestuurt en (3) software die de gegevens uit de sensoren verzameld en omzet in bruikbare informatie, zoals snelheidsadviezen, waarschuwingen, locatietrackers, etc.

- Ronde 2: Valideren van de randvoorwaarden van teleoperated driving. De analyse van deze eerste ronde leidt tot een overzicht van randvoorwaarden voor het toepassen van TOD. Dit overzicht is voorgelegd aan en geverifieerd door de leden van het 5G-consortium tijdens een workshop. Op basis van de gecombineerde resultaten van de interviews en de workshop is het overzicht van randvoorwaarden voor toepassing van TOD vastgesteld.
- Ronde 3: Interviews voor het identificeren en overnemen van de taken van chauffeurs. Om teleoperation in de logistiek te kunnen toepassen moeten alle taken die nu door chauffeurs worden uitgevoerd kunnen worden, hetzij door de teleoperator hetzij op een andere manier. In ronde 3 is de eerste stap om vast te stellen welke taken door een chauffeur onderweg worden uitgevoerd. Hiervoor zijn interviews gehouden met de consortiumleden uit de logistieke sector: twee terminals en een transportbedrijf. Nadat is vastgesteld voor welke taken van een chauffeur alternatief moeten worden ingevuld is in stap 2 via bronnenonderzoek verkend welke mogelijkheden daarvoor bestaan of in ontwikkeling zijn.
- Ronde 4: Workshop voor de taken en verantwoordelijkheden van de (support) teleoperator. Een van de oplossingen die is benoemd is stap 3 is het benoemen van een support teleoperator die de communicatie met ketenpartijen (warehouses, opdrachtgevers) voor zijn rekening neemt zodat de teleoperator alle aandacht heeft op het besturen van het voertuig. In een afsluitende workshop is het uitvoeren van een rit door een teleoperator uitgewerkt om vast te stellen welke taken door de teleoperator kunnen worden uitgevoerd en welke taken door een support teleoperator kunnen worden opgepakt. Alle activiteiten die een teleoperator uitvoert en de interactie die de teleoperator heeft met zijn omgeving zijn vastgelegd in een activity flowchart (zie 5G Blueprint, 2021).

78

Tabel 1 geeft een overzicht van het aantal geraadpleegde respondenten per categorie.

Tabel 1 respondenten

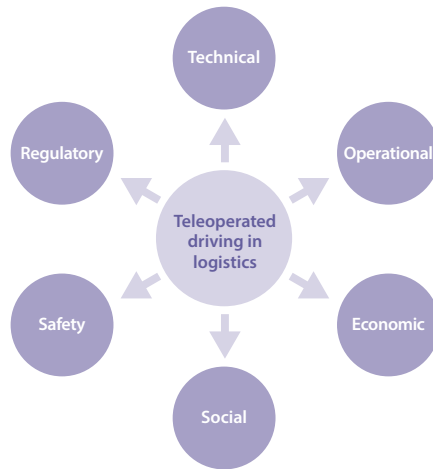
	Ronde 1	Ronde 2	Ronde 3	Ronde 4
	Interviews randvoorwaarden	workshop randvoorwaarden	Interviews taken van de chauffeur	Workshop taken van de teleoperator
Technologie aanbieders	4	5		1
Software aanbieders	5	6		1
Telecommunicatie aanbieders	0	2		1
Logistieke bedrijven	3	3	3	1
Research/Kennisinstituten	1	5		2
Overheid	0	3		
TOTAL	13	24	3	6

Randvoorwaarden voor teleoperated driving in het wegvervoer

Op basis van de interviews en de workshop (ronde 1 en 2) zijn vijf categorieën randvoorwaarden geïdentificeerd: technische, operationele, economische, sociale, veiligheids- en wettelijke randvoorwaarden (Figuur 1).

Technische randvoorwaarden

Teleoperatie verwijst naar een systeem waarbij een mens een robot op afstand bestuurd (Neumeier et al., 2018, Gnatzig et al., 2018). Elk op afstand bediend systeem bestaat uit drie hoofdelementen; de robot, de teleoperatie-interface of wel control room en de communicatieverbinding Winfield (2000). De robot, het voertuig in het geval van TOD, integreert mechanische en elektronische componenten. De verwachting van de geïnterviewden is dat de teleoperation control room zal bestaan uit meerdere displays met zicht op de voertuigomgeving en een dashboard met belangrijke meetgegevens. De interface wordt gevoed door informatie die wordt verzameld door de lidar- en radarsensoren, camera's en ingebouwde processors van het voertuig. Als een van deze hardwarecomponenten uitvalt, is de verzamelde informatie onvolledig en is het niet langer veilig om het voertuig op de weg te houden. Het voertuig zal zichzelf in de failsafe-procedure op een veilig locatie langs de weg moeten parkeren. De vraag is wat er moet gebeuren als noch het voertuig zelf, noch de teleoperator een failsafe-procedure kan starten vanwege uitval van belangrijke apparatuur.



Figuur 1 Randvoorwaarden voor teleoperated driving in de logistiek (5G Blueprint, 2021)

80

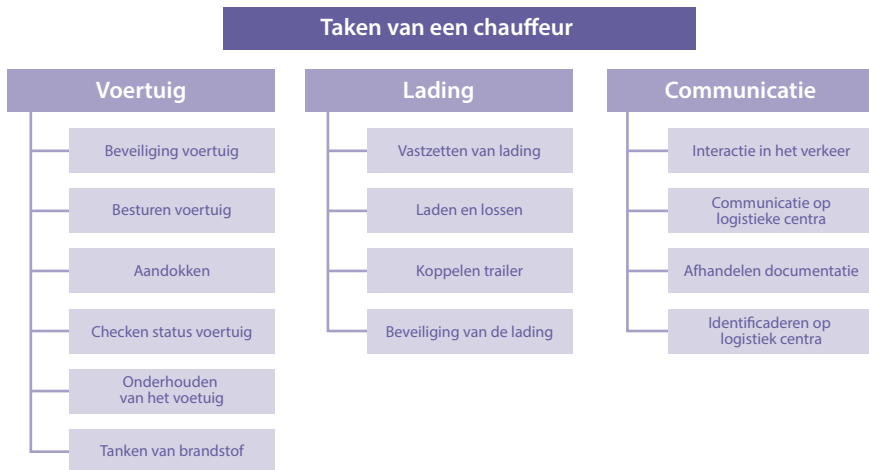
Omdat een teleoperator het voertuig te alle tijden moet kunnen bedienen is een continue, gegarandeerde communicatieverbinding met het voertuig essentieel. De communicatieverbinding voor TOD vereist (1) een stabiel netwerk en dekking, zelfs in afgelegen gebieden, (2) lage latency zodat in kritieke situaties het voertuig en operator direct en zonder vertraging op elkaar reageren, en (3) hoge bandbreedte om een grote hoeveelheid gegevens tegelijkertijd te kunnen verzenden, ook in grensoverschrijdende situaties. Zelfs met de ontwikkeling van 5G moet nog worden gevalideerd of dit haalbaar (Sauter, 2017). Tijdens de interviews zijn zorgen geuit over de mogelijkheden voor volledige inzet van teleoperations bij opschaling: zal de verbinding sterk genoeg blijven, zelfs als duizenden teleoperated vrachtwagens, schepen en andere voertuigen vertrouwen op 5G binnen een gebied?

Operationele eisen

Om de operationele implicaties voor TOD in de logistiek te begrijpen, is een basiskennis van de taken van een vrachtwagenchauffeur nodig. Naast het feitelijk rijden vallen ook andere activiteiten onder primaire taken van de chauffeur (zie in figuur 2). De taken en verantwoordelijkheden van de chauffeur vallen uiteen in drie categorieën:

1. Voertuig; Vrachtwagenchauffeurs zijn in de eerste plaats verantwoordelijk voor hun vrachtwagen en trailer of aanhanger. Voor rusten en parkeren kiezen ze een veilige parkeerplaats. Ze koppelen en ontkoppelen aanhangers en controleren of alle draden en slangen zijn aangesloten. Ze checken of de banden veilig zijn, of de lichten werken.

- Onderweg tankt een chauffeur de truck wanneer nodig, zorgt ervoor dat de truck en laadruimte worden vergrendeld tijdens het rijden en op parkeerplaatsen.
2. Lading; De chauffeur is tijdens het transport verantwoordelijk voor de lading. Hij moet ervoor zorgen dat de lading veilig, onbeschadigd en in overeenstemming met de documentatie op plaats van bestemming komt. Belangrijk is dat de lading goed wordt geladen en vastgezet zodat de lading niet gaat bewegen en het voertuig stabiel blijft tijdens het rijden. Afhankelijk van de goederen en de laad/losplaats wordt van sommigen verwacht dat ze de lading zelf laden en lossen of een trailer aan- of afkoppelen.
 3. Communicatie; Tijdens het rijden communiceert de chauffeur met andere weggebruikers, vooral in afwijkende verkeerssituaties. Met handgebaren kan een chauffeur voorrang geven, bevestigen dat hij een verzoek van een andere weggebruiker heeft begrepen of zijn intenties aangeven. speelt een rol in het verkeer. In toenemende mate moet de chauffeur zich identificeren in verband met veiligheidsmaatregelen op logistieke centra om toegang te krijgen tot het terrein. Op logistieke centra communiceert een chauffeur met de chauffeursbalie om zich aan te melden en informatie te krijgen waar en wanneer hij kan laden of lossen. Ook stemt de chauffeur de documentatie (o.a. CMR) af op de locatie van laden en lossen.



Figuur 2 Taken van een vrachtwagenchauffeur

Met de systemen voor teleoperatie zal een teleoperator de rijtaak van de chauffeur kunnen overnemen, maar voor de overige taken zal ook oplossing gerealiseerd moeten worden. Volgens de geïnterviewden zal een aantal taken gedigitaliseerd of geautomatiseerd kunnen worden, maar voor andere taken (zie paragraaf 4) zal voorlopig blijft menselijke samenwerking tussen voertuig en vrachtafhandeling een noodzaak.

Overeenstemming met alle betrokken partijen over hun respectieve rollen en verantwoordelijkheden is essentieel.

Zodra het proces ter plaatse duidelijk is, zullen goede servicelevel agreements moeten worden gesloten met het teleoperatiecentrum. Zo kan op (los)laadlocaties, wanneer een vrachtwagen op zijn slot wacht, de teleoperator overschakelen naar een ander voertuig, waardoor de vrachtwagen stilstaat. Wanneer het magazijn klaar is om te laden, heeft de vrachtwagen onmiddellijke hulp nodig om naar het laadperron te gaan. Elke vertraging veroorzaakt belemmering of inefficiëntie in het laadproces. Voor grensoverschrijdende langeafstandstrajecten is een 24 uursservice nodig om het voertuig dag en nacht in beweging te houden om de veiligheid van vrachtwagen en lading te garanderen. Om aan deze voorwaarden te voldoen, vinden de geïnterviewden dat een gecentraliseerd controlecentrum voor teleoperaties het aanbevolen bedrijfsmodel zou zijn. Het hebben van een grote pool van teleoperators die verschillende diensten kunnen uitvoeren en die elkaar kunnen ondersteunen tijdens pauzes of in geval van nood, zal het best mogelijke serviceniveau bieden. Om de teleoperators tijdig aan een voertuig toe te wijzen, is het van cruciaal belang om een goed geautomatiseerd planningsysteem te installeren in direct contact met de voertuigen en laadlocaties.

82

Economische randvoorwaarden

Het spreekt van zelf dat een positieve business case voor logistiek dienstverleners een voorwaarde is om teleoperatie toe te passen in de logistiek. De kostenstructuur en het businessmodel van transport verandert op vier punten als TOD wordt toegepast.

1. Verandering in de vaste en variabele kosten; De vaste kosten voor het aanschaffen en exploiteren van een voertuig zullen stijgen door de investeringen in hardware en software voor de teleoperation kit in het voertuig en de control room. In de variabele kosten worden de loonkosten van een chauffeur vervangen door de loonkosten van de teleoperator. Het is nog onduidelijk of de loonkosten van een teleoperator hoger of lager zullen zijn dan loonkosten van een chauffeur. De functie van de teleoperator zal naar verwachting behoorlijk uitdagend worden omdat hij meerdere beeldschermen moet controleren en een enorme hoeveelheid visuele, auditieve en misschien zelfs trillingsinformatie zal ontvangen. Beter inzicht in de vereiste competenties en opleiding en omstandigheden waarin de dagelijkse activiteiten worden uitgevoerd zal nodig zijn

om het salaris van een teleoperator te bepalen. De kosten voor een teleoperator met verhoogde complexiteit in een hightech kantooromgeving moeten worden vergeleken met die van een chauffeur wiens baan misschien minder complex is, maar waarvoor ook een onkostenvergoeding voor onderweg en overuren betaald moeten worden.

2. Inzet van de teleoperator; Het belangrijkste verschil in de kostenstructuur ontstaat door de manier waarop de teleoperator wordt ingezet. Een teleoperator kan effectiever ingezet worden dan een chauffeur. In de tijden die een chauffeur doorbrengt in de rij bij de incheckbalie, wachtend op en tijdens het laden en lossen, kan een teleoperator toegewezen worden aan een ander voertuig. In logistieke ketens met lange wacht-, laad- en lostijden en korte ritten (bijvoorbeeld binnenlandse ritten) zal het voordeel groter zijn dan in internationale ritten waarbij het besturen van de truck de voornaamste activiteit van de chauffeur is. De verhouding tussen het aantal operators dat wordt ingezet om een vloot van voertuigen te besturen is een belangrijke indicator in de business case voor TOD in de logistiek (5G Blueprint, 2021).
3. Verschuiving van kosten: De derde verandering in de kostenstructuur ontstaat door het digitaliseren, automatiseren en overdragen van de taken van de chauffeur. Een deel van de investeringen en kosten voor deze oplossingen komt voor rekening van supply chain partners en zullen verrekend moeten worden in een nieuwe businessmodel voor teleoperated driving. Daarbij moet gedacht worden aan de kosten van inzet van medewerkers van verladings- en ontvangers die het laden en lossen overnemen, kosten van de (digitale) infrastructuur op de laadlocatie voor monitoren van het laad/losproces door de teleoperator (bijvoorbeeld camera's voor container- en ladingidentificatie, etc.) en communicatie over de laad-losdocks en andere aanwijzingen aan de teleoperator.
4. Toename van communicatiekosten; De vierde verandering betreft de communicatiekosten. Een voertuig staat tijdens het rijden continu in verbinding met de teleoperation control room. De kosten voor connectiviteit zullen ten opzichte van de huidige situatie flink toenemen. Als de logistieke sector ook in afgelegen, minder bevolkte gebieden TOD willen toepassen zullen telecommunicatie-aanbieders ook daar moeten investeren in betrouwbare connectiviteit en deze moeten meenemen in hun business case.

Maatschappelijke en sociale randvoorwaarden

De experts identificeren drie maatschappelijke en sociale randvoorwaarden voor de acceptatie van TOD-systemen in logistieke operaties. De eerste is de randvoorwaarde is acceptatie van de veranderingen in de werkgelegenheid van chauffeurs. In invoering TOD-systemen leidt tot een vermindering van het aantal arbeidsplaatsen van traditionele chauffeurs en mogelijk verlies van baan voor chauffeurs die de overstap naar teleoperator niet willen accepteren als hun werkgever die overstap maakt. Dit kan leiden tot ontevredenheid en negatieve reacties van chauffeurs en vakbonden. Ondanks het feit dat er onvoldoende chauffeurs gevonden kunnen worden om het werk te doen zullen

de vakbonden vasthouden aan deze arbeidsplaatsen. De tweede randvoorwaarde is de acceptatie van de nieuwe werkprocessen door medewerkers in de logistieke keten. Sommige interacties met chauffeurs worden omgezet in digitale interacties of interacties via teleaanwezigheid. De derde belangrijke voorwaarde is de acceptie door andere weggebruikers. Andere weggebruikers zullen moeten wennen aan een truck waarin zij geen chauffeur zien zitten en toch moeten vertrouwen dat de truck zich veilig in het verkeer zal bewegen. Bekend is dat ongevallen waar TOD voertuigen betrokken zijn, of ze nu de veroorzaker zijn of niet, een belangrijke factor zijn in het gevoel van veiligheid van medeweggebruikers en de acceptatie van TOD.

Veiligheidseisen

Om een basisveiligheidsniveau te garanderen, stelden de geïnterviewden dat een zekere mate van autonomie van het teleoperated voertuig niet kan worden vermeden. Door manoeuvres voor het vermijden van botsingen te programmeren, kan het voertuig autonoom reageren in noodsituaties, zoals een onmiddellijk risico op een botsing of verlies van verbinding met de teleoperator. Alleen deze manoeuvres dragen al bij aan de verkeersveiligheid, maar er werden meer kansen genoemd. Bijvoorbeeld het vooruitzicht om de menselijke reactietijd uit de vergelijking te halen en daarmee de remweg te verkleinen. Bovendien kan het programmeren van bepaalde beperkingen in de TOD-systemen, zoals maximumsnelheid, dodehoekwaarschuwingen of manoeuvreeromstandigheden, de kans op ongevallen door menselijke fouten of rijvoorkeuren beperken. Aan de andere kant kan interactie met andere verkeersdeelnemers in het begin moeilijk zijn door het ontbreken van oogcontact en tot miscommunicatie leiden. Er zullen alternatieve manieren van communicatie moeten worden ontwikkeld om onverwacht menselijk gedrag te voorkomen en de openbare veiligheid te garanderen.

Wettelijke en juridische randvoorwaarden

Volgens de experts moet er een wettelijk en juridisch kader worden vastgesteld waarin de minimumnormen voor TOD worden vastgelegd. Dit moet veiligheidseisen omvatten, zoals het autonoom kunnen uitvoeren van manoeuvres met een minimaal risico of een noodprocedure die bepaalt hoe het voertuig door lokale sleepdiensten naar een veilige locatie moet worden geleid. In deze veiligheidsnormen zullen de technische en functionele eisen aan het voertuig, de teleoperatie-kit (sensoren, camera's, software) en de communicatieverbinding worden vastgelegd. Net als voor chauffeurs zullen de arbeidsomstandigheden en -voorwaarden voor de teleoperator moeten worden gedefinieerd, inclusief vereiste opleiding en rijbewijs, werktijden en pauzes, functieniveau en salaris. De grootste zorg van de geïnterviewden had betrekking op het wettelijk en juridisch kader voor aansprakelijkheid bij grensoverschrijdende operaties en bij het verschuiven van taken en verantwoordelijkheden tussen partijen in de keten. Om TOD breed in de logistieke sector te kunnen toepassen zal dit wettelijk en juridisch kader

door verzekeringsmaatschappijen moeten worden omgezet in nieuwe polissen voor teleoperated logistiek.

Nadere analyse van de operationele veranderingen

In de vorige paragraaf hebben we vastgesteld dat er voor het toepassen van TOD operationele veranderingen nodig zijn omdat een teleoperator niet alle taken van chauffeur kan overnemen (figuur 2). In deze paragraaf analyseren we deze eisen verder en stellen mogelijke oplossingen voor om elk van de bovengenoemde taken opnieuw in te vullen. Er zijn vijf categorieën oplossingen geïdentificeerd om de taken van chauffeurs onder te brengen wanneer wordt overgestapt op TOD. De taken kunnen worden ingevuld met (1) een teleoperator en het teleoperated voertuig, (2) digitalisering, (3) automatisering, (4) een support teleoperator, en (5) overdracht van fysieke taken naar andere logistieke partijen. Tabel 2 geeft een overzicht van alle verantwoordelijkheden en herverdelingsmogelijkheden.

Teleoperator en teleoperated voertuig

De teleoperator en het teleoperated voertuig nemen de rijtaakgerelateerde taken van de chauffeur over. Het is duidelijk dat de rijtaak zal worden uitgevoerd door de teleoperator. Wanneer toch fysieke toegang tot het voertuig vereist is, kan het voertuig om identificatie vragen via een vingerafdrukscanner (voor bevoegd personeel) of een barcodescanner (te genereren via een applicatie). Veel bestaande autodeeldiensten bieden al de mogelijkheid om voertuigen te ontgrendelen via mobiele applicaties. Dit zou de veiligheid van de toegang tot het voertuig garanderen. Een ander voorbeeld is authenticatie door de teleoperator met een gebruikersnaam en wachtwoord voordat verbinding wordt gemaakt met het voertuig via de teleoperatie-interface. Ook zouden regelmatige controles van het voertuig, die momenteel door de chauffeur worden uitgevoerd, kunnen worden gedaan door sensoren op voertuigen te installeren (bijvoorbeeld om te controleren of de container is aangesloten en vergrendeld, bandenspanning en brandstof-/batterijniveau). Meer voorbeelden van dergelijke taken vindt u onder automatisering en digitalisering.

85

Digitalisering

Om teleoperatie mogelijk te maken, is digitalisering van alle transportdocumentatie een basisvoorwaarde. De eerste stappen zijn gezet met de komst van de e-CMR, een elektronische versie van de vrachtbrief. Naar verwachting wordt dit in 2026 in Europa verplicht, wat papierloos transport binnen de EU mogelijk maakt. Douanedocumentatie is door de globalisering al grotendeels gedigitaliseerd. Communicatie over laad- en loslocaties is een ander voorbeeld dat eenvoudig kan worden gedigitaliseerd met toepassingen die toegankelijk zijn voor de teleoperator. Ook de communicatie met

weginfrastructuur en andere verkeersdeelnemers moet worden gedigitaliseerd. Tot slot kunnen verschillende soorten identificatie die nodig zijn voor toegang tot een terrein of tot een voertuig zonder menselijke tussenkomst met combinaties van automatiserings- en digitaliseringsoplossingen worden gerealiseerd, zoals personeelsauthenticatie, vergrendelen en ontgrendelen van het voertuig, en fysieke en externe toegang tot het voertuig, allemaal via mobiele en computertoepassingen.

Automatisering

Automatisering (of robotisering) betekent dat de menselijke handeling volledig wordt overgenomen door een systeem. Zo kan het aandokken een volledig geautomatiseerd proces worden waarbij de vrachtwagen de deuren automatisch kan openen en sluiten en de truck zichzelf al achteruitrijdend aan een dok kan parkeren zonder menselijke hulp. Op afstand bedienbare, hydraulische trailerdeuren zijn in ontwikkeling (Google Patent, 2010). Tanken is een andere taak die volledig geautomatiseerd kan worden. Op dit moment wordt er aan gerobotiseerd brandstoftanksystemen voor personenauto's en mijnbouwtrucks gewerkt (Transport Operator 2021). Ook het aan- en afkoppelen van trailers kan volledig geautomatiseerd worden. Deze dienst is op sommige plaatsen al commercieel beschikbaar (Rotec, 2021).

86

Teleoperatie support operator

Zoals de naam al doet vermoeden, ondersteunt de teleoperator support operator, de teleoperator bij het afhandelen van een deel van de verantwoordelijkheden van de chauffeur. De functie is verantwoordelijk voor alle taken die een chauffeur normaliter uitvoert waarbij het voertuig niet wordt bestuurd, mits deze taken op afstand kunnen worden uitgevoerd. Dit zijn veelal administratieve en communicatieve taken waarvoor niet de specifieke skills nodig zijn van een teleoperator, zoals het afstemmen van documenten voor de goederen, het vragen van instructies voor parkeren op een locatie en het vinden van het juiste laaddok. De teleoperatie support operator kan gezien worden als de werkvoorbereider van de teleoperator en zal dus ook direct contact hebben met de teleoperator.

Overdracht van fysieke taken

Hoewel veel chauffeursactiviteiten met de bovengenoemde oplossingen kunnen worden overgenomen, is het niet mogelijk om handmatige taken van de chauffeur binnen de logistieke operaties volledig uit te voeren, althans in de nabije toekomst. Het uitbesteden van deze taken aan andere actoren binnen de logistieke sector is een logische oplossing om teleoperatie mogelijk te maken. Voor laden en lossen ligt het voor de hand

liggende om de taak toe te wijzen aan personeel op de betreffende laad- en loslocaties. Een ander voorbeeld is het vastzetten en zekeren van lading, dat misschien te specifiek is om te automatiseren. Daarom kan het zijn dat een lokale operator nodig is, hetzij in dienst van de laadlocatie, hetzij toegewezen door het transportbedrijf. Daarnaast biedt teleoperatie mogelijkheden voor nieuwe diensten zoals gespecialiseerde parkeerplaatsen, onderhoudsbedrijven en containerreinigingsdienstverleners die zonder aanwezigheid van een chauffeur hun werk doen. De belangrijkste voorwaarde om deze dienstverlening mogelijk te maken zijn afspraken over het niveau van dienstverlening, kosten en aansprakelijkheid. Immers, ook al wordt een vrachtwagen door de verlader geladen, de vervoerder accepteert met de CMR wel de verantwoordelijkheid voor de lading en moet er dan ook vanuit kunnen gaan dat de juiste lading is onbeschadigd is geladen en dat de lading goed is gezeurd. Als vervoerders deze risico's te groot vinden moeten ze of zelf personeel op de laadlocatie aanwezig hebben of de juridische voorwaarden die nu gehanteerd worden in de sector moeten worden gewijzigd.

Tabel 2 Het onderbrengen van de taken van een chauffeur bij teleoperatie.

	Taken chauffeur	Verschuiven taken optie 1	Verschuiven taken optie 2
Voertuig	Veiligheid/Diefstal	TO-voertuig	TO-support operator
	Rijden	TO-operator	TO-support operator
	Dokken	Automatisering	TO support operator met lokale operators
	Voertuig checks	TO-voertuig (sensing)	TO-voertuig parking operator
	Onderhoud	TO-voertuig parking operator	Onderhoudsbedrijf
	Tanken/Opladen	Automatisering	TO support operator met lokale operators
Lading	Vastzetten/Sjorren	Automatiseren	Lokale operator
	Laden en Lossen	Automatiseren	Lokale operator
	(Ont) koppelen	Automatiseren	Lokale operator
	Tank cleaning	Automatiseren	Locatie operator
Communicatie	Verkeers	TO-voertuig	TO-support operator
	Load locatie	Digitalisering	TO-support operator
	Identificatie	Digitalisering	TO-support operator
	Documentatie	Digitalisering	TO-support operator

Conclusies

De technologie op het gebied van teleoperatie en autonoom rijden ontwikkelt zich snel. De geïnterviewde bedrijven en autoriteiten zijn op zoek naar meer duidelijkheid, informatie en inspiratie om het concept van TOD in de logistiek in de praktijk te kunnen brengen. Dit verkennende onderzoek geeft aan dat er behoefte is aan verder onderzoek naar en analyse van elk van de genoemde randvoorwaarden voor een effectieve inzet van TOD-systemen en hun implicaties voor logistieke operaties. We identificeren vier gebieden voor verder onderzoek voor de inzet van TOD in de logistiek.

Overdracht van verantwoordelijkheden van de chauffeurs- en logistieke

De meeste activiteiten en verantwoordelijkheden van huidige chauffeurs kunnen in principe worden overgenomen door een teleoperator, automatisering of digitalisering onder de verantwoordelijkheid van de vervoerder, maar sommige activiteiten zullen door verladers of nieuwe vormen van logistieke dienstverlening moeten worden geconfigureerd en uitgevoerd omdat het niet mogelijk is voor een vervoerder om dit taken zelf kosteneffectief te vervullen omdat er geen eigen medewerker ter plaatse is om verantwoordelijkheid te nemen. De belangrijkste activiteiten zijn laden/lossen, controle en overdracht van de lading en het vastzetten van lading ter voorkomen van schade en onveilige situaties tijdens het transport. Logistiek dienstverleners die rijden tussen vaste trajecten en goede relaties hebben met verladers en ontvangers kunnen veel onderling regelen, maar er is onderzoek nodig om te bepalen welke afspraken en normen er in de logistieke sector moeten worden vastgelegd om transportbedrijven te faciliteren om overal lading te laden en te lossen. Er moet echter worden onderzocht hoe de wettelijke aansprakelijkheid tussen de vervoerder, verlader en eventueel een derde partij contractueel geregeld kan worden binnen het CMR of INCOTERMS.

Verfijning van de business case van teleoperated rijden in de logistiek

Een van de belangrijkste voordelen van teleoperatie is de mogelijkheid om een bestuurder op een ander voertuig in te zetten zodra een voertuig tot stilstand komt. Een groep teleoperators kan een wagenpark ondersteunen dat groter is dan het aantal operators. De teleoperator/voertuig-verhouding geeft inzicht in welk percentage van de benodigde traditionele chauffeurs voldoende zou zijn om het wagenpark met teleoperators te besturen. Deze verhouding is de beslissende factor in de business case van teleoperated logistiek. De besparingen zijn sterk afhankelijk van de reispatronen, wachttijden en de duur van laden en lossen binnen een operatie in een logistiek marktsegment. Onderwerpen voor verder onderzoek zijn de ontwikkeling van ritplanningsalgoritmen en de inzet van teleoperators om de voordelen te maximaliseren en om te bepalen in welke logistieke marktsegmenten voordelen kunnen worden gerealiseerd, rekening houdend met de kosten van faciliteiten die nodig zijn voor herverdeling van de chauffeurstaken. De businesscases kunnen de scenario's definiëren waarin teleoperated wegvervoer financieel haalbaar is

(bijvoorbeeld vlootomvang, reisafstand, reistijd). Dit zal het meest geschikte businessmodel voor het TOD-concept bepalen.

Nieuwe bedrijfsmodellen ter ondersteuning van TOD

Teleoperator- en voertuigservice op aanvraag zou een efficiënte uitbesteding van bepaalde activiteiten mogelijk maken zonder grote investeringen in voertuigen en activa. Het zou een gedeelde dienst voor de logistieke sector kunnen worden en de ontwikkeling van gecentraliseerde teleoperatiecentra mogelijk maken. Op grotere schaal zouden deze centra op strategische locaties in de wereld kunnen worden gevestigd, waardoor 24/7 operaties mogelijk zijn zonder nachtdiensten, maar gewoon door gebruik te maken van verschillende tijdzones. Op lokaal niveau zouden terminals, magazijnen en distributiecentra kunnen kiezen voor een volledig teleoperated terminal, waar toegewijde teleoperators kunnen worden opgeleid om gemakkelijk tussen machines te schakelen. Verder onderzoek kan kansen voor nieuwe functionaliteiten van TOD in de logistieke sector identificeren en verkennen.

Impact op logistieke netwerken

Door de mogelijkheid van 24 uurvervoer door teleoperatordiensten kan het vervoer worden losgekoppeld van de reguliere werktijden van chauffeurs die onderweg moeten rusten. Dit zou de piekuren aan het begin en het einde van de dag kunnen verminderen en in- en uitgaande stromen gelijkmatiger kunnen spreiden. Het elimineren van rusttijden voor chauffeurs kan de transittijden verkorten en de vlootcapaciteit van het transportbedrijf optimaliseren. Door geavanceerde digitalisering van transport kunnen verladings- en ontvangers zich voorbereiden op de inkomende voertuigen en hun activiteiten vooraf plannen. Productie kan worden aangepast aan het tijdstip waarop de goederen worden verwacht en de voorbereiding op de uitgaande stroom kan worden gestart door een teleoperated voertuig stand-by te zetten voor het laden aan het einde van de productielijn, waardoor tussentijdse opslag overbodig wordt. Toekomstig onderzoek kan zich richten op de mogelijkheden voor herstructurering van supplychains.

De belangrijkste hindernis die niet kan worden genegeerd, is de noodzaak van een goed wettelijk kader waarin veiligheidseisen en aansprakelijkheidsvoorwaarden worden vastgelegd. Net als bij rijtaakondersteunende systemen in de auto is van belang om duidelijk te hebben wie er aansprakelijk is bij het niet-functioneren van systemen. Wanneer aansprakelijkheidsregels zijn vastgesteld, verwachten we dat OEM's kort daarna zullen volgen om verschillende soorten teleoperatieapparatuur op de markt te brengen.

Erkenning

Dit werk werd uitgevoerd met de steun van het 5G-Blueprint-project, gefinancierd door de Europese Commissie via het Horizon2020-programma onder overeenkomst nr. 952189. De geuite meningen zijn die van de auteurs en vertegenwoordigen niet noodzakelijk de mening en visie van het project. De Commissie is niet aansprakelijk voor enig gebruik dat kan worden gemaakt van de in dit artikel opgenomen informatie.

Literatuur

- 5G Blueprint project (2021), D3.1 Business case for teleoperated road and barge transport. HZ University of Applied Science, Vlissingen.
- Bhoopalam, A.K., N. Agatz, and R. Zuidwijk (2018), "Planning of truck platoons: A literature review and directions for future research," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 107, pp. 212–228, doi: 10.1016/j.trb.2017.10.016.
- Boban, M., A. Kousaridas, K. Manolakis, J. Eichinger, and W. Xu (2018), "Connected Roads of the future," *IEEE Vehicular technology magazin*, no. September, pp. 110–123.
- Boggs, A.M., R. Arvin, and A. J. Khattak (2019), "Exploring the who, what, when, where, and why of automated vehicle disengagements," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 136, July, p. 105406, 2020, doi: 10.1016/j.aap.2019.105406.
- Chi, H.L., Y. C. Chen, S. C. Kang, and S. H. Hsieh (2012) "Development of user interface for teleoperated cranes," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 26, no. 3, pp. 641–652, doi: 10.1016/j.aei.2012.05.001.
- D'Orey, P.M., A. Hosseini, J. Azevedo, F. Diermeyer, M. Ferreira, and M. Lienkamp (2016), "Hail-a-Drone: Enabling teleoperated taxi fleets," in *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 774–781, doi: 10.1109/IVS.2016.7535475.
- Favarò, F., S. Eurich, and N. Nader (2018), "Autonomous vehicles' disengagements: Trends, triggers, and regulatory limitations," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 110, pp. 136–148, doi: 10.1016/j.aap.2017.11.001.
- Gnatzig, S., F. Chucholowski, T. Tang, and M. Lienkamp (2013), "A system design for teleoperated road vehicles," in *Proceedings of the 10th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, pp. 231–238, doi: 10.5220/0004475802310238.
- Google Patent (2010), Hydraulic open-close device for truck trunk door, <https://patents.google.com/patent/CN201895606U/en>, geraadpleegd 2 oktober 2021
- International Transport Forum (2007) "Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport," 2017. Lichiardopol, S., "A survey on Teleoperation," Eindhoven.
- Milakis, B., B. van Arem, and B. van Wee (2017), "Policy and society related implications of automated driving : a review of literature and directions for future research," *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 2450, no. February, doi: 10.1080/15472450.2017.1291351.

Neumeier, S., N. Gay, C. Dannheim, and C. Facchi (2018) "On the Way to Autonomous Vehicles Teleoperated Driving," in *Automotive meets Electronics; 9th GMM-Symposium*, pp. 49–54.

pers/openstaandeopleidingsplaatsen-voor-vrachtwagenchauffeur.

Rotec (2021), *Robotic fuelling for passenger cars*, <https://rotec-engineering.nl/robotic-fuelling-systems/robotic-fuelling-station-for-passenger-cars>, geraadpleegd op 2 oktober 2021

SAE International (2018), "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.

Sauter, M. (2017), *From GSM to LTEAdvanced Pro and 5G: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband*. WILEY.

STL (2019), "Sector institute Transport & Logistics" <https://www.stlwerkt.nl/Media/media/Corporate/Over-ons/Sectormonitor-transport-en-logistiek-2019-Q2.pdf>.

Transport Operator (2021, Jost unveils automatic coupling solution, 13 april 2021 <http://transportoperator.co.uk/2021/04/13/jost-unveils-automatic-coupling-solution>, geraadpleegd 2 oktober 2021.

VDAB (2019), "Vlaamse Dienst voor Arbeids Bemiddeling," <https://www.vdab.be/nieuws/>

Winfield, A. F. T. (2000), "Future Directions in Teleoperated Robotics," *Telerobotic applications*, [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.144.6045&>