

Samenvatting proefschrift
Self-Organizing Logistics: Towards a Unifying Framework for Automated Transport Systems
door Berry Gerrits

“Het mooiste overkomt je, het minste is bedacht.”
- Freek de Jonge

Van centraal-aangestuurde systemen naar decentrale systemen

Om toekomstbestendige en robuuste logistieke systemen te ontwikkelen is de trend om centraal-aangestuurde systemen te vervangen door decentrale ‘intelligente’ systemen. Dergelijke systemen kunnen zelf-organiserend gedrag vertonen zodat er minder of geen supervisie benodigd is: *het werkt vanzelf*.

Waarom deze trend?

Deze trend wordt gemotiveerd door de toenemende complexiteit van wereldwijde uitdagingen, zoals heterogene markten met hoge vraagfluctuatie, korte levenscycli van producten met een groot aantal productvarianties, en toenemende druk op logistieke systemen door groeiende behoeftes van klanten, zoals korte levertijden, hoge leverbetrouwbaarheid en flexibiliteit in leveringen. Tegelijk streven logistieke dienstverleners naar een hoog gebruik van hun middelen, robuuste en aanpasbare logistieke processen en de mogelijkheid om snel en effectief te reageren op veranderingen in de markt.

Het aanpakken van deze uitdagingen wordt niet alleen gemotiveerd door het optimaliseren van logistieke processen om te overleven in een competitieve markt. Het is ook belangrijk om een bijdrage te leveren aan het welzijn van de mens door het nastreven van mondiale duurzaamheidsdoelen, zoals CO₂-vermindering, verantwoorde consumptie en productie en het tegengaan van klimaatverandering.

Naar decentrale, slimme en autonome systemen

De transitie naar decentrale systemen maakt het mogelijk dat alledaagse middelen ‘slim’ worden. Door delegeren van bepaalde beslissingen naar deze middelen, zorgen we ervoor dat deze (volledig) *autonoom* worden. Door samenwerking tussen slimme middelen, kan het systeem in staat zijn om ‘zichzelf te organiseren’. Dat wil zeggen, zonder externe of centrale controle en wellicht zelfs zonder een referentiekader over de einddoelen van het systeem. Zulke zelf-organiserende systemen bestaan uit slimme, autonome middelen, elk met eigen doelstellingen.

Focus van het onderzoek

In dit onderzoek focussen we op autonome en zelfrijdende transportsystemen. Zie de figuur hieronder Automatisch rijden (zonder chauffeur) van A naar B is een interessante ontwikkeling, maar het wordt echt interessant als de voertuigen ook autonome beslissingen kunnen nemen om zo het logistieke proces aan te sturen en te optimaliseren. In dit proefschrift onderzoeken we hoe we logistieke systemen kunnen ontwerpen die zelforganiserend gedrag kunnen vertonen.



Voorbeelden van autonome transportsystemen in verschillende sectoren

Karakterisering van zelforganiserende logistiek

In het eerste deel van dit proefschrift, karakteriseren we zelforganiserende logistiek middels vijftien elementen, verdeeld over vier groepen (systemarchitectuur, samenwerking, autonomie, en eigenschappen). We zijn één van de eerste auteurs die het begrip zelforganiserende logistiek holistisch weten te definiëren en karakteriseren.

Praktische casussen die zijn onderzocht

De rest van het proefschrift gaat over praktische casussen van zelfrijdend vervoer in combinatie met zelforganiserende logistiek.

- Zo ontwerpen we een agent-gebaseerd planningssysteem voor **zelfrijdende rangeervoertuigen bij distributiecentra**. We laten zien hoe een centraal besturingssysteem gedecomposeerd kan worden in intelligente en autonome agenten. Door het delegeren van beslissingen naar deze agenten, bereiken we een bepaalde mate van zelforganisatie van de zelfrijdende voertuigen.
- We bestuderen we een logistieke toepassing in het **melkveebedrijf** door schoonmaakrobots aan te sturen. We maken een transitie van non-coöperatieve naar coöperatieve robots door ze in verschillende configuraties samen de stal schoon te laten maken. Met simulatie bestuderen we de impact van deze coöperatieve teams.
- We onderzoeken een **containerterminal** en bestuderen middels simulatie hoe de transitie van een volledig manueel systeem naar een mix van manueel en zelfrijdend vervoer kan worden vormgegeven. Via dynamische routing en dynamisch plannen door de semiautonome voertuigen op de terminal, bereiken we een bepaalde mate van zelforganisatie van deze vloot.
- We onderzoeken het planningsproces van *truck platooning*, een **semiautonom konvooi van vrachtwagens** op de openbare weg. We ontwikkelen een decentraal, agent-gebaseerd matchmaking systeem om konvoeien van vrachtwagens te vormen. We onderzoeken het formeren van konvoeien zowel vlak vóór vertrek op een parkeerplaats in de Rotterdamse haven, als tijdens het rijden op de ring van Rotterdam. We bestuderen ook de mogelijkheid om konvoeien te vormen van vrachtwagens van verschillende merken en wat voor invloed dit heeft op het aantal konvoeien.
- Als laatste bestuderen we een **pakketbezorgingsdienst** in woonwijken waar de bestelbus niet langer is toegestaan in de kleine straten van de wijk. Het doel is om congestie en overlast te verminderen. In plaats daarvan heeft de chauffeur meerdere drones en robots ter beschikking om te helpen met de bezorging. We presenteren een synchronisatie-aanpak om de verschillende bezorgmogelijkheden op elkaar af te stemmen. Met behulp van simulatie tonen we aan wat de impact is van deze semiautonome en coöperatieve manier van pakketbezorging.

Raamwerk en conclusie

Tot slot brengen we alle inzichten samen. We presenteren een tweedimensionaal raamwerk voor zelforganiserende logistiek.

We beargumenteren dat zelforganiserende logistiek een samenspel is van autonomie en coöperativiteit. Aan de hand van deze twee dimensies positioneren we de besproken casussen alsmede een deel van de relevante literatuur. We presenteren we een set met richtlijnen om zelforganiserende logistieke systemen te ontwerpen. We maken onderscheid tussen verschillende kenmerken van het logistieke systeem, waaronder het aantal deelnemers, of het een open of gesloten systeem is, en of het vervoer zich op een gesloten terrein afspeelt, op een gedeeld terrein, of op de openbare weg. Voor elke combinatie van deze kenmerken, presenteren we een richtlijn over hoe de vijftien karakteristieken van zelforganiserende logistiek er uit zouden moeten zien. Daarnaast spreken we onze verwachting uit voor de hoeveelheid autonomie, de hoeveelheid coöperativiteit, en de resulterende mate van zelforganisatie per combinatie van kenmerken.

Downloaden van het proefschrift

Het proefschrift is te downloaden via: <https://research.utwente.nl/en/publications/self-organizing-logistics-towards-a-unifying-framework-for-automa>