

Samenvatting van het proefschrift

Sequential Auctions for Full Truckload Allocation

Martijn Mes

Nieuwe methoden voor flexibele planning en besturing van transportnetwerken zijn vereist om te kunnen inspelen op de huidige trends in de logistieke sector. Een belangrijke trend is de toenemende belangstelling voor online planning en besturing. In het bijzonder de ontwikkelingen in de informatie- en communicatietechnologie (Internet en Global Positioning Systems) bieden vrachtvervoerders de mogelijkheid beter te plannen en online beslissingen te nemen. Ook de opkomst van elektronische marktplaatsen voor het uitwisselen van vracht en laadruimte biedt vervoerders en verladers nieuwe mogelijkheden.

In het licht van bovenstaande ontwikkelingen richten we ons in dit proefschrift op online planning en besturing van transportnetwerken. Beslissingen omvatten het toewijzen van transportopdrachten aan voertuigen, de precieze planning van deze opdrachten (in welke volgorde ze worden uitgevoerd) en keuzes ten aanzien van lege voertuigen (wachten, hoe lang en waar). We richten ons specifiek op het gebruik van online veilingmechanismen voor de toewijzing van FTL ladingen (full truckload) aan voertuigen.

We maken een onderscheid tussen zogenaamde open en gesloten omgevingen. In een open omgeving hebben we te maken met meerdere spelers, verladers en vervoerders. De verladers doen aanbestedingen voor transport via een elektronische veiling en vervoerders bieden op deze aanbestedingen. In een open omgeving zijn we voornamelijk geïnteresseerd in de winst van een individuele speler. We bestuderen de winstgevendheid van verschillende strategieën van een enkel voertuig en vergelijken deze met de gemiddelde winst van de andere spelers. In een gesloten omgeving hebben we te maken met een beperkt aantal spelers die op een bepaalde manier met elkaar verbonden zijn. Voorbeelden van een gesloten omgeving zijn (1) een fabriek die interne transportopdrachten toewijst aan AGVs (automatic guided vehicles), (2) verladers met hun eigen wagenpark en (3) een samenwerkingsverband van verladers. In een gesloten omgeving is het in principe mogelijk alle spelers centraal aan te sturen. In dit proefschrift beargumenteren we echter dat ook een gesloten omgeving baat kan hebben bij een op veilingmechanismen gebaseerde besturing. We zijn dan niet langer primair geïnteresseerd in de opbrengsten van individuele spelers, maar hebben juist het doel te komen tot een efficiënte toewijzing van orders aan voertuigen, ofwel de minimalisatie van de totale logistieke kosten (zoals het leegrijden) en maximalisatie van de leverbetrouwbaarheid.

Voor de planning en besturing van gesloten omgevingen worden traditioneel wiskundige optimalisatiemethoden gebruikt die centrale planningsopstellingen voor de activiteiten van alle spelers in het systeem. Deze methoden zijn echter minder geschikt voor een dynamische en onzekere omgeving waarin de voor de planning benodigde informatie geleidelijk bekend wordt. Ook kunnen centrale methoden gevoelig zijn voor kleine veranderingen: een kleine verandering in informatie kan een grote impact hebben op de planningsopstellingen van alle voertuigen. Tenslotte, de rekentijden van dergelijke methoden kunnen een adequate reactie bij onverwachte zaken als

storingen in de weg staan. Een nieuwe ontwikkeling in de ICT die zeer geschikt lijkt voor dergelijke planningsituaties, is het gebruik van een zogenaamd multi-agent systeem (MAS). Een dergelijk systeem bestaat uit een groep intelligente en autonome softwareprogramma's (de agenten) die met elkaar onderhandelen om individuele en globale doelen te behalen. Vaak worden er veilingmechanismen gebruikt voor de communicatie tussen de agenten. Deze aanpak lijkt een veelbelovende oplossing voor de besturing van complexe netwerken. De kracht ligt hierbij vooral in flexibiliteit, betrouwbaarheid en aanpassingsvermogen. Echter, het is nog niet duidelijk of deze aanpak ook tot lagere logistieke kosten leidt, vooral in vergelijking met meer centrale besturingen.

Een belangrijk element van de transportproblemen die in dit proefschrift aan de orde komen, is de dimensie tijd. Transportopdrachten komen sequentieel binnen terwijl de voertuigen onderweg zijn. Gevolg hiervan is dat beslissingen met betrekking tot de toewijzing en planning van opdrachten gebaseerd worden op onvolledige informatie. Dit, in combinatie met het gebruik van een online veiling, zorgt ervoor dat zowel de verladers als de vervoerders voor moeilijke beslissingen staan met betrekking tot het beprijsen en de planning van transport. Deze beslissingen hebben een direct effect op de winstgevendheid van de spelers en de totale logistieke kosten. Het is dan ook belangrijk om in de beslissingen rekening te houden met toekomstige gebeurtenissen, bijvoorbeeld door gebruik van statistische methoden.

De potentie van multi-agent systemen, in combinatie met de complexe maar veelbelovende mogelijkheden van het nemen van online beslissingen, hebben geleid tot het volgende onderzoeksdoel:

Het analyseren van de mate waarin en de wijze waarop multi-agent systemen gebruikt kunnen worden voor de operationele online planning en besturing van transportnetwerken. Verder, het ontwikkelen van intelligente en anticiperende strategieën voor spelers in sequentiële veilingen voor aanbesteding van transportopdrachten en het analyseren van de prestaties van deze strategieën in termen van individuele opbrengsten als ook de totale logistieke kosten.

Om dit doel te bereiken, hebben we een aantal meer specifieke doelen opgesteld. Elk van deze doelen is uitgewerkt in een apart hoofdstuk. Hieronder geven we een korte samenvatting van elk van deze hoofdstukken weer.

In hoofdstuk 3 maken we een vergelijking tussen een decentrale besturing gebaseerd op een multi-agent systeem en meer traditionele centrale besturingen. We gebruiken hiervoor een proefproject over een ondergronds logistiek systeem (OLS) bij Luchthaven Schiphol. Voor dit project zijn eerder een aantal besturingsmethoden en een simulatieomgeving ontwikkeld. Het gaat hier om hiërarchische methoden die enigszins anticiperen op toekomstige gebeurtenissen. We gebruiken de simulatieomgeving om onze multi-agent aanpak te vergelijken met een tweetal hiërarchische besturingen. We concluderen dat de prestaties van een goed ontworpen multi-agent systeem vergelijkbaar of soms zelfs beter zijn dan die van de hiërarchische methoden. Specifiek leidt de multi-agent benadering tot minder lege kilometers en is deze meer robuust in de zin dat de leverbetrouwbaarheid minder gevoelig is voor fluctuaties in de vraag.

In hoofdstuk 4 geven we inzicht in de ontwerpbeslissingen van een multi-agent systeem voor transportplanning. De belangrijkste beslissingen zijn: (1) het benoemen van de agenten, (2) de taken en verantwoordelijkheden van elk van deze agenten en (3) de manier waarop de agenten met elkaar communiceren. Deze beslissingen worden ondersteund door MAS ontwerpmethodieken. We laten zien dat kwalitatieve richtlijnen voor MAS ontwerp onvoldoende ondersteuning bieden om te komen tot een weloverwogen keuze voor de beste MAS architectuur. We stellen daarom voor om de bestaande MAS ontwerpmethodieken uit te breiden met simulatie.

We illustreren deze werkwijze aan de hand van een case study in een industriële bakkerij. Hier bekijken we de besturing van automatisch geleide voertuigen die worden gebruikt voor het transporteren van ingrediënten in het deegbereidingsproces. We evalueren meerdere agent architecturen met behulp van simulatie. We concluderen dat er geen eenduidige beste architectuur bestaat: elke architectuur heeft zijn voors en tegens afhankelijk van het aantal te produceren degen per uur. Een mogelijke aanpak is dan ook om de architectuur dynamisch aan te passen aan veranderingen in de fabriek. We sluiten het hoofdstuk af met een beschouwing van de mogelijk bredere toepassing van deze inzichten in de praktijk.

In hoofdstuk 5 bekijken we een online transportprobleem waarbij transportopdrachten in sequentiële veilingen aan meerdere concurrerende vervoerders worden aangeboden. Doel van dit hoofdstuk is het ontwikkelen van methoden voor online planning en beprijzing van transport, waarbij rekening moet worden gehouden met toekomstige opdrachten.

We kiezen voor een decentrale aanpak waarbij voertuigagenten verantwoordelijk zijn voor de planning en besturing van hun voertuig. Bij de beslissingen die voertuigen moeten nemen, wordt niet alleen rekening gehouden met de directe consequenties van het uitvoeren van een nieuwe opdracht, maar ook met de mogelijke impact hiervan op de toekomst. We gebruiken simulatie om de voordelen van een dergelijke strategie te vergelijken met meer eenvoudige strategieën. We tonen aan dat een dergelijke benadering goed presteert in termen van winst, capaciteitsbenutting en leverbetrouwbaarheid.

In hoofdstuk 6 bekijken we een online transportprobleem waarbij tijdsafhankelijke transportopdrachten door concurrerende verladers worden aangeboden in sequentiële veilingen. Doel van dit hoofdstuk is het ontwikkelen van veilingmethoden voor de verladers. Hierbij dient rekening te worden gehouden met toekomstige gebeurtenissen, zoals aanbiedingen van concurrerende verladers. We bestuderen twee strategieën. Ten eerste bestuderen wij het gebruik van reserveprijzen. Het idee hiervan is dat wanneer alle biedingen hoger zijn dan de reserveprijs, de verlader niet akkoord gaat en later een nieuwe veiling start. Ten tweede bekijken we de situatie waarin een verlader de winnende vervoerder de mogelijkheid biedt af te zien van de gewonnen opdracht tegen bepaalde kosten. In dat geval zal de verlader een nieuwe veiling starten. In beide strategieën gebruikt de verlader stochastische informatie over toekomstige gebeurtenissen. Met behulp van simulatie laten we zien dat de strategieën de winstgevendheid van verladers kunnen vergroten, maar ook dat de totale logistieke kosten hiermee gereduceerd kunnen worden.

In hoofdstuk 5 en 6 bekijken we strategieën voor vervoerders en verladers onafhankelijk van elkaar. Precies gezegd, we bekijken de prestaties van een strategie van een individuele speler waarbij we ervan uitgaan dat alle andere spelers een

gegeven eenvoudige strategie toepassen. In hoofdstuk 7 bekijken we de wisselwerking tussen de verschillende strategieën. Doel van dit hoofdstuk is inzicht te geven in de effecten van verschillende strategieën voor zowel de vervoerders als de verladers in sequentiële veilingen. Hierbij richten we ons op gesloten omgevingen. We streven naar minimalisatie van de totale logistieke kosten onder voldoende hoge leverbetrouwbaarheid. Met behulp van simulatie tonen we aan dat de eerder voorgestelde strategieën complementair zijn, dat wil zeggen, door combinatie van deze strategieën kunnen de logistieke kosten verder gereduceerd kunnen worden. De combinatie van strategieën stelt ons ook voor nieuwe uitdagingen aangaande het leerproces van de individuele spelers. We besluiten dan ook met een aanzet voor toekomstig onderzoek naar geavanceerde leermethoden.

De in dit proefschrift besproken methoden en technieken vormen een solide basis voor de ontwikkeling van intelligente en flexibele beslissingsondersteunende systemen waarmee in de praktijk van alledag vervoerders en verladers online kunnen plannen en besturen.