



# PLANNING APART TOGETHER: DE POTENTIE VAN GEDISTRIBUEERDE INTELLIGENTIE

Albert Douma



**Universiteit Twente**  
*de ondernemende universiteit*



## PROBLEEM

Binnenvaart vormt een belangrijke schakel in het vervoer van containers van en naar het achterland. Dagelijks wordt de haven van Rotterdam bezocht door ongeveer 75 containerbinnenvaartschepen. Deze schepen bezoeken in de haven gemiddeld acht containerterminals om containers te laden en te lossen. In de haven zelf zijn er rond de 30 containerterminals.

Een barge operator (het bedrijf dat het containerbinnenvaartschip inhuurt) wil graag dat het binnenvaartschip de terminals in een zodanige volgorde bezoekt, dat het binnen een bepaalde tijd

de haven kan verlaten. Om dit te realiseren maakt de barge operator afspraken met terminal operators over een geschikt afhandelmoment. Een terminal operator is het bedrijf dat een terminal exploiteert. Het maken van afspraken gaat veelal via telefoon, fax of e-mail. Dit is communicatief gezien een moeizaam proces.

Want hoe gaat het? Barge operator De Vries belt met terminal A of binnenvaartschip X om 08.00u kan komen lossen. Dat kan. Vervolgens belt hij terminal B of het binnenvaartschip daar om 10.00u kan komen laden. Dat kan niet, want terminal B is op dat tijdstip al bezet. Dan maar bellen met terminal C, maar die heeft alleen om 09.00u nog ruimte. Dus opnieuw terminal A bellen met het verzoek of de afspraak asjeblijft verzet kan worden. Maar intussen heeft barge operator Jansen ook geboekt bij terminal A. Enzovoorts.

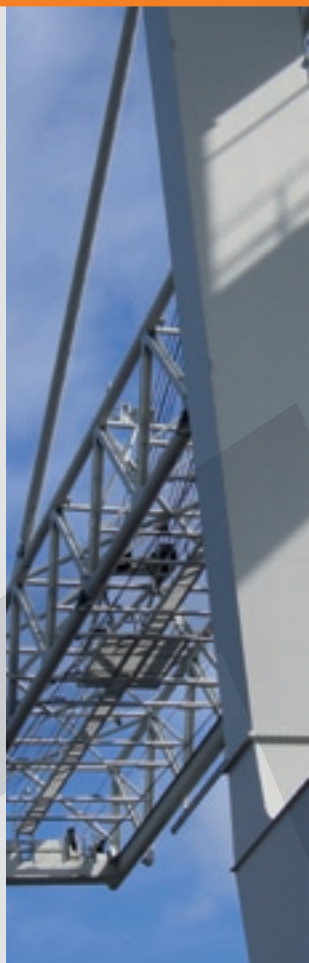




Er moet dus veel gecommuniceerd worden om afspraken te maken. Tot overmaat van ramp komt het regelmatig voor dat afspraken niet nagekomen worden. Zo is een vertraagde afhandeling van een binnenvaartschip bij één terminal funest voor afspraken bij andere terminals in de haven.

Het onvermogen om betrouwbare afspraken te maken uit zich in onzekere wachttijden voor binnenvaartschepen, onzekere verblijftijden in de haven en onzekere aankomsttijden bij terminals. Dit leidt tot veel problemen in de afstemming van de werkzaamheden van binnenvaartschepen en terminals.

Het probleem is urgent geworden in de afgelopen jaren als gevolg van de sterke toename van het containerverkeer. In het verleden is geprobeerd één organisatie op te richten die de activiteiten van alle terminals en binnenvaartschepen coördineert. Deze centrale sturing bleek echter geen acceptabele oplossing te zijn voor de partijen in de haven, aangezien ze hierdoor hun eigen werkzaamheden niet meer kunnen plannen en bovendien concurrentiegevoelige informatie zouden moeten delen.





# MIEREN/MULTI AGENT SYSTEMEN

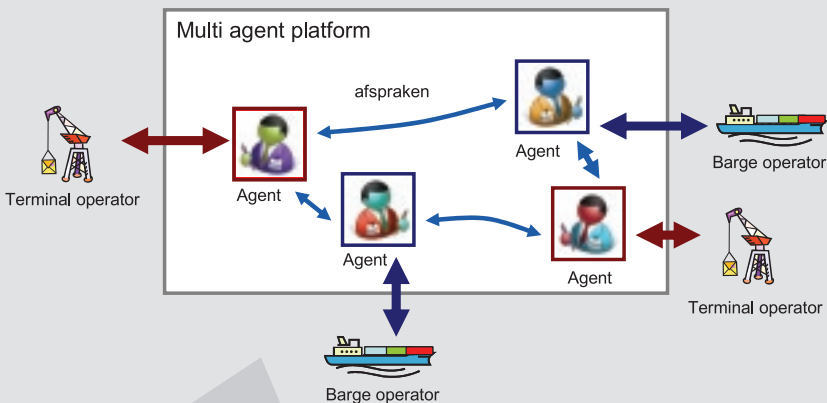
➔ Ga tot de mier, gij luiaard! zie haar wegen, en word wijs (Spreuken 6:6)

In plaats van centrale sturing is in een eerdere studie (APPROACH 1) voorgesteld decentrale sturing toe te passen. Het idee voor decentrale sturing is te vinden in de biologie. Bij een mierenkolonie ontbreekt (voor zover bekend) een vorm van centrale sturing. Er is geen planningsafdeling of een oppermier die bepaalt waar voedsel of nestmateriaal wordt verzameld en wie daarvoor wordt ingezet. Iedere mier werkt zelfstandig, heeft beperkte rationaliteit, beperkte fysieke vermogens, beperkte kennis van zijn omgeving en beperkte middelen om te communiceren met andere mieren. Toch zijn mieren met elkaar in staat een mierennest te bouwen en voorraden aan te leggen voor de winter.

We zien dus dat mieren ook zonder centrale coördinatie zich effectief weten te organiseren. Iets vergelijkbaars willen we realiseren in de haven door middel van een Multi-Agent systeem.

Een Multi-Agent systeem is een systeem waarin meerdere (software) agenten actief zijn. Een 'agent' waar wij op doelen is niet een fysieke agent, maar een stuk software dat handelt namens zijn 'eigenaar'. Het concept is afgeleid van de traditionele agent-principaal relatie die we kennen van bijvoorbeeld een verzekeringsagent en een verzekeringsmaatschappij. In een dergelijke relatie wordt de agent geacht namens de principaal op te treden en te handelen 'in de geest' van de principaal. De principaal is de persoon of organisatie die door de agent wordt vertegenwoordigd. Een agent heeft de volmacht contracten af te sluiten en beslissingen te nemen namens de principaal. De relatie tussen de agent en de gebruiker (eigenaar van de agent) is analoog aan de agent-principaal relatie.



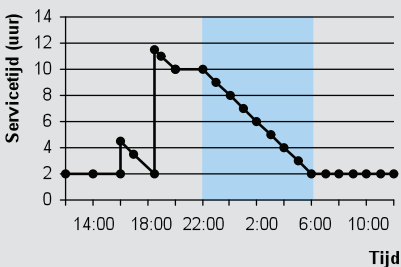


Hoe passen we dit nu toe op ons probleem? In ons probleem zijn er duidelijk twee type agenten: iedere barge operator heeft z'n eigen agent en ook iedere terminal operator. De vraag is nu hoe deze agent met elkaar gaan communiceren in het Multi-Agent systeem en welke informatie ze uitwisselen (het interactieprotocol). Centrale sturing is geen optie, dus ze communiceren niet met een of andere 'oppermier'. Wij stellen voor de communicatie te laten lijken op die in de praktijk. Dit houdt in dat barge operator agents en terminal operators direct onderling communiceren. Cruciaal is nu welke informatie ze daarbij uitwisselen.

In ons onderzoek hebben we tal van interactieprotocollen bestudeerd, afhankelijk van de bereidwilligheid van de terminals om bepaalde informatie te delen. Het meest succesvolle protocol wordt hieronder beschreven.

# OPLOSSING: SERVICETIJDPROFIELEN

In ons onderzoek hebben we een Multi-Agent systeem ontwikkeld, gebaseerd op zogenaamde servicetijdprofielen. Een servicetijdprofiel wordt verstrekt door een terminal en laat zien wat de gegarandeerde maximale *servicetijd* van een bepaald binnenvaartschip is, afhankelijk van zijn aankomsttijd. De servicetijd van een schip is de totale wachttijd en afhandeltijd van een schip bij een terminal. Een maximale servicetijd van 5 uur betekent dat het binnenvaartschip binnen vijf uur na zijn (geplande) aankomsttijd is afgehandeld.



*Figuur 1 Voorbeeld van een servicetijdprofiel*

In Figuur 1 geven we een voorbeeld van een servicetijdprofiel. In de geschetste situatie is de terminal gesloten van 22:00u tot 6:00u. Stel een schip denkt om 14:00u bij deze terminal te arriveren, dan zien we dat de terminal een maximale servicetijd van 2 uur garandeert. Komt het schip echter om 21:00u aan, dan heeft het een maximale gegarandeerde servicetijd van 10 uur. Het schip wordt in twee uur afgehandeld, namelijk een uur voor sluiting van de terminal en een uur nadat de terminal weer is geopend.

Hoe onderhandelen barge operator agents en terminal operator agents met elkaar? Wij stellen het volgende voor. Wanneer een barge operator een rotatie (dat is een volgorde van terminal bezoeken) wil plannen voor een binnenvaartschip, dan schakelt deze zijn agent in.



De barge operator agent vraagt eerst alle betrokken terminal operator agents om een servicetijdprofiel. Dit servicetijdprofiel verschilt per terminal en per binnenvaartschip, omdat het afhankelijk is van de benodigde laad- en lostijd van het schip en andere werkzaamheden van de terminal. Bovendien is het servicetijdprofiel tijdgebonden, aangezien beslissingen van andere barge operators ervoor kunnen zorgen dat een terminal ineens geen plek meer heeft op bepaalde tijden.

Het is dus zaak dat de barge operator agent instantaan een beslissing neemt zodra hij de informatie van al z'n terminals binnen heeft. We hebben een algoritme ontwikkeld dat de barge operator agent in staat stelt in een fractie van seconde te bepalen in welke volgorde de terminals bezocht dienen te worden, zodanig dat de verblijftijd in de haven zo kort mogelijk is. Vervolgens maakt de barge operator agent afspraken met elk van de terminal operator agents. Een afspraak houdt in dat een barge operator (agent) belooft vóór een bepaalde tijd bij de terminal te arriveren. De terminal operator (agent) belooft, als de barge inderdaad op tijd arriveert, een maximale servicetijd.

Ons interactieprotocol biedt enerzijds barge operators de mogelijkheid efficiënt te plannen. Anderzijds helpt het terminal operators hun werklust te egaliseren. Door te spelen met het servicetijdprofiel is de terminal operator namelijk in staat de hoeveelheid onderhanden werk gedurende de dag te nivelleren.





# CONCLUSIES

Om de prestatie van ons Multi-Agent systeem te evalueren hebben we uitvoerige simulatiestudies gedaan. We hebben ons systeem grondig getest voor een aantal uiteenlopende (fictieve en realistische) havensituaties. Bovendien hebben we een vergelijking gemaakt met een centraal gestuurd systeem. We hebben voor dat laatste gebruik gemaakt van beschikbare optimalisatiealgoritmes. We optimaliseren daarbij de situatie in een bepaalde tijdsperiode door te veronderstellen dat alle informatie over die periode vooraf bekend is. Hoewel deze veronderstelling niet realistisch is, krijgen we zo inzicht in wat in het beste geval mogelijk is.

In ons Multi-Agent systeem gaan we ervan uit dat terminal en barge operators afspraken willen maken, zoals dat nu ook in de praktijk het geval is. Dit heeft tal van voordelen. Zo is er meer zekerheid in de werkzaamheden van barge operators en terminal operators. Uit onze studie blijkt dat een Multi-Agent systeem waarin servicetijdprofielen worden uitgewisseld goed presteert in vergelijking met centrale sturing. Bovendien presteert het aanzienlijk beter dan wanneer terminals geen inzicht geven in hun kadebeschikbaarheid of alleen aangeven of een bepaald tijdslot beschikbaar is.

In het spijtige geval dat terminal en barge operators niet bereid (of in staat) zijn betrouwbare afspraken te maken, dan kunnen afspraken juist verstorend werken doordat er indirect wel op gestuurd wordt. Simulaties van vereenvoudigde havensituaties laten zien dat barge en terminal operators in dat geval beter af zijn als er helemaal geen afspraken worden gemaakt.

Analyse van onze simulatieresultaten levert een veelheid aan inzichten. Sommige bevestigen eerdere vermoedens, andere zijn eye-openers. We noemen er een paar:

- De barge operator agent zal proberen allereerst een afspraak te maken met een bottleneck terminal om vervolgens in de wachttijd van deze terminal andere terminals in te plannen. De totale wachttijd van een binnenvaartschip in de haven kan daardoor afnemen als het schip meer terminals bezoekt.





- Servicetijdprofielen kunnen barge operators in belangrijke mate helpen de verblijftijd van hun binnenvaartschepen in de haven te bekorten.
- Servicetijdprofielen bieden terminal operators de mogelijkheid een afspraak te maken waarin een beetje speling zit. Hierdoor is het later eenvoudiger andere binnenvaartschepen tussendoor te plannen. Dit blijkt ook voordelig te zijn voor de binnenvaartschepen, omdat dit de gemiddelde wachttijd aanzienlijk verlaagt.
- Als binnenvaartschepen minder terminals aandoen en meer containers laden en lossen per terminal, dan kan de doorzet van de haven worden verhoogd zonder een stijging van de bezettingsgraad van de terminals. De reden is dat de tijd die anders gebruikt wordt voor het aan- en afmeren nu kan worden gebruikt voor de overslag van containers.
- Als er bij een relatief hoog bezette haven extra binnenvaartschepen hun containers willen laden en lossen, dan zal de wachttijd van binnenvaartschepen bij terminals meer dan evenredig toenemen. Dit lijkt ons een belangrijk punt in de overweging om containers van de weg over te slaan op binnenvaart om de wegen naar de haven te ontlasten.

In het proefschrift 'Aligning the Operations of Barges and Terminals through Distributed Planning' wordt een uitvoerige beschrijving gegeven van het onderzoek en de inzichten die daarin zijn opgedaan.

We concluderen dat ons Multi-Agent systeem een veelbelovend alternatief is voor centrale sturing. Het biedt de mogelijkheid zelf de controle te houden over de eigen werkzaamheden en deze te optimaliseren, zonder daarvoor veel (en mogelijk concurrentiegevoelige) informatie uit te wisselen. We denken dat geavanceerde planningstechnieken (gericht op de afstemming van processen van verschillende bedrijven) voor een haven als Rotterdam essentieel zijn om haar concurrentiepositie in de wereld te verbeteren.



## CONTACTGEGEVENS

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het BSIK programma Transumo (deelproject DIPLOMA) ([www.transumo.nl](http://www.transumo.nl)). Transumo is de afkorting van TRANSition to SUsustainable MObility. Het is een platform van bedrijven, overheden en kennisinstellingen die gezamenlijk kennis ontwikkelen op het gebied van duurzame mobiliteit. Belangrijk is de transitie van theorie naar praktijk. Binnen Transumo zijn 150 partijen betrokken. Het project is gestart in 2004 en loopt tot 2009.



DIPLOMA is een project binnen Transumo en staat voor DIstributed PLanning Of freight transport systems using Multi-Agent technology. Binnen dit project is samengewerkt met de TU Delft, Erasmus Universiteit en Inm8 B.V.



Nadere informatie over dit project wordt u graag verstrekt door:

ir. Albert Douma  
Universiteit Twente  
Fac. Management en Bestuur  
Vakgroep Operationele Methoden voor Productie en Logistiek  
Capitool 15  
7521 PL Enschede

dr. Peter Schuur  
Universiteit Twente  
Fac. Management en Bestuur  
Vakgroep Operationele Methoden voor Productie en Logistiek  
Capitool 15  
7521 PL Enschede

prof. dr. J. van Hillegersberg  
Universiteit Twente  
Fac. Management en Bestuur  
Vakgroep Information Systems and Management of Change  
Capitool 15  
7521 PL Enschede

