



Centrum voor Wiskunde en Informatica
Centre for Mathematics and Computer Science

J.M. Anthonisse, J.K. Lenstra, M.W.P. Savelsbergh

Functionele beschrijving van CAR,
een interactief systeem voor 'computer aided routing'

Afdeling Mathematische Besliskunde & Systeemtheorie

Notitie OS-N8701

Februari

*Functional description of CAR
an interactive system for "computer aided routing"*

Bibliotheek
Centrum voor Wiskunde en Informatica
Amsterdam

The Centre for Mathematics and Computer Science is a research institute of the Stichting Mathematisch Centrum, which was founded on February 11, 1946, as a nonprofit institution aiming at the promotion of mathematics, computer science, and their applications. It is sponsored by the Dutch Government through the Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research (Z.W.O.).

69 K 35

Copyright © Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam

Functionele beschrijving van CAR, een interactief systeem voor
'computer aided routing'
(concept d.d. 1 januari 1987)

J.M. Anthonisse, J.K. Lenstra, M.W.P. Savelsbergh
Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
1098 SJ Amsterdam

CAR is een interactief programmapakket dat gebruikt kan worden als hulpmiddel voor de operationele distributieplanning. Het is ontwikkeld op het Centrum voor Wiskunde en Informatica in de periode 1983-1986. Dit document bevat naast een algemene beschrijving van CAR een gedetailleerde beschrijving van de interface tussen CAR en de programmatuur in zijn omgeving (data-entry en rapportgeneratie) en een gebruikershandleiding in de vorm van een functionele beschrijving van alle beschikbare commando's.

1980 Mathematics Subject Classification: 90B05, 90C27, 90C50, 68U05.

Trefwoorden: distributieplanning, clustering, routing, mens-machine interactie, kleurengrafiek.

Notitie OS-N8701
Centrum voor Wiskunde en Informatica
Postbus 4079, 1009 AB Amsterdam

Inhoudsopgave

1. CAR: computer aided routing	3
1.1. Algemeen	3
1.2. Probleemtype	3
1.3. Methode	4
1.4. Gebruikersinterface en scherm	4
1.5. Graphical kernel system (GKS)	4
1.6. Gegevens	5
1.7. Resultaten	5
1.8. Apparatuur	6
1.9. Uitbreidingen en aanpassingen	6
2. Functionele beschrijving	7
2.1. Gebruikersinterface	7
2.2. Communicatie	7
2.3. Clustering	8
2.4. Routing	9
2.5. Informatie	12
2.6. Scherm	14
2.7. Opslag	15
Appendix A. Commando's	16
Appendix B. In- en uitvoerspecificatie: <i>CARadres</i>, <i>CARwagen</i> en <i>CARplan</i>	17

1. CAR: computer aided routing

1.1. Algemeen

De vervoerskosten vormen een aanzienlijke kostenpost voor zowel beroepsvervoerders als ondernemingen die gebruikmaken van eigen vervoer danwel dit uitbesteden. Uit economische overwegingen is het dus wenselijk de routeplanning zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. In de praktijk wordt dit echter vaak bemoeilijkt door zowel de omvang van het probleem als het grote aantal complexe randvoorwaarden.

Afhankelijk van de positie die men binnen een bedrijf inneemt verschilt de routeplanningsproblematiek. Is men belast met *operationele planning* dan moet men, gegeven een aantal voertuigen met vaste eigenschappen (capaciteiten, snelheden, etc.) en een verzameling orders voor het vervoer van objecten (producten, personen, etc.) tussen gespecificeerde afhaal- en besteladressen, bepalen welke orders toegewezen worden aan ieder voertuig en welke route ieder voertuig moet volgen bij het afwerken van de orders zodanig dat de kosten geminimaliseerd worden. Is men daarentegen belast met de *tactische* en *strategische planning* dan krijgt routeplanning veel meer het karakter van het bepalen van de samenstelling van het wagenpark, en de locatie en capaciteit van de depots.

CAR is een interactief programmapakket dat ontwikkeld is als hulpmiddel voor de operationele planning. Met CAR produceert men eenvoudig economische routes en tijdschema's voor voertuigen. CAR is een hulpmiddel voor de planner, en niet andersom. CAR heeft een ondersteunende functie; het is de gebruiker die de beslissingen neemt.

Het gebruik van CAR kan leiden tot:

- (1) een besparing op de kosten van fysieke distributie;
- (2) een sneller en eenvoudiger verloop van de planning;
- (3) een constanter serviceniveau naar de klanten;
- (4) een geringere afhankelijkheid van een (goede) planner;
- (5) betere management-informatievoorzieningen.

De planningsmodule CAR maakt deel uit van een groter geheel. Een data-entry systeem en een rapportgenerator vormen geen onderdeel van CAR. Het bijhouden van permanente en tijdelijke bestanden van adressen en voertuigen, het verwerken van binnenkomende orders en het genereren van ritlijsten behoren niet tot de taken van CAR maar tot die van de omgeving. Ook het afstanden- en rijtijdenbestand dat gebruikt wordt is geen onderdeel van CAR.

De ontwikkeling van CAR werd financieel ondersteund door de Stichting voor de Technische Wetenschappen en de Stichting Mathematisch Centrum.

1.2. Probleemtype

CAR is geschikt voor distributieproblemen met de volgende eigenschappen.

- Er is één depot waar verscheidene voertuigen, eventueel met verschillende capaciteiten, zijn gestationeerd.
- De lading die vervoerd moet worden is homogeen in de zin dat voor het toewijzen van lading aan voertuigen alleen de capaciteiten een beperking vormen.
- Een voertuig kan verscheidene ritten per dag maken.
- Een voertuig heeft een tijdvenster dat zijn beschikbaarheid aangeeft. (Hiermee kan men een maximale routeduur afdwingen.)
- Er kunnen zowel aflever- als afhaaladressen voorkomen. De voertuigen vertrekken vanuit het depot met de af te leveren lading en keren uiteindelijk met de afgehaalde lading terug. Lading die onderweg wordt afgehaald, wordt altijd naar het depot gebracht en niet onderweg afgeleverd. Op de routes kunnen aflever- en afhaaladressen door elkaar voorkomen.
- Een adres kan specifieke tijdsperioden (tijdvensters) hebben waarbinnen geladen en/of gelost moet worden.
- Een adres kan specifieke eisen stellen aan het bezoekende voertuig (bijvoorbeeld met of zonder laadklep).
- Een adres kan een prioriteit hebben, die aangeeft dat het zeker ingepland moet worden.

- Een adres wordt door hoogstens één voertuig bezocht.

1.3. Methode

De gebruikte methode gaat uit van het 'cluster first - route second' principe. Het is een twee-fasenaanpak, waarbij in de eerste fase adressen gegroepeerd worden tot clusters en in de tweede fase de volgorde voor het afwerken van de adressen binnen een cluster bepaald wordt. De gebruiker kan echter op ieder tijdstip het plan aan zijn wensen aanpassen.

1.4. Gebruikersinterface en scherm

Een belangrijk onderdeel van een interactief planningssysteem is de gebruikersinterface. Bij de ontwikkeling van CAR is gekozen voor een grafische gebruikersinterface. Het hoofdargument voor het gebruik van grafische eindstations is hun effectiviteit bij het tonen van informatie. Gegevens die anders in alfanumerieke vorm zouden moeten worden weergegeven kunnen nu ook gebruikt worden om het probleem grafisch te representeren. CAR kent drie grafische representaties van het probleem, gebaseerd op de ruimte-, tijd- en ladingaspecten.

Het effect van een grafische gebruikersinterface is nog sterker als gebruik gemaakt wordt van kleurengrafiek. Kleurengrafiek biedt de mogelijkheid om op een eenvoudige manier onderscheid aan te brengen tussen de verschillende clusters en routes door ieder een eigen kleur te geven. Voor kleine problemen levert dit slechts een gering voordeel op. Voor grote problemen is het gebruik van kleurengrafiek een noodzaak.

Een grafische representatie is slechts één kant van het probleem. De gebruiker moet ook de mogelijkheid hebben een deel van de enorme hoeveelheid alfanumerieke gegevens te bekijken.

Om het scherm voor de gebruiker zo rustig mogelijk te houden is het verdeeld in drie gebieden:

- (1) *commando-informatie*: hier worden de mogelijke commando's getoond;
- (2) *grafische informatie*: hier wordt een grafische representatie van het probleem getoond;
- (3) *alfanumerieke informatie*: hier wordt allerlei alfanumerieke informatie getoond.

De interactie is menu-gestuurd. Dit heeft het voordeel dat op ieder tijdstip alle op dat moment mogelijke commando's voor de gebruiker duidelijk zichtbaar zijn en het verhindert daardoor dat de gebruiker niet-toegelaten commando's geeft.

De mogelijke commando's zijn verdeeld over drie hoofd- en drie nevenmenu's. Het eerste hoofdmenu (**COMMUNICATIE**) bevat commando's die de gebruiker mogelijkheden bieden om de probleeminstantie te veranderen en partiële oplossingen weg te schrijven naar de file *CARplan*. Het tweede (**CLUSTERING**) bevat de commando's die gebruikt kunnen worden in de clusteringsfase en het derde (**ROUTERING**) de commando's die gebruikt kunnen worden in de routeringsfase. De nevenmenu's zijn voor het aanroepen van de ondersteunde functies. Het eerste nevenmenu (**INFORMATIE**) bevat de commando's voor het tonen van gewenste alfanumerieke informatie. Het tweede (**SCHERM**) de commando's bevat die de inhoud van het grafische informatiegebied definiëren. De gebruiker kan in het grafisch informatiegebied de verschillende representaties van het probleem beschouwen. Tevens kan hij in de ruimtelijke representatie werken met afzonderlijke delen van het probleem door gebieden uit te vergroten en routes tijdelijk onzichtbaar te maken. Het derde nevenmenu (**OPSLAG**) bevat commando's die de gebruiker in staat stellen de planning van een bepaald moment tijdelijk op te slaan om eventueel later weer te gebruiken.

De bundeling van commando's in groepen leidt tot een efficiënt gebruik van de ruimte op het scherm, omdat van de menu's altijd precies één hoofdmenu en eventueel één nevenmenu actief zijn.

1.5. Graphical kernel system (GKS)

Voor de implementatie van de gebruikersinterface is gebruik gemaakt van GKS, een grafisch basispakket voor toepassingen die tweedimensionale plaatjes genereren op vectorgrafische of rastergrafische eindstations.

1.6. Gegevens

CAR maakt gebruik van de volgende invoergegevens.

Adressen

De volgende adresgegevens worden verwerkt:

- aflever- of afhaaladres;
- identificatie: postcode, huisnummer en eventuele toevoeging;
- eigenschappen van de voertuigen die het adres kunnen bezoeken;
- perioden waarin het adres bezocht kan worden (tijdvensters);
- vaste adresgebonden laad/lostijd; deze levert samen met de laad/lostijd die afhankelijk is van de zendingen de totale laad/lostijd;
- aantal zendingen voor dit adres;

per zending:

- vrachtbriefnummer;
- een prioriteitsaanduiding, die aangeeft of deze zending per se ingepland moet worden;
- omvang;
- laad/lostijd.

Voertuigen

De volgende voertuiggegevens worden verwerkt:

- identificatie;
- eigenschappen;
- capaciteit;
- beschikbaarheid.

Opmerkingen

- (1) De begrippen 'omvang van een zending' en 'capaciteit van een voertuig' moeten in overleg met de gebruiker nader gedefinieerd worden door een stelsel van eenheden te kiezen waarin beiden worden uitgedrukt.
- (2) De 'eigenschappen van een voertuig' moeten in overleg met de gebruiker nader gedefinieerd worden. Het gaat hierbij om eigenschappen die van belang zijn voor de bepaling van de adres-voertuig restricties.
- (3) De beschikbaarheid van een voertuig wordt uitgedrukt in een tijdvenster. Dit tijdvenster wordt bepaald door openingstijden van het depot, de beschikbaarheid van de chauffeur en de aanwezigheid van het voertuig.

Afstanden, rijtijden en coördinaten

CAR gebruikt afstanden, rijtijden en coördinaten. Deze informatie is geen onderdeel van CAR en zal door de gebruiker moeten worden geleverd in de vorm van een afstanden-, rijtijden- en coördinatentabel. CAR gebruikt de vier cijfers van de postcode als index voor deze bestanden. Of deze bestanden al dan niet zijn opgebouwd met behulp van een netwerk maakt voor de werking van CAR geen verschil.

1.7. Resultaten

CAR levert de volgende uitvoergegevens:

Overzicht per rit

Het overzicht per rit bestaat uit twee delen. Ten eerste algemene gegevens, te weten:

- de identificatie van het voertuig dat deze rit afwerkt;
- de totale lading;
- het beladingspercentage;
- de totale afstand;

- de totale rijtijd;
- de totale wachttijd;
- het aantal adressen.

Daarna in de volgorde van de te rijden rit, waarbij voor de volledigheid het depot als eerste en als laatste 'adres' in de rit is opgenomen, per adres:

- identificatie;
- aankomsttijdstip;
- wachttijd;
- vertrektijdstip.

Totaaloverzicht

In het totaaloverzicht wordt melding gemaakt van

- het aantal ritten;
- de totale afstand;
- de totale rijtijd;
- de gemiddelde belading van de ingezette voertuigen;
- identificaties van de adressen die niet zijn ingepland.

Aangebrachte wijzigingen op de ingevoerde gegevens

Hier wordt melding gemaakt van de veranderingen die tijdens de planningssessie op de ingevoerde gegevens zijn aangebracht.

Opmerking

Alle informatie die betrekking heeft op lading wordt gesplitst in een aflever- en een afhaalcomponent.

1.8. Apparatuur

Op dit moment zijn er implementaties van CAR beschikbaar op twee configuraties.

1.8.1. IBM 6150 (PC/RT) met een IBM 5085 Graphics Display

Het gebruikte besturingssysteem op de IBM 6150 is AIX (de IBM-variant van UNIX). Dit is een luxe configuratie met een krachtige machine en een zeer geavanceerd scherm. Voor de implementatie van de gebruikersinterface is gebruik gemaakt van een op het CWI ontwikkelde C-versie van GKS.

1.8.2. IBM PC/AT met een Professional Graphics Display

Het gebruikte besturingssysteem op de PC/AT is MS/DOS 3.0. De PC/AT beschikt over een 20Mb harde schijf, 640Kb intern geheugen en een mathematische co-processor. Voor de implementatie van de gebruikersinterface is hier gekozen voor de C-GKS versie van IBM voor personal computers.

1.9. Uitbreidingen en aanpassingen

CAR heeft een modulaire structuur. Hierdoor zijn bestaande functies eenvoudig te wijzigen en extra functies eenvoudig aan te brengen. De modulaire opzet maakt ook de interactieve werking van CAR mogelijk.

De uitvoergegevens en de vertoonde alfanumerieke informatie worden in overleg met de gebruiker vastgesteld. In dit document wordt een mogelijke invulling beschreven.

Mogelijke uitbreidingen zijn:

- verscheidene depots;
- onderweg afgehaalde lading direct afleveren;
- heterogene lading;
- verscheidene voertuigen per adres;
- stadsritten.

2. Functionele beschrijving

2.1. Gebruikersinterface

Bij iedere aanroep van CAR wordt de omgeving afgezocht naar de files *CARadres*, *CARwagen* en *CAR-tabel*, waarop alle benodigde gegevens voor de uit te voeren planning staan. Deze files worden gelezen en verwerkt opdat met de planning kan worden begonnen. Bij het beëindigen van de planning laat CAR een file *CARplan* in de omgeving achter met daarop de gecreëerde routes, een totaaloverzicht en eventueel een overzicht van de (gedurende de planning) aangebrachte wijzigingen in de gegevens.

CAR onderscheidt twee typen commando's. Dit onderscheid wordt aangegeven door het commando in het menu al dan niet vooraf te laten gaan door een uitroepteken ('!'). Commando's die niet worden voorafgegaan door een uitroepteken, hebben een eenvoudig voorspelbaar resultaat. Dit zijn de functies waarmee de gebruiker de planning stuurt en aanpast aan zijn wensen (bijvoorbeeld ADRES ELDERS). Commando's die wel worden voorafgegaan door een uitroepteken hebben geen eenvoudig voorspelbaar resultaat. Het zijn de functies waar het systeem optimale oplossingen zoekt (bijvoorbeeld IVERBETER). Appendix A bevat een lijst van alle commando's.

Alle invoer geschiedt door middel van het kiezen uit menu's of het aangeven van adressen met de *mouse* (*light pen*, *joystick* etc. afhankelijk van de gebruikte configuratie). Een adres wordt aangegeven door met de mouse het bijbehorende postcodegebied aan te wijzen. Bevat dit postcodegebied precies één adres, dan wordt dat adres genomen. Bevat het postcodegebied echter verscheidene adressen, dan laat het systeem deze door middel van een menu alle zien, waarna de gebruiker het adres van zijn keuze kan specificeren.

Bij de start van CAR ziet de gebruiker een ruimtelijke representatie van het probleem en het CAR-'supermenu'. Dit bevat de commando's COMMUNICATIE, CLUSTERING, ROUTERING, OPNIEUW en STOP. Het dient uitsluitend voor het selecteren van de hoofdmenu's, het herstarten van de planning (zonder dat de files *CARadres* en *CARwagen* opnieuw verwerkt hoeven te worden) en het beëindigen van de planning.

2.2. COMMUNICATIE

Dit hoofdmenu bevat de commando's die de gebruiker mogelijkheden bieden om de probleeminstantie aan te passen en partiële oplossingen naar de file *CARplan* te schrijven. Appendix B geeft nadere informatie en een precieze specificatie.

VOEG TOE

effect: Eventueel aan de file *CARadres* toegevoegde gegevens van te plannen adressen worden gelezen en verwerkt.

LAAT WEG

invoer: adres.

effect: Het gespecificeerde adres wordt uit de verzameling te plannen adressen geschrapt.

WIJZIG

invoer: adres.

effect: De ingevoerde gegevens van het gespecificeerde adres kunnen worden gewijzigd.

SCHRIJF

invoer: route.

effect: De gespecificeerde route wordt op *CARplan* geschreven. De adressen op deze route en het toegewezen voertuig worden in het verdere verloop van de planning buiten beschouwing gelaten.

INFORMATIE

effect: Overgang naar het nevenmenu **INFORMATIE**.

SCHERM

effect: Overgang naar het nevenmenu **SCHERM**.

Opmerking

Alle aangebrachte veranderingen op de oorspronkelijke gegevens worden door CAR bijgehouden en bij het beëindigen van het planningsproces op de file *CARplan* geschreven.

2.3. CLUSTERING

Dit hoofdmenu bevat de commando's waarmee clusters worden gevormd in de eerste fase van het planningsproces. Een cluster is een verzameling adressen plus een voertuig dat deze adressen zal bezoeken. De planner kan geheel naar eigen inzicht of op voorstel van het systeem clusters vormen, en deze desgewenst aanpassen. Het is ook mogelijk om vanuit de routeringsfase terug te gaan naar de clusteringsfase; in dat geval bestaan er al clusters en komen deze overeen met de ritten. Alle volgorderelaties zijn echter verdwenen.

Een cluster wordt geïdentificeerd door een kiempunt. Een kiempunt is een adres dat fungeert als een 'middelpunt' van de (te vormen of reeds gevormde) cluster. Een kiempunt wordt op het scherm onderscheiden door een cirkel om het desbetreffende adres in de kleur van de cluster.

!KIEMEN

invoer: aantal M.

effect: Er worden M nieuwe kiempunten gecreëerd, op basis van de afstanden tussen adressen, de verdeling van de lading, de voertuigrestricties van adressen, de tijdvensters van adressen en de eventueel eerder gecreëerde kiempunten. Tevens worden er voertuigen toegewezen aan de gecreëerde kiempunten, waardoor de capaciteit van de bij de kiem behorende cluster vastligt.

!CLUSTERS

effect: Alle nog niet toegewezen adressen worden, voor zover de restricties dat toestaan, toegewezen aan een kiempunt.

IVASTE CLUSTERS

invoer: clusterbestand.

effect: Er worden clusters gecreëerd uitgaande van reeds eerder, door de gebruiker gedefinieerde, clusters. Voor iedere cluster uit het clusterbestand wordt gekeken of de verzameling te plannen adressen adressen bevat die daarvan deel uitmaken. Is dat het geval, dan wordt de op die manier verkregen deelverzameling adressen een cluster. Het systeem genereert voor deze cluster automatisch een kiempunt en wijst een voertuig toe.

KIES KIEM

invoer: adres;
voertuig.

effect: Het gespecificeerde adres zal fungeren als kiempunt. Tevens wordt het gespecificeerde voertuig toegewezen aan het kiempunt, waardoor de capaciteit van de bij de kiem behorende cluster vastligt.

WEG KIEM

invoer: kiempunt.

effect: Het gespecificeerde kiempunt wordt verwijderd en alle aan dit kiempunt toegewezen adressen worden weer vrijgegeven.

ANDER VOERTUIG

invoer: kiempunt;
voertuig.

effect: Het gespecificeerde voertuig wordt toegewezen aan het gespecificeerde kiempunt. (Het eerder aan dit kiempunt toegewezen voertuig wordt vrijgegeven.) Hierdoor kan de gebruiker de capaciteit van een cluster te veranderen.

ADRES VRIJ

invoer: adres.

effect: Het gespecificeerde adres wordt vrijgegeven. (De eerder gedane toewijzing wordt ongedaan gemaakt.)

ADRES ERBIJ

invoer: adres;
kiempunt.

effect: Het gespecificeerde (vrije) adres wordt toegewezen aan de gespecificeerde cluster.

INFORMATIE

effect: Overgang naar het nevenmenu **INFORMATIE**.

SCHERM

effect: Overgang naar het nevenmenu **SCHERM**.

OPSLAG

effect: Overgang naar het nevenmenu **OPSLAG**.

2.4. ROUTERING

Dit hoofdmenu bevat de commando's waarmee routes worden gevormd in de tweede fase van het planingsproces. Een route is opgebouwd uit één of meer ritten. Een rit is een verzameling adressen plus de volgorde waarin deze adressen moeten worden bezocht, beginnend en eindigend met het depot. De planner kan geheel naar eigen inzicht, uitgaande van een rittenbestand of op voorstel van het systeem ritten vormen, en deze desgewenst aanpassen.

Op het scherm wordt een rit weergegeven door opeenvolgende adressen via een lijnstuk te verbinden. Het depot is het enige adres dat in meer dan één rit kan voorkomen: het komt voor in iedere rit. Om op het scherm geen chaos rond het depot te creëren worden lijnstukken waarvan het depot een uiteinde vormt niet getekend. Het eerste adres van een rit wordt op het scherm onderscheiden door een cirkel om het desbetreffende adres in de kleur van de rit.

Er zijn functies voor optimalisering en routemanipulatie. Een belangrijk facet van de routemanipulatie is de presentatie: de gebruiker krijgt het effect van de door hem voorgestelde actie te zien; pas daarna neemt hij het besluit de actie wel of niet uit te voeren. Ook als de voorgestelde actie een niet-toegelaten rit oplevert kan de planner besluiten de actie uit te voeren.

Naast een ruimtelijke representatie kan een gebruiker voor een afzonderlijke rit overschakelen op een tijds- of ladingrepresentatie in de vorm van een staafdiagram of op een alfanumeriek overzicht. Deze drie representaties staan op een lager niveau dan de ruimtelijke representatie omdat zij slechts één rit weergegeven en niet de gehele planning. Ook in deze drie representaties is het mogelijk de rit te optimaliseren en er veranderingen in aan te brengen.

In de ruimtelijke representatie worden ritten en clusters gespecificeerd door een adres aan te geven dat behoort tot de betreffende rit of cluster. In de drie andere representaties wordt hiervoor gebruik gemaakt van een kleurenpalet. Iedere rit en cluster heeft een eigen kleur die in het palet aanwezig is. Door in de ruimtelijke representatie het depot aan te geven bij !RIT en !VERBETER geeft de gebruiker te kennen dat hij dit commando wil uitvoeren voor ieder rit of cluster.

IRIT

invoer: cluster.

effect: Voor de gespecificeerde cluster wordt een zo kort mogelijke toelaatbare rit gecreëerd.

IVASTE RITTEN

invoer: rittenbestand.

effect: Er worden ritten gecreëerd uitgaande van reeds eerder, door de gebruiker gedefinieerde, ritten. Voor iedere rit uit het rittenbestand wordt gekeken of de verzameling te plannen adressen adressen bevat die daarvan deel uitmaken. Is dat het geval, dan wordt van de op die manier verkregen deelverzameling afleveradressen een rit gemaakt door hen in dezelfde volgorde te bezoeken als in de rit uit het rittenbestand. Tevens wordt er een voertuig aan de gevormde rit toegewezen.

MAAK RIT

invoer: een aantal opeenvolgende adressen;
(voertuig).

effect: Stap voor stap creëert de planner een rit door het tot nu toe gecreëerde pad uit te breiden met een nieuw adres. Het is uitsluitend toegestaan adressen uit dezelfde cluster of vrije adressen toe te voegen. Het adres dat als eerste wordt aangegeven bepaalt de cluster; als dit een vrij adres is wordt een nieuwe cluster gevormd en moet de planner ook het voertuig specificeren dat hij voor deze rit wil gebruiken. Op het moment dat het depot wordt aangegeven wordt de rit afgesloten. De planner kan het laatste adres van het pad weer verwijderen door het voorlaaste adres aan te geven. Dit geeft de planner de mogelijkheid het opgebouwde pad stap voor stap weer afbreken. Tijdens het gehele proces wordt de gebruiker op de hoogte gehouden van de toelaatbaarheid van een toevoeging en de lengte, rijtijd en wachttijd van het tot nu toe gecreëerde pad.

IVERBETER

invoer: rit.

effect: Met behulp van optimaliseringstechnieken wordt de gespecificeerde rit verbeterd. Informatie over de veranderingen in lengte, rijtijd en wachttijd voor de rit worden verstrekt.

ICOMBINEER

invoer: twee ritten uit verschillende routes.

effect: Met behulp van optimaliseringstechnieken worden de gespecificeerde ritten verbeterd door het uitwisselen van adressen tussen beide ritten. De mogelijkheid bestaat dat er van twee ritten één rit wordt gemaakt! Informatie over de veranderingen in lengte, rijtijd, wachttijd en lading voor de betrokken ritten wordt verstrekt.

ANDER VOERTUIG

invoer: route;
voertuig.

effect: Het gespecificeerde voertuig wordt toegewezen aan de gespecificeerde route. (Het eerder aan deze route toegewezen voertuig wordt vrijgegeven.) Hierdoor kan de gebruiker de capaciteit voor een route te veranderen.

KOPPEL

invoer: twee ritten.

effect: De gespecificeerde ritten worden aaneengeschakeld. De volgorde in de ritten verandert niet, in tegenstelling tot bij !COMBINEER. De nieuw gevormde route krijgt het grootste van de twee oorspronkelijke voertuigen toegewezen en bestaat nu uit verscheidene ritten. Informatie over eventuele nieuwe vertrek- en aankomsttijdstippen voor de betrokken ritten wordt verstrekt.

ONTKOPPEL

invoer: een rit.

effect: De gespecificeerde rit wordt losgekoppeld van eventueel voorafgaande en opvolgende ritten. Hierdoor wordt het weer een afzonderlijke route.

ADRES VRIJ

invoer: adres.

effect: Het gespecificeerde adres wordt verwijderd uit de cluster waarvan hij op dat moment deel uitmaakt. (Het adres is dan tijdelijk in geen enkele cluster opgenomen.) Als het gespecificeerde adres deel uitmaakte van een rit wordt er informatie over de veranderingen in lengte, rijtijd en lading voor de betrokken rit verstrekt.

ADRES ERBIJ

invoer: adres;
twee opeenvolgende adressen.

effect: Het gespecificeerde adres (dat in geen enkele cluster mag zijn opgenomen) wordt ingevoegd tussen de twee opeenvolgende adressen. Informatie over de toelaatbaarheid van deze actie en de veranderingen in lengte, rijtijd en lading voor de betrokken rit wordt verstrekt.

ADRES ELDERS

invoer: adres;
twee opeenvolgende adressen.

effect: Het adres (dat deel moet uitmaken van een route) wordt tussen de twee opeenvolgende adressen geplaatst. (Als de drie adressen zich in dezelfde rit bevinden wordt het adres dus verplaatst binnen die rit.) Informatie over de toelaatbaarheid van de voorgestelde actie en de veranderingen in lengte, rijtijd en (eventueel) lading voor de betrokken rit(ten) wordt verstrekt.

PAD ELDERS

invoer: twee adressen van één rit (begin en einde van een pad);
twee opeenvolgende adressen.

effect: Het gespecificeerde pad wordt tussen de opeenvolgende adressen geplaatst. (Als de opeenvolgende adressen zich in dezelfde rit bevinden als het pad, wordt het pad dus verplaatst binnen die rit.) Informatie over de toelaatbaarheid van de voorgestelde actie en de eventuele veranderingen in lengte, rijtijd en (eventueel) lading voor de betrokken rit(ten) wordt verstrekt.

PAD OMKEREN

invoer: twee adressen van één rit (begin en einde van een pad).

effect: De volgorde waarin de adressen van het gespecificeerde pad worden bezocht wordt omgekeerd. Informatie over de toelaatbaarheid van de voorgestelde actie en de eventuele veranderingen in lengte en rijtijd voor de betrokken rit wordt verstrekt.

BEVRIES

invoer: twee adressen van één rit (begin en einde van een pad).

effect: De adressen op het gespecificeerde pad worden tot nader order verbonden. Hierdoor kunnen adressen op dit pad niet meer van hun voorganger en opvolger gescheiden worden.

ONTDOOI

invoer: twee adressen van één rit (begin en einde van een pad).

effect: De bindingen tussen de adressen op het gespecificeerde pad, ontstaan door bevrozing, worden ongedaan gemaakt.

INFORMATIE

effect: Overgang naar het nevenmenu **INFORMATIE**.

SCHERM

effect: Overgang naar het nevenmenu **SCHERM**.

OPSLAG

effect: Overgang naar het nevenmenu **OPSLAG**.

2.5. INFORMATIE

Dit nevenmenu is vanuit **COMMUNICATIE**, **CLUSTERING** en **ROUTERING** aan te roepen. De gebruiker kan met behulp van de geleverde commando's alle benodigde informatie over adressen, routes, voertuigen en het gehele plan opvragen. De invulling van deze functies hangt sterk af van de wensen van de gebruikers en zal dan ook in overleg met hen worden bepaald.

ADRES

invoer: adres.

effect: De volgende informatie betreffende het gespecificeerde adres wordt verstrekt:

- identificatie;
- eigenschappen;
- tijdvenster(s);
- laad/lostijd;
- prioriteit;
- omvang;
- aankomsttijdstip;
- vertrektijdstip;
- ...

VOERTUIG

invoer: voertuig.

effect: De volgende informatie betreffende het gespecificeerde voertuig wordt verstrekt:

- bijbehorende cluster/rit;
- identificatie;
- eigenschappen;
- capaciteit;
- beschikbaarheid.

CLUSTER

invoer: kiempunt.

effect: De volgende informatie betreffende de gespecificeerde cluster wordt verstrekt:

- toegewezen voertuig;
- beladingspercentage;
- totale lading;
- aantal adressen;
- ...

RIT

invoer: rit.

effect: De volgende informatie betreffende de gespecificeerde rit wordt verstrekt:

- toegewezen voertuig;
- beladingspercentage;
- totale afstand;
- totale rijtijd;
- totale wachttijd;
- totale lading;
- aantal adressen;
- ...

PLAN

effect: Er wordt een beknopt totaal overzicht gegeven plus een kort overzicht per rit:

- aantal vrij adressen;
- aantal ritten;
- totale benuttingsgraad;
- totaal afgelegde afstand;
- totale rijtijd;
- totale wachttijd;

- benuttingsgraad;
- aantal kilometers;
- rijtijd;
- wachttijd;
- ...

2.6. SCHERM

Dit nevenmenu is vanuit **COMMUNICATIE**, **CLUSTERING** en **ROUTERING** aan te roepen en levert commando's die de inhoud van het grafische informatie gebied definiëren. Als CAR gestart wordt ziet de gebruiker een ruimtelijke representatie van het probleem. In deze representatie kan hij werken met afzonderlijke delen van het probleem door gebieden uit te vergroten en ritten tijdelijk onzichtbaar te maken. Naast een ruimtelijke representatie kan een gebruiker voor een afzonderlijke rit overschakelen op een tijds- of ladingrepresentatie in de vorm van een staafdiagram of op een alfanumeriek overzicht.

VERGROOT

invoer: rechthoek, gespecificeerd door de hoekpunten links onder en rechts boven.

effect: De inhoud van de rechthoek zal de nieuwe inhoud van het grafische informatie vormen.

VOLLEDIG

effect: In het grafische informatiegebied worden alle ritten in de oorspronkelijke afmetingen en zichtbaar weergegeven.

(ON)ZICHTBAAR

invoer: rit.

effect: De rit wordt zichtbaar gemaakt als hij onzichtbaar is en onzichtbaar als hij zichtbaar is.

ZIE RUIMTE

effect: Overgang van de huidige representatie van het probleem naar de representatie gebaseerd op de ruimtelijke aspecten.

ZIE TIJD

invoer: rit.

effect: Overgang, voor de gespecificeerde rit, van de huidige representatie naar de representatie gebaseerd op de tijdaspecten.

ZIE LADING

invoer: rit.

effect: Overgang, voor de gespecificeerde rit, van de huidige representatie naar de representatie gebaseerd op de ladingaspecten.

ZIE TEKST

invoer: rit.

effect: Overgang, voor de gespecificeerde rit, van de huidige representatie naar een alfanumerieke representatie van de ritgegevens.

2.7. OPSLAG

Dit nevenmenu is vanuit **CLUSTERING** en **ROUTERING** aan te roepen en levert commando's die de tijdelijke opslag van de huidige planning mogelijk maken.

BERG OP

effect: De huidige verzameling clusters/routes wordt tijdelijk opgeslagen. Een eventueel eerder opgeslagen verzameling clusters/routes wordt vernietigd.

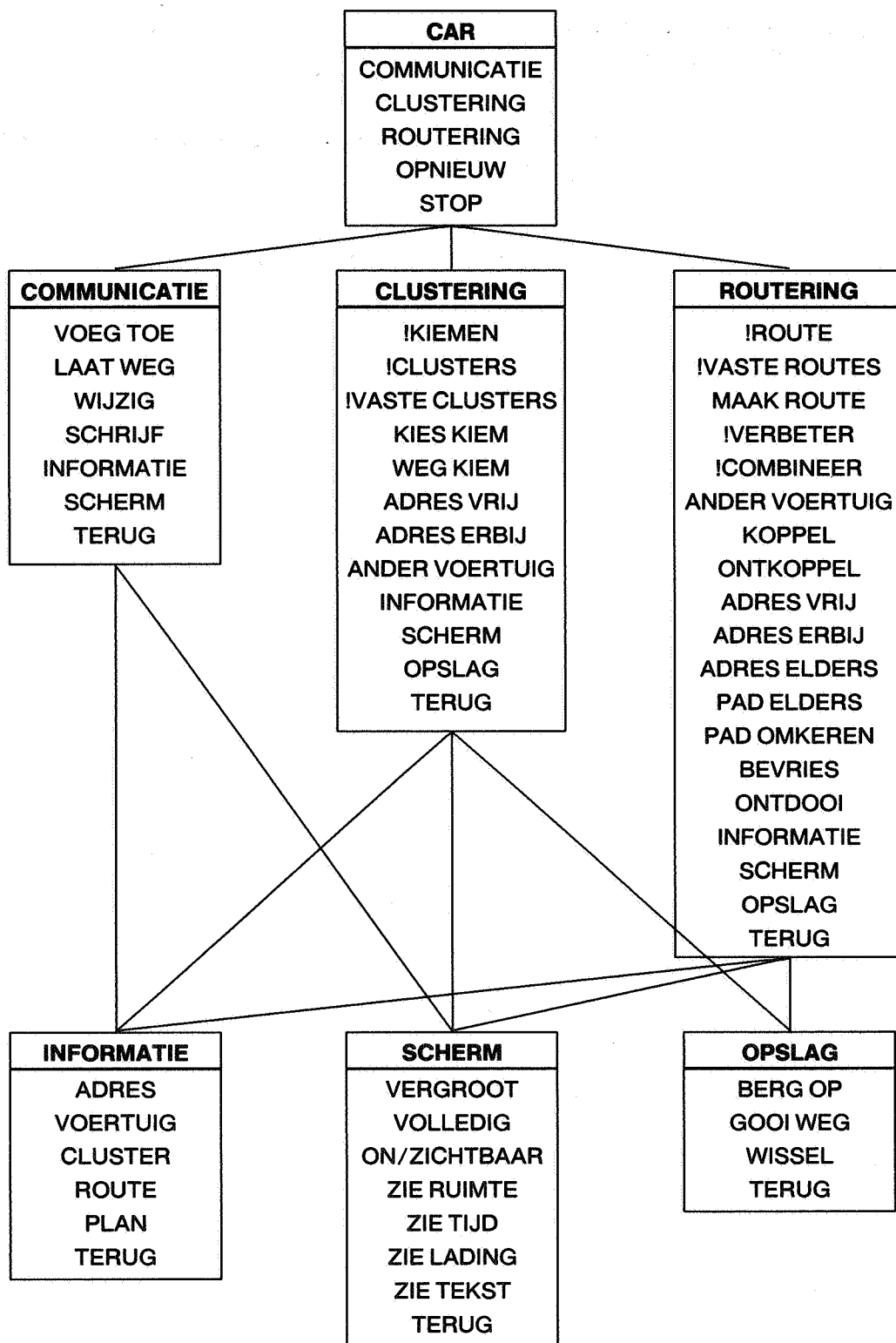
GOOI WEG

effect: De huidige verzameling clusters/routes wordt vernietigd. De eventueel opgeslagen verzameling clusters/routes wordt teruggehaald.

WISSEL

effect: De huidige verzameling clusters/routes wordt verwisseld met de verzameling clusters/routes die in het wisselgeheugen staat.

Appendix A. Commando's



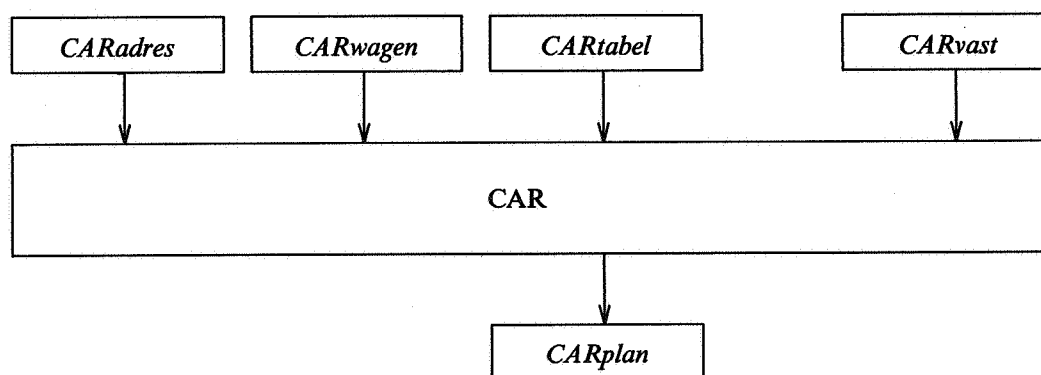
Figuur 1. Relaties tussen de verschillende menu's.

Appendix B. In- en uitvoerspecificatie: *CARadres*, *CARwagen* en *CARplan*

Een data-entry systeem en een rapportgenerator vormen geen onderdeel van CAR. Het bijhouden van permanente en tijdelijke bestanden van adressen en voertuigen, het verwerken van binnenkomende orders en het genereren van ritlijsten behoort dus niet tot de taken van CAR maar tot de taken van de omgeving. Het inlezen van het probleem en het wegschrijven van de resultaten heeft plaats met behulp van drie files: *CARadres*, *CARwagen* en *CARplan*.

Bij iedere aanroep van CAR wordt de omgeving afgezocht naar de files *CARadres* en *CARwagen* waarop alle benodigde gegevens voor de uit te voeren planning staan. Deze files worden direct gelezen en verwerkt. Als er gedurende de planning nieuwe orders arriveren kunnen deze worden toegevoegd aan het eind van de file *CARadres*. Bij het beëindigen van de planning laat CAR een file *CARplan* in de omgeving achter met daarop de gecreëerde routes, een totaaloverzicht en eventueel een overzicht van de veranderingen die tijdens het planningsproces zijn aangebracht.

Naast de files *CARadres* en *CARwagen* maakt CAR ook gebruik van de file *CARtabel* waarop de afstanden-, rijtijden- en coördinatentabel voor de relevante postcodegebieden staan, en de file *CARvast* met daarop een bestand van routes. Het rapport *Technische beschrijving van CAR, een systeem voor 'computer aided routing'* geeft nadere informatie over deze files.



Figuur 2. De in- en uitvoerfiles gebruikt door CAR.

De invoer bestaat uit twee gedeelten:

file *CARadres*:

per adres:

- bestellen/afhalen;
- identificatie;
- eigenschappen;
- tijdvensters;
- laad/lostijd;
- aantal zendingen;

en per zending:

- vrachtbriefnummer;
- prioriteit;
- volume;
- laad/lostijd;

file *CARwagen*:

per voertuig:

- identificatie;
- eigenschappen;
- capaciteit;
- beschikbaarheid.

Opmerkingen

- (1) CAR verwacht dat op de file *CARadres* eerst alle besteladressen staan en daarna alle afhaaladressen.
- (2) CAR verwacht dat de voertuigen op de file *CARwagen* geordend zijn naar afnemende capaciteit.

CAR levert de volgende uitvoergegevens:

file *CARplan*:

per route:

- voertuigidentificatie;
- totale lading;
- beladingspercentage;
- totaal afgelegde afstand;
- totaal gebruikte tijd;
- totale wachttijd;
- aantal adressen;
- in de volgorde van de te rijden route, waarbij voor de volledigheid het depot als eerste en als laatste 'adres' in de route is opgenomen, per adres:
 - identificatie;
 - aankomsttijdstip;
 - wachttijd;
 - vertrektijdstip;

totaaloverzicht:

- aantal ritten;
- totale afstand;
- totale rijtijd;
- gemiddelde belading;
- identificaties van adressen die niet opgenomen zijn in een route maar wel voorkomen op de file *CARadres*;
- aangebrachte veranderingen op de oorspronkelijke gegevens.

Gedetailleerde specificatie

file				# karakters
<i>CARadres</i>	per adres	bestellen/afhalen		1
		identificatie		40
		eigenschappen		8
		tijdvensters		4/4/4/4
		laad/lostijd		4
		# zendingen		3
		per zending	vrachtbriefnummer	10
			prioriteit	1
			omvang	5/5
			laad/lostijd	4
<i>CARwagen</i>	per voertuig	identificatie		9
		eigenschappen		8
		capaciteit		6/6
		beschikbaarheid		4/4
<i>CARplan</i>	per rit	voertuigidentificatie		9
		totale lading		6/6
		beladingspercentage		3/3
		totale afstand		6
		totale rijtijd		4
		totale wachttijd		4
		# adressen		3
		per adres	identificatie	16
			aankomsttijdstip	4
			wachttijd	4
			vertrektijdstip	4
		# ritten		2
		totale afstand		6
	totale rijtijd		6	
	gemiddelde belading		3/3	
	# geplande adressen		4	
	# overblijvers		4	
	per overblijver	identificatie	16	
	wijzigingen			

