

# DIR -HAAGLANDEN

## Dynamische Individuele Routegeleiding Haaglanden

Ir. K. Kieran, Ir. Th.H.J. Muller, Prof. dr. H.J. van Zuylen

versie mei 2001

762 194

DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

## DIR-Haaglanden

### Dynamische Individuele Routegeleiding Haaglanden

Rapp  
CT  
VK  
201-05  
[2e expl.]

Technische Universiteit Delft  
Faculteit CiTG  
Bibliotheek Civiele Techniek  
Stevinweg 1  
2628 CN Delft

Concept, Maart 2001

Ir K. Kieran  
Ir.Th.H.J.Muller  
Prof.dr. H. van Zuylen

3165501

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van een literatuur onderzoek in het kader van het onderzoek "Individuele Dynamische routegeleiding" uitgevoerd door de TU-Delft in opdracht van Stichting Platvorm Bedrijven verenigingen Haaglanden en de Kamer van Koophandel Haaglanden.

De literatuurstudie heeft betrekking op de beschikbaarheid van gegevens, de gebruikerseisen, ervaringen met informatieverstrekking en de eisen die aan het systeem en de bijbehorende hardware gesteld moeten en kunnen worden.

Het doel is aanbevelingen te doen voor de volgende stappen in het project.

Tot voor kort vertrouwden de meeste chauffeurs op de traditionele methoden om van herkomst naar bestemming te gaan. In het algemeen maakt men gebruik van bewegwijzering, landkaarten en mondelinge aanwijzingen.

Door de vooruitgang in de techniek zijn meer geavanceerde hulpmiddelen op de consumentenmarkt gekomen. Deze kunnen, aan de hand van de huidige positie van het voertuig (GPS) en de bestemming, een route plannen en geleiden. Deze systemen zijn bekend onder de verzamelnaam ATIS (Advance Traveller Information Systems).

Tijdens de 90-er jaren zijn voertuignavigatie systemen steeds ingeburgerd. Ze zijn echter in eerste instantie gericht op de markt voor personenauto's. Voorbeelden hiervan zijn VDO-Dayton en Magellan-VNS systemen. Meer recent is een ontwikkeling waar te nemen naar navigatie systemen die meer op de specifieke eisen van doelgroepen is toegesneden. Deze producten trachten naast routing ook additionele gebruiksmogelijkheden zoals die ten behoeve van de logistiek (meting van reistijd, laad- en lostijd, rusttijd, etc.) en voertuigvolgsystemen (tracking and tracing) in het systeem te integreren. Een voorbeeld hiervan is het Volvo Dynafleet systeem.

Tot op heden maken de meest navigatiesystemen hoofdzakelijk gebruik van statische informatie (digitale kaarten). Alhoewel dynamische verkeersinformatie via radioberichten beschikbaar is, blijkt deze in de praktijk verre van ideaal te zijn. Ze leveren de informatie vaak op het verkeerde moment en op de verkeerde plaats om adequaat te kunnen beslissen een route aan te passen.

Door de opkomst van de mogelijkheid tot dataverkeer via de radio, is het mogelijk de statische gegevens van de zogenaamde in-car systemen aan te vullen met actuele verkeersgegevens. Dit kan bijvoorbeeld met RDS/TMC (Radio Data Service – Traffic Message Channel), dat via de autoradio verkeersinformatie kan sturen naar een display op de radio of naar naviagtiesystemen aan boord. Dit systeem zal met geld van de EU operationeel gemaakt worden in een groot aantal Europese landen.

Het internet heeft de weg vrij gemaakt voor de introductie van continue, op de gebruiker gerichte real-time informatie. Recente vooruitgang in de derde generatie mobiele communicatie gaat in de richting van geïntegreerde systemen voor mobiele routekeuze en real-time verkeersinformatie.

Ook de verkeersinformatie zelf is aan verbeteringen onderhevig waardoor providers steeds betrouwbaardere informatie kunnen verschaffen. De meeste landen in Europa beschikken over Traffic Information Centra (TIC's) die gedetailleerde informatie verzamelen over de verkeerssituatie met name op het hoofdwegennet en die providers toegang geven tot deze informatie.

Al is de real-time informatie beschikbaar, de gebruiker krijgt deze in het algemeen als een periodiek verstrekte opsomming van files en wegwerkzaamheden. Zelden is deze toegesneden op de specifieke behoefte van individuele gebruikers en meestal is ze niet volledig genoeg om te gebruiken voor het plannen van of beslissen tot het gebruik van alternatieve routes of vertrek-tijdstippen.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

Een verkenning in Schiedamschen naar de informatiebehoefte van chauffeurs en logistieke managers beperkte zich tot het interviewen van slechts een paar personen. Daarbij bleek dat routegeleiding incidenteel nodig is, met name bij onbekende bestemmingen. Het lijkt erop dat chauffeurs hun parate kennis over routes naar bestemmingen en hun ervaringen met het lezen van landkaarten ervaren als hun vakmanschap. Toch gaven zij een aantal voorbeelden, waarbij zij zelf de persoonlijke begeleiding naar de bestemming als uiterst nuttig beschreven. Enige uitleg over mogelijkheden van DIR maakte ze enthousiast en zette aan tot meedenken. Vooral het tijdig gewaarschuwd worden over stremmingen (met nadruk op tijdig) kwam als nuttig naar voren. Iedereen had blijkbaar wel eens onnodig en erg lang vastgestaan.

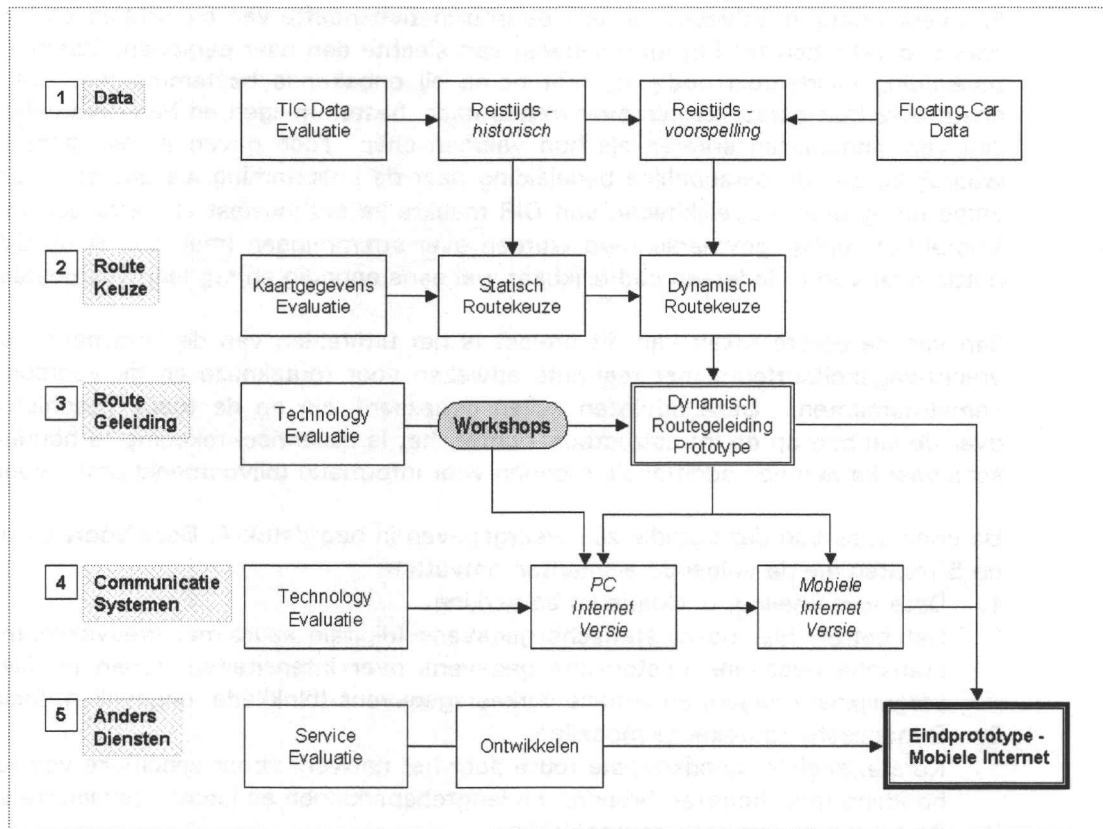
Een van de eerste taken van dit project is het uitbreiden van de informatie voor individuele vrachtwagenchauffeurs met real-time adviezen voor routekeuze en de voorspelling van aankomstmomenten. Deze adviezen zullen gebaseerd zijn op de thans beschikbare informatie over de situatie op de infrastructuur. Echter, het is essentieel rekening te houden met het beschikbaar komen van additionele bronnen voor informatie (bijvoorbeeld probe-voertuigen).

De conclusies van deze studie zijn weergegeven in hoofdstuk 4. Deze voorzien ontwikkelingen op 5 fronten die de volgende elementen omvatten:

1. Data verzameling, evaluatie en bewerking.  
Het betreft hier naast statische gegevens (digitale kaart met wegvakkenmerken), semi statische gegevens (historische gegevens over intensiteitspatronen en filevorming voor vergelijkbare dagen) en actuele verkeersgegevens (blokkade, ongevallen, filelengten etc.).
2. Dynamische routekeuze modellen.  
Korste, snelste, goedkoopste route door het netwerk voor specifieke voertuigen rekening houdend met hoogte-, breedte- en lengtebeperkingen en lading (gevaarlijke stoffen etc.).
3. Prototype dynamische routegeleiding.  
De informatie wordt op een dussdanige manier vormgegeven dat verschillende platforms voor verder verspreiding naar de eindgebruiker bruikbaar zijn. Als uitgangspunt geldt hierbij, dat het prototype platformafhankelijk moet zijn. Ofschoon de keuze van de uiteindelijke toepassingsvorm op een later stadium plaats zal vinden, kan er nu reeds rekening mee gehouden worden dat dit waarschijnlijk gebaseerd zal zijn op een Windows-CE systeem.
4. Communicatie met prototype.  
Deze is afhankelijk van de systeemkeuze
5. Verdere diensten met toegevoegde waarde

De stappen in de voortgang zijn in figuur 1 weergegeven.

De TU-Delft richt zich met name op de modellen voor *real-time routekeuze* en voor *voorspelling van aankomstmomenten*. Zij zal daarnaast aansluiting moeten zoeken bij systemen in de markt om de resultaten van deze gegevensverwerking naar de eindgebruikers te communiceren en deze modellen uit te kunnen testen.



Figuur 1. Schema activiteiten.

Het systeem voor dynamische routekeuze en individuele routegeleiding gaat uit van de beschikbaarheid van verkeersinformatie. Dit betreft gegevens van de nationale TIC (hoofdwegen) aangevuld met gedetailleerde informatie over het onderliggende wegennet (Regionale TIC). Zolang de regionale TIC Haaglanden niet operationeel is, zal voor dit project tijdelijk gebruik gemaakt worden van gegevens van Regiolab Delft.

Er zijn echter procedures nodig om de actuele informatie over bijvoorbeeld wegwerkzaamheden, omleidingen, afsluitingen naar de dynamische database te sturen. Dit is een taak voor Regio Haaglanden, de gemeente Delft en/of het bedrijventerrein.

## Inhoud

### 1 Introductie

- 1.1 Probleembeschrijving
- 1.2 Oplossingsrichting
- 1.3 Onderzoeksopzet
  - 1.3.1. Systeem definitie, gebruikerseisen en systeem eisen
  - 1.3.2. Gegevensverkenning
  - 1.3.3. Kortste route algoritme
  - 1.3.4. Verzameling additionele gegevens
  - 1.3.5. Ontwikkeling prototype
  - 1.3.6. Ontwikkeling van een professioneel operationeel systeem

### 2. Achtergrond – Literatuurstudie

- 2.1 Inleiding
- 2.2 Gegevensbronnen
  - 2.2.1. Digitale landkaarten
  - 2.2.2. Verkeersinformatie
- 2.3 Gegevensverwerking
  - 2.3.1. Verwerking kaartmateriaal
  - 2.3.2. Real time verwerking actuele verkeersgegevens
- 2.4 Communicatiesystemen
- 2.5 Plaatsbepalingssystemen
- 2.6 Voertuigvolgssystemen
- 2.7 Routegeleidingsprojecten

### 3 Informatiebehoefte

- 3.1 Methodologie
- 3.2 Interviews
- 3.2 Conclusies

### 4 Voorstel

- 4.1 Inleiding
- 4.2 Systeemfunctionaliteit
  - 4.2.1. Inloggen in DIR-Haaglanden
  - 4.2.2. Bepalen optimale route
  - 4.2.3. Aanpassen gebruikte route
  - 4.2.4. Presentatie van de route
- 4.3 Analyse communicatietechnologie
- 4.4 Aandachtsgebieden voor ontwikkeling systeemopbouw
- 4.5 Systeemontwikkeling - verdere detaillering
  - 4.5.1. Dataverzameling, evaluatie en bewerking
  - 4.5.2. Dynamische routekeuzemodellen
  - 4.5.3. DIR Prototype
  - 4.5.4. Additionele diensten

## Referenties

### Bijlagen

- A.1 Internet Traffic Sites
- A.2 Voertuig navigatie Systemen

## 1 Introductie

### 1.1. Probleembeschrijving

Veel bezoekers van bedrijven ondervinden problemen bij het zoeken van de juiste route. De bewegwijzering, landkaarten, stratenboeken en verkeersinformatie laten te wensen over. Zelfs goed voorbereide chauffeurs, die hun route vooraf plannen kunnen onverwachte problemen tegenkomen. Dit kan leiden tot extra verkeer op het netwerk, meer kilometers, tijdverlies voor chauffeurs, extra kosten, en soms zelfs, binnen de bebouwde kom, tot blokkade van straten door verkeerd gereden vrachtwagens.

Bewegwijzering, landkaarten en informatieborden geven alleen statische informatie. Ze houden geen rekening met structurele of incidentele congestie. Ook is het moeilijk al rijdend een landkaart te lezen en de informatie te onthouden. Als een chauffeur eenmaal een verkeerde afrit heeft genomen, zal hij snel gedesoriënteerd raken en ondervindt hij moeilijkheden bij het terugvinden van zijn route.

Wegwerkzaamheden gaan vaak gepaard met omleidingen. Deze zijn niet altijd even duidelijk en voor vrachtverkeer kunnen ze problematisch zijn. Als ze voor vertrek bekend zijn, kan het vrachtverkeer ze vermijden. Dit vraagt om additionele informatie over alternatieve routes. Ook bij incidenten (afsluiting van rijstroken, ongevallen etc.) kan het helpen de chauffeur over een andere route te geleiden om zo de file te omzeilen

Het doel van dit project is het ontwikkelen van een systeem voor dynamische routegeleiding dat de individuele chauffeur informeert over zijn snelste, kortste of gemakkelijkste route naar zijn bestemming, rekening houdend met de kenmerken van zijn voertuig. De informatie moet continue zijn om op elke locatie eventueel te kunnen inspelen op gewijzigde omstandigheden door van route te veranderen.

Dit rapport probeert aan te geven wat er op dit moment bekend is van bestaande informatie-systemen en systemen voor voertuiggeleiding, welke verkeersgegevens en elektronische landkaarten beschikbaar zijn, welke eisen er aan het systeem voor individuele dynamische routegeleiding gesteld moeten worden en welke middelen er zijn om de informatie bij de bestuurder te brengen.

Daarnaast bevat dit rapport een aantal bevindingen uit gesprekken met eindgebruikers. De bedoeling is een relatief breed overzicht te geven van de technische ontwikkelingen en de relevantie van dit project.

Het rapport bevat 4 hoofdstukken:

- Hoofdstuk 1: beschrijft de problemen en de doelstellingen van het project en geeft aan hoe het project zal worden uitgevoerd.
- Hoofdstuk 2: geeft een overzicht van de bestaande bronnen voor gegevens over de infrastructuur en de actuele verkeersgegevens en van beschikbare communicatiekanalen.
- Hoofdstuk 3: geeft de voorlopige bevindingen van gesprekken met eindgebruikers.
- Hoofdstuk 4: geeft de belangrijkste conclusies en aanbevelingen voor verdere activiteiten in het kader van dit project.

## 1.2 Oplossingsrichting

Op dit moment is er al erg veel apparatuur beschikbaar voor routegeleiding. In-car systemen kunnen de beste route bepalen en onderweg gedetailleerde aanwijzingen geven gebruikmakend van spraak en instructie op een videoscherm. Deze informatie is meestal gebaseerd op statische informatie opgeslagen in de apparatuur. Voor dynamische geleiding moet hier dynamische informatie over omleidingen, ongevallen, congestie etc. worden toegevoegd. Slechts weinige systemen integreren statische en dynamische informatie. Om de dynamische informatie aan boord te krijgen is mobiele communicatie met het voertuig vereist. Zulke communicatie maakt het tevens mogelijk een verzoek tot routegeleiding te versturen.

## 1.3 Onderzoeksopzet

De ontwikkeling van een individueel routegeleidingsysteem zal de volgende stappen bevatten:

1. Systeem definitie, gebruikers eisen en systeem eisen.
2. Gegevens verkenning
3. Ontwikkeling van een on-line kortste route algoritme
4. Verzameling additionele gegevens
5. Ontwikkeling van een prototype
6. Ontwikkeling van een professioneel operationeel systeem

### 1.3.1. Systeem definitie, gebruikers eisen en systeem eisen,

De eerste stap in het project is het maken van een systeem ontwerp. Hierbij komen de systeem-eisen, de randvoorwaarden, en de behoefte aan gegevens aan de orde.

Om de wensen van gebruikers te inventariseren zullen interviews plaatsvinden met chauffeurs, logistiek medewerkers en bedrijfsmanagement en zijn discussiebijeenkomsten gepland. Een aantal kleine en grote bedrijven in Schiedamschen oever is gevraagd hieraan mee te werken.

Tevens vindt een evaluatie plaats van potentieel gegevensbronnen en communicatiekanalen (WAP, GSM, internet etc.). Deze activiteiten komen in dit rapport aan de orde,

### 1.3.2. Gegevens verkenning

Het belangrijkste is dat het systeem moet beschikken over accurate informatie over de huidige en voorspelde situatie op het wegennetwerk. Deze informatie kan verkregen worden uit diverse bronnen aanwezig in het beschouwde gebied. Het gewenste detailniveau van deze informatie hangt af van de afstand tot de bestemming. Op grote afstand kan volstaan worden met TIC-informatie over het hoofdwegennet. De meeste Europese landen beschikken over zulke Traffic Information Centers voor deze schaal.

Dichter bij de bestemming is informatie nodig over de actuele situatie op provinciale en gemeentewegen. Gegevens op dit niveau zijn thans nog maar sporadisch aanwezig maar op verschillende plaatsen in Nederland zijn initiatieven gestart om aan deze informatiebehoefte te voldoen. De Regio Rotterdam heeft bijvoorbeeld een website waarin de verkeerssituatie in en om Rotterdam wordt weergegeven en tevens de beschikbaarheid van vrije plaatsen in parkeergarages.



De TU-Delft ontwikkelt, samen met de wegbeheerders en de industrie, op dit moment een dergelijk systeem voor Delft en omstreken (Regiolab Delft). Dit systeem verzamelt gegevens over het verkeer op wegen van drie wegbeheerders (rijk, provincie en gemeente). Het betreft hier gegevens over de stand van de verkeerslichten, detectorgegevens op koplussen, tellingen, snelheidsmetingen etc. Binnenkort zullen camerasystemen gebruikt worden om verkeer te tellen en op grond van voertuigherkenning routes en trajecttijden te bepalen.

### 1.3.3. Kortste route algoritme

Er wordt een algoritme ontwikkeld om op grond van bestaande gegevens over het beschouwde netwerk, de actuele en verwachte verkeerstoestand, en kenmerken van specifiek voertuigen (personenauto, vrachtwagen, vervoer gevaarlijke stoffen, exceptioneel transport, etc) de meest geschikte route te bepalen (multi-class routezoek-algorithme).

Het gebruikte kaartmateriaal zal daarbij gedetailleerder moeten zijn naarmate je dichterbij de bestemming komt. Dit is met name van belang in bebouwde gebieden waar met borden naast de weg restricties zijn aangegeven die gelden voor verschillende categorieën voertuigen (gesloten voor, breder dan, hoger dan, zwaarder dan, etc). Het kaartmateriaal en het algoritme moet ook rekening houden met bijzondere omstandigheden zoals te smalle straten en te moeilijk te nemen bochten voor zware vrachtwagen, te hoge ronde bruggetjes voor lage vloer bussen, etc. Ook moeten tijdelijk wijzigingen ten gevolge van werkzaamheden en lokale omleidingen meegenomen worden.

Deze gegevens zijn zeer gedetailleerd, zeer specifiek voor een bepaalde bestemming, en erg onderhevig aan veranderingen. Dit betekent dat om het systeem voor individuele dynamische routegeleiding betrouwbaar te kunnen laten werken het up- to-date moet blijven en er nauw zal moeten worden samengewerkt met de lokale wegbeheerders.

Tijdens deze stap zal daarom, met Schieoever als voorbeeld, een netwerk ontwikkeld worden dat nodig is voor het maken van zo'n multi-class routezoekalgorithme.

### 1.3.4. Verzameling additionele gegevens

De statische gegevens over het netwerk moeten on-line worden aangepast aan dynamische verkeersinformatie (wegopbreking, filevorming, ongelukken, etc). Deze fase dient om na te gaan op welke wijze snel dynamische gegevens kunnen worden verkregen uit de verschillende aanwezige bronnen. De gegevens zijn invoer voor het dynamische routezoekalgorithme.

### 1.3.5. Ontwikkeling van een prototype

In deze fase zal het resultaat van het dynamische routezoekalgorithme naar een prototype gecommuniceerd worden en zal het prototype de informatie aan de gebruiker moeten tonen. De nadruk ligt hierbij op de ontwikkeling van het prototype en de interactie met gebruiker (interface) en de centrale (communicatie). Het prototype zal getest worden op de bruikbaarheid.

Het ligt in de bedoeling een bestaand systeem als basis voor het prototype te gebruiken (informatiezuil, GSM, WAP, Xoip, etc.) zo dat snel kan worden overgegaan op evaluatie van de betrouwbaarheid van het totale systeem van routegeleiding in de praktijk.

Voor de uitwerking van het prototype zal aansluiting gezocht worden bij een private partij (de industrie, een service provider en/of een software house).

### 1.3.6. Ontwikkeling van een professioneel operationeel systeem

De ervaringen met het prototype moeten leiden tot de functionele en technische specificatie

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

voor de realisatie van een operationele versie van een systeem voor individuele dynamische routegeleiding. Ook bij deze stap is samenwerking met private ondernemingen nodig.

## 2. Achtergrond - Literatuurstudie

### 2.1. Inleiding

Via internet en literatuuronderzoek is een goed overzicht verkregen in hoever de industrie is op het gebied van intelligente verkeerssystemen. De volgende drie sites waren daarvan een goed voorbeeld:

ERTICO - Intelligent Transport Systems - Europe	<a href="http://www.ertico.com/">http://www.ertico.com/</a>
ITS America - Intelligent Transport Systems America	<a href="http://www.itsa.org/">http://www.itsa.org/</a>
VERTIS - Vehicle, Road, Traffic Intelligence Society - Japan	<a href="http://www.vertis.or.jp/">http://www.vertis.or.jp/</a>

Bestuurderondersteunende systemen kunnen in twee groepen worden verdeeld in geavanceerde reizigers informatie systemen (ATIS – Advanced Traveler Information Systems) langs de weg (VMS – Variable Message Signs) of in het voertuig (IRANS – In vehicle Route And Navigation Systems).

Dit hoofdstuk geeft een kort overzicht van de elementen uit deze systemen toont de beschikbare state-of-art technologie. De relevante voor- en nadelen komen aan de orde in hoofdstuk 4.

De technologieën die in deze literatuurstudie zijn aangetroffen zijn gecategoriseerd weergegeven in tabel 2.1.1. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze technologieën allemaal samenhangen. Zo zal bijvoorbeeld een voertuigvolgsysteem leunen op GPS voor plaatsbepaling.

Tabel 2.1.1 Technologieën die relevant zijn voor dynamische routegeleiding	
Bronnen van gegevens	Elektronische landkaarten
Data Transformatie	Real-time actuele verkeersinformatie
Communicatie Systemen	Analyse and data processing technieken and systemen
Informatie Display	Vaste en mobiele data communicatie
Locatie Systemen	Verbaal, visueel en gedrukt
Logistieke systemen en vloot management	Geografische Positie Systemen (GPS)
Route-guidance	Systemen door vrachtbedrijven gebruikt voor het volgen van de vervoerde goederen, vervoereenheden en chauffeurs

## 2.2. Gegevensbronnen

### 2.2.1. Digitale landkaarten

#### a. De RWS-database met weggegevens (WEGGEG)

WEGGEG is de database van Rijkswaterstaat met gegevens over de belangrijkste wegen. Het bevat wegnummers en locatieinformatie en wegkenmerken zoals de wegcategorie, het aantal rijstroken, verkeerssignalen, verlichting, restricties voor gebruik, obstakels en langdurige werkzaamheden.

In 2001 zullen deze gegevens zijn ingevoerd in het RWS Basis Netwerk. Uit een voorlopige evaluatie van database in 1997 kan worden opgemaakt dat de bruikbaarheid voor individuele geleiding onvoldoende is. Enerzijds omdat de database niet compleet is en anderzijds omdat de restricties op het gebruik van de wegen niet allemaal per voertuigtype zijn aangegeven (bijv. verboden voor vrachtwagens tussen 7.00- 9.00 uur). De mogelijkheden voor het gebruik van het RWS Basis Netwerk voor dit project zullen in een later stadium verder worden onderzocht.

Figuur 2.2.1. toont de mogelijkheden om met het Basis Netwerk de infrastructuur op verschillend detailniveau te bekijken.



Figuur 2.21 Views gegenereerd uit V&W Basis Netwerk

De TU Delft heeft reeds applicaties ontwikkeld, die gebruik maken van dit Basis Netwerk. Het bevat gedetailleerde netwerkinformatie zoals wegcategorie, snelheden, restricties etc. Binnenkort heeft de TU-Delft de beschikking over een nieuwe voor 2000 bijgewerkte versie van het RWS Basis Netwerk.

De TU-Delft heeft ook toegang tot de Nationale Postcode database en verschillende databases van het CBS.

#### b. NAVTECH Databases <http://www.navtech.com/>

NAVTECH is een bedrijf dat zich wereldwijd bezig houdt met het maken en bijhouden van digitale wegenkaarten. Het bedrijf heeft een kantoor in Nederland (Best). NAVTECH was onder andere betrokken bij het ADVANCE project in Chicago en omgeving (voertuig navigatie project). Hun digitale kaarten worden ook gebruikt in het ARS TravelStar product.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

Het NAVSTREETS product bevat:

- Koppeling van wegvakken
- Verticale boogstralen
- Huisnummer
- Eenrichtingswegen, inrijverboden, nauwe bochten
- Categorisering van de wegen
- Maximale snelheden
- Herkenningpunten

De NAVTECH database is een gedetailleerde, digitale weergave van het wegenstelsel dat deur-tot-deur routegeleiding mogelijk maakt via aanwijzingen waar af te slaan. Elke wegsectie kan tot 150 kenmerken meekrijgen zoals de straatnaam, welke huisnummers ertoe behoren, de richtingen men op kan gaan etc. Daarenboven bevat de database bijzondere informatie over meer dan 40 soorten attractiepunten zoals restaurants, benzinestations, ziekenhuizen, politiebureaus etc. Het ziet er na uit dat de belangrijkste ontwikkelaars van commerciële navigatie systemen gebruik maken van door NAVTECH geleverde gedetailleerde netwerk databases (zie tabel 2.2.1).

Ontwikkelaars navigatie systemen	Alpine, Avis, Becker, Clarion AutoPC, Denso, Fujitsu Ten, Hertz, InfoGation, Magellan, Magneti Marelli, Motorola, Navi PC, Pioneer, Pronounced Technology, TECmobility, Trimble, VDO, Visteon, Zenrin
Ontwikkelaars verkeersmanagement systemen	Heusch/Boesefeldt, Siemens
Auto-industrie met eigen navigatiesystemen	Acura, Citroën, Jaguar, Land Rover, Oldsmobile, Peugeot, Porsche, Renault, Volvo
Internet	Maporama, Mappy.com, MapQuest, Microsoft, PTV, TECmobility, Zip2
Fleet Management	Descartes, DIVITECH, Federal Express Corporation, Geo Decisions, GeoCom TMS, PTV, RouteSmart Technologies

### c. TeleAtlas

Tele Atlas is een andere leverancier van digitale karten voor routenavigatie. Er zijn twee databases beschikbaar ierder met een ander detailniveau: StreetNet en MultiStreet. Teleatlas straatnetwerken bevatten informatie over zowel stadscentra als andere bestemmingen zoals stations, vliegvelden, knooppunten op het hoofdwegenet, benzinestations, grensovergangen, etc. Een speciale uitgave op CD bevat ook toeristeninformatie zoals hotels, restaurants, bekende punten, beroemde bezienswaardigheden en banken. Ze zijn tot stand gekomen in samenwerking met uitgevers als Michelin, Gräfe und Unzer, de ANWB, DeAgostini of Varta.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

MultiNet bevat zeer uitgebreide en complete pakketten informatie over het wegennet. Het bestaat uit:

- De straten en wegen met type aanduiding
- Straat namen, wegennummers, huisnummer bereik,
- verkeersvoorzieningen, klassering van netwerken
- Adres gebieden, administratieve eenheden, Postcode gebieden
- Grondgebruik: parken, bossen, eilanden, industrie gebieden, moerassen, heidevelden
- Stations, veerpondverbindingen

Interessante punten zijn onder andere benzine stations, hotels/motels, restaurants, parkeerterreinen, spoorwegstations, vliegvelden, autodealers, autoverhuurbedrijven, winkelcentra, stadions, ziekenhuizen, overheidsinstellingen, bebouwde kom, gehuchten, meren, rivieren en kanalen.

Bovendien wordt aangegeven welke RDS/TMC locatie codes gebruikt moeten worden, de aanwezige routeborden.

Bebruikers van Teleatlas gegevens zijn ondermeer de ANWB, Audi, Blaupunkt, Instituto Geografico De Agostini, Ford, Gräfe und Unser, Honda, Kenwood, Mannesman/VDO, Mercedes-Benz, Michelin, Porsche en Varta. AND Data Solutions B.V. en Future Technology

### 2.2.2. Verkeersinformatie

#### a. TIC Nederland

TIC-Nederland bestaat sinds 1998 en heeft als doel klanten te voorzien van de beste en meest recente informatie over de verkeerssituatie op het Nederlandse hoofdwegennet. TIC-Nederland is een samenwerking tussen V&W en de KLPD. De kantoren en het regelcentrum zijn gevestigd in Utrecht.

De verkeersinformatie over het onderliggende wegennet (zoals wegwerkzaamheden) wordt ad hoc verzameld en gedistribueerd (zie XXX).

De TIC - informatie bestaat uit:

- Verkeerstromen en filevorming (blokkades, langzaam rijdend verkeer, files)
- Wegwerkzaamheden (bezig en gepland)
- Verwachte files
- Voor het verkeer van belang zijnde informatie (bijvoorbeeld wachttijden bij veerponten)
- Algemene verkeersadviezen en -aankondigingen

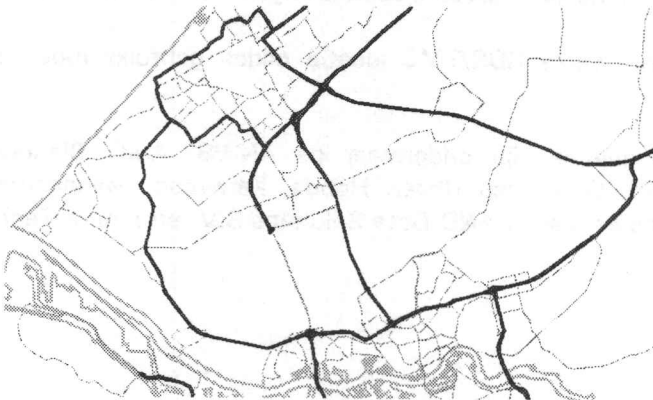
De standaard uitvoer van TIC wordt verschaft in de vorm van gecodeerde informatie bekend als Datex -commando's. Voor 2001 is gepland ook kwantitatieve gegevens per wegvak te geven (inclusief reistijd). De klanten van TIC-Nederland zijn onder meer V&W, KLPD, Regionale TIC's and VASP's (Value Added Service Providers). VASP's zijn in het algemeen klanten uit de private sector die de informatie uitbreiden alvorens deze naar de eindgebruikers (weggebruikers) te sturen. Om de TIC gegevens te kunnen interpreteren, krijgen de informatieverschaffers de Datex Data Dictionary en plaatsindicatoren.

De basisgegevens voor TIC zijn de Monica-gegevens van RWS (intensiteiten en gemiddelde snelheid per minuut) die worden gebruikt voor de rijstrooksignalering (snelheidsadviezen en afkruisen van rijstroken).

### b. Regiolab Delft

Regiolab Delft is een samenwerkingsverband tussen de TU Delft, Rijkswaterstaat, Provincie Zuid-Holland, Gemeente Delft, Connekt, Vialis and Siemens. Het is de bedoeling real-time verkeersgegevens te verzamelen over het gebied tussen Den Haag, Gouda, Rotterdam en Naaldwijk. Het doel is verkeerspatronen (HB-relaties en routes) te herkennen en de verschuivingen daarin (als gevolg van DVM-maatregelen) waar te nemen.

Het werkgebied van Regiolab Delft is weergegeven in Figuur 2.2.2.1.



Figuur 2.2.2.1. Gebied Regiolab Delft

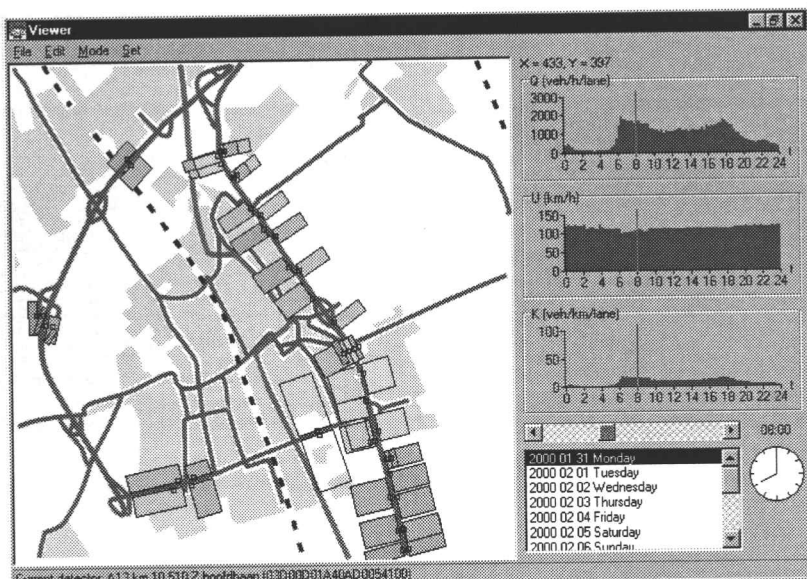
Het Regiolab Delft gebruikt onder andere de volgende bronnen voor gegevensverzameling:

- Het Monica systeem op het hoofdwegennet (per rijstrook en per doorsnede liggen inductielussen die het verkeer tellen en de snelheid meten)
- Gegevens van CTMS
- Tellussen bij verkeersregelingen
- Gegevens van de toeritdoseringen
- Videosystemen van Vialis voor voertuigherkenning
- Traffic Eyes van Siemens voor tellen en snelheidsmeting

Het project startte eind 2000. Het eerste doel is de infrastructuur te maken om gegevens van drie wegbeheerders samen te brengen en informatie daaruit te distribueren naar de wegbeheerders. Deze informatie moet de wegbeheerders laten zien wat er op hun gezamenlijke infrastructuur aan de hand is. Het eerste eindproduct zal een verkeersmonitor zijn waarop intensiteit, snelheid en dichtheid per wegvak zichtbaar zijn (zie figuur 2.2.2.2.).

Een tweede doel is routes van voertuigen door het netwerk te bepalen en na te gaan welke verschuivingen optreden als gevolg van verliestijd op bepaalde delen van het netwerk. Een tweede eindproduct moet de wegbeheerders waarschuwen dat er afwijkingen optreden van de normale situatie. Ze worden daarmee onder andere geconfronteerd met de effecten van hun gecombineerde DVM activiteiten.

De TU-Delft richt zich op de uitbreiding van kennis over de benutting van de verkeersinfrastructuur. Meer kennis en beter inzicht kunnen leiden tot betere DVM oplossingen waarbij zelfs op de verschuivingen kan worden geanticipeerd. Een belangrijk deel van het onderzoek bij TRAIL zal hierop gericht zijn en gebruik maken van een database met door Regiolab Delft verzamelde gegevens.



Figuur 2.2.2.2. Prototype verkeersmonitor Regiolab Delft

In de eerste helft van 2001 zullen online Monica-gegevens binnenkomen van de A13, A12, A20 and A4, zullen videosystemen op de Kruithuisweg worden geïnstalleerd en zullen kruispuntgegevens van de provincie en de gemeente Delft beschikbaar zijn.

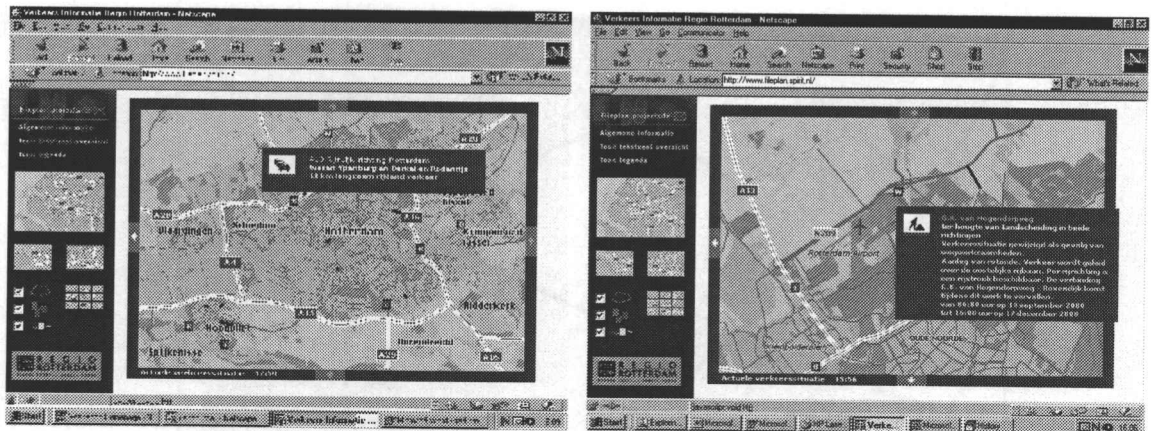
### c. Regionale TIC Rotterdam

Naast de nationale TIC en Regiolab Delft zijn er in de omgeving nog andere bronnen voor gegevens. In het algemeen beschikken de verschillende lokale wegbeheerders over een lijst met werkzaamheden die in het eigen gebied in uitvoering zijn of gepland. Daarnaast beginnen verschillende wegbeheerders met regionale TIC's. Een voorbeeld hiervan is de regionale TIC van Rotterdam. Dit systeem is ontwikkeld in een samenwerkingsverband tussen ARS Traffic & Transport Technology, DHV Consultants, en Spirit Interactive Services.

Veel van de plaatselijke informatie over wegwerkzaamheden en festiviteiten komt van persoonlijke contacten (mondeling, via de telefoon en/of via de fax of e-mail). Deze gegevens worden handmatig ingevoerd in het systeem. De brugopeningstijden komen automatisch uit een systeem dat voor de brandweer is ontwikkeld om over betrouwbare informatie te beschikken over te volgen routes. De regionale TIC-informatie is beschikbaar op het internet en geeft real-time verkeersinformatie over Rotterdam en omstreken.

Het bevat dynamische gegevens over files, ongevallen, wegwerkzaamheden, festiviteiten, beschikbare parkeerplaatsen in garages en op P&R plaatsen en welke bruggen open staan.





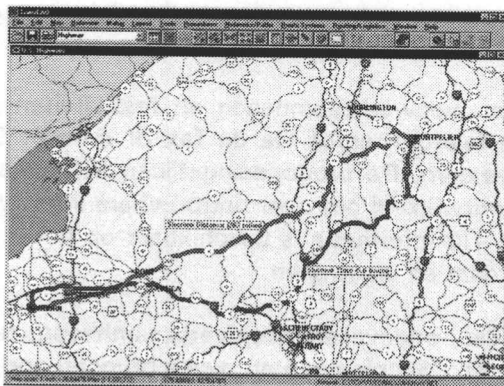
Figuur 2.2.2.3. Website regionale TIC Rotterdam (<http://www.fileplan.spirit.nl/>)

## 2.3 Gegevensverwerking

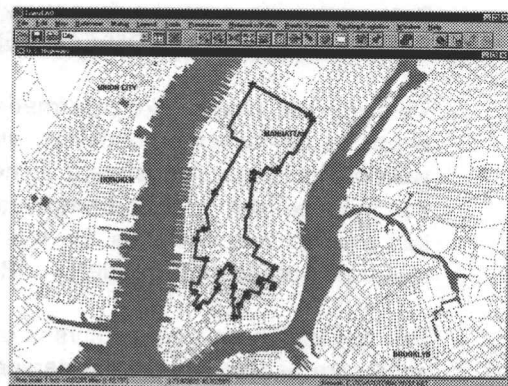
### 2.3.1 Verwerking van kaartmateriaal

Een van de mogelijkheden om te werken met het beschikbare kaartmateriaal is gebruik van het geografische informatiesysteem (GIS) van het programma TransCAD. Voor Individueel dynamische routegeleiding biedt TransCAD een aantal gebruiksmogelijkheden zoals:

- Netwerkanalyse
- Vervoerplanning
- Routezoek-algoritmes (kortste, snelste, goedkoopste pad)
- Route referentie (afstanden vanaf beginpunt of naar eindpunt)
- Bereikbaarheidsprofielen (iso-reistijdlijnen, locatiekeuze probleem)
- Algoritmes voor het oplossen van 'travelling salesman' problemen



Kortste route  
Figuur 2.2.1.1.



Travelling Salesman route  
Voorbeelden TransCAD applicaties

Het TransCAD pakket wordt wereldwijd gebruikt voor onderzoek en onderwijs. Het is echter de vraag of toepassing in een on-line omgeving mogelijk is.

### 2.3.2 Real-Time verwerking actuele verkeersgegevens

Er bestaan op dit moment verschillende systemen voor het verzamelen en distribueren van actuele verkeersgegevens. In eerste instantie zijn die systemen gemaakt om de wegbeheerders te informeren. Voorbeelden van zulke systemen zijn:

- MONICA: systeem in beheer bij AVV en gebruikt voor de landelijke TIC.
- MONET: systeem, ontwikkeld door Siemens en gebruikt in Berlijn (VMZ Berlin)
- GeoDyn2: platform voor dynamisch verkeersgegevens, ontwikkeld door Heusch/Boesefeldt GmbH en gebruikt voor de TIC in Berlijn en Hanover.
- SYTADIN: Real-time verkeersinformatie project ontwikkeld door de Direction Régionale de l'Équipement, Ile de France.

#### a. MONICA

De AVV heeft MONICA ontwikkeld als onderdeel van het Nederlandse verkeersmonitor project. De elementen van het monitorproject zijn het verzamelen, aggregeren, verwerken en distribueren van verkeersgegevens. Het MONICA systeem moet deze taken ondersteunen. Het systeem maakt gebruik van statische en dynamische gegevens. De verkeersgegevens komen van lusdetectoren en bevatten intensiteit, snelheid, voertuigcategorie, en status gegevens.

Binnen Monica zijn er verschillende subsystemen:

- Dyana: verzamelen en distribueren van dynamische verkeersgegevens
- Sita: verwerken van statische gegevens
- Gerda: visualiseren van dynamische en statische informatie

#### b. MONET<sup>1</sup>

MONET is door Siemens ontwikkeld als een integraal deel van het SITRAFFIC CONCERT verkeersmanagement centrum. Het geeft een dynamische weergave van de huidige en voorspelde verkeersstoestand door gebruik te maken van intelligente verkeersmodellen.

De informatie uit MONET kan gebruikt worden voor:

- het monitoren van verkeer
- bepalen van de invloed van verkeersmaatregelen (snelheidscontrole, toeritdosering)
- het geven van verkeersinformatie
- route planning / navigatie

MONET maakt gebruik van een dynamisch routekeuze- en toedelingsmodel om de huidige en toekomstige toestand te schatten. De huidige toestand wordt iedere 5 tot 15 minuten bepaald, rekening houdend met de laatste schatting. De berekening maakt gebruik van een dynamische herkomst-bestemmingsmatrix aangevuld met detectortellingen en resulteert in verkeersintensiteiten en reistijden. Gebaseerd op de huidige toestand geeft het systeem ook korte termijn voorspellingen (15 tot 60 minuten vooruit). MONET wordt gebruikt in Hanover (MOVE), Munchen (MoTiV) en Berlijn (VMZ Berlin).

De verdere ontwikkeling in MONET hebben betrekking op het gebruik van neurale netwerken en gebruik van gegevens van probe-voertuigen.

Het systeem maakt gebruik van de volgende verkeersgegevens:

- tellingen en bezettingsgraadmetingen met inductielussen, infrarood en video informatie uit de VMS signalering
- gegevens over het weer
- verkeersstoestanden verkregen uit RDS-TMC gegevens
- verkeersstoestanden uit regelcentrales en politiecentrales
- gegevens van verkeersregelingen (ook van adaptieve regelingen)
- parkeer gegevens
- wegwerkzaamheden, festiviteiten en gegevens over incidenten

---

<sup>1</sup> [http://www.atd.siemens.de/traffic/siemens\\_english/ebene0/](http://www.atd.siemens.de/traffic/siemens_english/ebene0/)

**c. GeoDyn2<sup>2</sup>**

GeoDyn2 werd speciaal ontworpen voor de ontwikkeling van centra voor verkeerstechniek. De mogelijkheden betreffen verkeersmanagement en het verstrekken en visualiseren van statische en dynamische verkeersinformatie. Deze mogelijkheden zijn gerealiseerd op basis van digitale wegenkaarten. Het systeem is bedoeld om met veranderingen in de dynamische gegevens in zeer korte tijd te verwerken.

De verkeersregelcentrales van Hanover en Berlijn maken gebruik van GeoDyn2.

**d. SYTADIN Project**

SYTADIN is een project opgestart door het "Ministère de l'Equipement of France". Sinds 1986 heeft deze dienst systemen toegepast om real-time verkeersgegevens te verzamelen van de hoofdwegen in Parijs (Ile de France).

Het systeem maakt gebruik van camera's, meldingen van incidenten en andere verkeerstellingen. Iedere 20 sec worden de intensiteit, bezettingsgraad en snelheid doorgestuurd. Deze informatie wordt in vier regionale centra voorbereid tot VMS-berichten voor het hoofdwegen-net. Een central server krijgt de bewerkte gegevens voor gebruik op regionaal niveau. De vertraging door bewerking en communicatie bedraagt minder dan een minuut.

SYTADIN bevat ook procedures om de gegevens te analyseren en op een experimentele website te visualiseren (<http://www.citadin.org/>). Gebruikers kunnen hier zelf de actuele reistijd tussen twee punten berekenen.

Thans vindt uitbreiding van het systeem plaats met het westen van de regio en in 2003 zal SYTADIN voltooid zijn. Dan zal het homogene real-time gegevens verschaffen voor alle delen van de regio.

Op dit moment zijn geen details beschikbaar over de methode waarop reistijden worden bepaald.

---

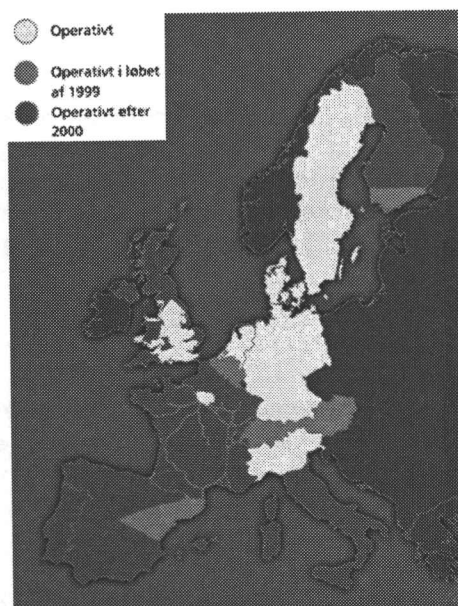
<sup>2</sup> <http://www.heuboe.de/>

## 2.4 Communicatiesystemen

### a. Radio and RDS-TMC

De afgelopen 15 jaar is in Europa het effectieve gebruik van verkeersinformatie in de auto onderwerp van onderzoek en standaardisatie. Het gebruik van radiofrequenties voor het versturen van actuele verkeersgegevens is een recente ontwikkeling. Het systeem, bekend als RDS-TMC (Radio Data Service – Traffic Message Channel) is thans beschikbaar.

Reisinformatie met RDS is mogelijk door gebruik te maken van digitaal gecodeerde berichten over het TMC. Hiermee krijgt de weggebruiker op een display op de radio de laatste verkeersinformatie getoond. Ook kan de informatie doorgegeven worden aan auto navigatiesystemen. De EU subsidieert het gebruik van RDS-TMC waardoor het over heel Europa geïntroduceerd zal worden (figuur 2.3).



Figuur 2.4.1. Gebruik RDS-TMC in Europa

Door de codering is de verkeersinformatie taalafhankelijk. Alhoewel de meest RDS radio's nog geen TMC mogelijkheid bevatten, startte verschillende auto-elektronicabedrijven met de productie van eenvoudige RDS-TMC systemen. Deze bedrijven zijn onder andere Blaupunkt, Philips VDO, Bosch, Sagem en Volvo.

Er zijn thans ook andere potentiële communicatiekanalen zoals DAB en GSM. Het zou kunnen zijn dat de RDS-TMC technologie naar deze kanalen zal worden overgezet. De verwachting is dat de TMC technologie in de volgende jaren intensief gebruik zal worden.

GEWI levert software voor het aanmaken versturen van TMC-berichten via radio, WAP en internet. Hun TIC-editprogramma maakt het bijvoorbeeld mogelijk TMC berichten te creëren in verschillende formaten en deze te tonen als een overzichtelijke lijst of te visualiseren op een digitale kaart.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

### b. Telefoon

Een voorbeeld van op telefoon gebaseerde diensten is het General Motors OnStar systeem bestaande uit een telefonist en een geautomatiseerd systeem dat onder meer bevat:

- Nooddiensten
- Route geleiding
- Hulp bij pech
- Hulp bij ongevallen
- Traceren van gestolen voertuigen
- Virtuele adviseur

Een ander voorbeeld van gebruik van op telefonie gebaseerde reisinformatie is de 511 telefoondienst in de USA dat verkeersinformatie verschaft. Deze informatie kan zich richten op specifieke routes waarin de beller geïnteresseerd is.

### c. TV / Teletext

Op teletext gebaseerde diensten verschaffen alleen geschreven berichten over ongelukken en congestie.

Teletext diensten hebben een grote dekkingsgraad maar het medium is beperkt doordat het alleen maar algemene (niet op de individuele gebruiker gerichte) teksten toont en alleen beschikbaarheid is als men zich niet in de auto bevindt (thuis, benzinstations, etc.).

### d. Verkeerszuilen

Verkeersinformatiezuilen komen vaak voor op locaties waar openbaar vervoer is en voor toeristeninformatie. Voorbeelden in Nederland zijn de VVV-kantoren en de grotere stations. In het algemeen zijn het zelfstandige systemen die duidelijke kaarten kunnen printen van te volgen routes en daarbij additionele reisinformatie kunnen verschaffen. De informatie is meestal statisch.

Sinds kort zijn er systemen die ook de mogelijkheid hebben om internet te raadplegen. Zulke systemen hebben het voordeel dat de statische gegevens eenvoudig en op afstand zijn aan te passen en er ook real-time dynamische informatie aan toegevoegd kan worden.

### e. PC Internet

Internetsites kunnen in het algemeen verdeeld worden in twee groepen; de ene richt zich op verkeersinformatie, de andere op routekeuze.

De meeste websites zijn gratis, maar er is een trend waar te nemen (met name in de USA) naar commerciële sites die toegesneden diensten aanbieden aan doelgroepen (bijvoorbeeld woon-werkverkeer). Sommige commerciële sites worden gesponsord door bedrijven. Deze bevatten dan informatie over zakelijke bestemmingen (Yahoo geeft bijvoorbeeld de locaties van hotels).

Bijlage 1 geeft een overzicht van deze sites. De meeste geven alleen real-time verkeersgegevens en meldingen en waarschuwingen. Een aantal sites bieden ook mogelijkheden tot routekeuze. Soms staat deze op een aparte pagina (b.v. Yahoo Traffic, Yahoo Navigation).

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

Er blijkt in het algemeen geen standaard te zijn voor real-time informatie met als gevolg dat de kaarten op de meeste sites matig van kwaliteit zijn en ook de gebruikersinterface te wensen overlaat. Dit kan erg vervelend zijn voor de gebruiker, die zich voor elke regio opnieuw het gebruik van een andere interface moet eigen maken. De trend gaat echter in de richting van sites die informatie geven over het hele land waardoor meer uniformiteit ontstaat. Dit uit zich in de USA waar systemen als SmartTraveler en TrafficView informatie geven voor alle staten.

De sites die real-time informatie geven blijken verbeteringen te zoeken in de richting van de combinatie van de routekeuze en de reistijdvoorspelling naar de bestemming.

Enkele Europese websites van betere kwaliteit zijn:

- SYTADIN (zie xxx)
- Regional TIC Rotterdam (zie xxx)
- TrafficMaster

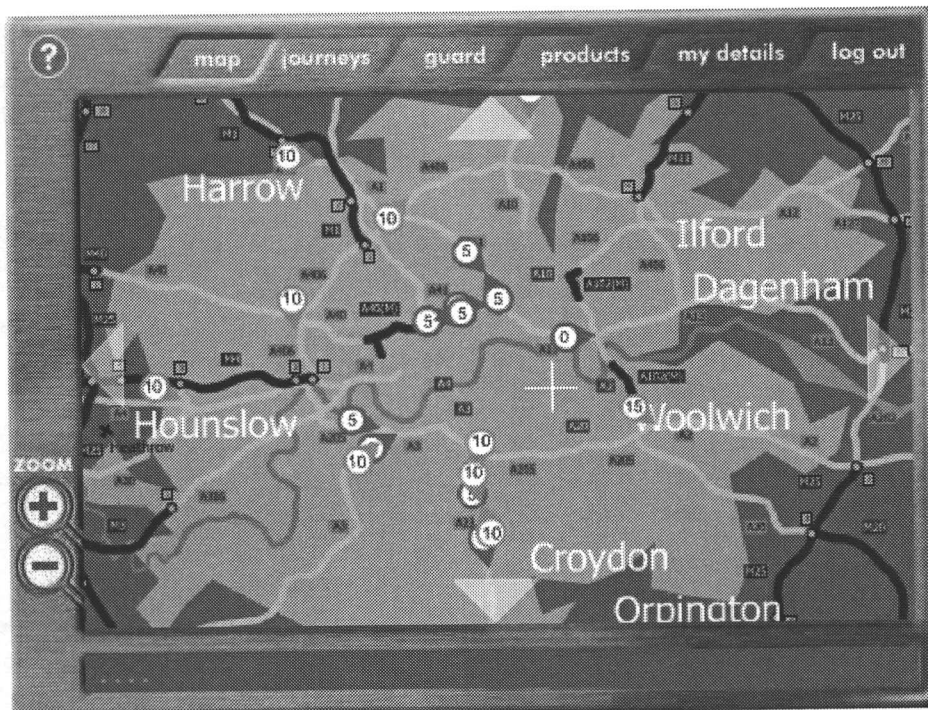


Figure 2.4.2. TrafficMaster

### e1. Websites voor routeselectie

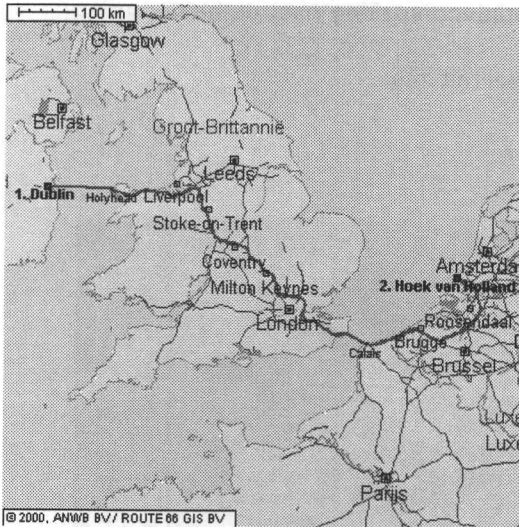
Ook bij routeselectie ontbreekt standaardisatie voor wat betreft de voorkeuren van de gebruiker bij de keuze van alternatieve routes. Sommige bieden de mogelijkheid onderscheid te maken tussen voertuigtypen (auto of vrachtwagen) of te kiezen voor de kortste, snelste of goedkoopste route. Opvallend is daardoor de verschillen in routekeuze als het gebruik van een of meer verboden een alternatief is.

De internationale routeplanner van de ANWB geeft voor Dublin naar Hoek van Holland een route via Calais! (zie 2.4.3). Deze gaat uit van de snelste route. Statische gegevens zijn echter de basis. De ALH routplanner en de Opel routeplanner geven dezelfde route. De vormgeving verschilt.

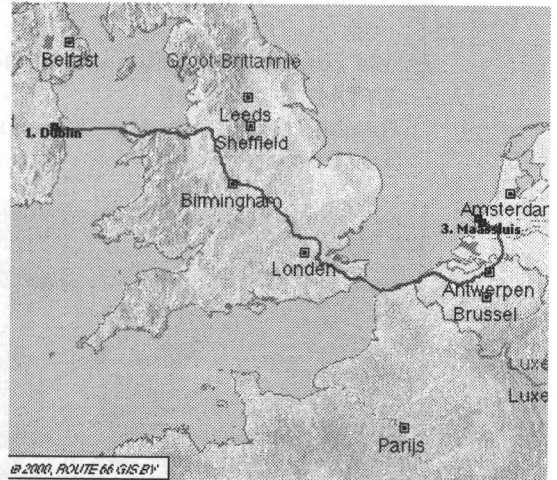
Een ander goede site voor route planning was die van Leaseplan Nederland. Deze biedt mogelijkheden om de herkomst en bestemming op postcode of straat niveau in te voeren, in te zoomen op de kaart en deze over de route te verschuiven en geeft een heldere korte routebeschrijving.

De technologie daarachter is de subscription-based eDriveDirect product ontwikkeld door AND International Publishers, een internationaal bedrijf met kantoren in Rotterdam. AND heeft de beschikking over een database met informatie over steden, straten en belangrijke adressen van meer dan 80 landen. Het bedrijf is gespecialiseerd in drie gebieden:

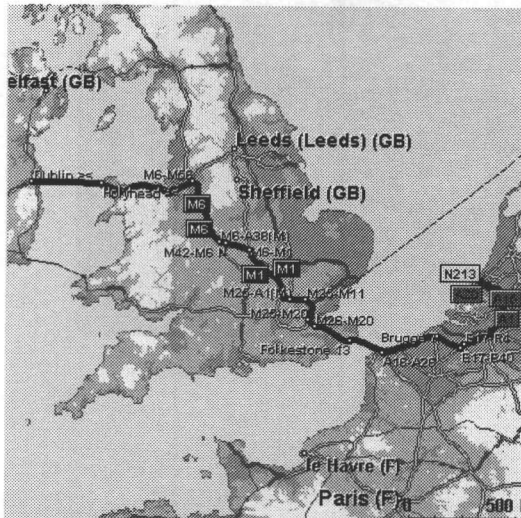
1. Het wereldwijd uitbreiden en onderhouden van data over wegen, adressen en vluchten.
2. Ontwikkeling van compressie en indexing technologie om deze gegevens te gebruiken.
3. Electronische publiceren gebaseerd op deze datastes en technologieën



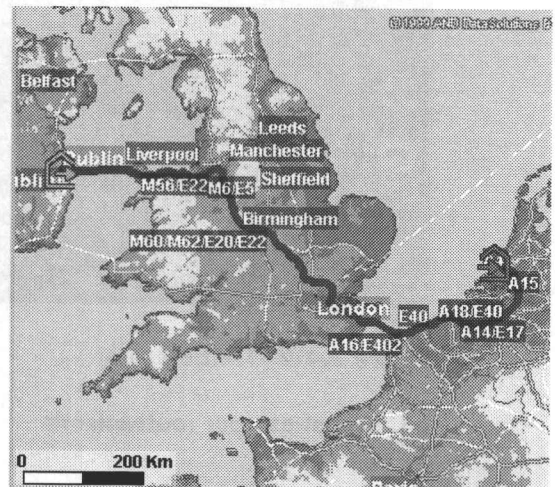
© 2000, ANWB BV / ROUTE 66 GIS BV  
[http://www.anwb.nl/city/rpe\\_start.htm](http://www.anwb.nl/city/rpe_start.htm)



© 2000, ROUTE 66 GIS BV  
<http://www.alh.nl/ah/>



<http://route.opel.com/route2/index.html>



<http://www.leaseplan.nl/>

Figure 2.4.3. Routeplanners

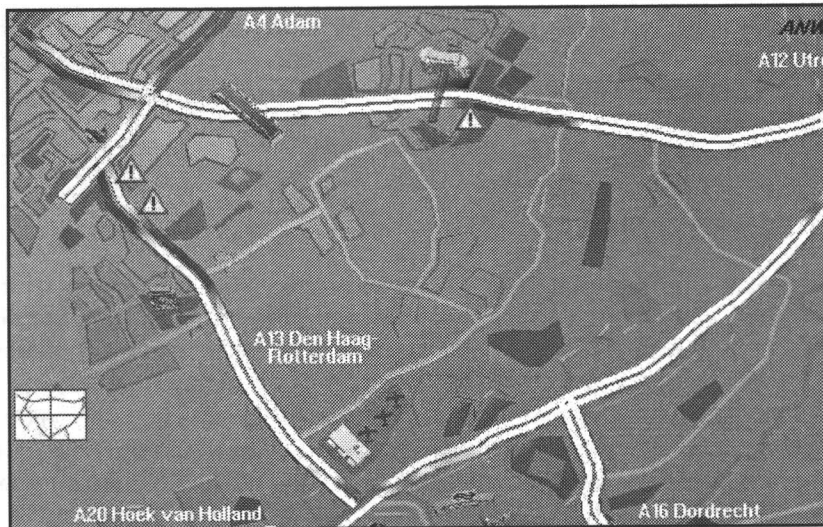
## e2. Websites voor verkeersinformatie

Via de site van de ANWB kan ook verkeersinformatie worden verkregen. De digitale kaart, die hiervoor is gebruikt, wijkt duidelijk af van de kaart voor verkeersinformatie.

De gegevens voor deze site zijn gehaald uit nationale TIC voor Nederland. Lokale gegevens ontbreken.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

De lokale TIC's zoals die van de regio Rotterdam (zie figuur 2.2.2.3) Geven additionele informatie over de verkeersstoestand op het onderliggende wegennet, parkeervoorzieningen en P&R lokaties.



<http://verkeer.anwb.org/haagland/>

Figuur 2.4.4. ANWB Verkeersinformatie

### f. Mobile Internet

#### f1. WAP

WAP is een groeiend industrie standaard die de mogelijkheid verschaft draadloos via het internet diensten en informatie aan te bieden. Door effectief gebruik te maken van beschikbare bandbreedte kunnen de gegevens gestuurd worden naar apparaten met een beperkt geheugen en beperkte beeldscherm mogelijkheden zoals pagers, GSM-telefoons, and PDA's (personal digital assistants). WAP kent nu al toepassingen voor informatie over aandelen, restaurants en banken. Het WAP Forum™ is een vereniging van meer dan 200 leden uit alle segmenten de radio industrie met als doel te zorgen voor product standaardisatie.

#### f2. 3G Mobile Communications

De 3-de Generatie telefonie is de algemene term voor de volgende generatie mobiele communicatie. 3G systemen geven naast geluid, tekst en data extra mogelijkheden. GPRS (General Packet Radio Service) en later UMTS (Universal Mobile Telephone System) maken mobiele toegang mogelijk tot de huidige internetdiensten, maar ook tot bedrijfsnetwerken, e-mail servers etc.

Terwijl de huidige GSM-systemen cel gebonden zijn en afhankelijk van vrije circuits, kunnen packet geschakelde systemen met gebruik van internet protocol (IP) altijd wel een virtuele verbinding vinden met een andere gebruiker in het netwerk.

#### GPRS

De introductie van GPRS is een eerste stap in the evolutie van het huidige GSM-netwerk naar 3G, en all GSM-aanbieders in de wereld zijn bezig hun netwerk aan te passen. Met name de datatransmissie is met GPRS aanzienlijk sneller dan met de huidige GSM-technieken. Het belangrijkste voordeel met GPRS is dat een dataverbinding permanent aanwezig kan zijn (zoals bij de huidige internet technologie). Dit in tegenstelling tot GSM-diensten waarvoor data transmissie een verbinding tot stand moet komen.



### UMTS

UMTS is een onderdeel van de 'IMT-2000' standaardisatie van 3G mobiele communicatie systemen van de "International Telecommunications Union's (ITU's)". Dit systeem maakt het gebruikers van 2G GSM-netwerken makkelijk over te stappen op de nieuwe 3G diensten.

Als UMTS eenmaal volledig is geïmplementeerd kunnen computer en telefoon gebruikers constant aantakken aan het Internet. Waar zij zich ook bevinden (thuis of op reis) zij hebben (via een combinatie van satelietransmissie, radio en vaste verbindingen altijd dezelfde mogelijkheden tot hun beschikking.

### f3. Het ITSWAP-project

ITSWAP is een mobiel internetproject dat van belang is voor dit onderzoek. Het doel van het project is bij te dragen aan de ontwikkeling van diensten die, op dezelfde wijze als internet, informatie verstrekken aan mobiele gebruikers. Het ITSWAP-project moet intelligente transport systemen (ITS) via WAP technische en commercieel haalbaar maken.

Een consortium van bedrijven en overheden is hiermee bezig. Daarbij zijn verschillende leveranciers van gegevens en diensten, autofabrieken, telecommunicatiebedrijven, terminal leveranciers, lokale overheden and universiteiten bij betrokken. Enkele bekenden namen zijn Mannesmann, Volvo, Renault, Telia, Nokia, ERTICO and TNO.

Het project moet WAP voor een aantal voertuig- en weggebonden ITS-applicaties leveringsmechanismes definiëren en testen in verschillende testlocaties verdeeld over Europa. Het moet de toepassing van WAP als een ITS-platform promoten bij aanbieders van diensten en bij de auto-industrie.

Het project zal zich bezigheden met:

- het optimaliseren van WAP voor in de auto,
- het definiëren van diensten,
- het implementeren ervan in 4 verschillende locaties in Europa en
- het evalueren van de resultaten.

Tabel 2.4.1. ITSWAP Project sites	
Locatie	Taken
Frankrijk - Parijs - Toulouse	Routing functies Routing functies met digitale kaarten en locatie afhankelijke info Gouden gids Openbaar vervoer informatie Toeristen informatie
Italië - Turijn	Integratie en verspreiding van verkeer- en reisinformatie Reisplanning en real-time aanpassen van routes Ontwikkeling van palm- en auto-terminals Informatieverstrekking over openbaar vervoer, Bezienswaardigheden en het weer.
Zweden - Gotenburg	Reis-, parkeer- en weersinformatie Routegeleiding, geleidingsinstructies en grafische aanwijzingen Bezienswaardigheden Afstandsbediening, Voertuigstatus Logboek voertuig en bestuurder Openbaar vervoer Carpooling
Verenigd Koninkrijk - Wales	TIC uitzending Mogelijkheid tot voorspelling Reisplanning, real-time aanpassing routeinformatie Palm- en voertuigterminals Signalen, weer en openbaar vervoer Toeristeninformatie

## 2.5 Plaatsbepalingssystemen

Om betrouwbare routegeleidingsadviezen te geven gebruiken moderne navigatiesystemen zeer geavanceerde plaatsbepalingssystemen. Zij combineren GPS (Global Position Systems) en software voor het bepalen van de positie van het voertuig (min of meer nauwkeurig) en het aangeven van de meest waarschijnlijke locatie op de kaart.

GPS is een systeem gebaseerd op radionavigatie aan de hand van satellieten. Het bevat drie elementen: het satellietstelsel, ontvangapparatuur en een sturingssysteem. Observatie van minstens vier satellieten maakt het mogelijk de coördinaten van een ontvanger op de grond te bepalen. De huidige GPS systemen (Differential GPS) doen de plaatsbepaling te doen met een onnauwkeurigheid van minder dan 10 meter. DGPS maakt gebruik van een tweede ontvanger (waarvan de positie bekend is) om de systematische fout van de GPS-satelliet te corrigeren.

De afmetingen van de GPS-systemen zijn sterk afgenomen. Magellan Corporation introduceerde kortgeleden een serie GPS ontvangers voor gebruik in de Palm V personal organizer. Twee AAA batterijtjes leveren de stroom voor 10 uur continu gebruik en de mogelijkheid om aan te sluiten op de sigarenaansteker van de auto.

TeletypeGPS heeft een PCMCIA GPS ontvanger op de markt gebracht die speciaal ontwikkeld is voor gebruik van Windows CE systemen. Deze GPS ondersteunt Windows CE v2.0 en hoger bij gebruik op Compaq iPAQ en HP Jornada systemen.

## 2.6 Voertuigvolgsystemen

Om een voertuigvloot te beheersen en te sturen zijn recentelijk zogenaamde "fleet-managementsystemen" beschikbaar gekomen, die gebruik maken van een combinatie van GPS (plaatsbepaling) en GSM (communicatie). Elk voertuig is uitgerust met een klein elektronische module dat gegevens over de voortgang van het voertuig in de tijd verzameld en op slaat. Met de GSM-module stuurt het voertuig deze gegevens naar een PC geïnstalleerd bij het vervoerbedrijf.

**a. Fleetstar** <http://www.fleetstar.co.uk/>

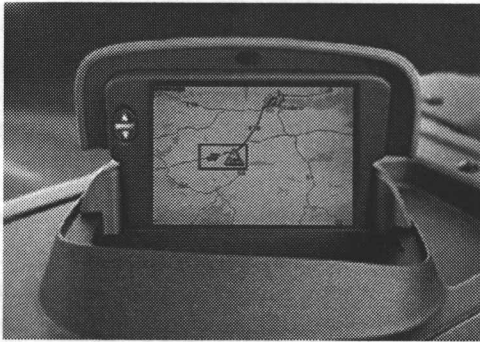
Fleetstar is nieuwe dochteronderneming van Trafficmaster plc. Het voertuigvolgsysteem is gebaseerd op Windows en geeft toegang tot managementinformatie over de activiteiten van de voertuigvloot. De voertuigvolgfunctie maakt gebruik van kaarten van de topografische dienst. Het is mogelijk de ritten te reconstrueren. Een andere functie stelt je in staat schema's en routes voor te bereiden en management informatie te leveren. Bestuurders van voertuigen krijgen ook toegang tot real-time gesproken verkeersinformatie afkomstig van het netwerk van Trafficmaster dat trajecttijden meet met videodetectors. Fleetstar is operationeel in Duitsland en het is de bedoeling dat eind maart 2001 ook diensten Frankrijk en Italië in gebruik zullen zijn.

**b. Dynafleet** <http://www.volvo.com/truck/customeroffer/dynafleet/eng/>

Dynafleet is een fleetmanagementsysteem van Volvo. Het volledige systeem omvat GPS plaatsbepaling, communicatiemiddelen en managementsoftware. Managers, verantwoordelijk voor transport en bezorging, kunnen de status van de vervoereenheden volgen communiceren met de chauffeurs.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

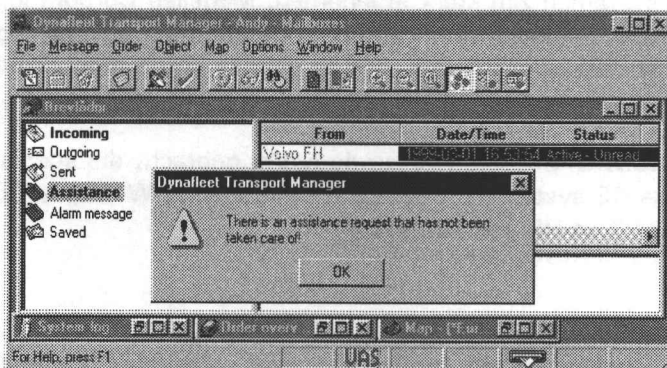
Enige systeem functies worden hieronder weergegeven.



Figuur 2.6.1. Bestuurderterminal

### Chauffeursinformatie

- aangeven positie voertuig
- communicatie systeem
- verzenden opdrachtbonnen
- rijtijden bestuurder
- noodoproepen
- RDS-TMC verkeersinformatie



### Transportmanager

- plaats voertuig op de kaart
- communicatie systeem
- orderformulier verzenden
- rijtijden chauffeurs
- noodoproepen

### c. NavView <http://www.databurst.com/services.html>

Het "NavView" internet voertuigvolg-systeem van Databurst Technology maakt gebruik van een radionetwerk om de nieuwe GPS posities van voertuigen op een digitale kaart weer te geven. Doordat de software draait bij de internetprovider zijn de investeringskosten bij de eindgebruiker beperkt. Om de voertuigen en bestuurders te volgen hoeft deze alleen maar te beschikken over een PC met internet-aansluiting.

## 2.7 Routegeleidingsprojecten

Het betreft hier de meest geavanceerde vorm van auto navigatie systemen. De aanwezigheid van GPS maakt locatie afhankelijke routegeleiding mogelijk.

De meeste systemen hebben exclusieve gepatenteerde hard- en software en bieden daardoor weinig mogelijkheden voor additionele toepassingen. De digitale kaart staat in het algemeen op een CD (per land). De systemen zijn thans nogal prijzig maar worden langzaam goedkoper. Veel aanbieders zijn bezig naast de voertuiggebonden systemen ook persoonsgebonden navigatiesystemen te ontwikkelen gebaseerd op Palm of Windows CE systemen

### a. VDO-Dayton

Het meest toegepaste voertuignavigatie systeem is het VDO-Dayton systeem (voorheen het Philips CARIN-systeem). Het VDO systeem krijgt informatie van wielsensoren (om de afstand te meten) en het elektronisch kompas (om de richting te bepalen) en combineert deze met GPS-positie. De navigatieprocessor correleert deze gegevens met een digitale kaart en kan daarmee op een paar meter nauwkeurig de positie op een digitale kaart aangeven. Nadat de chauffeur zijn bestemming in het systeem heeft ingevoerd berekent dit de beste route.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

Het systeem splitst de route op in secties en geeft de chauffeur achtereenvolgens gemakkelijk te volgen aanwijzingen. De aanwijzingen zijn verbaal en visueel (schermje met pijlen).

Belangrijk is dat de digitale kaart accuraat moet zijn en er derhalve regelmatig aanpassingen (vervangingen) nodig zijn. De digitale kaarten geven tevens informatie over interessante locaties zoals benzinestations, hotels, toeristenattracties en ziekenhuizen.

### b. ADVANCE

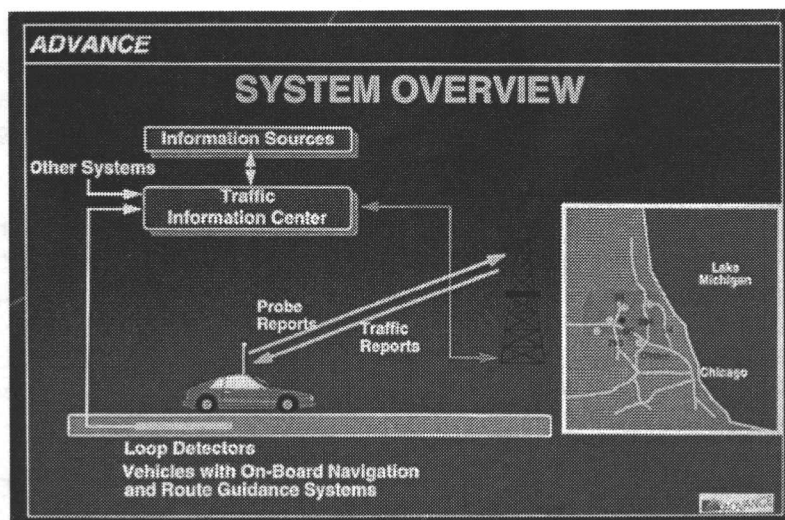
Het ADVANCE-project begon in 1991 als een test voor dynamische voertuigroutegeleidingssysteem in the United States. Het project was een samenwerking tussen Illinois DOT (Department of Transportation), Motorola, Federal Highway Administration, AAA (American Automobile Association), en het Illinois Universities Transportation Research Consortium.

De planning was om van 1 juni tot 15 december 1995 de testen uit te voeren en van 1 november 1995 tot 31 december 1996 de evaluatie af te ronden. Een praktijktoepassing van ADVANCE (gedurende 1999) moest het TIC-concept (Transportation Information Center), in ontwikkeling voor de Gary-Chicago-Milwaukee Corridor, ondersteunen.

Het doel van het project was na te gaan of automobilisten, die met een routegeleidingssysteem waren uitgerust, op grond van de gegeven informatie files konden vermijden en de kwaliteit van hun rit konden verbeteren.

Door gebruik van een combinatie van technieken (GPS, radiocommunicatie, CD-ROM digitale kaarten, data fusion, etc.) geeft het ADVANCE-project chauffeurs continue bijgewerkte aanwijzingen en actuele verkeersinformatie.

Figuur 2.7.1 Overzicht ADVANCE-systeem



### b. TravelStar (<http://www.travelstar.nl/>)

In opdracht van RWS heeft ARS T&TT een praktijktest uitgevoerd waarbij 500 auto's van het autoverhuurbedrijf De Lage Landen Translease uitgerust werden met draagbare RDS-TMC systemen voorzien van een kleurenscherm. Het project startte in oktober 1999 en de praktijktest van 1 jaar startte medio 2000. Inleidende activiteiten op het gebied van marketing en techniek zijn afgerond en er bestaat een website met informatie over het product.

Het TravelStar- systeem is gebaseerd op Windows CE en geïmplementeerd op een Hewlett Packard Jornada 430 die is aangepast voor gebruik in voertuigen. Verdere details zijn te vinden in Appendix 3.



Figuur 2.7.2 TravelStar

### c. Auto-PC

Microsoft en Intel leveren systemen voor de auto-industrie. Microsoft gebruikt daarvoor het Windows CE Operating System. Intel gebruikt een verzameling van wijd geaccepteerde technologieën (bijv. GPS, GSM, RDM, etc). Beide voorzien ze de chauffeur en passagiers van een groot aantal applicaties voor in de auto. Mobile communicatie, informatie, navigatie, beveiliging en spelletjes zijn hiervan voorbeelden.

Clarion Corporation heeft een AutoPC-systeem geproduceerd gebaseerd op Microsoft OS. Dit product integreert spelletje, navigatie, en gebruik van computer faciliteiten gestuurd door gesproken commando's. Het geeft de chauffeur op elke kruising en afslag richtingaanwijzingen en de getoonde kaart verschuift in de rijrichting.

Het systeem gebruikt InfoGation's Odyssey navigatie systeem om het voertuig te lokaliseren en visueel weer te geven op een kaart. De chauffeur geeft de bestemming op en luistert naar de verbale aanwijzingen voorzien van straatnamen.

Odyssey gebruikt de GPS ontvanger van Clarion en de digitale kaart van NAVTECH (Navigation Technologies Corporation) om een compleet navigatiesysteem te bieden dat een grafisch scherm combineert met spraak gestuurde Auto PC. Evenals duurdere navigatie systemen houdt Odyssey rekening met gegevens zoals eenrichtingswegen en inrijverboden en bepaalt het automatisch de route.

Terwijl de persberichten voor deze producten erg positief zijn, kunnen er ook een aantal kanttekeningen bij de functionaliteit geplaatst worden. Met name de spraakherkenning voor de commando's staat nog in de kinderschoenen evenals de essentiële herkenning van opdrachten (vraag "hoe laat is het?" en niet "vertel me hoe laat het is").

**d. Network Vehicle**

Network Vehicle is een demonstratiesysteem gebaseerd op JAVA-technology.

Het biedt mogelijkheden voor:

- Aparte flat-panel, touch screens voor de chauffeur en de passagiers met toetsenbord- en spraakinvoer.
- Voorrui projectie voor de chauffeur met spraaksturing
- Het downloaden van nieuwe functionaliteiten van de leverancier
- Waarschuwing van bestuurder door voertuigdiagnostiek- en preventief-onderhoudsystemen
- Simuleren van real-time routegeleiding aan de hand van actuele verkeersgegevens.
- DirecTV and DirecPC satelliet verbindingen (van Hughes Electronics) geven toegang tot televisiekanalen, het internet.
- Spraak gestuurde mobiele telefonie

Voorbeelden van Network Vehicle gebruikersinterfaces zijn in figuur 2.7.3 weergegeven.

Network Vehicle is een samenwerkingsproject van Delco Electronics, IBM Corporation, Netscape Communications, and Sun Microsystems.



Interface voor mobiele telefoon



Aangegeven route

Figuur 2.7.3. Network Vehicle (demonstratie interface)

### **3 Informatiebehoefte**

#### **3.1 Methodologie**

De basis voor dynamisch individuele routegeleiding is de routekeuze op grond van individuele kenmerken van de vervoereenheid (voertuig en vracht). Deze informatie moet de chauffeur indersteunen bij de uitvoering van zijn taak en kan van dienst zijn bij de logistieke planning door vervoermanagers.

Het is zinvol, alvorens zo'n systeem uit te ontwikkelen, na te gaan in hoeverre de verwachtingen van zo'n systeem overeenkomen met de behoefte in de praktijk.

Deze behoeftepeiling kan plaatsvinden door interviews met individuele gebruikers en workshops met groepen gebruikers. Het is de bedoeling beide uit te voeren.

Uit een kleine steekproef in Schieoevers bleek dat routegeleiding incidenteel nodig is, met name bij onbekende bestemmingen. Het aantal bedrijven dat vanuit schieoevers naar onbekende bestemmingen rijdt bleek beperkt. Met name bleek dat Den Hoed met speciaal transport door heel Europa rijdt.

De mogelijkheid bezoekende chauffeurs te interviewen stuit op organisatorische problemen. Een afspraak met de Porceleine Fles om oproepbasis tijdens rondleidingen met de bezoekende buschauffeur te spreken is op niets uitgelopen.

#### **3.2 Interviews**

Uit een interview met chauffeurs van Den Hoed bleek dat zij hun parate kennis over routes naar bestemmingen en hun ervaringen met het lezen van landkaarten beschouwen als uiting van hun vakmanschap. Toch gaven zij een aantal voorbeelden, waarbij zij zelf zij de persoonlijke begeleiding naar de bestemming als uiterst nuttig beschreven. Enige uitleg over mogelijkheden van DIR maakte hen enthousiast en zette hen aan tot meedenken. Vooral het tijdig gewaarschuwd worden over stremmingen (met nadruk op tijdig) kwam als nuttig naar voren. Iedereen had blijkbaar wel eens onnodig en erg lang vastgestaan.

#### **3.3 Conclusies**

Verder onderzoek is nodig. Voor een uitgebreider onderzoek zullen we contact opnemen met een of meer transportbedrijven, die vaker stuiten op problemen met de bereikbaarheid van onbekende bestemmingen op bedrijventerreinen.

## **4 Voorstel**

Dit hoofdstuk geeft voorlopige opties en aanbevelingen voor het maken van een systeem voor dynamische individuele routegeleiding naar bedrijven in Haaglanden (DIR-Haaglanden).

### **4.1 Inleiding**

Het doel van het hoofdstuk is:

- beschrijven van de functionaliteit van DIR (dynamische individuele routegeleiding)
- beoordelen van de mogelijkheden van de aanwezige systemen,
- beschrijven van de benodigde stappen om te komen tot een prototype,
- vaststellen van de belangrijke elementen die in dit project aan de orde komen,
- aangeven aan welke eisen de systeemcomponenten moeten voldoen

Dit hoofdstuk geeft een globaal overzicht. In volgende documenten zal de functionaliteit van het systeem in meer detail beschreven worden.

### **4.2 Systeemfunctionaliteit**

#### **4.2.1. Inloggen in DIR-Haaglanden**

Voor dynamische individuele routegeleiding moet een voertuig zich aanmelden bij het systeem. Dit aanmelden kan off-line gebeuren (voor routeplanning) of on-line (tijdens de rit).

Bij het inloggen moeten naast ritgegevens (herkomst of actuele locatie, bestemming, en vertrekmoment of gewenst c.q. afgesproken aankomstmoment) ook voertuigkenmerken (breedte, hoogte, lengte, draaicirkel, aslast, brandstofverbruik) en kenmerken van de lading (bijvoorbeeld gevaarlijke stoffen, passagiers, vee, etc.) opgegeven worden.

Er moet communicatie mogelijk zijn tussen vervoereenheid en de DIR-provider.

#### **4.2.2. Bepalen optimale route**

Op grond van de verstrekte gegevens bepaalt het DIR-systeem voor vertrek de kortste, snelste, gemakkelijkste of goedkoopste route door het beschouwde netwerk. Elke sectie van het netwerk heeft wegkenmerken (snelheidslimiet, capaciteit, intensiteit- of snelheidsverdelingen per dag van de week) en gebruiksrestricties (gesloten voor vrachtverkeer, maximale hoogte, gevaarlijke stoffen, etc.) die van invloed kunnen zijn op de routekeuze.

Daarnaast kunnen ook restricties gelden voor de bestemming (bijvoorbeeld bevoorrading alleen voor 10.00 uur en na 17.00 uur) die van invloed kunnen zijn op het gewenste aankomstmoment.

Naast deze min of meer statische gegevens kunnen gegevens over de actuele verkeerssituatie aanleiding geven de verwachte trajecttijden op bepaalde secties gedurende een bepaalde tijd aan te passen (ongevallen, congestie, blokkade, brugopeningen, wegwerkzaamheden, omleidingen). Dit kan leiden tot het voorstellen van een alternatieve route.

Er moet een routezoekalgoritme zijn dat gebruik maakt van individuele ritgegevens, voertuiggegevens, gegevens over de infrastructuur en verkeersgegevens.



### 4.2.3. Aanpassen gebruikte route

Ook tijdens de rit kan de verkeerssituatie veranderen. Als dat van invloed is op de routekeuze of afgesproken aankomstmoment zal DIR de chauffeur hiervan op de hoogte brengen. Om DIR effectief te kunnen toepassen is snelheid geboden.

Het gebruik van mobile communicatie is daarom gewenst.

Afhankelijk van de uitwerking van het systeem (wel of niet exacte plaatsbepaling van het voertuig) kan DIR leiden tot een (min of meer dwingend) advies gebruik te maken van een alternatieve route of tot een melding aan de chauffeur van de verwachte verliestijden op zijn geplande route. In het laatste geval kan de chauffeur alsnog (door opgave van zijn actuele locatie) een nieuwe route opvragen.

Een redelijk nauwkeurige plaatsbepaling is derhalve van belang. De plaatsbepaling kan door aanvraag op een vaste locatie (infozuil of vanaf een adres) of in het voertuig; automatisch met GPS of GSM-cel-info of handmatig door intoetsen wegnummer en nummer hectometerpaal.

Tenzij integratie van DIR met navigatiesystemen wordt gerealiseerd, kan de door DIR geadviseerde route afwijken van die van een voertuignavigatiesysteem dat werkt op grond van statische gegevens al dan niet aangevuld met lokale dynamische gegevens (RDS-TMC).

### 4.2.4. Presenteren van de route

De wijze waarop de informatie aan chauffeurs wordt verstrekt hangt af van de gebruikerswensen. Het presenteren van de route aan de chauffeur kan visueel in de vorm van een afgedrukte kaart (infozuil), een kaart met de vigerende route op een kaart op een display (voertuignavigatiesysteem, mobiel internet-WAP, vast internet), een routebeschrijving met aanwijzingen per knooppunt (mobiel internet of GSM-SMS) of verbaal (mobiele internet, GSM-Xoip).

## 4.3 Analyse communicatie technologie

Om bestaande en potentiële technieken objectief te kunnen beoordelen zijn criteria gebruikt verdeeld in twee categorieën: dingen die de gebruiker aangaan en zaken die de aanbieder van de DIR-dienst (dynamische individuele routegeleiding) betreffen.

Deze criteria zijn:

	Criteria	Betekenis
Gebruiker	Kwaliteit	Geeft het systeem de gevraagde informatie?
	Toegankelijkheid	Is het overal te gebruiken?
	Effectiviteit	Helpt het?
	Gebruiksvriendelijkheid	Is de interface logisch?
	Veiligheid	Is het gevaarlijk? Leidt het af?
	Robuustheid	Is het uitval- en vandalismegevoelig?
	Kosten	Wat kost het systeem?
Dienst aanbieder	Toegevoegde waarde	Zijn er additionele voordelen?
	Overdraagbaarheid	Is het compatible met andere systemen?
	Uitbreidbaarheid	Kan het gebruik maken van andere databanken?
	Gebruikspotentie	Hoeveel mensen zullen er gebruik van maken?
	Efficiëntie	Kost het veel inspanning van de aanbieder?
	Onderhoudbaarheid	Moet er veel onderhoud gepleegd worden?
	Kosten	Wat zijn de investeringen en beheerskosten?
	Opbrengsten	Hoeveel zijn de opbrengsten en waar komen ze vandaan?
Risico	Zijn er risico's van wettelijke, concurrentie en andere aard?	
Eigendom	Wie is eigenaar van de technologie?	

Tabel 4.3.2. en tabel 4.3.3. laten zien hoe de verschillende mogelijkheden om te communiceren met gebruikers scoren.

Hierbij zijn door ons de criteria gerangschikt naar belangrijkheid en gewaardeerd met een cijfer (1 is slecht, 2 neutraal en 3 goed voor de doelgroep). De invloed van de criteria hangt af van de belangrijkheid van het criterium. Deze scores zijn subjectief en alleen bedoeld om enigszins een indruk te krijgen welke technologieën de beste perspectieven bieden. Zowel de aanbieder (opdrachtgever) als de eindgebruikers (chauffeurs en logistieke managers kunnen afwijkende scores inbrengen.

Op grond van de door ons gegeven cijfers blijkt dat voor de eindgebruiker GSM-SMS en mobiel internet erg goed te scoren gevolgd door voertuignavigatiesystemen en Radio RDS/TMC. Voor dynamische individuele routegeleiding (DIR) in de praktijk blijken ook vanuit het oogpunt van de aanbieders het mobiele internet en de GSM-SMS technieken goed te scoren. Voertuignavigatiesystemen scoren laag op grond van de beperkte omvang van de groep gebruikers (niet veel mensen hebben zo'n nog relatief duur systeem in de auto) en op grond van de kosten die het aanpassen van de verschillende systemen van diverse leveranciers met zich mee zullen brengen.

Gew. factor	Criteria	PC Internet	Mobiel internet WAP	Navigatie GPS	Radio RDS TMC	Telefoon Fax	GSM SMS Xoip	Teletext	Info zuil
8	Kwaliteit	3	3	3	2	3	3	2	3
7	Toegankelijkheid	1	3	3	3	1	3	2	2
6	Effectief	2	3	2	2	1	3	2	2
5	Gebruiksvriendelijk	3	3	3	3	3	3	3	3
4	Robuustheid	3	2	2	3	3	3	1	1
3	Veiligheid	3	2	2	3	3	2	3	3
2	Kosten	2	1	1	2	3	3	3	3
1	Toegevoegde waarde	1	3	2	2	1	3	2	2
Totaal		84	99	90	91	80	105	78	86

Gew. factor	Criteria	PC Internet	Mobiel internet WAP	Navigatie GPS	Radio RDS TMC	Telefoon Fax	GSM SMS Xoip	Tele-text	Info zuil
9	Gebruikspotentie	1	2	1	2	2	3	1	2
8	Kosten	3	3	2	2	2	2	2	1
7	Opbrengsten	2	2	1	1	3	3	1	2
6	Overdraagbaarheid	3	3	2	3	3	3	3	1
5	Uitbreidbaarheid	3	3	2	3	2	3	3	3
4	Onderhoudbaarheid	3	3	2	2	3	3	2	2
3	Efficiëntie	3	3	1	2	1	3	2	3
2	Risico	3	3	2	2	3	3	2	3
1	Eigendom	3	3	1	1	3	3	1	3
Totaal		108	117	72	93	107	117	86	97

Te verwachten valt dat navigatie systemen te weinig functionaliteit hebben om een brede toepassing te vinden. Multifunctionele systemen zoals "The Network Car" of "TravelStar" zoals beschreven in 2.7. zullen waarschijnlijk succesvoller zijn. Met name het mobiel gebruik van internet en communicatie zal ook voor logistieke processen van vrachtbedrijven interessant zijn.

Op grond van deze overwegingen is het verstandig bij de verdere ontwikkeling uit te gaan van boordsystemen met spraakgestuurde bediening, GPS plaatsbepaling, mobiele communicatie (internet of telefonie). Dit sluit niet uit dat ook andere distributie kanalen benut kunnen worden. Het prototype moet de mogelijkheid krijgen om de gewenste gegevens naar elk willekeurig systeem te sturen. Die systemen moeten echter wel kunnen communiceren via telefoon of internet.

#### 4.4. Aandachtsgebieden voor ontwikkeling systeemopbouw

Het ontwikkelen van een DIR-systeem vraagt ontwikkelingen op vijf gebieden:

1. Data verzameling, evaluatie en bewerking
2. Dynamische routekeuze modellen
3. Prototype dynamische routegeleiding
4. Communicatie met prototype
5. Verdere diensten met toegevoegde waarde

Met betrekking tot gebied 1 zijn naast statische gegevens, die via diverse databestanden bij de TU-Delft aanwezig zijn (beschrijving van de infrastructuur met daarin de kenmerken van de wegsecties), ook externe dynamische invoergegevens nodig (bijvoorbeeld de voor routekeuze bewerkte TIC gegevens).

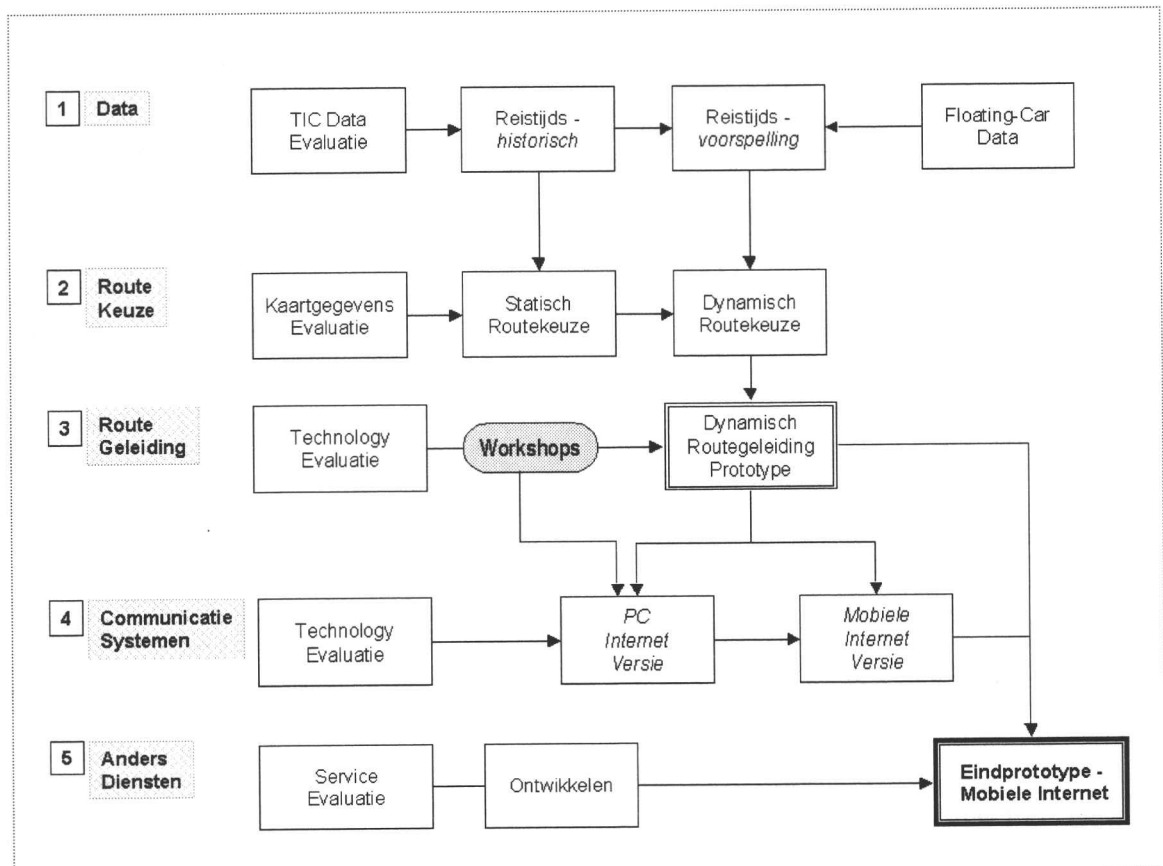
De belangrijkste opdracht met betrekking tot gebied 2 zal het aanpassen zijn van bestaande routezoekalgoritmes zodat MUC-routezoeken (Multi-User-Class is voor verschillende voertuigtypen) mogelijk is met dynamische kenmerken (rekening houdend met de actuele verkeerssituatie). Er zijn reeds routezoekprogramma's bekend, die onderscheid maken tussen trucks en personenauto's, maar die houden geen rekening met individuele kenmerken van trucks (gewicht, lading, etc.) en met gedetailleerde informatie over het verkeer op het onderliggende wegennet nabij de bestemming.

Gebied 3 heeft betrekking op de wijze waarop de gevonden route naar de eindgebruiker gecommuniceerd moet worden. Deze keuze hangt enerzijds af van de wensen van de eindgebruikers en anderzijds van de technische mogelijkheden. Aangezien de steekproef van vrachchauffeurs in Schieoevers maar zeer beperkt was zullen de wensen van de eindgebruikers nog verder moeten worden geïnventariseerd.

## DIR : Dynamische Individuele Routegeleiding

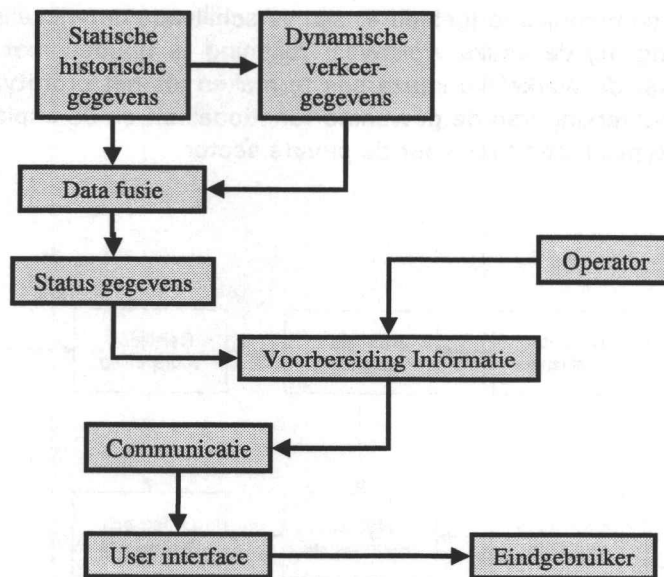
Er moet zal een keuze gemaakt worden voor de vormgeving van een prototype om de mogelijkheden van Dynamische Individuele Routegeleiding te testen.

Op het gebied van communicatie (gebied 4) zijn verschillende ontwikkelingen aan de gang. Het is daarom verstandig bij de keuze weliswaar rekening te houden met de mogelijkheden die zullen ontstaan maar de werkelijke keuze pas te maken als het prototype daarvan moet worden voorzien. De uitwerking van de gewenste functionaliteit en de implementatie van communicatiemiddelen is typisch een taak voor de private sector.



Figuur 4.4.1. Stappen in de systeemontwikkeling

Een additioneel doel van gesprekken en workshops met eindgebruikers (chauffeurs en transport managers) is na te gaan op welke additionele diensten zij prijs stellen. Dit kan betrekking hebben op voertuig- c.q. pakket-volgsystemen, de locaties van benzinstations en wegrestaurants, beschikbaarheid van parkeerplaatsen, locaties waar tol geheven wordt, de toltarieven etc. Gebied 5 gaat na waar en hoe dergelijke diensten meegenomen kunnen worden.



Figuur 4.4.2   Systeem Overzicht

### 4.5   Systeem ontwikkeling – verdere detaillering

#### 4.5.1   Data verzameling, evaluatie en bewerking

Dit onderzoek vraagt een nauwe afstemming met de ontwikkeling van multiclass dynamische routekeuzemodellen.

Uit de inventarisatie bleek duidelijk dat de bestaande systemen praktisch alleen statische gegevens gebruiken. Bovendien zijn ze niet toegesneden op de eisen van het zware vrachtverkeer. Dit onderzoek richt zich op het integreren van gegevensbronnen zoals TIC, Regiolab Delft en andere met als doel betrouwbare trajecttijdschattingen te genereren die de basis zullen zijn voor het DIR-prototype. Het bleek dat betrouwbare trajecttijdschattingen moeilijk te verkrijgen zijn; met name in congestieomstandigheden en in geval van ongelukken. Ze zijn vaak maar voor een korte periode te geven. Een blokkade kan bijvoorbeeld weer verdwenen zijn op het moment dat de chauffeur daar aankomt. Het DIR-prototype moet daarom uiteindelijk beschikken over een systeem dat oponthoud op trajecten voorspelt.

De eerste stap voor routeselectie zal alleen historische gegevens (semi-statische) gegevens. Hiervoor zijn tijdsafhankelijke trajecttijden nodig. Deze gegevens vergen een periodiek aanpassing aan de gewijzigde verkeersomstandigheden. Deze aanpassing moet systematische en automatische plaatsvinden om te kunnen beschikken over betrouwbare basisgegevens voor een DIR-prototype.

ARS T&TT gebruikt historische gegevens om de kans op filevorming per periode van de dag te bepalen. De trajecttijdschatting houdt rekening met deze kans. Zo kan de snelheid op een sectie zonder congestie 90 km/uur zijn, terwijl het bij 'stop and go' omstandigheden met 20 km/uur berekend wordt. Midden 2001 verwacht TIC-Nederland te beschikken over sectietijdschatters.

Planning is reeds dit jaar te beschikken over een prototype voor routekeuze dat gebruik kan maken van statische en semi-statische gegevens.

Daar voor off-line routeplanning (bijvoorbeeld een dag van tevoren) de effecten van incidenten nauwelijks van invloed zijn op de routekeuze, mag deze gebaseerd zijn op historische trajecttijden. Voor on-line routegeleiding zijn echter actuele dynamische gegevens nodig.

### 4.5.2 Dynamische routekeuze modellen

Dit betreft het hart van het DIR-project. De bestaande routezoekprogramma's houden niet of nauwelijks rekening met de voertuigkarakteristieken (hoogte, breedte, lengte, draaicirkel, gewicht, lading). In deze stap zullen deze kenmerken worden meegenomen. In eerste instantie op een semi-statisch netwerk. In een latere fase kan het netwerk dynamisch worden. Deze stap vergt gedetailleerde digitale kaarten die per netwerksectie minstens de volgende kenmerken bevat.

- Sectiekenmerken
  - Wegsoort
  - Maximale snelheid
  - Gebruiksrestricties (verboden voor)
- Aansluiting met andere sectie (voor en na)
  - Gebruiksrestricties vervolgssecties (wettelijk toegestaan en fysiek mogelijk)
- Bestemmingsgegevens (adressen)

De behoefte aan routegeleiding neemt tot naarmate je dichterbij de bestemming komt. Op grote afstand heeft een chauffeur meestal wel enig idee over de mogelijke routes en een met redenen omklede omleiding door DIR levert daar meestal weinig problemen op. Een onbekende bestemming van een onbekende richting de stad inrijden kan meer problemen geven. Een belangrijk item om te komen tot een bruikbaar product is de mogelijkheid dichterbij de bestemming met meer gedetailleerde gegevens te werken.

Het product moet echter ook voor andere bestemmingen toegepast kunnen worden. De systeemopzet moet zo zijn dat voor elke deelnemer (bedrijventerrein) naast een algemeen toegankelijke dataset ook een op de locatie toegesneden set met specifieke gegevens aanwezig is met actuele informatie. De algemene dataset kan gebaseerd zijn op bijvoorbeeld NAVTECH of AND International. Deze bevatten echter nog geen Europa dekkende verkeersinformatie. ARS is wel bezig met een ontwikkeling om Europese TIC gegevens te leveren.

### 4.5.3 DIR-prototype

Vooraf willen chauffeurs en/of logistieke planner toegang tot gedetailleerde routeinformatie van herkomst naar bestemming (kaart en beschrijving). Tijdens de rit is on-line informatie per knooppunt meer geschikt. In hoeverre die twee functionaliteiten verweven kunnen worden vraagt nader onderzoek.

Om de DIR-informatie naar de gebruiker te brengen is een communicatiemiddel en een gebruikersinterface nodig. In 4.3 is enigszins op grond van de subjectieve scores de voorkeur uitgesproken voor gebruik van de combinatie van spraakgestuurde mobiel internet, SWAP of GSM-SMS en voor logistieke doeleinden eventueel uitgebreid met GPS plaatsbepaling.

Op korte termijn zal moeten worden nagegaan in hoeverre bestaande systemen mogelijkheden bieden real-time DIR toe te passen en tegemoet te komen aan specifieke behoeften van vrachtwagenchauffeurs en transport managers.

Het prototype moet provider onafhankelijk zijn. De informatie uit het DIR-systeem moet met een eenvoudig formaat naar verschillende systemen gestuurd kunnen worden (bijvoorbeeld via internet).

De uitwerking van een prototype zal echter gebaseerd zijn op een van de bestaande systemen

waardoor de gebruikersinterface zal overeenkomen met een van die systemen.

Er kunnen echter ook additionele logistieke eisen meegenomen worden. Zo zou het systeem het vertrekmoment en het verwachte aankomstmoment (al dan niet aangepast door DIR) naar de bestemming kunnen sturen en vervoerder het voertuig (de lading) kunnen laten volgen (tracking and tracing).

De rol van de TU Delft 'hierbij is te bepalen met welk formaat de informatie van DIR moet hebben om deze compatible te laten zijn met die van de ontvangende systemen.

De uitwerking van de communicatie en de user interface zal een taak zijn van de dienstenaanbieders, de zogenaamde VASP (value-added-service-provider).

#### 4.4.5 Additionele diensten

Een aantal mogelijkheden voor verdere uitbouw van diensten zijn te vinden in de vorige hoofdstukken. Dit betreft onder meer de beschikbaarheid van parkeerplaatsen (reserveren?), communicatie, voertuigvolgsystemen, locaties van benzinestations, politiebureaus, hotels, restaurants, e.d. en toeristenattracties. Er zijn echter ook vrachtvervoer specifieke diensten zoals de afhandeling van pakbrieven, bevestiging van levering etc.

**Referentie – Internet Sites**

**ITS-project**

ITS-routeplanners

Web routeplanners	<a href="http://cartography.geog.uu.nl/routeplanner/eindex.htm">http://cartography.geog.uu.nl/routeplanner/eindex.htm</a>
Routenet	<a href="http://www.routenet.nl/">http://www.routenet.nl/</a>
Leasplan	<a href="http://www.leasplan.nl/">http://www.leasplan.nl/</a>
ilse	<a href="http://kaart.ilse.nl/">http://kaart.ilse.nl/</a>
Yahoo	<a href="http://traffic.yahoo.com/traffic/">http://traffic.yahoo.com/traffic/</a>

ITS-realtime

FR - Paris Traffic	<a href="http://www.paris-web.com/Transports/Trafic/">http://www.paris-web.com/Transports/Trafic/</a>
FR - Lyon Traffic	<a href="http://www.grandlyon.com/services/zse00tr.htm">http://www.grandlyon.com/services/zse00tr.htm</a>
FR - Sytadin - Paris	<a href="http://212.180.121.10/cal_default.html">http://212.180.121.10/cal_default.html</a>
NL - Rotterdam	<a href="http://www.fileplan.spirit.nl/">http://www.fileplan.spirit.nl/</a>
NL - Wanadoo	<a href="http://www.wanadoo.nl/informereren/verkeer/">http://www.wanadoo.nl/informereren/verkeer/</a>
US - SmartTraveler	<a href="http://www.smarttraveler.com/">http://www.smarttraveler.com/</a>
US - California	<a href="http://www.fhwa.dot.gov/trafficinfo/ca.htm">http://www.fhwa.dot.gov/trafficinfo/ca.htm</a>
US - Manitoba	<a href="http://umtig.mgmt.umanitoba.ca/">http://umtig.mgmt.umanitoba.ca/</a>
DE - Hannover	<a href="http://www.expo.hannover.de/english/tourist/mobilita.htm">http://www.expo.hannover.de/english/tourist/mobilita.htm</a>
DE - Bayern	<a href="http://www.bayerninfo.de/verkehr/h_verkeh.htm">http://www.bayerninfo.de/verkehr/h_verkeh.htm</a>
UK - Trafficmaster	<a href="http://www.trafficmaster.co.uk/">http://www.trafficmaster.co.uk/</a>

ITS-organisations

TrafficInq - sites	<a href="http://www.trafficinq.com/its.htm">http://www.trafficinq.com/its.htm</a>
MIRA - research	<a href="http://www.mira.co.uk/">http://www.mira.co.uk/</a>
Japan - VERTIS	<a href="http://www.ijinet.or.jp/vertis/e-frame.html">http://www.ijinet.or.jp/vertis/e-frame.html</a>
EU - ERTICO	<a href="http://www.ertico.com/">http://www.ertico.com/</a>
US - Calstart	<a href="http://www.calstart.org/calindex3.html">http://www.calstart.org/calindex3.html</a>
US - Illinois	<a href="http://www.its.dot.gov/staterpt/IL.HTM">http://www.its.dot.gov/staterpt/IL.HTM</a>
US - ITSA	<a href="http://www.itsa.org/">http://www.itsa.org/</a>
FR - Government	<a href="http://www.transports.equipement.gouv.fr/">http://www.transports.equipement.gouv.fr/</a>

Vehicle-Navigation

ADVANCE project	<a href="http://jungle.dis.anl.gov/advance/">http://jungle.dis.anl.gov/advance/</a>
Avstar	<a href="http://www.ivs.com/html/InTheNews/PR799.asp">http://www.ivs.com/html/InTheNews/PR799.asp</a>
Teletype	<a href="http://www.teletype.com/gps/">http://www.teletype.com/gps/</a>
Visionaute	<a href="http://www.ertico.com/what_its/succstor/visionau.htm">http://www.ertico.com/what_its/succstor/visionau.htm</a>
VDO Dayton	<a href="http://www.vdodayton.com/products/h_index_sim_audio.htm">http://www.vdodayton.com/products/h_index_sim_audio.htm</a>
OnStar	<a href="http://www.onstar.com/">http://www.onstar.com/</a>
Xanavi	<a href="http://www.xanavi.co.jp/en/">http://www.xanavi.co.jp/en/</a>

Mapping

NL-Ordnance Surv.	<a href="http://www.tdn.nl/index2.htm">http://www.tdn.nl/index2.htm</a>
AND	<a href="http://www.and.com/">http://www.and.com/</a>
TransCAD	<a href="http://www.caliper.com/tcovu.htm">http://www.caliper.com/tcovu.htm</a>
Navtech	<a href="http://www.navtech.com/">http://www.navtech.com/</a>
Multimap	<a href="http://uk2.multimap.com/">http://uk2.multimap.com/</a>
TeleAtlas	<a href="http://www.teleatlas.com/">http://www.teleatlas.com/</a>

Communication

RDS-TMC	<a href="http://www.rds.org.uk/">http://www.rds.org.uk/</a>
ITS-WAP	<a href="http://www.ertico.com/links/5thfp/itswap/goalcon.htm">http://www.ertico.com/links/5thfp/itswap/goalcon.htm</a>
WAPforum	<a href="http://www.wapforum.org/new/awardint.htm">http://www.wapforum.org/new/awardint.htm</a>



Traffic

GEWI <http://www.gewi.com/>  
ARS - T&TT <http://www.arsinfo.nl/>  
ITS Architecture <http://www.iteris.com/itsarch/>  
SIEMENS <http://www.atd.siemens.de/traffic>  
Heusch - Boesf. [http://www.heuboe.de/e/f\\_wir.htm](http://www.heuboe.de/e/f_wir.htm)  
Trafficast <http://www.trafficcast.com/Data.htm>

Positioning

Trimble <http://www.trimble.com/products/catalog/demo/index.htm>  
GPS - Info <http://www.mobilePositioning.com/>  
CELLPOINT <http://193.15.80.70/>  
SignalSoft [http://www.signalsoftcorp.com/products/location\\_manager.html](http://www.signalsoftcorp.com/products/location_manager.html)  
Sonera <http://www.sonera.fi/english/solutions/positioning>

Articles

ITS Market Overview <http://www.atip.or.jp/public/atip.reports.94/vnis.94.html>  
ITS Market Overview <http://www.its.dot.gov/piarc/oct296mtg.htm>  
Vehicle Navigation <http://jupiter.ksi.edu/~yzhao/index.html>  
JAVA Systems <http://java.sun.com/features/2000/08/ford.print.html>  
Visteon - real time <http://www.visteon.com/news/press/2000/00story132.html>  
ITS using SMS - trial <http://www.gpsworld.com/1100/1100spain.html>

Providers

Saraide - trafficinfo [http://www.gin.nl/html/sms\\_3.htm](http://www.gin.nl/html/sms_3.htm)  
9292 - travelinfo <http://www.9292ov.nl/>  
Webraska <http://www.webraska.com/>  
Aspiro - WAP Fleet Management <http://www.aspiro.com/templates/Page.asp?id = 2189>

### **Trafficmaster - On-trip information on Motorways and Primary Routes (UK)**

Trafficmaster sensors have become a familiar sight on UK motorways. Installed on motorway and trunk road bridges at approximately two miles intervals, the 2,400 sensors monitor the flow of traffic. When the speed beneath a particular sensor drops below 30 mph, it transmits the details live to Trafficmaster's National Traffic Data Centre. This forms the main on-road infrastructure of the system, which runs in parallel with over 1,500 radio beacons placed on motorways and near motorway junctions, to warn motorists of impending traffic problems before they join the motorway and so allow them time to choose another, non-motorway route.

The first Trafficmaster's retail user interfaces were screen-based products, one of which - the YQ - is still a bestseller for long-distance drivers needing to plan lengthy journeys well in advance. At home or in the office, the YQ can operate from an optional desk stand that also doubles as a battery charger for the unit. In the car, the YQ unit is easily mounted on the dashboard and can be run from the car's cigar lighter. Hardwiring the unit to the car's power supply is another option.

Operating the YQ is very easy. Simple straightforward controls allow you to view local motorway areas on separate screens to pin-point traffic problems, while screen icons give access to all other YQ information services.

The lower-priced voice-based Trafficmaster, launched in 1996, became an overnight success. Trafficmaster Freeway, powered by 4 batteries, can be attached to any vehicle, simply by affixing two velcro pads. It comes complete with 12 months information which can be renewed with a simple telephone call. Trafficmaster Freeway has two modes: in "manual mode", each time a message is received by the unit, the signal light flashes. Green, if there is a clear road ahead, red, if there is a detected problem. To hear the latest message, all the driver needs to do is press the single operating button. In "automatic mode", the unit automatically speaks the message to the driver. If the route ahead is clear, a simple tone is heard.

The Trafficmaster Oracle system has the potential to broadcast additional information (other than traffic information), relating to specific locations, through a vocabulary of speech stored in the on-board Oracle computer. This is the only commercially available system capable of delivering live information direct to the motorist. The information includes information on car parks, airports, shuttle or ferry terminals, weather warnings and local petrol stations.

Altogether Trafficmaster has now sold several hundreds of thousands retail driver information units throughout the country. Trafficmaster is piloting another new technology in the UK, to monitor traffic flow in urban and inter-urban areas. Called Passive Target Flow Measurement (PTFM), it uses closed-circuit TV camera equipment and recognition software to record number plates, and calculate the time taken to travel the distance between two cameras.

**PASSO - GSM/GPS-based ITS services (Germany)**

At the Mannesman Autocom headquarters, traffic information is gathered from different sources (national registration offices, traffic computing headquarters) and is supplemented with information from the company itself. Mannesman Autocom has installed numerous sensors along motorways, measuring speed, counting vehicles and deducing an accurate profile of the traffic flow. In addition, Floating Car Data (FCD) are obtained from vehicles that "float" with the traffic throughout the country. These cars are equipped with GPS (Global Positioning System) units and GSM communication and constantly report their position, travel direction and speed. It is this combination of data that generates a highly accurate view on the traffic situation. In the future, this information could be combined with statistical data on traffic jams in order to produce reliable traffic forecasts.

The PASSO Traffic Information Service provides the up-to-date and reliable traffic information to drivers in a customised way. It supplies details about the location, length and type of traffic jams via mobile phone or terminals. In the latter case, the info is communicated via audio or a screen, depending on the terminal. The location of the vehicle is determined with GPS and the communication between the driver and the information centre goes via wireless radio equipment (GSM). PASSO offers the choice between Basic Info and Extra Info. Basic info provides information on the traffic situation in the area up to 100 km from the vehicle. The driver has the choice between the circular area around the vehicle (spotlight), a scan of the situation in driving direction (headlight) or the situation on the road he is currently following (road setting). The Extra Info allows to view the spotlight or headlight situation over a distance of 200 km from the car's position or somewhere else in Germany. In addition, it offers the driver a view on the traffic situation on the route to his destination or in one of 10 urban areas in Germany.

The PASSO breakdown and emergency services offer the important certainty of assistance services being available whenever necessary. To call for assistance, the driver just pushes a button and his identification, car characteristics and location are passed to Mannesman Autocom. From there the information is sent to the breakdown service specified by the driver or to an emergency service. In the latter case, a telephone link is established between the driver and a rescue co-ordination centre. The immediate and direct communication and the accurate location of the vehicle much enhance the efficiency of assistance services and reduce the dangers and inconveniences of emergencies.

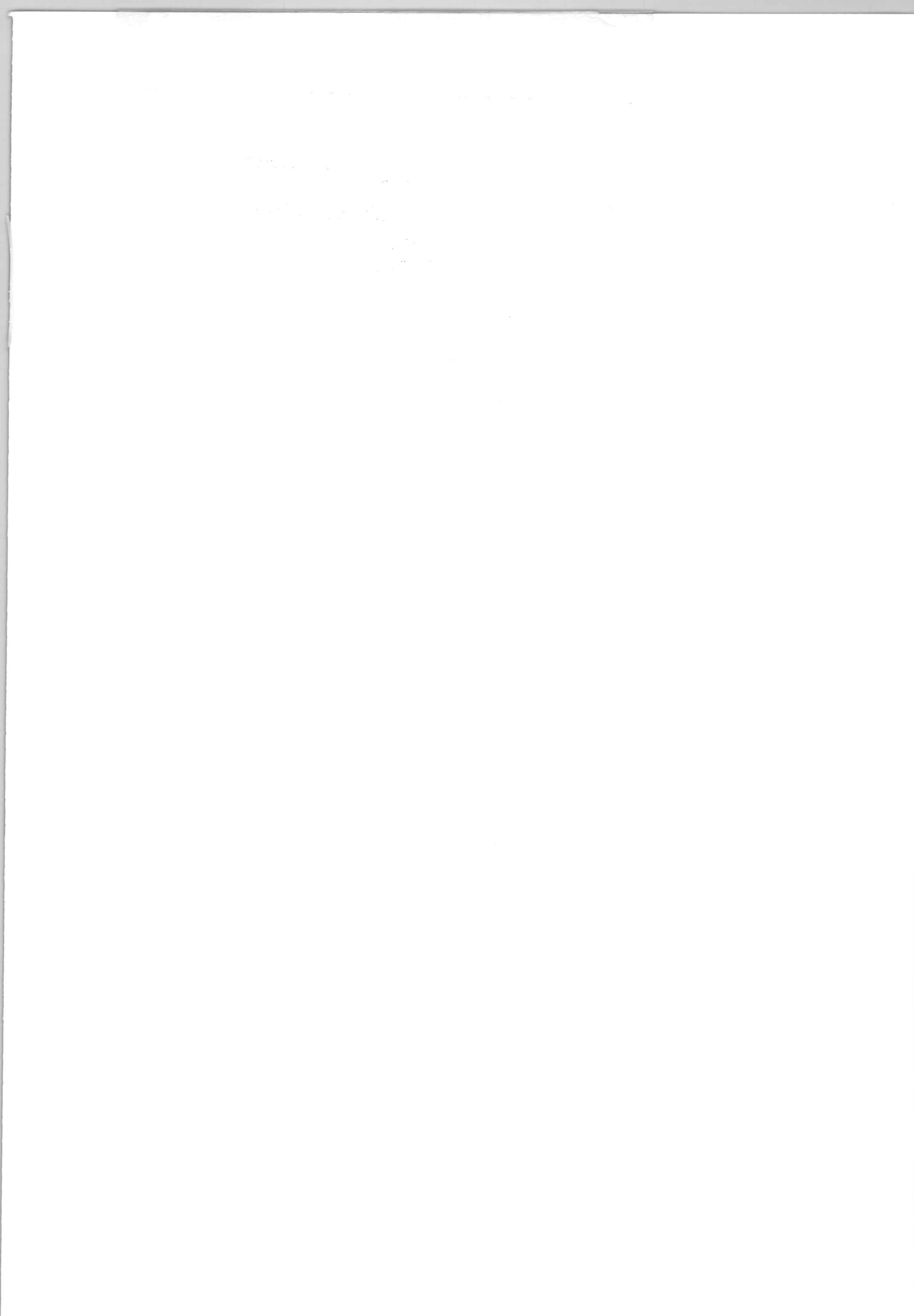
The PASSO Fleet services help tackle the increasing traffic volumes and the rising demand for flexibility that transport companies experience. Through GPS location, all vehicles can be accurately located and GSM telephony enables the transmission of text and status reports to and from vehicles. Via a display and keyboard, the fleet operator sends order data to the driver who can see them on a display. When he confirms the order, a receipt is automatically printed out at the headquarters. This direct communication is much more efficient than the many telephone calls that were needed before. The report of order completion is communicated with equal ease.

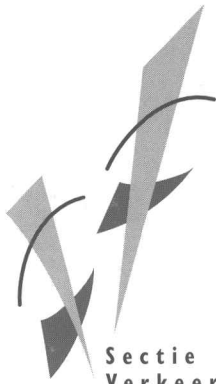
The constantly available information on vehicles' position and the direct communication lines, help avoid empty runs, enable better use of working times, reduce communication costs and improve overall co-ordination. PASSO supplies detailed and up-to-date traffic information to the operator, enabling him to better plan and co-ordinate his fleet's actions. In the future, also breakdown and emergency assistance will also be included in the PASSO Fleet services.

Lijst met afkortingen

GPS	Global Positioning System
GSM	Global System of Mobile Communication
HMI	Human-Machine Interface
ITS	Intelligent Transport Systems
PDA	Personal Digital Assistant
POI	Point of Interest
RTA	Road Traffic Adviser project
VMS	Variable Message Signs
TICS	Transport Information and Control Systems
WAP	Wireless Application Protocol

Technische Universiteit Delft  
Faculteit CiTG  
Bibliotheek Civiele Techniek  
Stevinweg 1  
2628 CN Delft





Sectie  
Verkeerskunde

De sectie Verkeerskunde houdt zich bezig met Onderwijs en onderzoek op het gebied van Planning, alsmede het functioneel ontwerp van verkeersinfrastructuur.

De sectie Verkeerskunde maakt deel uit van de Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen van de Technische Universiteit Delft en participeert in de onderzoeksschool TRAIL.

The Transportation Planning and Traffic Engineering Section provides university education and performs fundamental-scientific research on the wide area of traffic, transport, logistics and infrastructure; in addition to that, the section makes develops new fundamental design for traffic infrastructures.

The section is part of the Faculty of Civil Engineering and Geosciences of Delft University of Technology in the Netherlands and is a partner in the post-graduate Research School TRAIL.