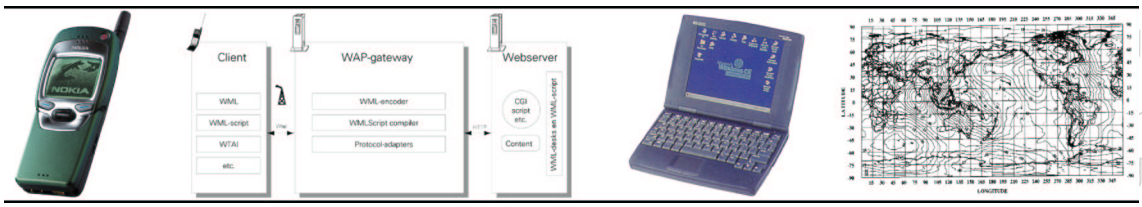
Vrienden OV

Een demonstratie van een mogelijke mobiele toepassing



Auteur : Mathieu Hommes
Begeleider : Drs. Arnoud Visser
Studie : Bedrijfsinformatiesystemen
Specialisatie : Technische informatiesystemen
Faculteit : Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica
Faculteit der Economische Wetenschappen en Econometrie
Universiteit : Universiteit van Amsterdam
Vakgroep : Computer Architecturen en Parallelle Systemen

Datum : Mei 2001

Abstract

In this thesis we describe the development of an application for a computer that knows its location. The application is a system that facilitates the exchange of the actual status of the public transport network.
As source the travelers themselves will be used. In this way no central organization is needed which accumulates all information from the different public transport organization and delivers the information to the travelers. No need for co-operation between the public transport organizations is an advantage of this approach. Besides this, all kind of travel information can be exchanged. An example of this is the type of vehicle that is used on a specific route at this moment. This information will probably never be available when a central organization is used.
To make it possible for travelers to exchange information about a specific route, one needs to know which travelers are at that route now. For this Vrienden OV is developed. At Vrienden OV travelers can set a route they usually do or do at this moment. A traveler who wants information about a specific route, can search at Vrienden OV for a fellow traveler at that route. For this, information about the location of a traveler can be useful. This information can be used to determine which route a traveler does at this moment. This information can also be used to give the fellow travelers in the neighbourhood of the traveler. In the developed system the information of the location is obtained with a little GPS-unit.
Our experiences with this demonstration showed that the application is technical feasible. It also showed that position information could help to make an user-friendly application by reducing the information that the user has to provide. However, the reliability of the GPS-signal is a point of concern. Inside stations and vehicles the signal from the GPS-satellites is too weak.

Keywords: Mobility, GPS, GSM, WAP, Internet, public transport, travel information.

Voorwoord

Het voorwoord van de scriptie, ofwel het nawoord van het onderzoek. Ik wil natuurlijk iedereen bedanken die me geholpen heeft bij het voltooien van dit onderzoek. Hoewel het gevaar bestaat om iemand te vergeten, wil ik toch een paar personen in het bijzonder bedanken.

In de eerste plaats wil ik mijn begeleider A. Visser bedanken voor zijn hulp, advies en nuttige commentaar. Ten tweede H. Yakali voor zijn hulp en ideeën bij het programmeren.

Tevens wil ik graag Bas Toeter en Andres Steijaert van het Informatiseringscentrum bedanken voor het hosten van mijn WAP-site.

Daarnaast wil ik natuurlijk mijn ouders en mijn zusje bedanken voor alle steun die ze mij in de afgelopen jaren hebben gegeven.

Mathieu Hommes
Mei 2000

Inhoud

Inleiding 8

1.1 Openbaar vervoer 8
1.2 Doel 9
1.3 Aanpak 9
1.4 Afbakening 10
1.5 Overzicht scriptie 10

Deel een - ontwerpgedeelte

Wensen en eisen 12

2.1 Wensen naar reisinformatie 13
2.2 Eisen aan een reisinformatiesysteem 15
2.3 Samenvatting 16

Schakels in het reisinformatiesysteem 17

3.1 Informatie en communicatieprocessen 18
3.2 Verwerking vereisten in het systeem 22
3.3 Samenvatting 23

Sterke en zwakke schakels 24

4.1 Sterke schakels 24
4.2 Zwakke schakels 26
4.3 Samenvatting 30

Uitgeklede en aangeklede versies 31

5.1 Uitgeklede versie 32
5.2 Aangeklede versie 33
5.3 Samenvatting 39

Deel twee - realisatiegedeelte

Ontwerp te ontwikkelen systeem 41

6.1 De database met bijbehorende functies 42
6.2 Te gebruiken technologie 48
6.3 Samenvatting 54

De realisatie 55

7.1 Implementatie 55
7.2 Testen 67
7.3 Bespreking 68
7.4 Samenvatting 69

Conclusie 70

8.1 Conclusies 70
8.2 Toekomstig onderzoek 71

Literatuurlijst 73

Appendix A - GPS A1

A.1 GPS-componenten A1
A.2 Basis principe van een satelliet navigatiesysteem A3
A.3 Nauwkeurigheid A5
A.4 Problemen A9
A.5 Verbeteringen A9

Lijst van figuren

Opbouw deel een scriptie 11
2-1: Opbouw hoofdstuk 2 12
3-1: Opbouw hoofdstuk 3 17
3-2: Bestaande informatie en communicatieprocessen 18
3-3: Benodigde informatie en communicatieprocessen 19
3-4: Communicatie met Vrienden OV 20
3-5: Communicatie tussen reizigers 21
4-1: Opbouw hoofdstuk 4 24
5-1: Opbouw hoofdstuk 5 31
5-2: Enhanched Observed Time Difference-techniek 35
5-3: Time Difference Of Arrival-techniek 37
Opbouw deel twee scriptie 40
6-1: Opbouw hoofdstuk 6 41
6-2a: Use case-diagram voor Vrienden OV voor de internet-actor 44
6-2b: Use case-diagram voor Vrienden OV voor de mobiele telefoon-actor 44
6-3: Internetarchitectuur 52
6-4: WAP-architectuur 52
7-1: Opbouw hoofdstuk 7 55
7-2: Globale opbouw van het systeem 56
7-3: Tabellen in de database 56
7-4: Opgeven als deelnemer 57
7-5: Inlogprocedure 57
7-6: Bepalen van het huidige reistraject 58

7-7: Huidig reistraject opgeven via de WAP-interface 58
7-8: De interface van het programma dat de informatie uit een GPS-ontvanger leest 59
7-9: Inloggen met GPS-informatie 59
7-10: Huidig reistraject opgeven via de internetinterface 60
7-11: Veranderen van opgegeven persoonsgegevens 61
7-12: Uitschrijven als deelnemer 61
7-13: Opgeven van een reistraject 62
7-14: Opgeven van een reistraject voor een bepaalde periode via de internetinterface 63
7-15: Veranderen van een opgegeven reistraject 64
7-16: Verwijderen van een opgegeven reistraject 65
7-17: Zoeken naar medereizigers 65
7-18: Zoeken naar medereizigers via de WAP-interface 66
7-19: Zoeken naar medereizigers via de internetinterface 66
7-20: Tijd die nodig is voordat een geldige schatting van de locatie wordt opgeleverd 67
A-1: WGS 1984-coördinatensysteem A3
A-2: Positiebepaling met één bekende afstand tot één satelliet A4
A-3: Positiebepaling met twee bekende afstanden tot twee satellieten A4
A-4: Positiebepaling met drie bekende afstanden tot drie satellieten A4
A-5: Afbuiging van het GPS-signaal in de atmosfeer A6
A-6: Multipath-effect A6
A-7: Invloed geometrie van de satellieten A7
A-8: Toespraak Clinton over afschaffing Selective Availability A8
A-9: Differential GPS A10

Inleiding

Met de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie is veel mogelijk. Er zijn vele toepassingen denkbaar. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk in een auto een gps-navigatiesysteem in te bouwen die de automobilist de weg wijst. *Streetpilot III* van Garmin en *Daytone MS5000* van VDO zijn voorbeelden van dergelijke systemen. Een andere mogelijkheid is de *Bartracker* van Heineken. Dit programma voor een Palmcomputer geeft op basis van de positie van de gebruiker de locatie van de dichtstbijzijnde beste cafés waar Heineken wordt getapt. Een andere interessante toepassing is het openbaar vervoer. Openbaar vervoer reizigers hebben behoefte aan veel informatie. Thuis hebben openbaar vervoerreizigers behoefte aan statische informatie (welke dienstregelingen zijn er) en dynamische informatie (welke dienstregeling is op dit moment geldig). Onderweg hebben openbaar vervoerreizigers vooral behoefte aan actuele informatie (heeft een benodigd voertuig een vertraging). Vooral de vraag naar deze actuele informatie is afhankelijk van de huidige locatie van de reiziger.

1.1 Openbaar vervoer

Het is al lang mogelijk om een reis met het openbaar vervoer van tevoren te plannen. Met behulp van allerlei boekjes en computerprogramma's met de dienstregelingen is het mogelijk een reis uit te stippelen. Uit de overvloed aan informatie kan bepaald worden waar, hoe laat op welk vervoermiddel moet worden overgestapt om op de gewenste bestemming te komen. Een ervaren reiziger heeft dit echter niet nodig, die kent z'n reisschema door en door.
Als een van de schakels in het schema een vertraging heeft kan zelfs een ervaren reiziger echter in de problemen komen. Het reisschema zal dan ter plekke moeten worden bijgesteld. Dit is vaak een probleem. De reiziger moet dan onderweg via (mobiele) apparaten de gewenste informatie over de afwijkingen ten opzichte van de dienstregelingen kunnen ophalen. Deze actuele informatie moet door de openbaar vervoerbedrijven met een bepaald kort interval continu aangepast en beschikbaar gesteld worden.
Naast deze wens naar actuele informatie bestaat er nog een andere wens. Reisinformatie heeft tot nog toe een collectief karakter. Dat betekent dat een reiziger veel informatie tot zich moet nemen. De reiziger krijgt veel informatie over verbindingen en afwijkingen die op dit moment niet relevant is en waarmee de reiziger niets te maken wil hebben. De informatie is voor een

groot deel niet van belang voor de reis die de reiziger wil gaan maken of op dit moment maakt. Een reiziger wil het liefst op maat gesneden informatie ontvangen over vertragingen en alternatieve reisroutes die aansluit bij de behoefte van de reiziger op dit moment.
Een derde wens betreft de mogelijkheid tot communicatie in tweerichtingen. Dit wil zeggen dat reizigers die een paar minuten vertraagd zijn bij het overstappen graag willen dat de bestuurder, conducteur of machinist van het aansluitende voertuig wordt gewaarschuwd dat zij in aantocht zijn, opdat er zo mogelijk even op hen gewacht wordt.

Nieuwe informatie en communicatietechnologie maakt allerlei vormen van reisinformatie voor openbaar vervoerreizigers mogelijk. Theoretisch kan elke reiziger een persoonlijk reisadvies krijgen dat volledig is aangepast aan de actuele situatie. Een probleem bij het soort systemen die informatie uit de centrale computers van de vervoerbedrijven doorgeven aan mobiele apparaten van reizigers, is dat een reiziger in het openbaar vervoer afhankelijk is van meerdere vervoerbedrijven. Essentieel voor een systeem dat reisinformatie levert waarbij het openbaar vervoer als een geïntegreerd geheel wordt gepresenteerd, is de integratie van de (actuele) informatie van de verschillende vervoerbedrijven tot een persoonlijk advies. Een mogelijke oplossing zal zijn om gebruik te maken van een centrale organisatie, die met medewerking van alle (elkaar beconcurrerende) vervoerbedrijven de reiziger van dienst kan zijn.
In dit onderzoek wordt een andere oplossing voorgesteld. Deze oplossing houdt in dat er zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van het collectief van de openbaar vervoerreizigers. Het openbaar vervoer zit (zeker tijdens de spits) namelijk vol met sociale mensen die goed inzicht hebben in de actuele lokale situatie[1], en waarvan velen bereid zijn die informatie met anderen te delen. Een reiziger die specifieke informatie nodig heeft, kan deze informatie via een medereiziger verkrijgen. In een dergelijk netwerk is men met één deelnemer op de aansluiting en één deelnemer op de alternatieve route reeds geholpen.
Bij deze oplossing helpen reizigers elkaar bij het verkrijgen van de gewenste informatie, vandaar ook de naam Vrienden OV.
Met behulp van informatie en communicatietechnologie is een dergelijk netwerk in het gebruik te vergemakkelijken. Zo kan bijvoorbeeld op basis van de huidige positie van een reiziger bepaald worden welke andere reizigers nuttige informatie zouden kunnen leveren.

1.2 Doel

Binnen het Mobility Researchlab willen we een demonstratie geven wat mogelijkheden van de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie zijn. Voor dit afstudeeronderzoek wordt hiervoor een toepassing ontwikkeld voor een handcomputer die verbonden wordt met een plaatsbepalingsysteem. Deze toepassing geeft deze mogelijkheden aan. De toepassing die ontwikkeld zal worden is een systeem dat de gewenste reisinformatie beschikbaar maakt voor de openbaar vervoerreizigers.
Het onderzoek bestaat uit twee delen. Het eerste deel betreft een papieren ontwerp van een systeem waarmee de reiziger persoonlijke en actuele informatie kan verkrijgen. Het doel van het eerste deel van het onderzoek is het maken van een functioneel ontwerp van een systeem dat voldoet aan de wensen van reizigers zoals die vermeldt staan in het door Rover opgestelde onderzoeksrapport *Reisinformatie; wensen van reizigers*.
In het tweede deel van dit afstudeeronderzoek wordt het ontworpen systeem gerealiseerd. Het doel van het tweede deel van het onderzoek is het aantonen dat het systeem realiseerbaar is door een implementatie van het ontworpen systeem te maken.

1.3 Aanpak

Het systeem dat de gewenste reisinformatie beschikbaar maakt is ontwikkeld in verschillende fasen. Ten eerste is een ontwerp gemaakt van het systeem. Hiervoor zijn eerst de wensen naar reisinformatie bepaald. Deze wensen zijn vertaald in eisen waaraan een reisinformatiesysteem zou moet voldoen. Op basis van deze wensen en eisen is een

1 Er maken zo'n 1.1 miljard mensen gebruik van het openbaar vervoer (CBS, 1999), (CBS, 2000), CBS (2), 2000).

systeemontwerp gemaakt. Vervolgens zijn uitgeklede en aangeklede varianten van het systeem bepaald. De aangeklede variant is het systeem dat zijn locatie kent. De uitgeklede variant maakt geen gebruik van deze informatie. Het vormt het referentiesysteem waarmee de aangeklede variant wordt beoordeeld.
Ten tweede is het ontworpen systeem gerealiseerd. In deze fase is bepaald hoe het te realiseren systeem er daadwerkelijk uit gaat zien. Er is een uitgeklede versie ontwikkeld. Vervolgens is de aangeklede versie ontwikkeld.
Ten slotte is het geïmplementeerde systeem getest zowel qua werking als gebruikersvriendelijkheid.

1.4 Afbakening

Met de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie is veel mogelijk. Van de vele mogelijke toepassingen wordt alleen het verkrijgen van reisinformatie voor het openbaar vervoer onderzocht. Er wordt een systeem ontworpen waarmee de gewenste informatie te leveren is. Dit systeem zal ook geïmplementeerd worden. Eén van de belangrijkste redenen om voor deze toepassing te kiezen was het beschikbaar zijn van de gebruikerswensen. Deze gebruikerswensen zijn in het onderzoeksrapport van de reizigersorganisatie Rover beschreven. Voor andere toepassingen waren deze wensen niet zo makkelijk te verkrijgen.

Bij het ontwerpen van het systeem, wordt uitgegaan van de wensen van de gebruikers, de openbaar vervoerreizigers, zoals die bepaald zijn in het onderzoek van Rover. Deze wensen zullen niet opnieuw bepaald worden. Het systeemontwerp zal gebaseerd zijn op de eisen die Rover heeft opgesteld op basis van de door haar gevonden wensen.

Het voorgestelde systeem vraagt bepaalde communicatie van de reizigers. In dit onderzoek wordt niet bepaald in hoeverre de reizigers bereid zijn tot deze communicatie. Hoewel dit een zeer belangrijke vraag is, leek dit niet direct betrekking te hebben op het onderwerp van dit onderzoek: mogelijkheden aangeven van de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie.

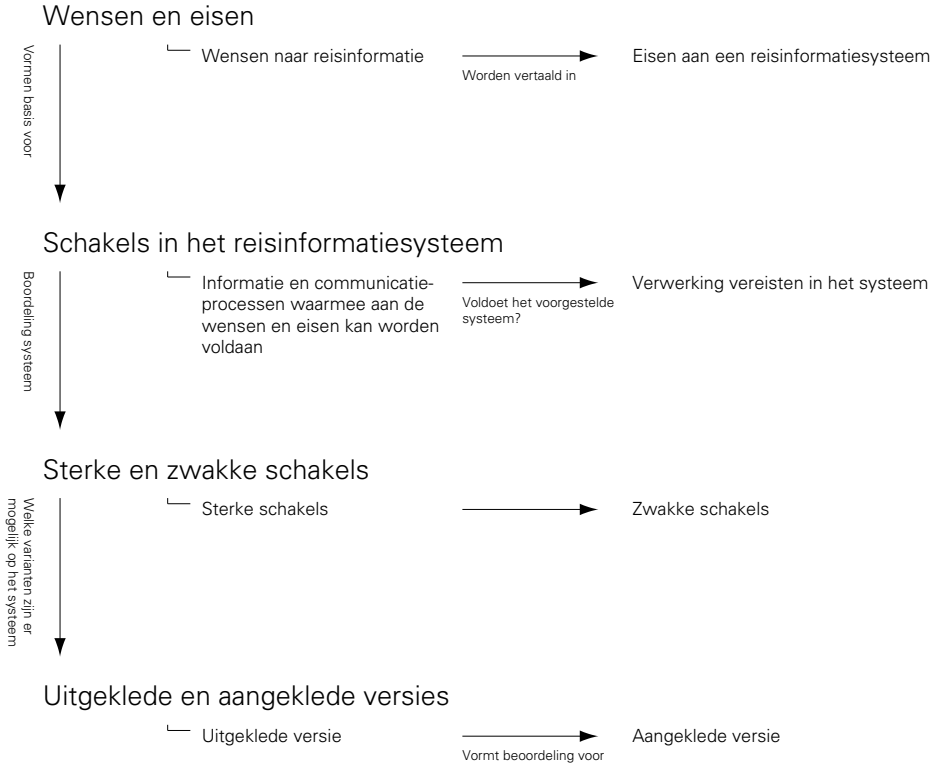
Eén onderdeel van het systeem betreft het plaatsbepalingsysteem. In dit onderzoek wordt niet het implementeren van een plaatsbepalingsysteem in een (hand-)computer of een ander mobiel apparaat behandeld. Er zal gebruik worden gemaakt van een bestaand systeem. Hoewel het in het kader van mobiliteit van belang is dat dit systeem zo draagbaar mogelijk is, wordt er in dit onderzoek niet ingegaan op de vraag hoe dat te realiseren is.

1.5 Overzicht scriptie

Na deze inleiding volgt in hoofdstuk twee een meer uitgebreide beschrijving van de wensen van reizigers met betrekking tot reisinformatie. Daarnaast worden in dit hoofdstuk de wensen vertaald in eisen aan een reisinformatiesysteem. In hoofdstuk drie wordt beschreven welke schakels nodig zijn om de gewenste reisinformatie te leveren. In hoofdstuk vier wordt ingegaan op sterke en zwakke schakels van het voorgestelde systeem. Daarbij wordt aangegeven hoe de zwakkere schakels verbeterd zouden kunnen worden. In hoofdstuk vijf wordt ingegaan op varianten van het voorgestelde systeem met minder functionaliteit, de uitgeklede versies, en varianten met uitgebreidere functionaliteit, de aangeklede versies. Daarmee wordt het ontwerpgedeelte van het onderzoek afgerond. Vervolgens wordt overgegaan op het realisatiegedeelte van het onderzoek. In hoofdstuk zes wordt het ontwerp van de database, de functies die op de database gedefinieerd moeten worden en de interfaces waarmee de functies aan de reizigers beschikbaar worden gesteld besproken. Daarbij wordt aangegeven met welke technologie het systeem gerealiseerd zal worden. Hoofdstuk zeven richt zich op de daadwerkelijk implementatie van het systeem. De scriptie wordt afgesloten met een conclusie en een bespreking van mogelijke richtingen voor toekomstig onderzoek.

Deel een -

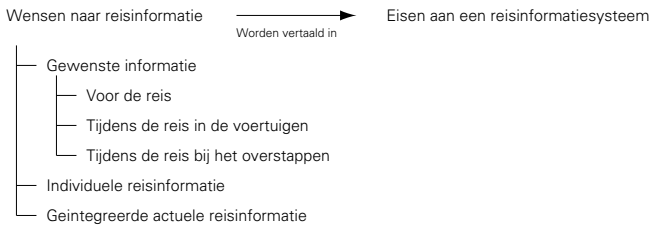
ontwerpgedeelte



Opbouw deel een scriptie

Wensen en eisen

De reisinformatie voor het openbaar vervoer die tot nu toe geleverd wordt, is niet zonder gebreken. Het openbaar vervoer lijkt met de geboden reisinformatie een nogal ingewikkeld product. Er moeten hele lijsten van lijnnummers, namen van eindbestemmingen en perronnummers worden doorgenomen om het gewenste vervoermiddel te vinden. Daarnaast wordt het openbaar vervoer niet gepresenteerd als een geïntegreerd geheel. Het reisaanbod dat de verschillende vervoermaatschappijen bieden wordt niet op een inzichtelijk manier gepresenteerd. Zeker een reiziger die zelden met het openbaar vervoer reist kan problemen hebben om aan de juiste informatie te komen.
Een groter probleem is dat een openbaar vervoerreiziger geen toegang heeft tot (geïntegreerde) actuele informatie. Een openbaar vervoerreiziger kan van tevoren niet te weten komen of het benodigde voertuig een vertraging heeft. Ook kan een openbaar vervoerreiziger die onderweg een kleine vertraging heeft niet te weten komen of het volgende benodigde voertuig nog gehaald gaat worden. Met nieuwe informatie en communicatietechnologie is het mogelijk op maat gesneden statische, dynamische en actuele informatie overal beschikbaar te stellen en het openbaar vervoer als een geïntegreerd geheel te presenteren. Hierdoor zou de onzekerheid over het wel of niet halen van een verbinding uitgeschakeld of in ieder geval verminderd kunnen worden.



Figuur 2-1: Opbouw hoofdstuk 2

In dit hoofdstuk worden de wensen van reizigers naar reisinformatie beschreven. Vervolgens worden de eisen besproken waaraan een systeem dat reisinformatie levert zou moeten voldoen.

2.1 Wensen naar reisinformatie

De reizigersorganisatie Rover heeft onlangs een onderzoek gehouden naar de wensen van reizigers naar reisinformatie. In het onderzoeksrapport wordt een ideaal reisinformatiesysteem beschreven vanuit het oogpunt van de reiziger. Uit het onderzoek komen een paar duidelijke gebreken naar voren bij de huidige reisinformatie (Bruggeman, 1999, blz. 11):

- er wordt reisinformatie onderweg bij afwijkingen van de dienstregelingen gemist;
- communicatie in tweerichtingen is vaak niet mogelijk. Bij overstappen willen reizigers graag dat de bestuurder, conducteur of machinist van het aansluitende voertuig wordt gewaarschuwd dat zij in aantocht zijn, opdat er zo mogelijk even op hen gewacht wordt.

Daarnaast is het collectieve karakter van reisinformatie een punt van kritiek. Bij het opvragen van reisinformatie krijgt een reiziger veel gegevens gepresenteerd. Veel daarvan is niet van toepassing op de reis die de reiziger wil gaan maken.

2.1.1 Gewenste informatie

Een openbaar vervoerreiziger heeft behoefte aan veel informatie. Afhankelijk van de fase van de reis waarin de reiziger zich bevindt, verschilt deze informatiebehoefte. De volgende fasen kunnen worden onderscheiden bij het reizen (Dumez, 1999):

- voor de reis;
- tijdens de reis in een voertuig;
- tijdens de reis bij het overstappen.

De gewenste informatie zoals die door Rover is bepaald zal per fase worden beschreven.

2.1.1.1 Voor de reis

Voordat een reis gemaakt kan worden moet een reiziger een informatie en planningsproces doormaken. Hierin moet de reiziger statische en dynamische informatie verkrijgen over (Bruggeman, 1999, blz. 10-11):

- de reisroute, eventueel verschillende mogelijke reisroutes zoals de snelste route, de goedkoopste route en de route met de minste overstappunten;
- het tijdschema;
- vervoerbewijzen;
- vraagafhankelijk vervoer. Maakt dit onderdeel uit van de reis en zo ja, waar en hoe moet er dan gereserveerd worden.

Daarnaast hebben sommige reizigers behoefte aan informatie over bijvoorbeeld de toegankelijkheid van het materiaal, de veiligheid van de reisroute, het weer op de eindbestemming en kortingsmogelijkheden (Bruggeman, 1999, blz. 10-11).
Naast deze informatie, willen reizigers soms bij het plannen ook actuele informatie ontvangen. In sommige situaties is het gewenst om van tevoren te weten of een benodigd vervoermiddel een vertraging heeft. Veel bestaande systemen voor het leveren van actuele informatie zijn varianten op elektronische informatieschermen op stations of haltes die actuele vertrektijden tonen. Deze informatie is alleen beschikbaar op de stations of haltes. Bij het (thuis) plannen van de reis is deze informatie dus niet beschikbaar (Bruggeman, 1999, blz. 27).

2.1.1.2 Tijdens de reis in een voertuig

In deze fase van de reis gaat het vooral om het verkrijgen van actuele informatie. De reiziger wil informatie hebben over de positie op het traject, de aankomsttijd, de vertraging en de verwachte reistijd. Daarnaast ontvangt een reiziger graag (individuele) statische en dynamische informatie over vertrektijden, wachttijden, vertreklocaties en eventuele vertragingen van voertuigen die de reiziger wil gaan gebruiken. Wanneer een voertuig een vertraging heeft, wil de reiziger graag informatie ontvangen over alternatieve reisroutes, betaalmogelijkheden en eventuele reserveringen. Tevens wil een reiziger de mogelijkheid hebben om zijn reis opnieuw te plannen. Daarnaast hebben sommige groepen reizigers

behoefte aan extra informatie zoals toeristische locaties, kaarten en routebeschrijvingen van en naar musea, hotels en uitgaanscentra.
Communicatiemogelijkheden met de reiziger zijn dan gelimiteerd tot de apparatuur die een reiziger bij zich draagt. De gewenste informatie zou dus verkregen moeten kunnen worden via bijvoorbeeld een (hand-)computer met toegang tot internet of een mobiele telefoon (Dumez, 1999).

2.1.1.3 Tijdens de reis bij het overstappen

In deze fase gaat het vooral om begeleiding en actuele informatie. De reiziger moet dus informatie krijgen over een eventuele overstap en het liefst daarop geattendeerd worden door een individueel signaal. Bij het overstappen willen sommige reizigers begeleid worden. Daarnaast hebben sommige reizigers behoefte aan extra informatie. Hierbij kan gedacht worden aan loopafstanden, taxifaciliteiten, toeristische informatie, informatie over speciale evenementen, locaties van zakencentra en informatie over uitgaansgelegenheden en horeca (Dumez, 1999).

Zoals uit bovenstaande misschien al blijkt hebben verschillende reizigers verschillende behoeften aan informatie. Forenzen hebben bijvoorbeeld nauwelijks behoefte aan informatie over vertrektijden, deze kent hij of zij meestal al uit zijn hoofd. Iemand die echter bij hoge uitzondering met het openbaar vervoer reist, wil deze informatie echter wel ontvangen. Een ouder die zijn kinderen wegbrengt wil misschien ook informatie ontvangen over de veiligheid van de route. Een bejaarde wil misschien nog informatie krijgen over de toegankelijkheid van de vervoermiddelen. Een reiziger die een toeristische rondreis maakt heeft daarnaast nog behoefte aan informatie over bijvoorbeeld speciale evenementen, plattegronden en toeristische attracties. Al deze informatie zou beschikbaar moeten zijn en op verzoek getoond kunnen worden (Bruggeman, 1999, blz. 11).

2.1.2 Individuele reisinformatie

Zoals al eerder gemeld heeft reisinformatie tot op heden een collectief karakter. Dit geldt zowel voor de automobilist, die hele lijsten met files moet aanhoren voordat misschien zijn file gemeld wordt, als de openbaar vervoerreiziger, die allerlei informatie krijgt over treinen, trams en bussen die hij of zij helemaal niet wil gebruiken. Om te voorkomen dat reizigers worden overladen met informatie, met als gevolg verwarring, onduidelijkheid en irritatie, moet de geleverde informatie persoonlijk zijn. Niet iedereen wil namelijk dezelfde informatie ontvangen. De reiziger moet niet worden blootgesteld aan alle informatie maar slechts de informatie die hij of zij nodig heeft te zien krijgen (Bruggeman, 1999, blz. 8-9).
Er moeten dus middelen zijn waarmee op maat gesneden informatie verkregen kan worden. Informatieschermen en omroepers zijn eenvoudig en relatief goedkope systemen maar leveren geen individuele informatie. Ook zijn de reizigers hierdoor verplicht zich op vaste punten te informeren. Door bijvoorbeeld gebruik te maken van informatieverspreiding via het GSM-netwerk of via smartcard technologie, waarbij de chip informatie bevat over de reis, is er wel persoonlijke informatie te leveren. Hiervoor moet de reiziger echter wel een eigen toestel bezitten (Dumez, 1999).

2.1.3 Geïntegreerde actuele informatie

De verschillende openbaar vervoerbedrijven proberen reeds actuele gegevens beschikbaar te stellen aan de reiziger. Een probleem met deze initiatieven is dat deze niet uitwisselbaar met elkaar zijn. De gebruikte systemen zijn speciaal ontwikkeld en kunnen vrijwel nooit met elkaar communiceren (Bruggeman, 1999, blz. 24-25). Op deze manier wordt de reiziger, die toegang wil tot de informatie van de verschillende openbaar vervoerbedrijven, haast verplicht om verschillende apparaten aan te schaffen. De reiziger wordt als het ware overspoeld door hardware in plaats van informatie. Standaardisatie is dus noodzakelijk. Van een reiziger kan niet worden verwacht dat hij of zij voor elke regio en / of vervoerbedrijf andere ontvangstapparatuur of een andere computer aanschaft. Er zou dus of een standaard systeem moeten zijn om de actuele gegevens beschikbaar te stellen of de gegevens van de verschillende openbaar vervoerbedrijven moeten door een centrale organisatie verzameld en aan de reiziger beschikbaar gesteld worden.

2.2 Eisen aan een reisinformatiesysteem

Een systeem dat reisinformatie levert zou aan de hierboven beschreven wensen moeten voldoen. De reizigersorganisatie Rover heeft deze wensen vertaald in concrete eisen. Deze eisen worden hieronder kort beschreven. Voor een uitgebreide lijst en beschrijving wordt verwezen naar het onderzoeksrapport *Reisinformatie; wensen van reizigers* van Rover.

Een integraal reisinformatiesysteem dient de in de vorige paragraaf genoemde soorten informatie te kunnen leveren. Een reisinformatiesysteem moet dus informatie kunnen leveren over (Bruggeman, 1999, blz. 53):

- De reisroute. Dit omvat de instaplocatie met looproutes naar deze locatie, overstaplocatie(s) met looproutes op de overstaplocaties en de uitstaplocatie. Het systeem moet daarnaast de volledige, meest logische rondreisroute met kaartbeeld kunnen tonen;
- Het tijdschema. Dit omvat de instaptijd, de uitstaptijd, de totale reisduur en frequentie van de verbinding. Tevens omvat dit de eerste en de laatst mogelijke verbinding van die dag;
- Vervoerbewijzen. Dit omvat de prijs van de reis, inclusief kortingsmogelijkheden of voordelige aanbiedingen op andere tijden of via andere routes;
- Vraagafhankelijk vervoer. Dit omvat informatie over de noodzaak tot vooraf aanmelden met de plaats van aanmelding (telefoonnummer);
- Aanvullende informatie. Dit omvat de toegankelijkheid van het materiaal en de veiligheid van de route;
- Actuele informatie. Dit omvat afwijkingen ten opzichte van dienstregelingen (route en tijd) en spoorafwijkingen.

Al deze informatie moet op verzoek getoond kunnen worden. Aangezien zowel bij het plannen als bij het reizen al deze informatie gewenst kan zijn, moeten alle genoemde soorten informatie zowel op het vertrekadres als onderweg ingewonnen en verstrekt kunnen worden (Bruggeman, 1999, blz. 53).

Eén van de kritiekpunten op de huidige reisinformatie is het collectieve karakter. Een reisinformatiesysteem moet daarom individuele informatie kunnen verstrekken. Dit houdt volgens Rover tenminste in (Bruggeman, 1999, blz. 54):

- vooraf of onderweg: een individueel reisadvies dat desgewenst alle informatiesoorten omvat;
- onderweg: routebeschrijving en / of gids naar halte, station of perron;
- onderweg: waarschuwing dat moet worden ingestapt in nu voorrijdende trein, tram of bus;
- onderweg: waarschuwing in voertuig dat bij de volgende halte moet worden uitgestapt;
- onderweg: indien het aanvankelijk gegeven reisadvies door vertragingen of stremmingen niet uitvoerbaar is een waarschuwing, gevolgd door een individueel aangepast reisadvies;
- vooraf of onderweg: een nieuw reisadvies, wanneer de reiziger door eigen nalatigheid of besluitvorming het geplande voertuig heeft gemist;
- vooraf of onderweg: toeristische informatie, informatie over hotels, horeca en telefoonnummer plaatselijk taxibedrijf;
- vooraf: laatste verbinding voor (terug)reis;
- reiziger moet individuele preferenties kunnen invoeren, bijvoorbeeld loopsnelheid en hekel aan dubbeldekkers.

Een ander kritiekpunt op de huidige reisinformatie is de onmogelijkheid om bij een vertraging van enkele minuten de bestuurder van het aansluitende vervoer te waarschuwen opdat er zo mogelijk even gewacht kan worden. Het reisinformatiesysteem moet daarom een vervoerder kunnen waarschuwen dat één of meer reizigers van een bepaalde rit gebruik gaan maken. Bij vertragingen moeten aldus, binnen een bepaalde marge, aansluitgaranties kunnen worden gerealiseerd. Als deze reizigers het aansluitende voertuig hebben betreden, moet het systeem dit signaleren, zodat het wachtende voertuig niet langer hoeft te blijven wachten (Bruggeman, 1999, blz. 54).

Rover stelt dat reizigers die via het systeem reisinformatie inwinnen, zich tegelijkertijd via ditzelfde systeem moeten kunnen aanmelden voor vraagafhankelijk vervoer. De reiziger moet in zo'n geval aan het systeem kunnen bevestigen dat hij de opgevraagde reis daadwerkelijk zal maken. Bij vertragingen in eerdere onderdelen van de reisketen moet het systeem het aansluitende vraagafhankelijke vervoer daarvan in kennis stellen. Als vraagafhankelijk

vervoer de reiziger op het vertrekadres komt afhalen, moet het systeem de reiziger voor het arriveren van het vervoer een signaal kunnen geven. Daarnaast moet prijsinformatie gegeven worden. Als voor dezelfde reis verschillende prijzen mogelijk zijn, moet de reiziger deze keuze expliciet worden voorgelegd. Ten slotte moet de reiziger desgewenst tegelijkertijd met het opvragen van de informatie de totale reisprijs kunnen voldoen. Betaling per reisdeel onderweg moet eveneens mogelijk zijn (Bruggeman, 1999, blz. 54-55).

Om het systeem voor een grote groep reiziger beschikbaar te maken moet het systeem informatie-uitvoer in verschillende vormen kunnen aanbieden. Daarnaast moeten de huidige vormen van informatievoorziening (dienstregelingboekjes, bewegwijzering, omroepberichten) in stand worden gehouden (Bruggeman, 1999, blz. 55). Dit omdat veel reizigers de traditionele media willen blijven raadplegen en reizigers zonder mobiele apparaten ook in staat blijven hun reis te plannen.

Als gebruikersterminal voor de individuele reisinformatie moet standaardapparatuur aansluitbaar zijn op het systeem. Voor gebruikers die niet kunnen beschikken over dergelijke standaardapparatuur moet informatie uit het systeem ook betrokken kunnen worden met andere middelen. Tramconducteurs, buschauffeurs, treinconducteurs, stationsmedewerkers et cetera moeten beschikken over terminals die op dezelfde wijze zijn aangetakt op het systeem als de gebruikersterminal (Bruggeman, 1999, blz. 55).

Het systeem moet voor de gebruiker betaalbaar, bruikbaar en betrouwbaar zijn. Een dergelijk systeem mag dus nooit het monopolie op de informatievoorziening hebben. Onder bruikbaarheid wordt in ieder geval ook verstaan een korte responstijd (Bruggeman, 1999, blz. 55).

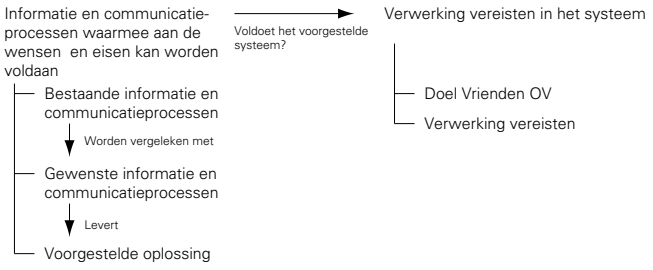
2.3 Samenvatting

In dit hoofdstuk is een ideaal reisinformatiesysteem besproken. Met de door Rover bepaalde wensen van reizigers naar reisinformatie is bekend waaraan een reisinformatie zou moeten voldoen. Hiermee is te bepalen hoe het te ontwerpen reisinformatiesysteem eruit zou moeten gaan zien. In dit hoofdstuk is tevens aangegeven hoe volgens Rover deze wensen vertaald zouden moeten worden in concrete eisen aan een reisinformatiesysteem. Deze eisen kunnen bij het ontwerpen van het reisinformatiesysteem gebruikt worden als basis.

Schakels in het reisinformatiesysteem

In het vorige hoofdstuk is aangegeven waaraan een reisinformatiesysteem zou moet voldoen. Een mogelijke oplossing is het oprichten van een centrale organisatie waaraan alle openbaar vervoerbedrijven hun statische, dynamische en actuele gegevens leveren. Deze centrale organisatie moet dan de informatievoorziening richting reiziger verzorgen. Een andere mogelijke oplossing is om zoveel mogelijk gebruik te maken van de kennis van de reiziger. In dit afstudeeronderzoek wordt deze laatste oplossing uitgewerkt.

Het idee om gebruik te maken van de kennis van de reizigers om aan de gewenste informatie te komen heeft een aantal redenen. Ten eerste de problemen bij het opzetten van een centrale organisatie. Bij een centraal systeem moet over het aanleveren van de statische, dynamische en actuele informatie bepaalde standaardisatie gelegd worden. De informatie van de verschillende openbaar vervoerbedrijven moet vervolgens worden gecombineerd zodat een reiziger een geïntegreerd beeld krijgt van het openbaar vervoer. Vooral de organisationele complexiteit om deze standaardisatie te leveren is een probleem. De elkaar beconcurrerende openbaar vervoerbedrijven zijn niet snel bereid samen te werken. In de tijd die staat voor het afstuderen zou dit vermoedelijk niet voor elkaar te krijgen zijn. Er zou dan bijvoorbeeld alleen



Figuur 3-1: Opbouw hoofdstuk 3

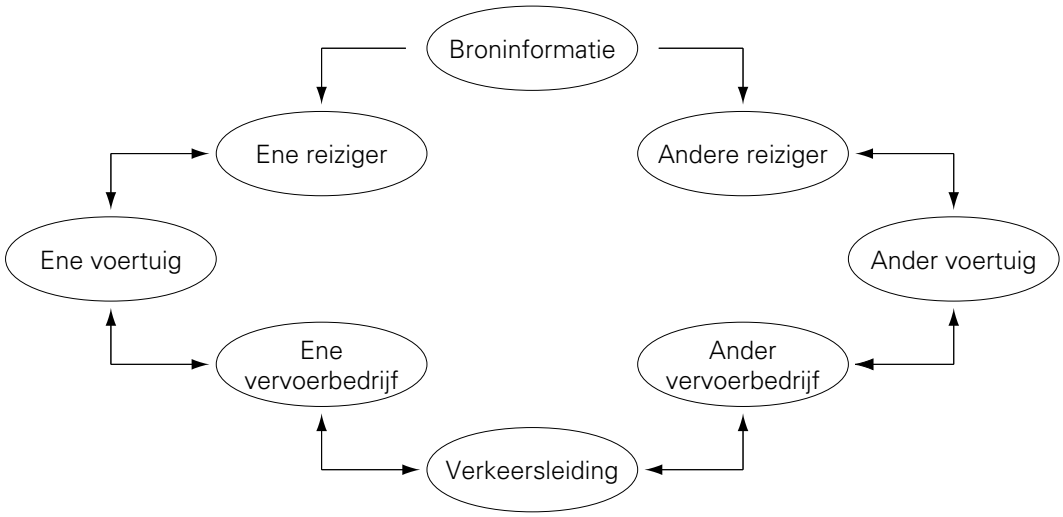
een functioneel ontwerp gemaakt kunnen worden, geen werkend systeem. Bij het idee om voor het verkrijgen van informatie medereizigers te gebruiken wordt de kennis van de openbaar vervoerreizigers gebruikt. Er hoeft hierdoor geen centrale organisatie opgezet te worden waaraan de openbaar vervoerbedrijven hun gegevens moeten leveren. De problemen die dat met zich meebrengt worden hierdoor vermeden.
Ten tweede kwam uit het onderzoek van Rover naar voren dat sommige reizigers ook behoefte hebben aan informatie die niet altijd heel gemakkelijk van tevoren is aan te geven. Hierbij kan gedacht worden aan het type bus, trein, tram of metro dat op een bepaald traject op een bepaald moment rijdt of de veiligheid van het traject. Een reiziger die nu dat traject aflegt kan deze informatie echter wel gemakkelijk leveren.

In dit hoofdstuk wordt het systeem dat de gewenst reisinformatie kan leveren ontworpen. Dit wordt gedaan op basis van de schakels die te identificeren zijn. Deze schakels zullen aan de hand van de benodigde informatie en communicatieprocessen beschreven worden. Eerst zullen hiervoor de bestaande en benodigde communicatielijnen bepaald worden. Hieruit wordt afgeleid welke communicatielijnen gemist worden. Vervolgens worden de schakels bepaald die de benodigde communicatielijnen mogelijk maken. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de verwerking van de eisen, zoals die opgesteld zijn door Rover, in het voorgestelde systeem.

3.1 Informatie en communicatieprocessen

3.1.1 Bestaande informatie en communicatieprocessen

In de bestaande informatie en communicatieprocessen zijn de schakels zoals die in figuur 3-2 zijn aangegeven, te onderscheiden.



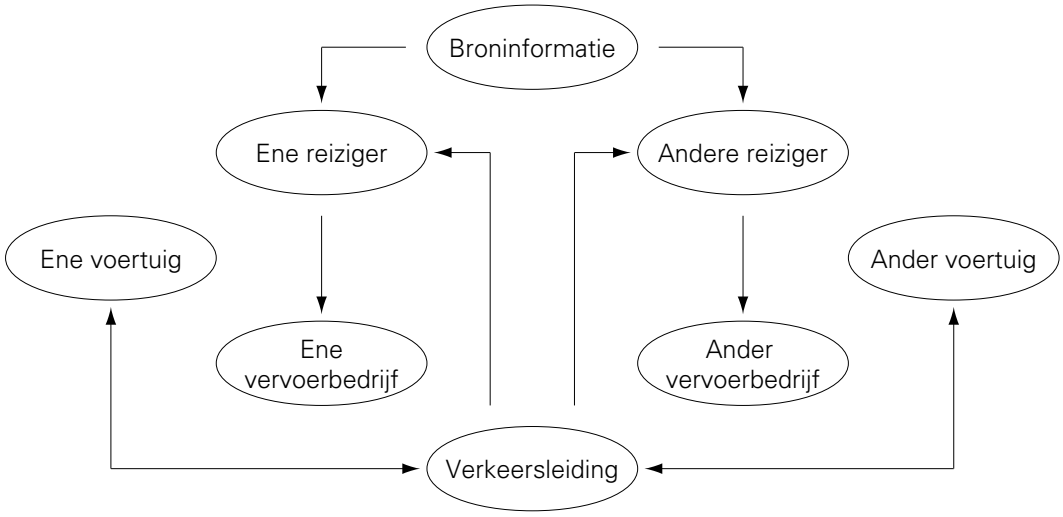
Figuur 3-2: Bestaande informatie en communicatieprocessen

Met deze bestaande kanalen is het voor een reiziger niet zo moeilijk om informatie te krijgen over zijn huidige vorm van vervoer. Een probleem ontstaat vooral als de reiziger informatie wil over aansluitend vervoer (het *andere voertuig* in figuur 3-2). Op dit moment is een reiziger over het algemeen niet in staat actuele informatie over het andere voertuig te verkrijgen. Met deze bestaande informatie en communicatieprocessen is dus niet aan alle wensen te voldoen zoals die beschreven zijn in het vorige hoofdstuk.

3.1.2 Gewenste informatie en communicatieprocessen

De bestaande informatie en communicatieprocessen voldoen zoals gezegd niet volledig. Om wel aan alle wensen naar reisinformatie te kunnen voldoen heeft Rover in haar onderzoeksrapport de volgende gewenste informatie en communicatieprocessen aangegeven (Bruggeman, 1999, blz. 14, 15):

- Van broninformatie naar reiziger. De reiziger plant met de broninformatie zijn reis. De reiziger raadpleegt daarvoor boekjes met dienstregelingen of bijvoorbeeld 9292 (het vroegere OVR).
- Van reiziger naar vervoerbedrijf. De reiziger wil op een bepaalde tijd met een bepaald voertuig mee. Dit communicatieproces geldt voornamelijk voor vraagafhankelijk vervoer. Hierbij moet de reiziger zich van tevoren aanmelden om er zeker van te zijn dat het geplande vervoer daadwerkelijk wordt geboden.
- Van voertuig naar verkeersleiding. De voertuigen moeten doorgeven op welke positie ze zijn. Dit kan bijvoorbeeld gerealiseerd worden met behulp van lussen in het wegdek.
- Van verkeersleiding naar reiziger. Als een bepaald voertuig vertraagd of uitgevallen is moet de reiziger van de verkeersleiding te horen krijgen dat dat het geval is en het liefst een alternatief aangeboden krijgen.
- Van verkeersleiding naar voertuig. Bij een vertraging van een bepaald voertuig is het gewenst dat de bestuurder te horen krijgt dat er vertraagde reizigers mee willen en hij of zij dus even moet wachten. Ook wanneer het voertuig een andere route moet nemen wegens calamiteiten is dit communicatieproces nodig.



Figuur 3-3: Benodigde informatie en communicatieprocessen

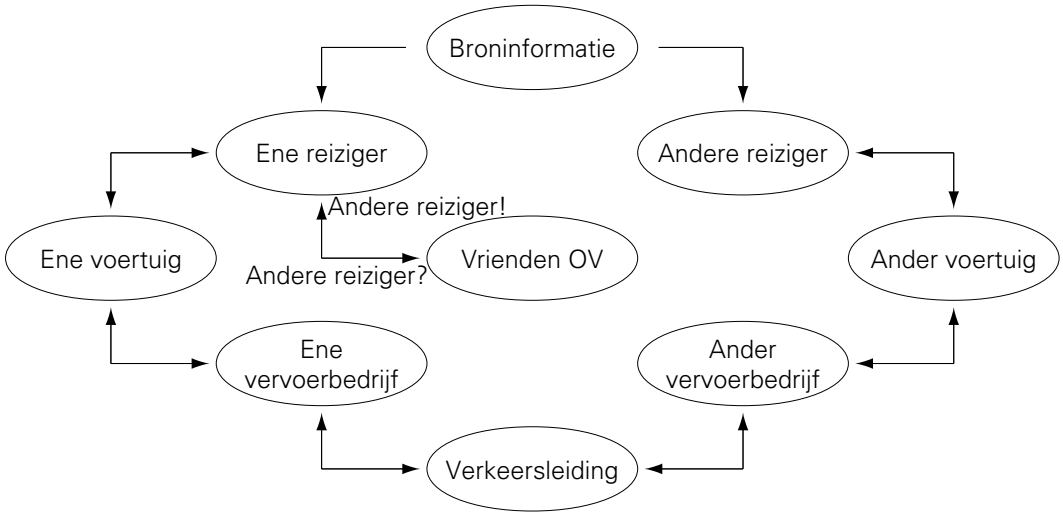
Met deze informatie en communicatieprocessen verkrijgt de reiziger de statische en dynamische informatie (welke dienstregelingen zijn er en welke is nu geldig) via de broninformatie. De verkeersleiding levert de actuele informatie. Om hiertoe in staat te zijn, heeft de verkeersleiding gegevens nodig die aangeven waar de verschillende voertuigen zich bevinden. Naast deze communicatie richting reiziger verzorgt de verkeersleiding bij deze informatie en communicatieprocessen ook de waarschuwingen aan de bestuurders in het geval deze moeten wachten op enkele minuten vertraagde reizigers. Met deze informatie en communicatieprocessen is dus statische, dynamische en actuele op persoonlijke basis aan de reizigers te leveren en is communicatie in twee richtingen mogelijk.

Wanneer de bestaande en de gewenste informatie en communicatieprocessen naast elkaar worden gelegd, blijkt dat eigenlijk alleen de communicatie tussen de verkeersleiding en de reizigers gemist wordt. Hierdoor heeft een reiziger op dit moment problemen om informatie te

verkrijgen over aansluitend vervoer (het *andere voertuig*). Met behulp van moderne informatie en communicatiemiddelen kan het contact tussen de reiziger en verkeersleiding direct in tweerichtingen verlopen. In de bestaande informatie en communicatieprocessen bestaan echter al schakels waarin communicatie in tweerichtingen plaats vindt. Het lijkt verstandig om gebruik te maken van deze al bestaande communicatiekanalen. Wanneer er namelijk een directe koppeling wordt gemaakt tussen verkeersleiding en reiziger, moet de actuele informatie over elk voertuig continu en snel door de vervoersbedrijven ter beschikking worden gesteld. Iets wat op dit moment nog niet gebeurt.

3.1.3 Voorgestelde oplossing

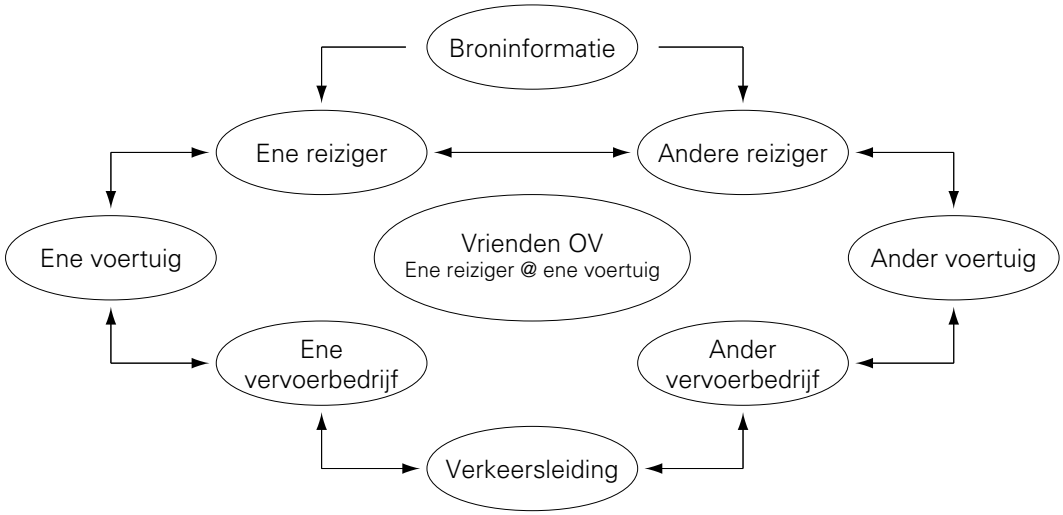
Wanneer er gebruikt wordt gemaakt van de medereizigers om de gewenste informatie te leveren is de communicatie tussen verkeersleiding en reiziger niet nodig. De vervoerbedrijven hoeven hierdoor niet de actuele informatie over de voertuigen continu door te geven. Bij de voorgestelde oplossing zoekt een reiziger om iets te weten te komen over het andere voertuig contact met een medereiziger in dat andere voertuig. Dit kan bijvoorbeeld via een mobiele telefoon indien het telefoonnummer van deze andere reiziger bekend is. Om een reiziger in staat te stellen een telefoonnummer te vinden van een reiziger in het andere voertuig is Vrienden OV bedacht. Indien een reiziger onderweg actuele reisinformatie wil, kan hij contact zoeken met Vrienden OV (zie figuur 3-4). Hier kan de reiziger de telefoonnummers van medereizigers in het aansluitende vervoer vinden.



Figuur 3-4: Communicatie met Vrienden OV

Op het moment dat de ene reiziger het telefoonnummer van de andere reiziger weet, is Vrienden OV niet meer nodig. De ene reiziger kan dan via de andere reiziger actuele informatie over het andere voertuig krijgen. Daarnaast kan de ene reiziger de andere reiziger vragen de bestuurder te verzoeken om te wachten op de ene reiziger die een paar minuten vertraagd is.

Met behulp van deze processen kunnen in principe alle informatiewensen, zoals beschreven in *Reisinformatie; wensen van reizigers*, vervuld worden. Het voordeel van deze aanpak is dat hiermee zeer gedetailleerde informatie die slechts af en toe of slechts voor enkele reizigers interessant is, uitgewisseld kan worden.



Figuur 3-5: Communicatie tussen reizigers

Hieronder wordt beschreven hoe de in het onderzoek van Rover aangegeven gewenste informatie en communicatieprocessen plaatsvinden in het voorgestelde systeem.

- Van broninformatie naar reiziger. De reiziger blijft daarvoor de bestaande methoden gebruiken zoals de boekjes met dienstregelingen en 9292. De openbaar vervoerbedrijven moeten de dienstregelingen via deze kanalen beschikbaar blijven stellen.
- Van reiziger naar vervoerbedrijf. Als vraagafhankelijk vervoer onderdeel uitmaakt van het reistraject, wordt dit op de gebruikelijke manier opgegeven.
  Daarnaast kan de reiziger het reistraject dat afgelegd gaat worden of vaak wordt afgelegd opgeven bij Vrienden OV. Hiermee zorgt de reiziger ervoor dat hij of zij gebeld kan worden door een andere deelnemer aan Vrienden OV. De andere reizigers kunnen contact met deze reiziger zoeken om bepaalde actuele en aanvullende informatie te verkrijgen of deze reiziger verzoeken aan de bestuurder te melden dat er vertraagde reizigers mee willen met de vraag daarop te wachten.
  Bij deze vooraf opgegeven trajecten is natuurlijk nooit helemaal zeker of dit traject ook daadwerkelijk wordt afgelegd. Dit is pas zeker als de reiziger expliciet opgeeft dat op dit moment een bepaald traject wordt afgelegd. Zodra een reiziger contact zoekt met Vrienden OV wordt daarom bepaald in welk traject deze reiziger zich bevindt. Dit kan (gedeeltelijk) automatisch gebeuren wanneer de reiziger de beschikking heeft over een plaatsbepalingsysteem. Wanneer dit niet het geval is, moet het huidige traject expliciet gevraagd worden. Met deze informatie wordt een database gevuld met de actuele reistrajecten van de reizigers. Deze actuele reistrajecten worden als eerste gebruikt bij het vinden van medereizigers. Pas wanneer hier geen reizigers in het gevraagde traject gevonden worden, wordt er gezocht in de van tevoren opgegeven reistrajecten.
  Wanneer een reiziger over een plaatsbepalingsysteem beschikt kan de informatie over de locatie tevens gebruikt worden bij het vinden van interessante medereizigers. Daarnaast kan deze informatie over de positie van de reiziger en het huidige voertuig gebruikt worden om de trajecten van de verschillende voertuigen vast te leggen. Deze informatie kan dan later voor verschillende doeleinden gebruikt worden.
- Van voertuig naar verkeersleiding. Voor dit communicatieproces blijft in het voorgestelde systeem gebruik gemaakt van de bestaande systemen. Eventueel kan in een later stadium gebruik worden gemaakt van een mobiele telefoon om de positie van de voertuigen te bepalen. Er worden op dit moment namelijk experimenten uitgevoerd waarmee de positie van een mobiele telefoon redelijk nauwkeurig te bepalen is. Wanneer alle bestuurders van de voertuigen worden uitgerust met een mobiele telefoon, zou het mogelijk zijn om de posities van de voertuigen te bepalen aan de hand van de positie van de mobiele telefoons van de bestuurders.

- Van verkeersleiding naar reiziger. Dit communicatieproces levert in het voorgestelde systeem geen persoonlijke reisinformatie. De verkeersleiding zal slechts de collectieve informatievoorziening blijven verzorgen. In het voorgestelde systeem is geen voorziening waarmee de verkeersleiding makkelijk specifieke reizigers kan bereiken om hen een persoonlijk reisadvies te geven. De melding dat een bepaald voertuig vertraagd is, kan de reiziger via medereizigers verkrijgen. In het voorgestelde systeem is het dus niet noodzakelijk dat de vervoerbedrijven hun actuele informatie beschikbaar stellen aan een centrale organisatie. Reizigers kunnen deze informatie namelijk verkrijgen via de deelnemers aan Vrienden OV. Het is natuurlijk wel prettig als de actuele informatie ook via een centraal punt te verkrijgen is.
- Van verkeersleiding naar bestuurder, machinist of conducteur om deze te waarschuwen te wachten op vertraagde reizigers. Dit communicatieproces wordt in het voorgestelde systeem niet verzorgd door de verkeersleiding maar door de deelnemers van Vrienden OV. De bedoeling van het systeem is dat een vertraagde reiziger via Vrienden OV een medereiziger vindt in het voertuig dat straks nodig is. De vertraagde reiziger kan de medereiziger dan verzoeken of deze de bestuurder van het voertuig wil waarschuwen dat er vertraagde reizigers aankomen en vragen of de bestuurder daarop wil wachten, natuurlijk binnen een bepaalde marge. De vertraagde reizigers moeten, als ze het wachtende voertuig binnengaan, de bestuurder waarschuwen dat zij de vertraagde reizigers zijn waarop gewacht wordt en de bestuurder dus kan vertrekken.

3.2 Verwerking vereisten in het systeem

In het vorige hoofdstuk zijn de vereisten beschreven waaraan een reisinformatiesysteem volgens de reizigersorganisatie Rover zou moeten voldoen. Aangezien het voorgestelde systeem gebaseerd is op deze eisen wordt hieronder kort aangegeven hoe de verschillende eisen zijn verwerkt.

3.2.1 Doel Vrienden OV

In principe kan met behulp van Vrienden OV aan alle wensen van reizigers naar reisinformatie worden voldaan. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat het doel van Vrienden OV vooral ligt in het beschikbaar maken van actuele en aanvullende informatie. De statische en dynamische informatie worden verkregen via de reeds bestaande kanalen. Vrienden OV is niet bedoeld als systeem waarmee een reisadvies wordt gegeven. Het vormt als het ware een aanvulling op de reeds bestaande systemen, speciaal voor het verkrijgen van actuele en aanvullende informatie.

3.2.2 Verwerking vereisten

De eerste eis aan een reisinformatiesysteem volgens Rover is dat het systeem verschillende soorten informatie zowel thuis als onderweg moet kunnen leveren. Hierbij gaat het om informatie met betrekking tot het plannen van de reis, informatie over actuele afwijkingen en extra informatie. Bij dit laatste kan gedacht worden aan de toegankelijkheid van het materiaal en de veiligheid van de route. In het voorgestelde systeem wordt informatie met betrekking tot het plannen van de reis (de statische en dynamische informatie) via de gebruikelijke kanalen verkregen. Ook routebeschrijvingen naar haltes, station of perrons worden zo verkregen. De actuele informatie wordt via medereizigers verkregen. Ook de extra informatie wordt door de medereizigers geleverd. Een reiziger die in een bepaald traject zit kan deze informatie heel goed leveren. Het voordeel hiervan is dat de geleverde informatie over bijvoorbeeld de veiligheid van de route veel actueler is dan wanneer deze informatie via een geautomatiseerd systeem wordt geleverd. Informatie over de prijs van de reis wordt via de gebruikelijke kanalen geleverd. Medereizigers zouden deze informatie echter ook kunnen leveren. Waarschuwingen dat een reiziger moet in- of uitstappen, worden in het voorgestelde systeem bijvoorbeeld door de conducteurs of bestuurders verzorgd.

Een tweede eis aan een reisinformatiesysteem volgens Rover is dat een reisinformatiesysteem individuele informatie moet kunnen leveren. In het voorgestelde systeem wordt de informatie

op persoonlijke basis uitgewisseld. Hierdoor wordt een reiziger niet overspoeld met niet relevante informatie.

De derde eis aan een reisinformatiesysteem is dat het systeem een bestuurder moet kunnen waarschuwen als er reizigers meewillen die een paar minuten vertraagd zijn opdat de bestuurder even wacht. Hierdoor zouden er aansluitgaranties gerealiseerd moeten worden. In het voorgestelde systeem zorgen de medereizigers voor deze waarschuwingen. De vertraagde reizigers melden, als ze het wachtende voertuig binnengaan, de bestuurder dat zij de vertraagde reizigers zijn waarop gewacht wordt en de bestuurder dus kan vertrekken.

De volgende eis aan een reisinformatiesysteem is dat reizigers die via het systeem reisinformatie inwinnen, zich tegelijkertijd via ditzelfde systeem moeten kunnen aanmelden voor vraagafhankelijk vervoer. Deze eis is niet direct in het voorgestelde systeem ingebouwd. Een reiziger die gebruik wil maken van vraagafhankelijk vervoer moet dit via de gebruikelijke kanalen opgeven. Daarnaast stelt Rover dat tegelijk met het opvragen van reisinformatie de ritprijs voldaan moet kunnen worden. Ook dit is op dit moment niet mogelijk. Betaling van de ritprijs moet geschieden op de gebruikelijke manieren, dus bijvoorbeeld via contante betaling.

De vijfde eis aan een reisinformatiesysteem volgens Rover is dat het systeem informatie-uitvoer in verschillende vormen moet kunnen aanbieden. De informatie-uitvoer is in het voorgestelde systeem hoofdzakelijk gesproken woord. Andere vormen van informatie-uitvoer worden niet direct door het systeem beschikbaar gesteld. Daarnaast moeten de huidige vormen van informatievoorziening (dienstregelingboekjes, bewegwijzering, omroepberichten) in stand worden gehouden. De huidige vormen van informatievoorziening worden voor een deel door het voorgestelde systeem gebruik. Deze vormen van informatievoorziening zullen dus in stand worden gehouden.

De zesde eis opgesteld door Rover is dat standaardapparatuur aansluitbaar moet zijn op het systeem. In het voorgestelde systeem hebben reizigers geen speciale apparatuur nodig om reisinformatie te verkrijgen. Een gewone mobiele telefoon voldoet.

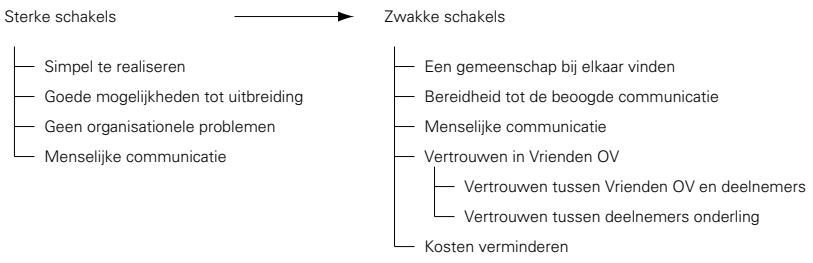
De laatste eis opgesteld door Rover luidt dat het systeem voor de gebruiker betaalbaar, bruikbaar en betrouwbaar zijn. Aan het voorgestelde systeem zijn voor de gebruiker geen extra kosten verbonden dan de telefoonkosten. De bruikbaarheid en betrouwbaarheid kunnen natuurlijk pas in de praktijk bepaald worden. Deze punten hangen voor een groot deel af van het gegeven of er voldoende medereizigers zijn te vinden.

3.3 Samenvatting

In dit hoofdstuk is bepaald welke schakels nodig zijn om aan de wensen van de reizigers naar reisinformatie, zoals die behandeld zijn in het tweede hoofdstuk, te voldoen. In het voorgestelde systeem wordt geen gebruik gemaakt van een centrale organisatie die de informatievoorziening richting reizigers verzorgt. In het systeem leveren de reizigers elkaar de benodigde informatie. Om de reizigers in staat te stellen te kunnen bepalen welke medereizigers relevante informatie zouden kunnen leveren, is Vrienden OV bedacht. Dit systeem houdt bij welke reistrajecten door welke reizigers worden afgelegd. Vrienden OV is de schakel waarmee de openbaar vervoerreizigers in staat zijn om, via medereizigers, de gewenste informatie te verkrijgen. Met dit systeem kan aan de wensen zoals die bepaald zijn door Rover voldaan worden. Vrienden OV is echter vooral bedoeld voor het verkrijgen van actuele en aanvullende informatie. Dus speciaal voor het verkrijgen van informatie over eventuele vertragingen van een benodigd voertuig op dit moment en informatie over bijvoorbeeld de veiligheid op een bepaald traject.

Sterke en zwakke schakels

In het vorige hoofdstuk is aangegeven uit welke schakels het te ontwikkelen reisinformatiesysteem zal bestaan. Natuurlijk heeft het systeem sterke en minder sterke kanten. In dit hoofdstuk worden deze sterke en zwakke punten van het voorgestelde systeem besproken. Eerst worden de sterke schakels besproken, vervolgens worden de zwakkere schakels behandeld. Daarbij wordt aangegeven welke maatregelen genomen zouden kunnen worden om deze zwakkere schakels te verbeteren.



Figuur 4-1: Opbouw hoofdstuk 4

4.1 Sterke schakels

4.1.1 Simpel te realiseren

Vrienden OV is relatief eenvoudig op te zetten. Er is geen geavanceerde hard- en software nodig. Ook de deelnemers hoeven geen (dure) speciale apparatuur aan te schaffen, een gewone mobiele telefoon voldoet. Een reiziger die de beschikking heeft over geavanceerdere

mobiele apparatuur, zoals een handcomputer met internetverbinding, heeft onderweg echter toegang tot extra informatie. Informatie die een reiziger met slechts een mobiele telefoon, niet of in ieder geval moeilijker, kan verkrijgen. Hierbij kan gedacht worden aan plattegronden rondom halteplaatsen. Een reiziger die de beschikking heeft over een plaatsbepalingsysteem hoeft minder gegevens handmatig in te vullen. Op basis van de doorgegeven locatie kan bijvoorbeeld bepaald worden wat interessante medereizigers zouden kunnen zijn. De reiziger hoeft dan niet in te vullen in welk voertuig een medereiziger gezocht moet worden.

4.1.2 Goede mogelijkheden tot uitbreiding

Het voorgestelde systeem maakt veel gebruik van mobiele telefoons. Hier zijn een aantal aantrekkelijke uitbreidingen mee te realiseren. Zo kan een mobiele telefoon gebruikt worden als chipkaart. Een reiziger hoeft dan niet een apart systeem voor het betalen en een apart systeem voor het verkrijgen van informatie bij zich te dragen.
Ook kan een mobiele telefoon gebruikt worden als plaatsbepalingsysteem. Deze mogelijkheid is echter nog niet geheel operationeel. Er worden momenteel wel experimenten uitgevoerd. Wanneer deze mogelijkheid algemeen beschikbaar is, biedt dit interessante mogelijkheden. Wanneer namelijk alle chauffeurs, machinisten en conducteurs worden uitgerust met een mobiele telefoon, kan de locatie van alle voertuigen op elk moment bepaald worden. Deze informatie over de locatie van de voertuigen kan gebruikt worden voor het genereren van actuele informatie. De plaatsbepaling en communicatie wordt als het ware in een systeem geïntegreerd. Dit is natuurlijk niet noodzakelijk, maar het is wel een gewenste uitbreiding van het systeem. Alle openbaar vervoerbedrijven kunnen hiervan gebruik maken, waardoor deze bedrijven niet een eigen systeem hoeven te ontwikkelen. Hierdoor zou ook het probleem van de verschillende, onderling niet uitwisselbare, systemen om actuele informatie te leveren opgelost zijn. Wanneer gebruik gemaakt wordt van één systeem om de actuele informatie te leveren, is het waarschijnlijk makkelijker om het openbaar vervoer aan de reiziger te presenteren als een geïntegreerd geheel. Met allerlei verschillende systemen blijft het openbaar vervoer voor de reiziger een uit losse schakels bestaande keten. Deze mogelijkheid lijkt erg mooi, maar het is natuurlijk wel de vraag in hoeverre de openbaar vervoerbedrijven bereid zijn de eigen, vaak met veel geld ontwikkelde, systemen te vervangen door een ander systeem.
Ook een reiziger kan profijt hebben van een plaatsbepalingsysteem in een mobiele telefoon. Op dit moment moet een reiziger die de voordelen wil van een plaatsbepalingsysteem een aparte computer met plaatsbepalingsysteem aanschaffen en bij zich dragen. Wanneer dit geïntegreerd is in de mobiele telefoon scheelt dit het aanschaffen en meedragen van een extra apparaat. Daarnaast zijn de voordelen die een plaatsbepalingsysteem biedt dan bereikbaar voor meer gebruikers. Een computer met apart plaatsbepalingsysteem is over het algemeen duurder dan een mobiele telefoon waardoor op dit moment slechts weinig reizigers in staat zijn van deze mogelijkheid gebruik te maken.

4.1.3 Geen organisationele problemen

Aangezien Vrienden OV zoveel mogelijk gebruik maakt van bestaande informatiekanalen, zijn er geen lastige onderhandelingen tussen de verschillende openbaar vervoerbedrijven nodig om te zorgen dat deze hun (actuele) informatie leveren. Er hoeven dus geen nieuwe organisatiestructuren ontworpen te worden wat veel moeite en kosten bespaart. De openbaar vervoerbedrijven moeten in het voorgestelde systeem de statische informatie ter beschikking blijven stellen op de gebruikelijke manieren.

4.1.4 Menselijke communicatie

Het voorgestelde systeem maakt gebruik van de kennis van de reizigers. De gewenste (actuele) informatie wordt vooral verkregen via medereizigers. Pas als alle openbaar vervoerbedrijven de actuele informatie beschikbaar stellen via 9292, Vrienden OV of een andere organisatie kunnen reizigers ook actuele informatie verkrijgen zonder de medewerking van medereizigers. Reizigers die vaak gebruik maken van het openbaar vervoer hebben meestal een geïntegreerd beeld van het openbaar vervoer toegespitst op één bepaalde regio. Soms is dit beeld in de praktijk beter bruikbaar dan het beeld dat een geautomatiseerd systeem geeft. Iemand die informatie nodig heeft, wenst juist deze geïntegreerde kijk gericht op één gebied.

Tevens kan op deze manier elke soort informatie geleverd worden. Ook de informatie die waarschijnlijk nooit beschikbaar zal worden gesteld via een geautomatiseerd systeem. Hierbij kan gedacht worden aan informatie over het type voertuig dat nu op een bepaald traject rijdt. Daarnaast mist een geautomatiseerd systeem de voordelen van menselijke communicatie. Bij communicatie tussen een mens en een computer is de overdracht meestal niet goed op de mogelijkheden van de mens afgesteld. Het lukt (nog) niet om het aanbod uit de computer op hetzelfde niveau te krijgen als de vraag (in combinatie met het verwachtingspatroon) van de mens (gebruiker) (Chanowski, 1998). Aangezien bij Vrienden OV communicatie vooral tussen mensen onderling plaatsvindt, spelen deze problemen niet mee.

4.2 Zwakke schakels

Het voorgestelde systeem kan betrekkelijk eenvoudig worden ingevoerd en heeft een aantal interessante mogelijkheden voor uitbreidingen van de functionaliteit. Toch zijn er een aantal zwakkere punten waarmee rekening moet worden gehouden. Deze punten worden hieronder behandeld.

4.2.1 Een gemeenschap bij elkaar vinden

Vooral bij de start van Vrienden OV zal er moeite moeten worden gedaan om een gemeenschap bij elkaar te vinden. Zonder deelnemers heeft het voorgestelde systeem weinig waarde. Wanneer weinig reizigers zich aanmelden bij Vrienden OV is de kans klein dat er een medereiziger in een specifiek voertuig is te vinden. Hierdoor kunnen vertraagde reizigers niet aan een bestuurder laten weten dat er vertraagde reizigers meewillen. Wanneer de actuele informatie niet beschikbaar wordt gesteld via een centrale organisatie mist deze reiziger tevens de toegang tot de actuele informatie over het traject zonder medereizigers. Het nut van het systeem is zo beperkt. Het vertrouwen dat deze reiziger heeft in het verkrijgen van de gewenste informatie via Vrienden OV, zal dan ook snel verminderen. Hierdoor bestaat de kans dat deze reiziger zich in de toekomst niet meer laat registreren bij Vrienden OV, waardoor het systeem nog minder deelnemers krijgt en daardoor nog minder waard wordt.

Dit probleem kan vermeden worden door het aantrekkelijk te maken voor een reiziger om zich aan te melden bij Vrienden OV. Dit kan gerealiseerd worden door via Vrienden OV waardevolle informatie te leveren. Waardevolle informatie is bijvoorbeeld informatie over (voorspellingen over) de drukte in de voertuigen. Andere waardevolle informatie is informatie over waarschijnlijke vertragingen op basis van het aantal informatieaanvragen dat Vrienden OV op een bepaald moment krijgt. Als er erg veel informatieaanvragen uit een bepaalde regio of voertuig komen is daar waarschijnlijk een vertraging. Deze voorspelling zou op Vrienden OV gepubliceerd kunnen worden. Ook kan gedacht worden aan het aanbieden van toeristische informatie, informatie over de veiligheid van bepaalde routes en informatie over speciale evenementen al dan niet in combinatie met speciale aanbiedingen voor deelnemers aan Vrienden OV. Hierbij kan gedacht worden aan een korting op een bepaald evenement. Daarnaast is een mogelijkheid om reizigers via Vrienden OV een medereiziger met een treinabonnement te laten zoeken die hetzelfde traject op hetzelfde tijdstip wil gaan afleggen. De reiziger is zo in staat te profiteren van samenreiskorting.
Een ander middel om Vrienden OV aantrekkelijk te maken, die op zich niet gericht is op reisinformatie, is het bieden van een telefoonboekfunctie. Nederland mist op dit moment namelijk nog een telefoonboek voor mobiele telefoonnummers. Door nu de telefoonnummers van de deelnemers, als zij daar expliciet toestemming voor geven, in een soort telefoonboek te plaatsen, worden de deelnemers in staat gesteld naar een mobiel telefoonnummer zoeken.
Een andere mogelijkheid om het voor reizigers aantrekkelijk te maken zich bij Vrienden OV aan te melden is het betalen van de deelnemers voor het geven van informatie. Door deelnemers te betalen voor het geven van informatie is er een motivatie voor de reiziger om zich aan te melden bij Vrienden OV. Deze betaling kan geschieden door de reiziger die informatie wil ontvangen, de reiziger die de informatie levert een klein bedrag te geven.
Hiermee ontstaat echter een ander probleem: deelnemers kunnen ongeldige informatie gaan geven. Het maakt namelijk niet uit welke informatie ze geven, voor elke informatie krijgen ze betaald. Vrienden OV kan niet verantwoordelijk zijn voor de informatie die een gebruiker geeft. Elke gebruiker is verantwoordelijk om juiste, nauwkeurige, actuele en complete

informatie te leveren. De correctheid van informatie is niet te controleren door Vrienden OV. Er moet natuurlijk wel geprobeerd worden om ervoor te zorgen dat gebruikers de juiste informatie leveren. Dit kan bijvoorbeeld door met een soort beoordeling te werken. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van zo'n beoordelingssysteem, geeft een gebruiker nadat hij of zij een vraag heeft gesteld, een beoordeling aan Vrienden OV door over het antwoord op zijn vraag. De andere deelnemers zien deze beoordeling dan en kunnen op basis daarvan beslissen of ze informatie willen ontvangen van die reiziger. Dit maakt het systeem echter ingewikkelder in het gebruik en moet eigenlijk vermeden worden. Daarnaast zal niet iedereen het waarderen dat er zulke informatie wordt bijgehouden. Voor deze reizigers zal Vrienden OV daarom een niet echt aantrekkelijk systeem zijn en zullen dus waarschijnlijk geen gebruik willen maken van Vrienden OV.
Wanneer gebruik wordt gemaakt van zo'n beoordelingssysteem, kan ook deze beoordeling verkeerd zijn. De beoordeling representeert de opinie die de gemeenschap heeft over de betreffende deelnemer. Deelnemers kunnen zichzelf echter een positieve beoordeling geven al dan niet onder een pseudoniem. Ook kan een deelnemer iemand een niet gegronde negatieve beoordeling geven. Dit kan voorkomen als die persoon niet de door de beller gewenste actie uitvoert, maar de actie buiten de service ligt die verwacht mag worden.
Een andere manier om deelnemers geld te laten verdienen met Vrienden OV, is gebruik te maken van een soort piramidestructuur. Wanneer deelnemers zich aanmelden bij Vrienden OV moeten ze entreegeld betalen. Wanneer nu een deelnemer een andere deelnemer aanlevert, krijgt de eerste deelnemer bijvoorbeeld de helft van het entreegeld van de aangeleverde deelnemer. Door te werken met entreegeld is er echter weer een drempel gecreëerd om mee te doen aan Vrienden OV.
Het betalen zelf is niet heel triviaal. Er moet een administratie worden bijgehouden om de bedragen over een bepaalde periode voor de reizigers op te tellen. Hierdoor hoeven niet steeds kleine bedragen overgemaakt te worden. Het systeem wordt hiermee echter ook weer uitgebreider en ingewikkelder.
Concluderend kan gezegd worden dat een vergoeding voor het deelnemen aan Vrienden OV het systeem ingewikkelder maakt en voor meer problemen kan zorgen waartegen extra maatregelen moeten worden genomen. Het lijkt dus het beste om geen vergoeding te geven. Het systeem moet gebaseerd zijn op vrienden die elkaar helpen, niet op basis van personen die geld willen verdienen. De aantrekkelijkheid van Vrienden OV moet liggen in het beschikbaar maken van waardevolle informatie. Het betalen van deelnemers zal in deze scriptie daarom niet verder behandeld worden.

Het systeem zit zo in elkaar dat men in principe al met één deelnemer op de aansluiting en één deelnemer op de alternatieve route reeds geholpen. Het probleem is, zoals gezegd, het vinden van een groep eerste deelnemers. De leden van de vereniging Rover zijn ideaal om te zorgen dat het systeem in de beginfase voldoende deelnemers heeft. Andere interessante deelnemers zijn natuurlijk de werknemers van de vervoerbedrijven (al dan niet op persoonlijke basis).

Een andere oplossing voor het probleem dat ontstaat wanneer er geen medereiziger in een bepaald voertuig is te vinden, is de volgende. Wanneer er geen medereiziger is te vinden, kan de vragende reiziger een telefoonnummer van een soort helpdesk van het openbaar vervoerbedrijf dat het aansluitende vervoer verzorgt gepresenteerd krijgen. De vragende reiziger zou dan daar zijn vraag aan kunnen stellen. Deze oplossing brengt echter met zich mee dat de openbaar vervoerbedrijven deze voorziening moeten bieden. Dit realiseren zal organisationele problemen met zich meebrengen. Ook is dan de hulp van openbaar vervoerbedrijven nodig, iets wat juist geprobeerd is te vermijden met Vrienden OV.

4.2.2 Bereidheid tot de beoogde communicatie

Een punt dat aansluit bij het probleem van het vinden van een gemeenschap is de vraag in hoeverre de reizigers bereid zijn tot de beoogde communicatie. In het voorstel lijkt het vrij eenvoudig. Een reiziger die informatie wil zoekt via Vrienden OV het telefoonnummer van een medereiziger die deze informatie waarschijnlijk kan leveren, belt deze reiziger en krijgt de benodigde informatie. Misschien willen reizigers echter helemaal niet gebeld worden tijdens het reizen. Als dit zo is, zou er nooit een gemeenschap zoals Vrienden OV gevormd kunnen worden. Hoewel dit een van de belangrijkste vragen is bij het opzetten van een systeem als Vrienden OV zal dit in dit onderzoek niet verder onderzocht worden.

Ook wanneer een reiziger in eerste instantie bereid is tot de beoogde communicatie, kan deze bereidheid snel verminderen wanneer er door medereizigers erg veel contact wordt gezocht met deze reiziger. Het systeem legt namelijk geen beperking op aan het aantal telefoongesprekken dat een reiziger van medereizigers kan krijgen. De irritatie die dit veroorzaakt kan ervoor zorgen dat een reiziger zich niet meer aanmeldt bij Vrienden OV. Een voor de hand liggende oplossing is dat de reiziger zijn telefoon uitzet. Hierdoor kunnen medereizigers deze reiziger niet meer benaderen en kan deze reiziger rustig zijn reis voortzetten. Een betere oplossing is een idee van ICQ[1] over te nemen. Bij ICQ kan iemand opgeven in hoeverre hij of zij beschikbaar is voor communicatie. Een gebruiker van ICQ heeft onder andere de keuze uit de volgende niveaus van beschikbaarheid:

- *Free for chat*: de gebruiker is beschikbaar voor iedereen die met hem of haar wil chatten;
- *Occupied*: andere gebruikers kunnen alleen urgente berichten sturen of een bericht naar zijn contact list[2];
- *Do Not Disturb*: andere gebruikers kunnen alleen berichten naar zijn contact list sturen;
- *Privacy*: andere gebruikers zien niet dat deze gebruiker online is.

Vrienden OV zou de deelnemers ook zo een keuze moeten bieden. Deze informatie moet dan worden opgeslagen in de database van Vrienden OV en gebruikt worden bij het teruggeven van de telefoonnummers van de gebruikers die voor een vragende deelnemer interessant zijn. Vrienden OV moet de telefoonnummers van de deelnemers teruggeven met de hoogste beschikbaarheid. Pas wanneer er geen deelnemers zijn met volledige beschikbaarheid, moeten de telefoonnummers van de deelnemers worden teruggegeven die in mindere mate beschikbaar zijn. De telefoonnummers van de reizigers met als beschikbaarheid *do not disturb* en *privacy* mogen natuurlijk niet worden teruggegeven.
Naast deze mogelijkheid voor reiziger om de beschikbaarheid voor het beantwoorden van vragen op te geven, moet het systeem er voor zorgen dat ook de reizigers die volledig beschikbaar zijn voor communicatie niet steeds als eerste worden teruggegeven. Zeker wanneer Vrienden OV een succesvol systeem zou worden, kan dit voor problemen zorgen.
Een oplossing die hierop inspeelt is de volgende. Door in eerste instantie te proberen de beschikbare informatie van de openbaar vervoer te gebruiken en pas als die niet beschikbaar is een medereiziger te zoeken worden de medereizigers in principe ontlast. De informatie zou bijvoorbeeld verkregen kunnen worden van teletekst of van 9292.

4.2.3 Menselijke communicatie

De benodigde informatie en communicatieprocessen verlopen in het voorgestelde systeem voor een groot deel met menselijke tussenkomst. Zoals in de paragraaf over de sterke schakels is behandeld, kan dit voordelen hebben. Deze menselijke communicatie heeft echter ook nadelen. Bij de huidige informatie en communicatieprocessen zorgt deze menselijke tussenkomst wel eens voor problemen. Mensen maken namelijk fouten of vergeten simpelweg boodschappen door te geven. Een geautomatiseerd systeem dat zelf de benodigde boodschappen doorgeeft, heeft dit probleem (als het goed werkt) niet. Zeker bij de introductie, wanneer de deelnemers nog niet helemaal gewend aan Vrienden OV zijn, kan dit probleem optreden. Wanneer men echter meer gewend is aan het doorgeven van boodschappen, zal dit probleem waarschijnlijk minder vaak voorkomen.

4.2.4 Vertrouwen in Vrienden OV

4.2.4.1 Vertrouwen tussen Vrienden OV en deelnemers

Deelnemers moeten vertrouwen hebben in Vrienden OV. Hierbij gaat het niet alleen om het vertrouwen dat een deelnemer moet hebben in het vinden van de gewenste informatie via Vrienden OV. Het gaat hierbij ook om het vertrouwen in Vrienden OV dat deze geen misbruik maakt van persoonlijke gegevens. Deelnemers moeten erop kunnen vertrouwen dat hun privacy gewaarborgd blijft.
Privacy waarborgen is belangrijk omdat bij Vrienden OV een deelnemer een aantal persoonlijke gegevens moet afgeven. Hierbij gaat het om het telefoonnummer waarop een

1 ICQ is een programma waarmee gebruikers met elkaar kunnen chatten, snel korte berichten kunnen versturen, e-mailen en bestanden en URL's uitwisselen. Daarnaast kunnen de gebruikers heel snel zien wie van hun vrienden, kennissen en andere contacten online zijn.
2 Een contact list is een lijst van vrienden en kennissen waarbij ICQ een melding naar de gebruiker stuurt als deze personen zijn ingelogd op het ICQ-netwerk.

deelnemer te bereiken is en het reisschema van die deelnemer. Deze informatie is in principe voor iedereen toegankelijk.
Om ervoor te zorgen dat deelnemers vertrouwen hebben dat hun privacy gewaarborgd blijft en hun gegevens bijvoorbeeld niet verkocht worden, is een mogelijkheid om gebruik te maken van een keurmerk van een onafhankelijke derde partij. Zo'n keurmerk moet duidelijk maken dat er geen misbruik van persoonlijke gegevens wordt gemaakt. Daarnaast moet er dan een soort onafhankelijke geschillencommissie zijn die kan bemiddelen wanneer er een meningsverschil is met een deelnemer over het gebruik van persoonlijke gegevens.
Mocht het tonen van de telefoonnummers voor veel reizigers een probleem vormen dan is het misschien mogelijk om telefoongesprekken via Vrienden OV te laten verlopen, zodat het telefoonnummer verborgen blijft. Iets dergelijks wordt door Keen.com gedaan.

> Keen.com is een gemeenschap waar personen met andere personen in contact kunnen komen om vragen over bepaalde onderwerpen te stellen. Keen.com houdt een lijst bij van interessegebieden van de bij Keen.com aangemelde personen. Iemand kan daarin zoeken. Zodra deze deelnemer iemand gevonden heeft kan deze deelnemer via Keen.com contact met die persoon zoeken. Keen.com initialiseert alle telefoongesprekken. De beller krijgt dus niet het nummer van die persoon te zien, ook niet via een systeem als nummerweergave (www.keen.com).

Hierdoor zal het systeem van Vrienden OV echter ingewikkelder en duurder worden en is de toegankelijkheid van Vrienden OV ook beperkter. Dit kan dan ook niet als een echte oplossing worden gezien.

4.2.4.2 Vertrouwen tussen deelnemers onderling

Vertrouwen speelt niet alleen tussen Vrienden OV en de afzonderlijke deelnemers maar ook bij de deelnemers onderling.
Vrienden OV vormt als het ware een virtuele gemeenschap van reizigers die elkaar helpen. Een virtuele gemeenschap is een groep mensen, die met behulp van informatie en communicatietechnologie gezamenlijk activiteiten ontplooien die ook plaatsvinden in 'het echte' leven. Bij gemeenschappen is naast het inhoudelijke aspect ook het relationele aspect belangrijk. De relaties tussen de deelnemers en daarmee het vertrouwen tussen deelnemers vormen een essentieel onderdeel van de gemeenschap (Jansen, 2000). Bij Vrienden OV moeten de deelnemers vertrouwen hebben dat medereizigers juiste informatie geven en zo nodig de bestuurder echt waarschuwen.
Het vertrouwen in een virtuele gemeenschap wordt meestal gecreëerd door te beginnen met een aantal bijeenkomsten waarin de leden elkaar in het echt ontmoeten. Ook door informele contacten in de gemeenschap mogelijk te maken kan er vertrouwen gecreëerd worden. Voor het creëren van het vertrouwen tussen deelnemers aan Vrienden OV kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van een chatruimte of een forum. Hier kunnen de deelnemers bijvoorbeeld ervaringen over het openbaar vervoer uitwisselen. Ook zorgen deze faciliteiten ervoor dat er wat voor de deelnemers te beleven is. Hierdoor is er voor de deelnemers een motivatie om terug te keren naar de gemeenschap. Bij een chatruimte of forum moet er overigens wel gezorgd worden voor een aantal trekkers. De trekkers moeten de overige deelnemers motiveren en enthousiasmeren (Jansen, 2000).

4.2.5 Kosten verminderen

De kosten voor het opzetten en onderhouden van Vrienden OV zijn in principe gering. Ook kunnen de kosten (voor een deel) terugverdiend worden door (openbaar vervoer)-bedrijven te laten adverteren op Vrienden OV. Vrienden OV is voor deze bedrijven een goede gelegenheid om zichzelf in de aandacht te plaatsen.
Een mogelijk probleem bij het voorgestelde systeem zijn de kosten voor de reiziger. Veel informatie kan bereikt worden met behulp van een mobiele telefoon. Een mobiele telefoon heeft echter een relatief hoog beltarief. Wanneer een deelnemer bij elk overstappunt belt met Vrienden OV of met een medereiziger, kunnen de kosten voor de deelnemer erg hoog worden. Dit is natuurlijk een afweging van de reiziger zelf, maar kan het succes van Vrienden OV in de weg staan. Wanneer het systeem voor de reiziger teveel kost, zal hij of zij er geen gebruik van maken. Dit moet juist voorkomen worden, aangezien het systeem staat of valt met het aantal deelnemers.
Een oplossing hiervoor is de openbaar vervoerbedrijven de (telefoon)-kosten te laten betalen. Deze oplossing is echter niet reëel. Een openbaar vervoerbedrijf zal dit alleen willen doen

wanneer dit voor het bedrijf geld oplevert. Met andere woorden het systeem moet veel meer reizigers opleveren. Het is echter niet waarschijnlijk dat het aantal reizigers door het systeem dermate toeneemt dat deze kosten worden gecompenseerd. Het systeem haalt namelijk slechts één nadeel van het openbaar vervoer weg: het maakt het verkrijgen van betere informatie mogelijk. Het verwijdert niet andere vaak genoemde nadelen van het openbaar vervoer zoals een langere reistijd en minder privacy dan reizen per auto. Alleen betere informatie is van zichzelf niet genoeg om de reizigers over te halen meer gebruik te maken van het openbaar vervoer.

Een mogelijk zwak punt van het voorgestelde systeem zijn dus de kosten voor de gebruiker. Deze zijn echter met een paar simpele maatregelen te beperken.

- Een forens kan van tevoren melden dat op bepaalde dagen een bepaalde reis wordt gemaakt. In Vrienden OV kan dan worden aangegeven dat reiziger X met kans Y op dat tijdstip in dat reistraject zit. Hierdoor hoeft deze reiziger niet elke dag dezelfde informatie door te geven.
- Een reiziger kan bij elk overstappunt aan Vrienden OV doorgeven “ik stap nu op dat en dat voertuig richting...” Het moet echter ook mogelijk zijn om in een keer de gehele reis in te voeren. Dit scheelt een aantal telefoongesprekken.
- Nadat een vaste reiziger op een bepaald traject, een paar keer Vrienden OV geraadpleegd heeft, dan kan men waarschijnlijk de contacten met de deelnemers wel onthouden en kan men rechtstreeks contact maken. Hierdoor hoeft er niet eerst contact te worden gezocht met Vrienden OV. Als deze reiziger niet van tevoren heeft opgegeven dat hij of zij een bepaald traject regelmatig aflegt mist Vrienden OV hierdoor natuurlijk wel de informatie dat deze reiziger die reis aflegt. Het is echter geen verplichting om van Vrienden OV gebruik te maken. Vrienden OV moet er wel voor zorgen dat het aantrekkelijk is om regelmatig contact te zoeken met Vrienden OV om zo het aantal geregistreerde deelnemers voldoende groot te maken en te houden.
- Wanneer iemand een reis heeft afgelegd, kan deze reiziger zich afmelden bij Vrienden OV: “Ik reis op dit moment niet meer, haal me uit het systeem”. Dit kan gebeuren door dit expliciet via een telefoon door te geven aan Vrienden OV. De reiziger heeft dan echter weer te maken met de hoge telefoonkosten. Het is natuurlijk ook mogelijk om dit via internet te doen. Ook kan Vrienden OV zo gemaakt worden dat het systeem zelf bepaalt, op basis van de opgegeven reistrajecten, welke reizigers op dit moment reizen en welke reizigers niet meer. Een afmelding door de reiziger zelf is dan niet nodig.

Met dit soort maatregelen wordt het aantal te plegen telefoongesprekken beperkt, waardoor ook de kosten lager zullen zijn.

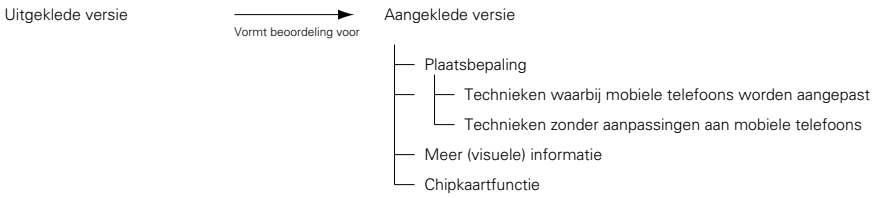
4.3 Samenvatting

In dit hoofdstuk is aangegeven wat sterke en zwakke schakels in het voorgestelde systeem zijn.
Sterke punten hebben vooral betrekking op de relatieve eenvoud waarmee het systeem is op te zetten en interessante mogelijkheden tot uitbreiding van de functionaliteit.
Zwakke punten hebben vooral betrekking op het vinden van een voldoende grote gemeenschap en daarmee samenhangend de bereidheid van reizigers tot de beoogde communicatie. In dit hoofdstuk zijn een aantal maatregelen besproken waarmee de aantrekkelijkheid voor reizigers om deel te nemen aan Vrienden OV vergroot kan worden.

Uitgeklede en aangeklede versies

In de voorgaande hoofdstukken is aangegeven hoe het reisinformatiesysteem eruit zou moeten zien. Op dit systeem zijn verschillende varianten mogelijk. Vanuit technisch oogpunt is het mogelijk een volledig aangeklede versie te maken: een versie waarbij gebruik kan worden gemaakt van een plaatsbepalingsysteem en waarbij een gebruiker nauwelijks zelfs gegevens hoeft in te voeren. Dit is dus eigenlijk een systeem dat mogelijkheden van de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie laat zien. Om te kunnen beoordelen of een dergelijke aangeklede versie toegevoegde waarde biedt, is een referentiesysteem nodig. Hiervoor is de uitgeklede versie: een versie die minder geavanceerde apparatuur nodig heeft maar waarmee de gebruiker in principe wel toegang heeft tot alle functies.

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe beide varianten eruit zouden kunnen zien. Eerst wordt de uitgeklede versie besproken. Vervolgens wordt ingegaan op de aangeklede variant.



Figuur 5-1: Opbouw hoofdstuk 5

5.1 Uitgeklede versie

Voor het afstudeeronderzoek zal een versie van het ontworpen systeem ontwikkeld worden die gebruik maakt van een plaatsbepalingsysteem. Zoals reeds gemeld is dit een versie die mogelijkheden laat zien van de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie. Om deze versie te beoordelen wordt een uitgeklede versie ontwikkeld. Daarnaast zorgt een uitgeklede versie ervoor dat het systeem voor een grotere groep reizigers beschikbaar wordt. Deze uitgeklede versie wordt hieronder beschreven.

De minimale apparatuur die een reiziger voor Vrienden OV nodig heeft is een mobiele telefoon. Een reiziger zonder mobiele telefoon zal bepaalde informatie moeten missen. Deze reiziger heeft alleen thuis en op plaatsen waar zich telefooncellen bevinden toegang tot de gewenste reisinformatie. De actuele informatie die onderweg in de voertuigen juist zo gewenst is, mist deze reiziger. Deze reiziger is ook niet in staat een medereiziger te verzoeken de chauffeur te laten wachten omdat zijn voertuig een paar minuten vertraagd is.
Een reiziger met een mobiele telefoon kan in het voorgestelde systeem altijd en overal, mits er een medereiziger op het gewenste traject zit, contact zoeken met een medereiziger om de gewenste informatie te verkrijgen.
Daarnaast kan een reiziger met een mobiele telefoon, wanneer Vrienden OV daarvoor de mogelijkheden biedt, naar geschikte medereizigers in een bepaald reistraject zoeken. Deze functionaliteit zou aangeboden kunnen worden door middel van een call centre. Er zouden dan een aantal personen moeten zijn die voor de reizigers de telefoonnummers van de voor hen relevante medereizigers opzoeken. Vanuit het oogpunt van Vrienden OV is dit financieel gezien geen aantrekkelijke oplossing. Deze oplossing zou erg veel gaan kosten. Er moeten dan namelijk een aantal personen betaald worden en er moet voor een (grotere) kantoorruimte gezorgd worden. Deze uitgaven zouden verminderd kunnen worden door het call centre-gedeelte uit te besteden, maar ook dit kost in verhouding nog vrij veel. Een andere oplossing om deze functionaliteit te bieden is gebruik te maken van een Interactive Voice Response System. Deze oplossing heeft echter hoge aanschafkosten wanneer zo'n systeem wordt aangeschaft. Het zelf ontwikkelen lijkt hierbij geen geschikte oplossing, aangezien er al dergelijke systemen bestaan en het ontwikkelen veel specifieke kennis vereist.
Een manier om deze problemen op te lossen is reizigers zelf de mogelijkheid te bieden via mobiele apparaten toegang tot de database van Vrienden OV te krijgen en daarin naar medereizigers te laten zoeken. Dit mogelijk maken via een mobiele telefoon heeft de voorkeur boven een interface voor een ander mobiel apparaat aangezien deelnemers al een mobiele telefoon nodig hebben om contact met medereiziger te krijgen. Hierdoor hoeven de deelnemers geen extra hardware aan te schaffen en met zich mee te dragen. Daarnaast bezitten reeds erg veel personen een mobiele telefoon[1]. Sommige schattingen voorspelen dat het aantal gebruikers van mobiele telefoons tot meer dan één miljard zal stijgen in 2003 (Nokia (2), 2000), (Bakalov, 2000). Wanneer er een interface is om met een mobiele telefoon in de database te zoeken is alle basisfunctionaliteit voor een reiziger onderweg beschikbaar. Een mobiele telefoon heeft echter wel verschillende beperkingen waardoor buiten deze basisfunctionaliteit weinig aan de reiziger kan worden aangeboden. Een aantal van deze beperkingen zijn de volgende:

- De beeldschermen van de mobiele telefoons waarop informatie getoond moet worden zijn erg klein. De schermen kunnen erg weinig informatie in één keer tonen. Hoewel de mogelijkheden van mobiele telefoons steeds uitgebreider worden, zal de grootte van de schermen waarschijnlijk nog lang klein blijven. Om namelijk handzaam te blijven is er geen ruimte om een groot scherm in te bouwen en een opvouwbaar scherm is commercieel nog niet beschikbaar. Gebruikers moeten door de kleine schermen erg veel scrollen om een bepaalde taak uit te voeren. Om het scrollen te beperken moet de hoeveelheid informatie op een pagina beperkt zijn. De inhoud moet gericht zijn op één specifieke taak (Jones, 1999).
- Door de beeldschermen wordt nog geen kleur ondersteund. Een rijke interface met veelkleurige afbeeldingen, heel veel informatie en scripts die veel grafische- en navigatiemogelijkheden bieden zijn dus niet mogelijk. Zeker in vergelijking tot een computerscherm zijn de mogelijkheden hiervoor erg beperkt.
- De bediening van een mobiele telefoon is niet erg gemakkelijk. Een mobiele telefoon heeft slechts tien toetsen waarmee letters en getallen moeten worden ingevoerd. Ook een muis

1 In januari 2001 waren er 10.730.000 mobiele bellers (http://www.planet.nl/planet/0,1114,86_1211_72619,00.html)

ontbreekt. Een mobiele telefoon leent zich daardoor niet voor het door de gebruiker laten invoeren van grote hoeveelheden tekst.
- De verbindingssnelheid is erg laag waardoor het oversturen van grote hoeveelheden data niet mogelijk is en de dienst de gebruiker erg veel kost. Ook het opzetten van een verbinding kost erg veel tijd. Hier zal langzaam verandering in komen met de komst van snellere netwerken als GSM Packet Radio System (GPRS), Enhanced Data rates for Global Evolution (EDGE) en later Universal Mobile Telecommunication System (UMTS).

GPRS is een tussenvorm naar de derde generatie mobiele telefonie, UTMS. GPRS is standaard GSM met een aantal datafuncties. GPRS legt een pakketgeschakeld-radionetwerk op het circuitgeschakelde-netwerk van de huidige mobiele netwerken. In een circuitgeschakeld-netwerk krijgt de gebruiker tijdens een gesprek een exclusief radiokanaal toegewezen. De gebruiker betaalt voor de tijd dat het kanaal gereserveerd is, ook als er niet gesproken wordt. Bij een pakketgeschakeld-netwerk wordt de data in kleine pakketten opgedeeld en van een adres voorzien. Elk pakket reist afzonderlijk door het netwerk. Hierdoor kan een radiokanaal met meerdere gebruikers worden gedeeld. Er worden namelijk alleen kanalen gebruikt wanneer dat nodig is (Salkintzis, 1999), (Verbunt, 2000). Hierdoor is GPRS geoptimaliseerd voor verkeer van bijvoorbeeld internetdiensten. In het vierde kwartaal van 2000 zijn de eerste mobiele telefoons verschenen die geschikt zijn voor GPRS ook zijn sindsdien de eerste GPRS-netwerken beschikbaar.
Het voordeel van GPRS voor de gebruiker, naast de theoretische verbindingssnelheid van 171,2 Kbps, is de mogelijkheid om altijd online te zijn waarbij alleen betaald wordt voor de verstuurde data. De theoretische snelheid van 171,2 Kbps van GPRS zal waarschijnlijk echter nooit gehaald worden. Dit zou namelijk betekenen dat de operator zijn klant alle beschikbare tijdsloten van het GPRS-signaal laat gebruiken. Aangezien meerdere gebruikers dezelfde tijdsloten delen, is waarschijnlijk een veel lagere verbindingssnelheid beschikbaar voor individuele gebruikers. De werkelijke verbindingssnelheid is afhankelijk van het aantal tijdsloten dat een individuele gebruiker krijgt toegewezen (Hofman, 2000), (Oliphant, 1999), (Bettstetter, 1999).
Met de EDGE-technologie zijn hogere snelheden bereikbaar. Waarschijnlijk is vanaf 2002 EDGE commercieel beschikbaar. EDGE levert GPRS verbeterde kanaalcodering waardoor verbindingssnelheden van 384 Kbps mogelijk zijn.
De volgende stap in de ontwikkeling van de mobiele netwerken is UMTS. UMTS is het derde generatie mobiele telefoonsysteem. Met UMTS zijn snelheden van 384 Kbps tot 2 Mbps mogelijk.

Naast deze beperkingen moet er tevens rekening worden gehouden met de andere behoeften en wensen van mobiele-gebruikers in vergelijking met computergebruikers. Mobiele-gebruikers hebben andere verwachtingen van de diensten die worden geleverd. Hierbij kan gedacht worden aan (Wapforum, 2000), (Zohar, 1999):
- Bedieningsgemak: mobiele telefoons worden ook gebruikt door personen die geen ervaring met computers hebben. Daarnaast worden mobiele telefoons in een dynamische omgeving gebruikt waarin andere activiteiten ook om aandacht vragen. Gebruikers kunnen zich dus niet volledig op de bediening van de mobiele telefoon richten. Hierdoor moet de dienst makkelijk te gebruiken zijn.
- Gebruikspatroon: gebruikers verwachten over het algemeen dat de dienst net zo te bedienen is als de rest van de mobiele telefoon: de dienst moet direct beschikbaar zijn, gemakkelijk te gebruiken zijn en ontworpen om slechts een paar minuten gebruikt te worden.
- Essentiële taken: gebruikers van mobiele telefoons zullen de mobiele telefoon niet gaan gebruiken om te surfen. Ze hebben kleine, specifieke taken die snel voltooid moeten worden.

Door al deze beperkingen en aandachtspunten kunnen slechts de belangrijkste functies aan een gebruiker van een mobiele telefoon geboden worden. Ook kan nauwelijks aanvullende informatie aan deze gebruiker geboden worden. Het is noodzakelijk dat de informatie die naar de gebruiker van een mobiele telefoon gestuurd wordt relevant is voor deze gebruiker op dit moment. Er moet als het ware een persoonlijke samenvatting voor die gebruiker gegenereerd worden.

5.2 Aangeklede versie

De interface voor de mobiele telefoon gaat de uitgeklede versie vormen waarmee wordt beoordeeld of de te ontwikkelen aangeklede versie meerwaarde biedt.

Het doel van het onderzoek is mogelijkheden van de combinatie van informatie en communicatietechnologie laten zien door een toepassing te ontwikkelen voor een systeem waarvan de locatie bekend is. De aangeklede versie vormt deze demonstratie. De aangeklede versie zal dus in ieder geval gebruik maken van een plaatsbepalingsysteem. Daarnaast zijn er andere aankledingen mogelijk. In deze paragraaf zal worden aangegeven hoe de aangeklede versie er uit kan gaan zien.

5.2.1 Plaatsbepaling

Informatie over de locatie van een persoon kan erg nuttig zijn. Op basis van de huidige locatie kan bijvoorbeeld relevante informatie geselecteerd worden zoals filemeldingen in de nabije omgeving. Ook kan een persoon waarvan de locatie bekend is de weg gewezen worden, zoals dat al mogelijk is in een auto. Daarnaast kan de precieze locatie van een persoon van belang zijn bij het verlenen van hulp.
Voor Vrienden OV is informatie over de locatie van een deelnemer ook erg nuttig. Zo kan op basis van de huidige positie bepaald worden welke medereizigers interessante informatie zouden kunnen leveren. Ook wanneer de positie van een deelnemer bekend is, zou automatisch bepaald kunnen worden welk reistraject deze deelnemer op dit moment aflegt. Met andere woorden het is dan volledig zeker dat die deelnemer zich in een bepaald traject bevindt. Deze informatie is weer interessant voor andere deelnemers. Deze weten dan zeker dat ze met die deelnemer contact kunnen zoeken. Een reiziger zonder een plaatsbepalingsysteem zal handmatig het traject moeten opgegeven waarover hij of zij informatie wil en welk traject op dit moment wordt afgelegd. Deze laatste reiziger moet dus meer handelingen handmatig uitvoeren voordat de gewenste informatie beschikbaar is.

Een gebruiker van Vrienden OV heeft zoals gemeld in ieder geval een mobiele telefoon nodig. Voor een gebruiker zou het daarom erg aantrekkelijk zijn wanneer er een plaatsbepalingsysteem in een mobiele telefoon is geïntegreerd. De reiziger hoeft hierdoor geen apart apparaat aan te schaffen. De methoden waarmee de positie van een mobiele telefoon verkregen kan worden, zullen hieronder besproken worden.

De technieken voor plaatsbepaling van een mobiele telefoon vallen grofweg uiteen in twee categorieën. De eerste categorie vereist aanpassingen aan de mobiele telefoons. Bij de tweede categorie is het systeem zo ontworpen dat alle aanpassingen plaatsvinden op de basisstations zonder dat er aanpassingen aan de bestaande mobiele telefoons nodig zijn.

5.2.1.1 Technieken waarbij mobiele telefoons worden aangepast

Oplossingen waarbij mobiele telefoons worden aangepast kunnen de technische realisatie vergemakkelijken en kunnen in een hogere nauwkeurigheid resulteren dan bij oplossingen waarbij geen aanpassingen aan de mobiele telefoons plaatsvinden. Het grootste nadeel van deze methoden betreffen de kosten om nieuwe telefoons te verspreiden. Daarnaast kan de extra hardware resulteren in een toename van het gewicht en de grootte van een mobiele telefoon. Technieken die in deze categorie vallen zijn GPS, Time Of Arrival-techniek met behulp van een mobiele telefoon en Enhanched Observed Time Difference-techniek.

5.2.1.1.1 GPS[1]

GPS staat voor Global Positioning System. Deze techniek is sinds de jaren tachtig gebruikt voor precieze positionering en navigatie op een wereldwijde basis voor militaire doeleinden. Sinds 1995 is het systeem ook voor civiele doeleinden gebruikt. GPS maakt gebruik van 24 satellieten die voortdurend een gesynchroniseerd digitaal signaal uitzenden. Het signaal bevat een tijdstempel en een aanduiding van de plaats van de satelliet richting de Aarde. De GPS-ontvanger vergelijkt het tijdstip van uitzenden en het tijdstip van aankomst. Wanneer dit tijdverschil vermenigvuldigd wordt met de lichtsnelheid is de afstand van de ontvanger tot de satelliet bekend. Wanneer de ontvanger zijn afstand tot vier satellieten bepaald heeft, is de plaats van de ontvanger te berekenen.
Om gebruik te kunnen maken van deze techniek moet er in de mobiele telefoon een complete of een gedeeltelijke GPS-ontvanger geplaatst worden. De ontvangen GPS-informatie moet naar een basisstation gezonden worden voor verdere bewerking en berekening van de locatie van de mobiele telefoon.

1 Een uitgebreide beschrijving van GPS staat in appendix A.

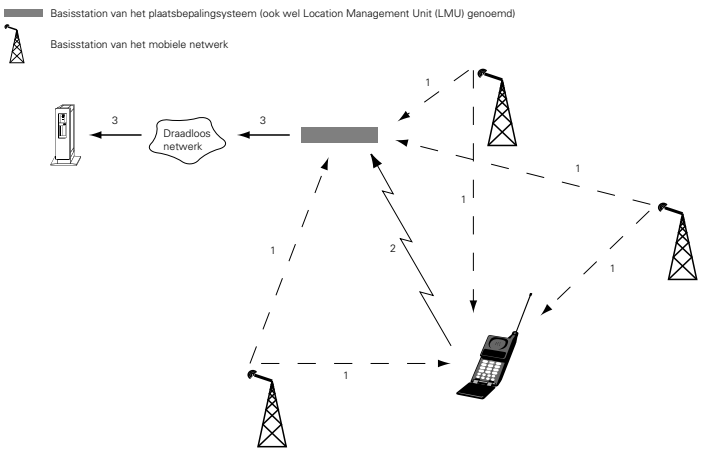
Problemen met deze methode hebben betrekking op de kosten, de grootte, het energieverbruik en de vereiste aanpassingen aan de GSM-antenne. Daarnaast is de opwarmtijd van GPS een probleem. Een GPS-ontvanger kan niet direct na het aanzetten informatie over de locatie opleveren. De GPS-ontvanger moet eerst vier satellieten vinden. Een ander probleem van GPS is dat het GPS-signaal in bebouwde gebieden niet goed te ontvangen is. Een GPS-ontvanger heeft vrij zicht nodig op ten minste vier satellieten om zijn positie te bepalen. Positioneringtechnieken die werken op basis van een GSM-signaal werken ook in gebouwen zonder dat vereist is dat de ontvanger vrij zicht heeft op een zender. Deze methoden werken dus ook op plaatsen waar GPS-oplossingen beperkt zijn.
Met GPS is een nauwkeurigheid van een paar meter mogelijk. (Pfost, 1998), (Enge, 1999), (Aatique, 1997), (Klomp, 2000).

5.2.1.1.2 Time Of Arrival-techniek met behulp van een mobiele telefoon

Deze techniek gebruikt absolute tijdinformatie om de positie van een mobiele telefoon te bepalen. Absolute aankomsttijden van het signaal van een mobiele telefoon op een basisstation kunnen op verschillende manieren bepaald worden. Als de mobiele telefoon de huidige tijd kan toevoegen aan een uitgaand signaal, kan een basisstation de reistijd van het signaal bepalen. Daaruit kan de afstand van de mobiele telefoon tot het basisstation afgeleid worden. Als tenminste drie verschillende ontvangers het signaal van een mobiele telefoon kunnen ontvangen, kan daarvan de positie bepaald worden.
Deze techniek vereist echter een nauwkeurige klok op de mobiele telefoons die gesynchroniseerd moet worden met de klokken op de basisstations. Dit is technisch en economisch een probleem (Aatique, 1997).

5.2.1.1.3 Enhanced Observed Time Difference-techniek

Bij deze techniek is een tweede netwerk van basisstations op vaste locaties nodig. Deze basisstations treden op als dummy mobiele telefoons. In een gesynchroniseerde periode leggen de mobiele telefoon en een basisstation van het plaatsbepalingsysteem een deel van het signaal van een basisstation van het mobiele netwerk vast. De mobiele telefoon zendt zijn versie van het vastgelegde signaal naar het basisstation van het plaatsbepalingsysteem. Deze correleert dit met zijn eigen versie. Het verschil in aankomsttijd van het signaal op de mobiele



1 Informatie over de aankomsttijd van een signaal van een basisstation van het mobiele netwerk is zowel verzameld door de mobiele telefoon als door een basisstation van het plaatsbepalingsysteem.

2 De mobiele telefoon stuurt zijn versie van het signaal naar het station van het plaatsbepalingsysteem.
Het station van het plaatsbepalingsysteem bepaalt het verschil in aankomsttijd van het signaal van het mobiele netwerk op de mobiele telefoon en op het station zelf.

3 Informatie over aankomsttijden en over het verschil in aankomsttijden is naar het netwerk verzonden.

Figuur 5-2: Enhanced Observed Time Difference-techniek

telefoon en het basisstation van het plaatsbepalingsysteem is hiermee bekend. Dit levert de afstand van de mobiele telefoon met het basisstation van het mobiele netwerk. Omdat de coördinaten van dit basisstation en het basisstation van het plaatsbepalingsysteem bekend zijn, is de positie van de mobiele telefoon te bepalen door drie van zulke metingen uit te voeren met verschillende basisstations van het mobiele netwerk.
Met deze techniek is een nauwkeurigheid van 50 tot 125 meter mogelijk (Mobile Lifestreams, 1999), (Aatique, 1997).

Een voorbeeld van een dergelijk systeem is Cursor van Cambridge Positioning Systems. Het systeem Cursor kan de positie van een telefoon bepalen met een nauwkeurigheid van zo'n 50 meter. Cursor kan gebruikt worden op verschillende cellulaire telefoonsystemen. In het geval Cursor wordt gebruikt met een GSM-netwerk wordt een tweede netwerk van basisstations op vaste locaties gebruikt om de positie van een mobiele telefoon te bepalen.
Cursor werkt door het vergelijken van de relatieve aankomsttijden van de signalen van de basisstations van het onderliggende netwerk op de mobiele telefoon en op een nabij gelegen Cursorbasisstation. Wanneer een gebruiker van een mobiele telefoon een positiegerelateerde dienst wil, zoekt de gebruiker contact met de relevante dienstverlener. De mobiele telefoon die geschikt is voor Cursor herkent het telefoonnummer als een Cursornummer en zendt een bericht naar het centrale Cursorlocatiecentrum voordat het werkelijke telefoongesprek verbonden wordt. Dit bericht bevat informatie over uitgezonden signalen van het mobiele netwerk. Deze informatie wordt verkregen in de periode dat de mobiele telefoon wordt aangezet maar nog niet gebruikt wordt. Tijdens deze periode controleert een mobiele telefoon continu zijn omgeving om te bepalen of het zich verwijderd heeft van een basisstation van het mobiele netwerk en zich daarom bij een ander basisstation moet registreren. De metingen voor Cursor worden geïntegreerd in dit proces. Wanneer het centrale Cursorlocatiecentrum een bericht van een mobiele telefoon ontvangt, vraagt het gelijksoortige informatie van het meest nabijgelegen Cursorbasisstation. Door de relatieve aankomsttijden van het signaal op de mobiele telefoon en het Cursorbasisstation te vergelijken, kan de centrale de afstand van de mobiele telefoon tot het Cursorbasisstation bepalen. Door deze operatie drie keer uit te voeren voor verschillende Cursorbasisstations, is de positie van de mobiele telefoon bekend.
Cursor heeft als voordeel boven GPS dat het minder kostbaar is. De gebruiker heeft geen extra hardware nodig. Alleen de software in de mobiele telefoon moet worden aangepast. Het opzetten van de Cursorbasisstations zal echter een tijd in beslag nemen (Clarke, 2000).

5.2.1.2 Technieken zonder aanpassingen aan mobiele telefoons

Deze technieken werken met de bestaande mobiele telefoons, zonder dat er aanpassingen nodig zijn. Alle veranderingen moeten plaatsvinden in de systeeminfrastructuur, dus in de basisstations en de schakelcentra. Technieken die in deze categorie vallen zijn Angle Of Arrival-techniek, Time Of Arrival-techniek, Time Difference Of Arrival-techniek en Beacon locatiemethode.

5.2.1.2.1 Angle Of Arrival-techniek

De Angle Of Arrival-techniek of Direction Of Arrival-techniek probeert de richting te bepalen van de aankomst van een signaal. Een enkele meting beperkt de locatie van de bron van het signaal tot een lijn in de geschatte richting. Als tenminste twee van zulke metingen van twee antennes op verschillende locaties beschikbaar zijn, kan de locatie van de bron van het signaal bepaald worden als het snijpunt van deze twee lijnen.
Het voordeel van deze techniek is dat een positie geschat kan worden met slechts twee basisstations. Daarnaast is geen tijdsynchronisatie tussen de basisstations vereist wat wel het geval is bij de Time Difference Of Arrival-techniek. Het nadeel is dat er grote en complexe hardware nodig is die daarnaast continu gekalibreerd moet worden. Tevens wordt de positieschatting slechter naarmate de afstand tussen de mobiele telefoon en de basisstations groter wordt. Ook moeten de signalen van de bron naar de antenne uit de *Line-Of-Sight*-richting komen. Dit is echter vaak niet het geval bij cellulaire systemen (Aatique, 1997).

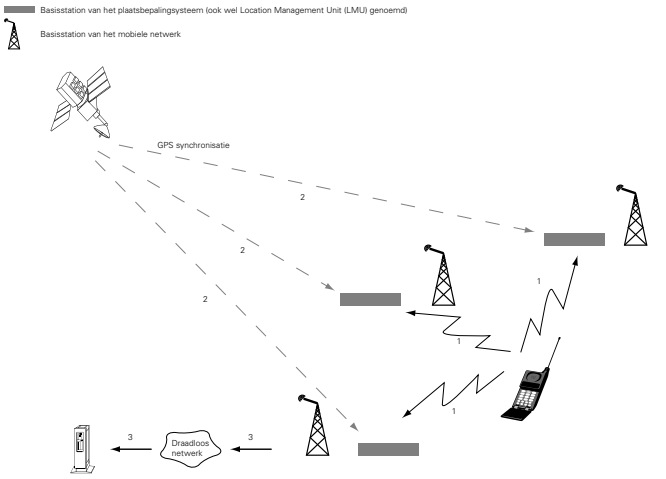
5.2.1.2.2 Time Of Arrival-techniek

Het kan mogelijk zijn om indirect de tijd te bepalen waarmee een signaal onderweg is van de bron naar de ontvanger. Dit kan gerealiseerd door de tijd te meten waarmee een mobiele telefoon reageert op een instructie die een basisstation naar een mobiele telefoon stuurt. De totale tijd vanaf het moment dat de instructie verstuurd is tot het moment dat de reactie van de mobiele telefoon aankomt op het basisstation bestaat uit de tijd waarmee het signaal van

en naar de mobiele reist en eventuele vertragingen door bewerking op de mobiele telefoon. Als de vertraging veroorzaakt door bewerking op de mobiele telefoon met voldoende nauwkeurigheid bekend is, kan het worden afgetrokken van de totale gemeten tijd. Dit levert dan de reistijd van het signaal op. De helft van deze tijd is dan een schatting van de reistijd in één richting. Dit levert dan weer een benadering van de afstand van de mobiele telefoon tot het basisstation. Als de reactie van de mobiele telefoon op twee andere ontvangers gedetecteerd kan worden, kan de positie van de mobiele telefoon bepaald worden.
Een probleem bij deze techniek is het bepalen van de vertraging op de mobiele telefoon. Dit wordt veroorzaakt door de verschillen in de ontwerpen van de mobiele telefoons van verschillende leveranciers. Daarnaast is deze techniek erg gevoelig voor fouten in de tijdmeting in het geval er geen direct zicht is op de mobiele telefoon. Dit omdat er geen middel is om de fouten te verminderen die veroorzaakt worden door reflectie van het signaal.

5.2.1.2.3 Time Difference Of Arrival-techniek

Time Difference Of Arrival (TDOA)-techniek is gebaseerd op het schatten van het verschil in aankomsttijden van het signaal van een mobiele telefoon op meerdere basisstations. Dit wordt meestal gerealiseerd door in een gesynchroniseerde periode een momentopname van het signaal op meerdere basisstations te nemen. De twee versies van het signaal op paren van basisstations worden gecorreleerd. Hieruit kan het verschil in de aankomsttijden op die twee basisstations afgeleid worden. Deze schatting levert een hyperbool tussen de twee ontvangers waarop de mobiele telefoon zich bevindt. Als deze procedure opnieuw wordt uitgevoerd met een andere ontvanger in combinatie met een van de vorige ontvangers, is een tweede hyperbool gedefinieerd. Het snijpunt van de twee hyperbolen resulteert in de schatting van de locatie van de bron.



1 Informatie over de aankomsttijd van het signaal van een mobiele telefoon is verzameld door de basisstations van het plaatsbepalingsysteem

2 Informatie over de absolute tijd is door het basisstation van het plaatsbepalingsysteem geleverd, in dit geval via GPS.

3 TDOA informatie met een tijdstempel is naar het netwerk verzonden.

Figuur 5-3: Time Difference Of Arrival-techniek

Een voordeel van de TDOA-methode is dat het systeem geen aanpassingen aan de mobiele telefoons vereist waardoor het systeem ook werkt met oudere mobiele telefoons. De methode vereist ook geen kennis over de absolute tijd waarop een signaal wordt verzonden door een mobiele telefoon. De methode is ook minder gevoelig voor sommige fouten in de tijdmeting, bijvoorbeeld als de mobiele telefoon zich bevindt in de nabijheid van een bron van reflectie. Als het effect van de reflectie naar alle ontvangers is verzonden, kan de fout in de tijdmeting

gecompenseerd worden. Hierdoor kunnen TDOA-methoden goed werken in sommige situaties waarin er geen direct zicht is op de mobiele telefoon.
Op elk basisstation moet echter wel extra uitrusting worden toegevoegd om de tijdmetingen te synchroniseren. Een manier om deze synchronisatie te leveren is door gebruik te maken van GPS.
Met deze methode is een nauwkeurigheid van 125 meter mogelijk (Krizman, 1997), (Mobile Lifestreams, 1999), (Aatigue, 1997).

5.2.1.2.4 Beacon locatiemethode

Bij de beacon locatiemethode wordt een groot aantal simpele ontvangers (de beacons) gebruikt. Van deze ontvangers moet de precieze locatie bekend zijn. Elke ontvanger luistert naar een bekend signaal van een mobiele telefoon en meet de sterkte van het ontvangen signaal. De relatieve kwaliteit van de verbinding tussen de ontvanger en de mobiele telefoon is gebruikt om de locatie van de mobiele telefoon te bepalen. De ontvanger die het sterkste signaal van een mobiele telefoon ontvangt wordt beschouwd als de ontvanger die zich het dichtst bij de mobiele telefoon bevindt. De coördinaten van die ontvanger (of beter een gewogen gemiddelde van verschillende nabij gelegen ontvangers) wordt de schatting van de locatie van de mobiele telefoon.
De techniek waarbij het basisstation gebruikt is als de locatie van de telefoon (Cell Of Origin) kan worden gezien als een grof type van deze methode. In dit systeem doen de basisstations dienst als ontvangers (Krizman, 1997).
De voordelen van deze methode zijn de simpelheid en de lage kosten van de implementatie. Er hoeven ook geen aanpassingen plaats te vinden aan de mobiele telefoons. Tevens is de positie redelijk snel te bepalen. Er hoeven geen berekeningen uitgevoerd te worden om informatie over de locatie te verkrijgen. Het nadeel van deze methode is dat de plaatsbepaling niet heel precies is. De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling hangt af van de grootte van de gebieden die de ontvangers bestrijken. Plaatsbepaling tot 150 meter is met Cell Of Origin mogelijk in stedelijke gebieden waar er gebruik wordt gemaakt van kleinere cellen (Mobile Lifestreams, 1999).

Met al deze methoden kan de positie van een mobiele telefoon bepaald worden. Deze zijn echter nog niet volledig beschikbaar. De meest gebruikte methode voor plaatsbepaling die wel volledig werkt is GPS. Om toch gebruik te maken van de mogelijkheden die een plaatsbepalingsysteem biedt, zal de aangeklede versie daarom worden ontwikkeld op een ander platform, namelijk een handcomputer die verbonden wordt met een GPS-ontvanger als plaatsbepalingsysteem.

5.2.2 Meer (visuele) informatie

Zoals al besproken is bij de beperkingen van mobiele telefoons zijn er op dit moment weinig mogelijkheden om veel (visuele) informatie naar een gebruiker van een mobiele telefoon te sturen. Met de komst van snellere netwerken en geavanceerdere mobiele telefoons wordt er natuurlijk meer mogelijk. De gebruiker van een mobiele telefoon kan dan steeds meer informatie geleverd worden. Het wordt dan minder noodzakelijk om een persoonlijke samenvatting voor de gebruiker te maken. Daarnaast kan ook aanvullende informatie geleverd worden.
Aangezien de aangeklede versie gerealiseerd wordt op een handcomputer gelden deze beperkingen niet. Een gebruiker van de aangeklede versie kan wel aanvullende informatie ontvangen. Zo kan bijvoorbeeld een plattegrond rondom een station getoond worden. Ook kunnen er aan de gebruiker van de aangeklede versie makkelijker extra functies geboden worden, functies waarvoor het bedieningsgemak van een mobiele telefoon te beperkt is.

5.2.3 Chipkaartfunctie

Een aantrekkelijke uitbreiding van de uitgeklede versie zal een chipkaartfunctie zijn. Voor het openbaar vervoer wordt al tijden gesproken over een chipkaart waarmee in het hele openbaar vervoer kan worden betaald. Hiervoor kan een nieuw te ontwikkelen systeem of een bestaand systeem als de Chipknip voor gebruikt worden. De bedoeling is dat dit een landelijke chipkaart zal worden (Bruggeman, 1999, blz. 25, 26).
Een chipkaart is voor de openbaar vervoerbedrijven erg gewenst doordat het reisgedrag van iedere individuele reiziger hiermee nauwkeurig in kaart te brengen is. Daarmee is ook het exact aantal reizigers op elk moment van de dag dat zich in de voertuigen bevindt

beschikbaar. Met andere woorden de belasting van het net is bekend. Door de kennis over de reizigersbewegingen en het aantal overstappen is bijvoorbeeld af te leiden wat zwaar belaste overstappunten zijn. De openbaar vervoerbedrijven krijgen met een chipkaart onder andere inzicht in de omzet per vervoermiddel, de verkoop per kaartsoort en het tijdstip van reizen (Zwijnenberg, 2000). Tevens kan met het gebruik van een chipkaart veel meer prijsvariatie aangebracht worden. Zo krijgen de openbaar vervoerbedrijven de mogelijkheid abonnementhouders die reizen buiten de spitsuren een korting aan te bieden. Daarnaast geeft de chipkaart, waarmee geregistreerd wordt hoeveel reizigers van welk traject gebruik maken, de mogelijkheid de opbrengsten direct met het betreffende vervoerbedrijf te verrekenen. Met het huidige systeem van strippenkaarten is dat niet het geval. De opbrengsten moeten hiermee via een verdeelsleutel verdeeld worden. Ieder bedrijf krijgt dus een bepaald percentage van de opbrengsten van de verkoop van strippenkaarten, ongeacht of er wel of geen reizigers gebruik maken van dat vervoer. Een laatste voordeel voor de openbaar vervoerbedrijven is de verminderde behoefte aan contant geld op de voertuigen. Door elektronisch te betalen is er namelijk minder verkoop van vervoersbewijzen op de voertuigen. Voordeel voor reizigers is dat zij met één betaalmiddel terechtkunnen in al het openbaar vervoer. Zij hebben dan niet de problemen om een loket te vinden en steeds kleine bedragen te moeten betalen.

> "Kaartjes kopen is negentiende-eeuwse tijdrovende onzin. Juist zulke dingen moet je kunnen wappen, of hoe men het noemen wil." (Klootwijk, 2000)

Ook is de mogelijkheid om met één betaalmiddel in alle schakels van het openbaar vervoer te kunnen betalen een stap in de richting van een geïntegreerd openbaar vervoer.

De landelijke chipkaart laat echter nog op zich wachten. De provincie Gelderland gaat hierdoor zelf een proef houden met een elektronisch vervoersbewijs. Ook de ANWB brengt in 2001 een mobiliteitspas uit waarmee zowel in de trein, bus, metro en tram kan worden betaald.
De functie van een chipkaart zou ook kunnen worden uitgevoerd met een GSM-telefoon. Al in januari 1999 hebben Motorola, Logica en chipkaartfabrikant De La Rue een mobiele telefoon ontwikkeld die werkt als een elektronische portemonnee. Met de telefoon kunnen elektronische beurzen worden opgeladen, kaartjes besteld worden en telefonische diensten worden afgerekend op het moment van gebruik. De telefoon bevat naast een SIM-kaart, die nodig is voor een GSM-abonnement, een tweede chipkaart. Deze laatste chipkaart kan gebruikt worden voor de opslag van gegevens. Hiermee is de mobiele telefoon dus geschikt voor het uitvoeren van elektronische transacties, zoals telebankieren en het opladen van een elektronische portemonnee.

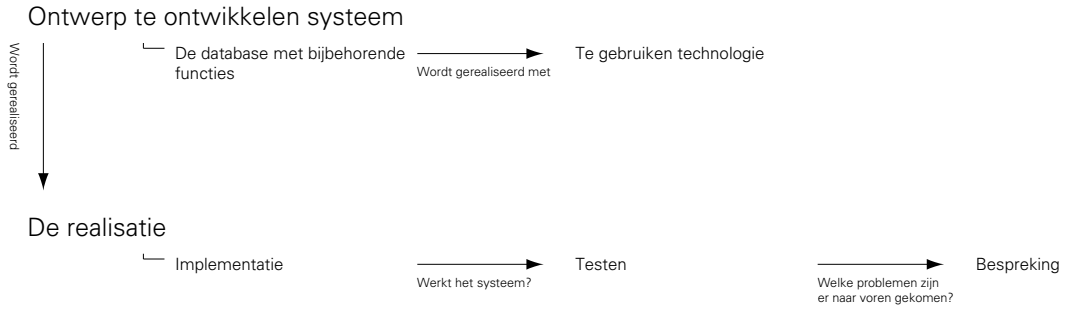
Wanneer de openbaar vervoerbedrijven overgaan tot het mogelijk maken van betaling met een mobiele telefoon, heeft het voorgestelde systeem meteen een meerwaarde. De mogelijkheid om te betalen en informatie op te vragen wordt dan in één systeem geïntegreerd. Hierdoor hoeft een reiziger geen aparte systemen met zich mee te dragen. Zolang deze mogelijkheid er niet is zal het betalen in het voorgestelde systeem geschieden via de gebruikelijke kanalen, dus via contante betaling, pinnen of chippen.

5.3 Samenvatting

In dit hoofdstuk zijn uitgeklede en aangeklede versies van het systeem besproken. Er is aangegeven hoe beide versies eruit zouden kunnen gaan zien. De uitgeklede versie is een variant van het systeem waarvoor geen geavanceerde apparatuur zoals een plaatsbepalingsysteem nodig is. De uitgeklede versie vormt het referentiesysteem waarmee wordt beoordeeld of de aangeklede versie meerwaarde biedt. De aangeklede versie vormt de demonstratie van het systeem dat zijn locatie kent.

Deel twee -

realisatiegedeelte

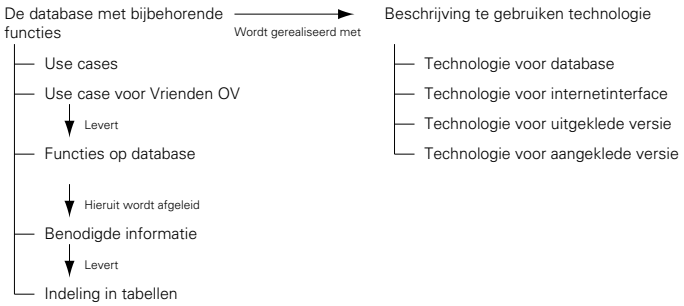


Opbouw deel twee scriptie

Ontwerp te ontwikkelen systeem

De kern van Vrienden OV wordt gevormd door de database waarin de reistrajecten van de verschillende reizigers worden bijgehouden. Op deze database moeten een aantal functies gedefinieerd worden zodat reizigers in staat zijn om de gewenste informatie via medereizigers te verkrijgen. Reizigers moeten zowel thuis als onderweg toegang tot deze database met bijbehorende functies kunnen krijgen. Er zijn dus interfaces nodig waarmee deze beschikbaar worden gesteld.

In dit hoofdstuk worden de database, de functies die op de database gedefinieerd worden en de interfaces waarmee de reizigers toegang tot de database kunnen krijgen besproken. Tevens wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de keuze welke technologie gebruikt zal worden om het ontwerp daadwerkelijk te realiseren.
Wanneer in dit hoofdstuk over *het systeem* gesproken wordt, wordt de database met bijbehorende functies bedoeld.



Figuur 6-1: Opbouw hoofdstuk 6

6.1 De database met bijbehorende functies

In deze paragraaf wordt de database met bijbehorende functies beschreven. Ook worden de interfaces behandeld waarmee deze functies beschikbaar worden gesteld. Het ontwerp wordt gedaan aan de hand van use cases.
Allereerst wordt er beschreven wat use cases zijn en waarom die gebruikt zijn. Vervolgens worden de use cases voor Vrienden OV beschreven. Dit levert de functies die op de database gedefinieerd moeten worden. Uit de te definiëren functies wordt afgeleid welke informatie in de database moet worden opgeslagen. Ten slotte wordt op basis van de benodigde informatie het ontwerp van de database gemaakt.

6.1.1 Use case

Use cases zijn een onderdeel van de Unified Modelling Language (UML). UML is een object georiënteerde modelleringstaal. Het is een taal voor het specificeren, visualiseren, construeren en documenteren van software systemen. UML levert een standaard manier om de details van een systeemontwerp en de ontwikkeling met verschillende personen te kunnen communiceren. UML definieert een aantal diagrammen en de betekenis van deze diagrammen. Het beschrijft niet de stappen waarin de software ontwikkeld moet worden, welke diagrammen geproduceerd moeten worden en in welke volgorde deze gebruikt moeten worden. Het idee achter UML is dat het onafhankelijk van een methode is.
Een use case specificeert het gedrag dat een (deel van een) systeem vertoont. Het is een beschrijving van een reeks van acties, inclusief variaties, die het systeem uitvoert om een resultaat op te leveren wat waarde voor een bepaalde gebruiker heeft. In een use case worden de relaties tussen actors en werkeenheden (use cases) in een systeem getoond. Een actor is een rol van een object of een stel objecten buiten het systeem die direct met het systeem werken. Een actor kan informatie in het systeem invoeren en informatie ontvangen van het systeem. Het zijn de objecten die het systeem direct gaan gebruiken. Het use case model representeert de functionaliteit van een systeem zoals dat getoond wordt aan een actor via berichten die uitgewisseld zijn tussen het systeem en de actor samen met de acties die uitgevoerd zijn door het systeem (Evans, 1999), (Booch, 1999), (Rational Software, 1997).
Use cases worden gebruikt om het gedrag van het systeem vast te leggen, zonder dat gespecificeerd wordt hoe dat gedrag geïmplementeerd wordt. Use cases kunnen helpen bij het valideren van de architectuur van het systeem en het verifiëren van het systeem tijdens de ontwikkeling. Tevens kunnen door gebruik te maken van use cases de eindgebruikers, experts en systeemontwikkelaars met elkaar communiceren zonder in details te hoeven treden. Use cases maken het mogelijk uit te drukken welke gegevens nodig zijn. Een use case model geeft de eisen van de gebruikers weer door de functionaliteit en het gedrag van het systeem via diagrammen en tekst te beschrijven. Use cases zijn minder geschikt voor het ontwerpen van de interface naar de gebruiker toe en voor het verbeteren van de bruikbaarheid van het product. De mogelijkheid om met use cases uit te drukken welke gegevens nodig zijn en de mogelijkheid om de functionaliteit en het gedrag van het systeem te beschrijven waren de belangrijkste redenen om use cases te gebruiken.

6.1.2 Use case voor Vrienden OV

Hieronder wordt een use case model gemaakt voor de database van Vrienden OV. Dit wordt gedaan om te bepalen welke functies op de database gedefinieerd moeten worden en welke informatie in de database moet worden opgeslagen.

Allereerst worden de actors bepaald die het systeem gaan gebruiken. Vervolgens worden voor de actors de use cases bepaald.

6.1.2.1 De actors

De belangrijkste actors van Vrienden OV zijn de openbaar vervoerreiziger die deelnemen aan Vrienden OV. De reizigers moeten zowel thuis als onderweg toegang tot de database kunnen krijgen. Een internetinterface met de database zou hiervoor erg geschikt zijn. Hiermee kunnen de reizigers altijd en overal toegang tot de database krijgen, mits ze de beschikking hebben over een computer met toegang tot internet. Aangezien reizigers die onderweg zijn ook in de database moeten kunnen zoeken en de meeste reizigers geen volwaardige computer of laptop met zich meedragen, zal ook de eerder genoemde interface voor een mobiele telefoon

ontwikkeld worden. De interface voor de mobiele telefoon zal, door de beperkingen die verbonden zijn aan mobiele telefoons, minder uitgebreid dan de internetinterface moeten zijn. Deze interface zal alleen de belangrijkste functionaliteit bieden. Daarnaast vormt deze interface voor de mobiele telefoon het referentiesysteem waarmee wordt beoordeeld of de te ontwikkelen aangeklede versie meerwaarde biedt. De interface voor de mobiele telefoon vormt dus de uitgeklede versie.
Het doel van het onderzoek is een toepassing te ontwikkelen voor een systeem waarvan de locatie bekend is en dat mogelijkheden aangeeft van de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie. Voor de gebruiker onderweg zal dus naast deze uitgeklede versie ook een aangeklede versie ontwikkeld worden, waarbij een handcomputer verbonden wordt met een plaatsbepalingsysteem. Voor toegang tot de database maakt de aangeklede versie gebruik van de internetinterface.
De openbaar vervoerreiziger zijn dus onder te verdelen in twee actors: reizigers die contact maken met Vrienden via een mobiele telefoon en reizigers die contact maken met Vrienden OV via een internetinterface.

6.1.2.1.1 De internet-actor

De actor die gebruikt maakt van de internetinterface wil in principe toegang hebben tot alle functies die nodig zijn om met Vrienden OV te kunnen werken. Dit omvat:

- Persoonsgegevens;
  - opgeven als deelnemer;
  - veranderen persoonsgegevens;
  - uitschrijven als deelnemer;
- Reistraject
  - reistraject opgeven, eenmalig of voor een bepaalde periode;
  - opgegeven reistraject veranderen;
  - opgegeven reistraject verwijderen;
- Medereiziger zoeken
  - medereiziger in een bepaald reistraject zoeken.

Al deze functies moeten in principe beschikbaar zijn voor de gebruiker van de internetinterface. Het hoofddoel van deze interface zal echter het van tevoren opgeven van reistrajecten zijn.

6.1.2.1.2 De mobiele telefoon-actor

Voor de actor die gebruik maakt van de interface voor de mobiele telefoon worden alleen de relevante functies in de mobiele context beschikbaar gesteld. Dit om ervoor te zorgen dat de gebruiker daar met een minimaal aantal handelingen toegang tot heeft zodat de interactietijd en gebruikersinspanning zo beperkt mogelijk kunnen blijven (Nokia, 2000), (Boers, 2000), (Jones, 1999).

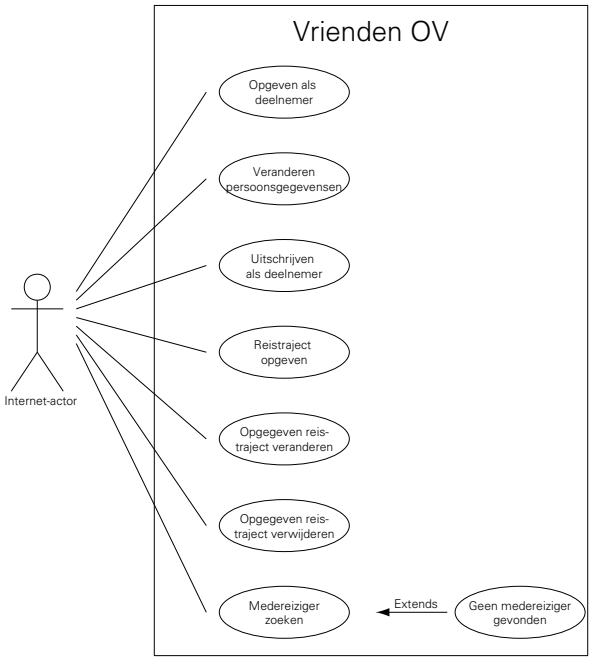
De functionaliteit die essentieel voor Vrienden OV is en dus geleverd zal worden in de versie voor de mobiele telefoon omvat:

- Reistraject
  - opgegeven reistraject veranderen;
  - opgegeven reistraject verwijderen;
  - (• reistraject opgeven;)
- Medereiziger zoeken
  - medereiziger in een bepaald reistraject zoeken.

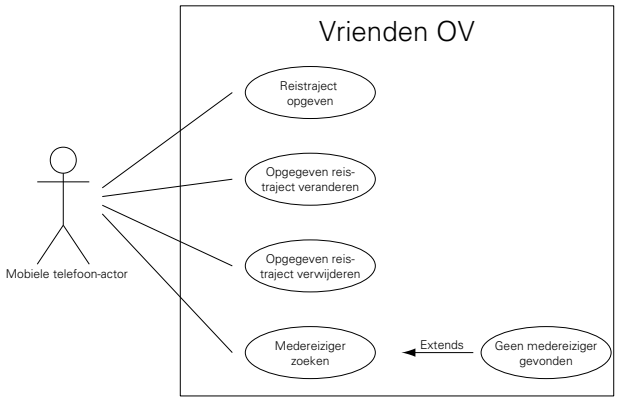
De belangrijkste functie van Vrienden OV is het zoeken naar een medereiziger. Dit is dan ook het hoofddoel van de interface voor de mobiele telefoon. Daarnaast zijn het veranderen en verwijderen van opgegeven reistrajecten functies die ook onderweg uitgevoerd moeten kunnen worden. Een reistraject opgeven is vanuit het oogpunt van Vrienden OV een interessante functies om die overal aan te bieden. Hoe meer trajecten er namelijk opgegeven zijn, hoe beter het systeem werkt. De gebruiker moet hiervoor echter veel informatie invoeren wat lastig kan zijn.
Functionaliteit als het wijzigen van een wachtwoord, persoonsgegevens wijzigen of het uitschrijven als deelnemer aan Vrienden OV zijn zaken die niet per se onderweg uitgevoerd hoeven te worden. Deze functies hebben een niet zo grote tijdsdruk.

6.1.2.2 Beschrijving use cases

De use cases zijn in figuur 6-2a en 6-2b gerepresenteerd. De use cases worden hieronder uitgebreider besproken.



Figuur 6-2a: Use case-diagram voor Vrienden OV voor de internet-actor



Figuur 6-2b: Use case-diagram voor Vrienden OV voor de mobiele telefoon-actor

6.1.2.2.1 Opgeven als deelnemer

Nadat een reiziger heeft aangegeven dat hij of zij zich wil aanmelden bij Vrienden OV, krijgt deze reiziger een scherm gepresenteerd waarin de reiziger zijn gegevens kan invullen. Deze gegevens worden direct na het versturen aan de database toegevoegd. Het systeem geeft een melding weer of de opgave geslaagd is.

6.1.2.2.2 Veranderen persoonsgegevens

De reiziger geeft, na identificatie, aan dat hij of zij de opgegeven persoonsgegevens wil veranderen. Het systeem geeft de huidige persoonsgegevens terug en geeft de reiziger de mogelijkheid dit te veranderen. De reiziger voert de veranderingen uit. Deze veranderingen worden onmiddellijk in de database verwerkt.

6.1.2.2.3 Uitschrijven als deelnemer

De reiziger geeft, na identificatie, aan dat hij of zij zich wil uitschrijven. De persoonsgegevens van deze reiziger worden verwijderd uit de database. Tevens worden de nog opgegeven reistrajecten verwijderd.

6.1.2.2.4 Reistraject opgeven

De reiziger geeft aan, nadat de reiziger zich heeft geïdentificeerd, dat hij of zij eenmalig dan wel voor een bepaalde periode een reistraject wil opgeven. Het systeem geeft het juiste invulscherm. De reiziger vult de benodigde gegevens in. Na het versturen van de gegevens wordt het reistraject onmiddellijk in de database ingevuld. Het systeem geeft een bericht terug dat aangeeft of het opgeven gelukt is.

6.1.2.2.5 Opgegeven reistraject veranderen

De reiziger geeft aan, nadat de reiziger zich geïdentificeerd heeft, dat hij of zij een opgegeven reistraject wil veranderen. Het systeem geeft de opgegeven reistrajecten van die deelnemer weer. De reiziger kiest het reistraject dat hij of zij wil veranderen en voert de veranderingen uit. Het systeem geeft een bericht terug of het verwijderen gelukt is.

6.1.2.2.6 Opgegeven reistraject verwijderen

De reiziger geeft aan, nadat de reiziger zich geïdentificeerd heeft, dat hij of zij een opgegeven reistraject wil verwijderen. Het systeem geeft de opgegeven reistrajecten van die deelnemer weer. De reiziger selecteert het reistraject dat hij of zij wil verwijderen. Het reistraject wordt uit de database verwijderd. Er wordt een bericht teruggegeven dat aangeeft of het verwijderen gelukt is.

6.1.2.2.7 Medereiziger zoeken

Een reiziger geeft aan dat hij of zij een medereiziger wil zoeken. Wanneer een gebruiker informatie over zijn huidige locatie heeft doorgegeven wordt bepaald welke voertuigen zich in de buurt van deze reiziger bevinden en welke dus mogelijk interessant kunnen zijn. Het systeem toont deze voertuigen en de gebruiker selecteert één voertuig. Wanneer een gebruiker geen informatie over zijn huidige locatie heeft doorgegeven of wanneer een gebruiker waarvan de huidige locatie bekend is handmatig het voertuig wil opgeven waarin naar medereizigers moet worden gezocht, geeft het systeem een scherm weer waarin het gewenste voertuig kan worden ingevuld.
Het systeem selecteert de reizigers die zich nu in dat voertuig bevinden en toont deze aan de vragende reiziger. De vragende reiziger kan dan één van de geselecteerde reiziger uitkiezen om zijn vraag aan te stellen. Als er geen medereizigers in het opgegeven traject te vinden zijn, geeft het systeem een melding terug.

6.1.3 Functies op database

Al de hierboven beschreven functies moeten op de database gedefinieerd worden. Daarnaast zijn er functies nodig voor het onderhoud van de database, bijvoorbeeld een functie die de reistrajecten uit de database verwijdert die reeds zijn afgelegd.
In hoofdstuk vier zijn echter ook extra functies beschreven. Dit waren functies die het voor reizigers aantrekkelijker moeten maken om zich aan te melden bij Vrienden OV. Deze zullen niet worden geïmplementeerd. Hierbij gaat het om:

- het bieden van een telefoonboekfunctie;
- een vorm van betalen voor het leveren van informatie, hierdoor is er ook geen beoordelingssysteem nodig;
- bellen via de server van Vrienden OV om er zo voor te zorgen dat het telefoonnummer van een reiziger verborgen kan blijven;
- het kunnen zoeken naar medereizigers voor het verkrijgen van samenreiskorting. Dit zal niet als aparte functie geïmplementeerd worden. Een reiziger zou eventueel vlak voor het vertrekken naar medereizigers in een bepaald traject kunnen zoeken en dan proberen een

medereiziger te vinden die de beschikking heeft over een abonnement waarmee samenreiskorting verkregen kan worden;
- het bepalen van het aantal informatieaanvragen op een bepaald moment in een bepaalde regio om waarschijnlijke vertragingen te kunnen constateren.

In eerdere hoofdstukken is aangegeven dat het prettig zou zijn als reizigers de mogelijkheid hebben om met hun mobiele telefoon de af te leggen reis kunnen betalen. Dit wordt in dit onderzoek niet geïmplementeerd.
Functies die het gebruik van Vrienden OV bepalen zullen niet geïmplementeerd worden. Dit soort functies zouden wel erg nuttig zijn wanneer Vrienden OV daadwerkelijk wordt ingevoerd. Dit om bijvoorbeeld te bepalen of Vrienden OV in bepaalde regio's extra naamsbekendheid moet krijgen.

6.1.4 Benodigde informatie

Hiervoor zijn de functies bepaald die op de database gedefinieerd moeten worden. Op basis van deze functies wordt nu bepaald welke informatie in de database moet worden opgeslagen.

6.1.4.1 Vertaling van functies naar benodigde informatie

De belangrijkste functie die Vrienden OV biedt is het zoeken naar telefoonnummers van medereizigers in een bepaald traject. In de database moet dus in ieder geval het telefoonnummer waarop een reiziger onderweg bereikbaar is en het reistraject van die reiziger worden opgeslagen. Een reistraject wordt bepaald door de volgende elementen:
- de datum;
- de opstaptijd;
- de uitstaptijd;
- de opstaplocatie;
- de uitstaplocatie
- het vervoermiddel;
- het lijnnummer;
- de eindbestemming van dat voertuig.

Daarnaast zijn de volgende gegevens gewenst:
- de zekerheid waarmee dit traject wordt afgelegd;
- mate van beschikbaarheid voor het beantwoorden van vragen;
- type reiziger.

Met de beschikbaarheid kan een reiziger een indicatie geven van de bereidheid voor het beantwoorden van vragen. Hiermee kan een reiziger voorkomen dat hij of zij ongewenst gebeld worden. Met het type reiziger kan een deelnemer globaal aangeven wat voor soort vragen hij of zij kan beantwoorden. Een forens weet namelijk meer van het openbaar vervoer rond het traject dat regelmatig wordt afgelegd dan iemand die een toeristische rondreis maakt. De eerste zou misschien gevraagd kunnen worden naar alternatieve reisroutes, de tweede niet.
Om het contact tussen de reizigers te vergemakkelijken zou het prettig zijn als elke deelnemer zijn voor- en achternaam opgeeft. Deze gegevens zijn echter niet verplicht.
Met deze gegevens is bekend welke reizigers welke reistrajecten afleggen en kunnen reizigers met elkaar contact zoeken. Het selecteren van medereizigers in een bepaald traject, gebeurt op basis van de datum, de tijd, het gewenste voertuig, het lijnnummer van dat voertuig en de eindbestemming van dat voertuig. Een betere selectie zou ook gebruik maken van de opstap- en uitstaplocatie van de zoekende reiziger. Om hier echter zinnig mee om te gaan, moet er in het systeem bekend zijn bij welke haltes een bepaald voertuig stopt. Wanneer dat het geval is kan er bepaald worden welke medereizigers zich in (een deel van) het gevraagde traject bevinden. De gegevens over alle haltes van alle voertuigen zouden dan geleverd moeten worden door de openbaar vervoerbedrijven. Aangezien Vrienden OV is bedacht om geen gebruik te hoeven maken van de gegevens van de openbaar vervoerbedrijven, wordt de opstap- en uitstaplocatie niet gebruikt bij het zoeken naar medereizigers.
Om een reistraject op te geven, te veranderen of te verwijderen moet een reiziger zich kunnen identificeren aan het systeem. Het is namelijk niet gewenst dat een reiziger alle reistrajecten van een andere reiziger kan zien of nieuwe reistrajecten voor die reiziger kan opgeven. Elke deelnemer heeft daarom een gebruikersnaam en wachtwoord nodig. Als gebruikersnaam zou het telefoonnummer goed gebruikt kunnen worden.

6.1.4.2 Actuele en periodieke tabel

Reizigers geven van tevoren op welk reistraject zij gaan afleggen. Het is natuurlijk nooit helemaal zeker of een reiziger ook daadwerkelijk in dat traject zit. Dit is pas zeker als een reiziger expliciet doorgeeft dat hij of zij zich nu in dat traject bevindt. Wanneer het zeker is dat een reiziger in een bepaald traject zit, zou dit eigenlijk apart moeten worden opgeslagen. Dit kan bijvoorbeeld door een extra aantekening aan de database met opgegeven reistrajecten toe te voegen. Ook kan er een aparte tabel gebruikt worden waarin de reistrajecten van de reizigers staan die nu afgelegd worden. In dat laatste geval is er dus een periodieke tabel en een actuele tabel. Deze actuele tabel moet dan steeds als eerste gebruikt worden bij het zoeken naar medereizigers. Pas als daar niemand in gevonden is, wordt de tabel met van tevoren opgegeven reistrajecten gebruikt.

Het door de reiziger expliciet laten opgeven dat nu een bepaald reistraject wordt afgelegd is natuurlijk niet zo handig. Mooier is als dit automatisch gebeurt. Dit zou kunnen wanneer een reiziger zijn positie doorgeeft. Op basis van de van tevoren opgegeven reistrajecten en de locatie van de reiziger, zou bepaald kunnen worden in welk traject de reiziger zich nu bevindt. De aangeklede versie maakt gebruik van deze mogelijkheid. De gebruiker van de uitgeklede versie zal handmatig zijn huidige traject moeten opgeven.
Het bepalen van het huidige traject en daarmee het vullen van de actuele tabel gebeurt op het moment dat de reiziger contact zoekt met Vrienden OV.

6.1.5 Indeling in tabellen

Uit de bespreking van de benodigde informatie blijkt dat er ten minst twee tabellen nodig zijn om de informatie op te slaan: een tabel met de opgegeven reistrajecten en een tabel met de actuele reistrajecten. Verder is het wenselijk dat er een aparte tabel komt voor de persoonlijke informatie. In de laatste tabel moeten de volgende elementen worden opgeslagen:

- identificatie van de deelnemer;
- het telefoonnummer;
- het wachtwoord;
- de voor- en achternaam.

Hierdoor hoeft deze persoonlijke informatie niet bij elk opgegeven reistraject opgeslagen te worden. Ditzelfde geldt voor de aanduiding van het vervoermiddel. Een vervoermiddel kan geïdentificeerd worden door het type voertuig (bus, trein, tram of metro), het lijnnummer en de eindbestemming van dat voertuig. Om deze informatie niet bij elk reistraject te hoeven op te slaan, is het verstandig om ook een aparte tabel te maken waarin deze informatie wordt opgeslagen. In deze tabel moeten dan de volgende elementen worden opgeslagen

- identificatie van het vervoermiddel;
- het voertuig;
- het lijnnummer;
- de eindbestemming van dat voertuig.

De tabel met opgegeven reistrajecten moet dan de volgende elementen bevatten:

- identificatie van de deelnemer die het betreffende traject gaat afleggen;
- datum;
- opstaplocatie;
- uitstaplocatie
- opstaptijd;
- uitstaptijd;
- identificatie van het gebruikte vervoermiddel;
- type reiziger;
- zekerheid waarmee dat reistraject wordt afgelegd;
- beschikbaarheid voor het beantwoorden van vragen.

De tabel met actuele reistrajecten moet de gegevens over de identificatie van de deelnemer, de datum, de opstaplocatie, de uitstaplocatie, de opstaptijd, de uitstaptijd en een identificatie van het vervoermiddel bevatten. Daarnaast is het vooral in deze tabel prettig als het type reiziger en de beschikbaarheid voor het beantwoorden van vragen opgeslagen wordt. De zekerheid hoeft hier niet bij te worden opgeslagen. De trajecten in deze tabel worden namelijk zeker afgelegd. De zekerheid is hier dus altijd honderd procent.

Om in staat te zijn de huidige positie van een reiziger te vertalen naar het huidige traject moet bekend zijn waar de verschillende voertuigen zich kunnen bevinden. Er moet bekend zijn welk voertuig op die positie kan komen. Dit wil zeggen dat er een tabel moet zijn met alle mogelijke posities van alle voertuigen. Deze gegevens zouden van de openbaar vervoerbedrijven gevraagd kunnen worden. Een andere manier is om deze gegevens gaandeweg in te voeren met behulp van de gegevens die de deelnemers leveren. Dus zodra een deelnemers zijn positie doorgeeft en bekend is in welk voertuig deze deelnemer zit, wordt er een ingang ingevoegd in de tabel met mogelijke posities van de voertuigen. Bij de start van Vrienden OV moet er dan vaak aan de reizigers gevraagd worden in welk voertuig hij of zij zich bevindt. Later als er meer posities van voertuigen bekend zijn, kan dit automatisch bepaald worden. De tabel die dit mogelijk maakt, moet de volgende elementen bevatten:

- lijnidentificatie;
- lengtegraad;
- breedtegraad.

6.2 Te gebruiken technologie

Er is nu bepaald welke functies op de database gedefinieerd moeten worden, welke informatie in de database moet worden opgeslagen en hoe de database wordt ingedeeld. Daarnaast is aangegeven via welke interfaces de reiziger toegang tot de database zal krijgen.
In deze paragraaf wordt ingegaan op de keuze van de technologie die gebruikt zal worden om het systeem te ontwikkelen. Eerst wordt de technologie voor de database besproken. Daarna wordt de technologie voor de internetinterface en de uitgeklede versie behandeld. Ten slotte wordt de te gebruiken technologie voor de aangeklede versie besproken.

6.2.1 Technologie voor database

De kern van Vrienden OV is de database. Hierin moeten de reistrajecten van de reizigers worden bijgehouden. Op zich is de keuze voor het databasesysteem een belangrijke keuze. Het afstudeeronderzoek is echter slechts een demonstratieproject. Hierbij is bijvoorbeeld de schaalbaarheid van de database veel minder van belang. Er zou dus kunnen worden volstaan met een simpele database zoals Microsoft Access. Een voordeel hiervan is dat er vrij eenvoudig toegang kan worden verkregen tot een Microsoft Access-database op computers die draaien onder Windows. Daarnaast is Microsoft Access overal beschikbaar op de computers waar de ontwikkeling zou gaan plaatsvinden.
Voor de demonstratie wordt daarom gebruik gemaakt van een Microsoft Access-databasesysteen. Wanneer Vrienden OV echt wordt ingevoerd, waarbij dus vele personen gelijktijdig toegang tot de database willen krijgen is dit geen verstandige oplossing meer. Een databasesysteem als Microsoft Access kan dat niet behandelen. Voordat Vrienden OV ingevoerd wordt, zou het databasesysteem vervangen moeten worden door een systeem waarmee dat wel mogelijk is.

6.2.2 Technologie voor internetinterface

Zoals reeds gemeld, is een internetinterface voor de database van Vrienden OV een geschikte methode om de database toegankelijk te maken. Er zijn een aantal manieren om toegang via een internetpagina tot een database te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van Java (via een applet aan de kant van de gebruiker of servlets aan de kant van de server), maar ook met scriptingtechnieken als PHP, Cold-fusion en Active Server Pages.

De keuze voor een bepaalde technologie hangt van een aantal punten af, dit zijn onder andere (Burgess, 1995):

- Wat zijn de eerdere ervaringen van de ontwikkelaar(s)?
- Is de gecreëerde code snel genoeg?
- Hoe gemakkelijk is het een systeem met een bepaalde technologie te ontwikkelen?
- Wat zijn de kosten die verbonden zijn aan het gebruik van een bepaalde technologie?

Daarnaast spelen een aantal praktische zaken mee. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan welke technologie reeds voorhanden is.

Hieronder worden kort de verschillende mogelijke technologieën besproken en wordt aangegeven voor welke technologie gekozen wordt.

6.2.2.1 Java

Java is een volledig object georiënteerde taal. Een programma geschreven in Java wordt gedeeltelijk gecompileerd, de gecreëerde bytecode is overdraagbaar naar elke machine die een bytecode interpreteer, ofwel een Java Virtual Machine, heeft. Java heeft grote populariteit verkregen als middel voor het programmeren van programma's voor internet.

Voordelen van Java omvatten de volgende punten. Java is platform onafhankelijk. De taal breidt zich snel uit: van mobiele telefoons tot spelcomputers (Lawlis, 1997). Daarnaast levert Java een grote klasse bibliotheek, inclusief servlets, applets en sockets die goed bruikbaar zijn bij het programmeren voor internet.

Nadelen van Java zijn de volgende punten. Van de Java Virtual Machine zijn verschillende versies in omloop, waardoor er versieproblemen kunnen ontstaan. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van Java aan de kant van de server is dit probleem goed te ondervangen. Bij Java aan de kant van de gebruiker speelt dit probleem echter wel mee.
Een ander probleem met Java aan de kant van de gebruiker is dat de (grote) applet naar de gebruiker gestuurd moet worden. Dit kan vrij veel tijd kosten. Ook moet een Java-applet elke keer opnieuw naar de gebruiker gezonden worden. Dit speelt niet mee wanneer er gebruik wordt gemaakt van Java op de server. Hier speelt de performance van Java mee, de uitvoering is trager dan bijvoorbeeld C++-code.
Java is nog geen standaard. De ontwikkeling van de taal is nog niet aan een standaardorganisatie overgedragen. Ook de ondersteuning van Java door producten van Microsoft is niet altijd even goed.

6.2.2.2 Scriptingtechnieken

Met scriptingtechnieken als PHP en Active Server Pages worden scripts in een internetpagina op de server uitgevoerd voordat de pagina naar de browser van de gebruiker is verstuurd. De scripts in het originele bestand worden vervangen door de uitvoer die deze scripts produceren. Alleen de resulterende pagina is naar de gebruiker verzonden. De gebruiker merkt dus in principe niets van dit proces. Vanuit het oogpunt van een browser is het resultaat niet te onderscheiden van een statische internetpagina.

Een aantal voordelen van scripttalen zijn de volgende. Scripts zijn in principe sneller te ontwikkelen en gemakkelijker aan te passen dan programma's geschreven in een taal als C++ of Java. Hierdoor zijn deze technieken geschikt voor het ontwikkelen van systemen waarvan de functionaliteit nog vele veranderingen zal ondergaan voordat de uiteindelijke versie gerealiseerd wordt. Scriptingtalen leveren de mogelijkheid om over dit proces te itereren. Eventueel kan in een later stadium, wanneer de functionaliteit stabieler is, (delen van) het systeem herschreven worden in bijvoorbeeld C++ (Stajano, 1998). Doordat de opmaak in HTML en de scripts vermengd zijn, is het makkelijk om scripts toe te voegen aan bestaande pagina's. Nadelen van scripttalen betreffen de snelheid, de vermenging van presentatie met de bedrijfslogica, de problemen met de herbruikbaarheid van scripts en de beperkte mogelijkheden van scripttalen om toegang tot functies van het besturingssysteem te krijgen. Scripttalen hebben bijvoorbeeld geen toegang tot het systeem register. Ook geavanceerde constructies als het behandelen van threads is moeilijker dan bij een gewone taal.

Hieronder worden kort de scriptingtechnieken PHP en ASP besproken.

6.2.2.2.1 PHP

PHP is een scripttaal voor op de server. De code, die in het originele HTML-bestand staat, is door de webserver bewerkt wanneer de HTML-pagina opgevraagd wordt. De PHP-code in het bestand wordt vervangen door de uitvoer van de scripts.

PHP wordt net als Java gratis gedistribueerd. PHP is een scripttaal met alle basisfuncties die nodig zijn om interactieve internetpagina's te maken. De taal is speciaal gedefinieerd met als doel het creëren van internetpagina's waardoor een effectieve manier van codering mogelijk is. PHP kan met vele databases een verbinding maken.

Voor PHP gelden de nadelen zoals die voor alle scripttalen gelden. De snelheid is lager dan een gewone taal. PHP-bestanden moeten elke keer dat deze opgevraagd worden opnieuw door de server ontleed worden. De presentatie wordt nauwelijks van de functionaliteit gescheiden waardoor fouten in de bedrijfslogica soms moeilijk te vinden zijn. Daarnaast heeft PHP beperkte mogelijkheden voor toegang tot functies van het besturingssysteem. Ten slotte is het aantal ondersteunde grafische besturingscomponenten dat PHP ondersteunt beperkt. Hierdoor kunnen andere talen nodig zijn.

6.2.2.2.2 ASP

Active Server Pages of ASP is een soortgelijke technologie als PHP. De ASP-technologie is direct in de webservers van Microsoft geïmplementeerd. Ook een ASP-bestand bestaat, net als een PHP-bestand, uit standaard HTML vermengd met scripts die op de server worden uitgevoerd.
De ASP-omgeving is niet gebonden aan een bepaalde taal. ASP is zelf geen programmeertaal. VBScript, JavaScript (of Jscript) of elke andere taal waarvoor een ActiveX scripting engine beschikbaar is (zoals PerlScript en Python) kan gebruikt worden om scripts in ASP-pagina's te maken. De talen kunnen ook door elkaar gebruikt worden. PHP is in tegenstelling tot ASP wel een volledige programmeertaal met een eigen syntax.

De voordelen van ASP omvatten net als PHP de mogelijkheid tot het maken van een verbinding met elke database die compatible is met ODBC en de mogelijkheid om dynamisch internetpagina's te genereren. De technologie wordt daarnaast gratis meegeleverd met de webservers van Microsoft. Wanneer een dynamische internetpagina met toegang tot een database nodig is en er is reeds toegang tot een webserver van Microsoft, is ASP een voor de hand liggende keuze.

Voor ASP gelden ongeveer dezelfde nadelen als PHP. Het zijn scripts. Scripts zijn over het algemeen langzamer dan gecompileerde objecten. De presentatie wordt nauwelijks van de functionaliteit gescheiden. Daarnaast zijn er beperkte mogelijkheden voor toegang tot functies van het besturingssysteem.
Wanneer een taal als JavaScript of VBScript wordt gebruikt wordt er geen controle uitgevoerd op het type van die variabele. Het voordeel hiervan is dat het formatteren van de uitvoer bijna automatische gedaan wordt. Dit is echter ook meteen een nadeel. De geschreven code kan namelijk fout zijn, wat niet gevonden kan worden zonder debugging.

6.2.2.3 Keuze technologie voor internetinterface

Een aantal mogelijke technologieën voor het ontwikkelen van een internetinterface met de database zijn hierboven besproken. Elke heeft voor- en nadelen. Er zal nu kort worden aangegeven voor welke technologie gekozen wordt.
Java aan de kant van de gebruiker valt af. Hierbij zijn er teveel problemen met verschillende versies van de virtuele machine. Java aan de serverzijde is wel een mogelijke oplossing. Java is meestal sneller dan een scripttaal, heeft meer functionaliteit en voert bij het compileren een aantal controles uit op de geldigheid van de code. Programma's geschreven met een scripttaal zijn echter over het algemeen sneller te ontwikkelen en makkelijker aan te passen. Scripttalen zijn dus geschikter voor het ontwikkelen van systemen waarvan de functionaliteit nog vele veranderingen zal ondergaan voordat de uiteindelijke versie gerealiseerd wordt. De verwachting was dat de functionaliteit van het te ontwerpen systeem nog vele veranderingen zou ondergaan. Hierdoor is er voor een oplossing met een scriptingtechniek gekozen. De uitgebreidere functionaliteit die Java biedt, is niet noodzakelijk voor het te ontwerpen systeem. Het zou alleen meer tijd kosten om het systeem met Java te ontwikkelen.
De keuze is hiermee beperkt tussen PHP en ASP. Er is geen duidelijk voor- of nadeel voor een van beide technieken aan te geven. Er is voor ASP gekozen omdat daarin gebruik gemaakt kan worden van JavaScript waar al enige ervaring mee was opgedaan. Daarnaast speelde mee dat er gebruik gemaakt zal worden van handcomputers die draaien onder Windows CE, waardoor bij de keuze voor ASP gebruik wordt gemaakt van dezelfde leverancier.

6.2.3 Technologie voor uitgeklede versie

Een van de belangrijkste mogelijkheden die Vrienden OV aan de deelnemers biedt is het onderweg vinden van medereizigers om informatie te verkrijgen. Om dit mogelijk te maken moet er voor de deelnemers een manier zijn om onderweg medereiziger in bepaalde trajecten

te kunnen vinden. In hoofdstuk vijf is reeds aangegeven dat een interface voor een mobiele telefoon waarmee dit mogelijk is de voorkeur geniet. Veel mensen dragen namelijk al een mobiele telefoon bij zich. Daarnaast is een mobiele telefoon nodig voor het contact tussen de medereizigers. Hierdoor is dit apparaat zeer geschikt om gebruikers toegang tot de database van Vrienden OV te geven. Het Wireless Application Protocol (WAP) neemt een belangrijke plaats in bij dergelijke internetachtige diensten. WAP biedt de mogelijkheid om op internet gebaseerde informatie op de kleine beeldschermen van mobiele apparaten te ontvangen (Boers, 2000). Ook met SMS is het echter mogelijk om informatie op te vragen en te ontvangen.

Hieronder wordt ingegaan op deze technologieën.

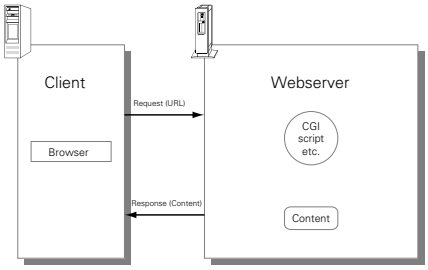
6.2.3.1 SMS

SMS levert een mechanisme om korte berichten (tot 160 karakters) van en naar een mobiele telefoon te versturen. Deze 160 karakters kunnen bestaan uit letters en cijfers, maar ook binaire berichten worden ondersteund. Daarnaast is het mogelijk om verschillende berichten aan elkaar te plakken en berichten te comprimeren.
De dienst maakt gebruik van een *short message service centre* (SMSC). Deze SMSC treedt op als een opslag- en zendsysteem voor de berichten. Het systeem is ontworpen om een gegarandeerde aflevering van de berichten te bieden. Tijdelijke fouten worden geïdentificeerd. Het bericht wordt, in het geval een tijdelijke fout optreedt, in het netwerk opgeslagen totdat de bestemming weer beschikbaar is. Een zender van een SMS-bericht kan een bericht krijgen dat aangeeft of het verstuurde bericht aangekomen is. Het systeem werkt dus ongeveer als het e-mail systeem waarbij ook geen directe verbinding nodig is tussen de verzender en de ontvanger. De zender levert het bericht aan het netwerk af. Het netwerk draagt zorg voor het opslaan en afleveren van het bericht aan de ontvanger.

De SMS-dienst kan ook gebruikt worden om toegang te bieden tot internet. Deze mogelijkheid was eigenlijk voorbehouden aan WAP. Door vragen om informatie met een SMS-bericht te versturen kunnen de gebruikers echter net als met WAP een internetverbinding tot stand brengen en de benodigde informatie ophalen. Voordeel voor de gebruikers is dat ze geen nieuw toestel hoeven te kopen. Vrijwel alle mobiele telefoons kunnen SMS-berichten ontvangen en de meeste kunnen ook zelf SMS-berichten versturen. Natuurlijk is het gebruiksgemak niet heel groot.

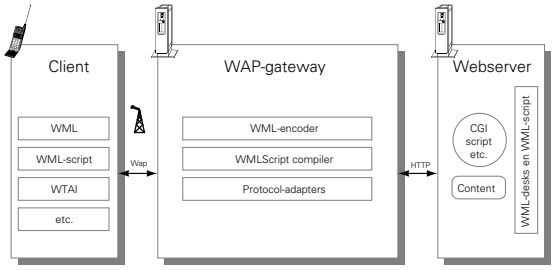
6.2.3.2 Wireless Application Protocol

Het Wireless Application Protocol (WAP) maakt het mogelijk om speciaal opgemaakte internetpagina's te bekijken op met WAP uitgeruste mobiele telefoons en PDA's. Daarbij gaat het met name om mobiele persoonsgebonden diensten en mobile commerce (m-commerce) (Zwijnenberg, 2000).
WAP staat voor Wireless Application Protocol. WAP is een set specificaties voor het ontwikkelen van internetachtige applicaties die werken op een draadloos netwerk. WAP is de de facto wereldstandaard voor overdracht en presentatie van informatie en telefoondiensten op mobiele telefoons en andere draadloze apparaten. De specificaties van WAP worden onderhouden door het Wapforum. WAP specificeert netwerkprotocollen en een applicatieraamwerk voor draadloze apparaten. Het is een gestandaardiseerde manier waarop een mobiel apparaat met een server kan communiceren (Wapforum, 2000), (Zwart, 2000), (Zwijnenberg, 2000).
Het WAP-protocol is te vergelijken met de bestaande internetprotocollen. WAP is echter geoptimaliseerd voor de communicatie met mobiele toestellen. Dit betekent dat onder andere veel aandacht is besteed aan de geringe bandbreedte van mobiele toestellen, de beperkte processorkracht, de beperkte geheugencapaciteiten, het kleine scherm, het ontbreken van een gewoon toetsenbord, de beperkte energiebronnen, de onvoorspelbare beschikbaarheid van het netwerk en de betrouwbaarheid van het netwerk (Hofman, 2000).
Een WAP-model is eigenlijk een standaard internetmodel, er is echter een soort protocolvertaler tussengevoegd. Bij een internetarchitectuur wordt de inhoud gepresenteerd in standaardformaten. Dit wordt bekeken met browsers. De browser zendt een verzoek voor objecten naar een internetserver. Deze server beantwoordt dit verzoek door de data in de standaardformaten naar de browser te versturen.



Figuur 6-3: Internetarchitectuur

Bij WAP wordt inhoud van een webserver beschikbaar gemaakt via een WAP-gateway. De gateway vertaalt de data en de protocollen. De gateway levert de verbinding tussen het mobiele netwerk en het internet. Hierdoor kunnen mobiele apparaten die geschikt zijn voor WAP, WAP-diensten van internetservers opvragen. Daarnaast kan de gateway dienen als factureringsysteem.



Figuur 6-4: WAP-architectuur

In het WAP-model geeft de gebruiker via een microbrowser een verzoek om een pagina aan een WAP-gateway. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het Wireless Application Protocol. De WAP-gateway creëert een gewoon HTTP-verzoek voor de gespecificeerde pagina en zendt dit naar de webserver. Het HTTP-verzoek is bewerkt door de webserver, waarna deze het bestand inclusief HTTP-headers naar de WAP-gateway verstuurt. De WAP-gateway verifieert de inhoud en codeert het naar binaire vorm. De gateway creëert dan een WAP-response dat de gecodeerde pagina bevat en zendt het naar de browser van de gebruiker. Uiteindelijk ontvangt de microbrowser de WAP-response. De microbrowser ontleedt het bericht en toont het aan de gebruiker.
De functies van de WAP-gateway kunnen ook direct geïntegreerd worden in een webserver.

In een WAP-architectuur moet, net zoals in een internetarchitectuur, de inhoud in standaardformaten worden gepresenteerd. Wireless Markup Language (WML) is het gedefinieerde standaard dataformaat voor WAP. Het is gebaseerd op de W3C XML-standaard. Het is bedoeld om de inhoud en gebruikersinterface te specificeren voor apparaten met een kleine bandbreedte, inclusief mobiele telefoons.
In WML zijn gebruikersinteracties in navigatieblokken, ofwel *cards* verdeeld. Elke card wordt als een scherm getoond op het mobiele apparaat. De cards in een bestand vormen een *deck*: een XML-document dat WMLScript kan bevatten. WMLScript is vergelijkbaar met JavaScript in de internetarchitectuur.

Hoewel er erg veel van WAP verwacht wordt, kent WAP een aantal problemen. Oudere telefoons ondersteunen geen WAP. De gebruiker is dus verplicht een nieuw toestel aan te schaffen. Hoewel er steeds meer mobiele telefoons beschikbaar komen die WAP ondersteunen, is het aantal actieve gebruikers nog erg beperkt[1].
WAP laat veel ruimte voor interpretatie. Hierdoor bestaat de kans dat WAP-producten van verschillende leveranciers niet goed met elkaar overweg kunnen. Net zoals er diverse versies en uitvoeringen van browsers voor internet zijn, zijn er verschillende WAP-browsers en telefoons. Deze verschillen kunnen ervoor zorgen dat een dienst op de ene telefoon veel effectiever werkt dan op een andere telefoon. Voor de ontwikkelaar betekent dit dat de pagina's op verschillende manieren moeten worden opgemaakt.
Eén van de gebieden waarom WAP in de toekomst met compatibiliteitsproblemen te maken kan krijgen is WML. De structuur van WML is zo opgezet dat deze in de toekomst uitbreidingen of aanpassingen in de weg kan staan. De taal is geschreven voor de op dit moment beschikbare browsers. De ontwerpers kunnen visueel vrijwel niets aan de gebruiker aanbieden. Voor de toekomst is het de vraag of de hardwarefabrikanten niet zeer snel deze standaard zullen achterhalen met (grotere) kleurenschermen en hogere snelheden in het netwerk. Daar is WAP op dit moment niet op voorbereid (Hofman, 2000).

6.2.3.3 En I-mode?

De verassing van 2000 is het grote succes van Docomo met zijn mobiele internetdienst I-mode. In Japan haalt Docomo indrukwekkende groeicijfers. De omgevingsfactoren in Japan zijn echter heel anders dan hier in Nederland of Europa. De participatiegraad van computers is in Japan relatief laag en de verbindingskosten zijn hoog. Het is dus nog de vraag of het succes van I-mode ook in Nederland zal gelden. Daarnaast is I-mode vooral gericht op amusement. I-mode is vooral succesvol bij gebruikers tussen 20 en 30 jaar die belgeluiden en plaatjes binnenhalen: I-mode is *fun*. I-mode zal pas dit jaar in Nederland geïntroduceerd worden.

6.2.3.4 Keuze technologie voor onderweg

Van de besproken technologieën voor het onderweg kunnen opzoeken van medereizigers lijkt op dit moment WAP het meest haalbaar te zijn. Hoewel WAP op dit moment de verwachtingen niet helemaal waarmaakt heeft WAP de potentie om uit te groeien tot een veel gebruikte technologie. Met WAP is relatief eenvoudig toegang tot internetachtige diensten te verkrijgen. De interface lijkt voor een deel op de interface die op internet wordt gebruikt, waardoor de gebruikers hiermee redelijk snel vertrouwd kunnen raken. Daarnaast kan bij WAP de gebruiker keuzes in een lijst gepresenteerd krijgen in plaats van alles zelf in te moeten vullen zoals bij SMS.

SMS maakt op dit moment al wel een sterke groei door, maar biedt erg weinig bedieningsgemak voor de dienst die Vrienden OV wil bieden. De gebruiker moet hierbij zelf alle gegevens invullen. Daarnaast is door de zeer beperkte omvang van een te versturen of te ontvangen bericht het opvragen en versturen van informatie erg lastig. De hoeveelheid in te vullen gegevens kan beperkt worden door de gebruiker van tevoren een aantal vaste trajecten te laten opgeven. Deze keuzes zouden dan met een enkel nummer geïdentificeerd kunnen worden. Hierdoor hoeft een gebruiker slechts een paar karakters door te geven. Een voordeel van deze methode is dat door het beperkte aantal in te vullen gegevens een plaatsbepalingsysteem eigenlijk niet nodig is. Een plaatsbepalingsysteem zou het gemak nauwelijks verbeteren. Een nadeel ontstaat als de gebruiker informatie wil over een traject dat niet is opgegeven. In dat geval moeten natuurlijk wel alle gegevens ingevuld worden. De gebruiker kan dus eigenlijk alleen informatie verkrijgen over een zeer beperkt aantal trajecten.
Voor Vrienden OV is een oplossing die gebruik maakt van SMS op bepaalde punten een minder aantrekkelijke oplossing. Zodra een gebruiker namelijk zelf de gegevens in moet vullen, zal er veel controle moeten plaatsvinden op de invoer. Het systeem zou zo gemaakt moeten worden dat er redelijk intelligent kan worden omgegaan met typefouten van gebruikers. Dit zal meer tijd kosten bij het ontwikkelen.

1 In december 2000 waren er volgens onderzoek van Pro Active International 250.000 WAP-gebruikers in Nederland (http://www.proactive.nl/presscafe/english/081200.html)

I-mode is nog niet beschikbaar en is in Japan eigenlijk vooral succesvol voor amusement, niet voor serieuze functies. Dit lijkt dan ook geen geschikte technologie om van gebruik te maken voor het onderweg kunnen opzoeken van medereizigers.

Er zal dus een WAP-interface ontwikkeld worden voor Vrienden OV. Zoals reeds gemeld is het aantal actieve WAP-gebruikers nog erg beperkt. Wanneer Vrienden OV op dit moment ingevoerd zou worden, is het te overwegen om ook een interface die gebruik maakt van SMS te ontwikkelen. Vrijwel alle telefoons kunnen overweg met SMS-berichten en veel gebruikers van mobiele telefoons gebruiken deze dienst. Dit zou dan eigenlijk een uitgeklede uitgeklede versie vormen. Voor het afstudeeronderzoek wordt dit echter niet geïmplementeerd.

6.2.4 Technologie voor aangeklede versie

Het doel van het onderzoek was een toepassing te ontwikkelen voor een computer waarvan de locatie bekend is. De aangeklede versie vormt deze toepassing. Voor het afstudeeronderzoek wordt de aangeklede versie gerealiseerd op een handcomputer die draait onder Windows CE. Als plaatsbepalingsysteem wordt gebruik gemaakt van een GPS-ontvanger van Teletype. Deze GPS-ontvanger wordt via een PCMCIA-interface verbonden aan de handcomputer.

6.3 Samenvatting

In dit hoofdstuk is allereerst de kern van Vrienden OV, de database, ontworpen. Er is bepaald welke informatie in de database moet worden opgeslagen en welke functies op de database gedefinieerd moeten worden. Daarnaast is aangegeven via welke interfaces de functies beschikbaar worden gesteld. Er is aangegeven dat er een internetinterface en een interface voor een mobiele telefoon (de uitgeklede versie) ontwikkeld zal worden. Tevens wordt er een aangeklede versie ontwikkeld die gebruik maakt van de informatie uit een GPS-ontvanger. Deze aangeklede versie vormt de demonstratie die mogelijkheden aangeeft van de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie.

De realisatie

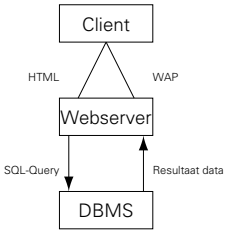
In het vorige hoofdstuk is het ontwerp van de database besproken. Tevens is aangegeven welke functies op de database gedefinieerd zullen worden en via welke interfaces deze functies beschikbaar worden gesteld. Daarnaast is besproken met welke technologie de implementatie gerealiseerd zal worden.

In dit hoofdstuk wordt het uiteindelijk gerealiseerde systeem besproken. Er zal worden ingegaan op de implementatie. Vervolgens zal kort worden ingegaan op de testen die zijn uitgevoerd. Ten slotte zullen de problemen die naar aanleiding van de implementatie naar voren kwamen besproken worden.

Figuur 7-1: Opbouw hoofdstuk 7

7.1 Implementatie

Vrienden OV bestaat uit een database waarop functies gedefinieerd zijn die toegankelijk worden gemaakt via een internetinterface en een WAP-interface. De reizigers geven via één van deze interfaces de opdrachten aan de database. De resultaten van deze opdrachten worden via dynamisch gegenereerde pagina's aan de gebruiker teruggeven.



Figuur 7-2: Globale opbouw van het systeem

7.1.1 Database

Voor de demonstratie van Vrienden OV is gebruik gemaakt van een Microsoft Access-databasesysteem. In het voorgaande hoofdstuk is het ontwerp van deze database besproken. In figuur 7-3 zijn de verschillende tabellen weergegeven.

Reistrajecten

Deelnemersnummer	Datum	Opstaplocatie	Uitstaplocatie	Opstaptijd	Uitstaptijd	Lijnidentificatie	Soort	Zekerheid	Beschikbaarheid
1	3/1/2001	Alkmaar	Amsterdam CS	09:07	09:45	3	Forens	90	Gedeeltelijk
1	3/1/2001	Amsterdam CS	Alkmaar	17:22	17:58	8	Forens	90	Niet
1	4/1/2001	Alkmaar	Amsterdam CS	09:07	09:45	3	Forens	90	Gedeeltelijk

Actuele reistrajecten

Deelnemersnummer	Datum	Opstaplocatie	Uitstaplocatie	Opstaptijd	Uitstaptijd	Lijnidentificatie	Soort	Beschikbaarheid
1	2/1/2001	Alkmaar	Amsterdam CS	10:07	10:45	3	Forens	Gedeeltelijk
2	2/1/2001	Amstel	WCW	10:10	10:20	33	Forens	Volledig
10	2/1/2001	Amstel	Kruislaan	10:05	10:14	31	Forens	Volledig

Deelnemers

Deelnemersnummer	Voornaam	Achternaam	Wachtwoord
1	Mathieu	Onbekend	*e@$%s
2	Onbekend	Onbekend	5£KS
3	Onbekend	Onbekend	+_S£SD

Lijnen

Lijnidentificatie	Voertuig	Lijnnummer	Eindbestemming
1	Metro	53	Gaasperplas
2	Metro	53	Amsterdam CS
3	Trein	Intercity	Nijmegen

LijnEnPositie

Lijnidentificatie	Latitude	Longitude
101	5237,1839	-445,1973
25	5237,1800	-445,2912
303	5237,1901	-445,1973

Figuur 7-3: Tabellen in de database

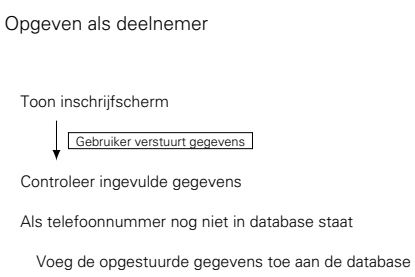
7.1.2 Structuur code

De code van het systeem bevindt zich in de ASP-pagina's. Elke internet- of WAP-pagina die een reiziger ziet, correspondeert met een ASP-pagina. Vrijwel alle logica in deze bestanden bestaat uit queries die op de database worden uitgevoerd. Na het uitvoeren van een query wordt een geschikte functie aangeroepen die het resultaat van de query op een juiste manier presenteert. Een juiste manier wil hier zeggen dat of een HTML-pagina of een WML-pagina wordt gecreëerd.

De structuur van de code wordt besproken aan de hand van de stappen die een reiziger kan doorlopen via de ontwikkelde interfaces.

7.1.2.1 Opgeven als deelnemer

Voordat een reiziger gebruik kan maken van Vrienden moet hij of zij zich eerst via de internetinterface inschrijven bij Vrienden OV.

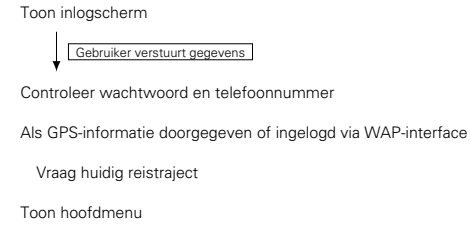


Figuur 7-4: Opgeven als deelnemer

Wanneer een reiziger zich inschrijft bij Vrienden OV, moet het telefoonnummer opgegeven worden waarop deze reiziger onderweg bereikbaar is. Daarnaast moet de reiziger een wachtwoord opgeven. Na het versturen van de gegevens worden deze gecontroleerd op ongeldige waarden en wordt gecontroleerd of het opgegeven telefoonnummer niet reeds in de database staat. Het telefoonnummer wordt namelijk gebruikt als identificatie van de reiziger waardoor dit nummer uniek moet zijn.

7.1.2.2 Inloggen

Elke keer dat een reiziger gebruik wil maken van Vrienden OV, moet hij of zij eerst inloggen met zijn telefoonnummer en wachtwoord.



Figuur 7-5: Inlogprocedure

Voor de WAP-interface is dit door de moeilijkheden bij het invullen van gegevens geen gebruikersvriendelijke oplossing. Veel prettiger zou zijn om dit automatisch te laten plaatsvinden. Dit is niet geïmplementeerd omdat er geen algemeen toepasbare manier is die altijd en voor elk type telefoon werkt. Er zou dan voor elk type telefoon bepaald moeten worden hoe dat gerealiseerd kan worden. Aangezien dit praktisch niet uitvoerbaar is, is gekozen om de gebruiker zich expliciet te laten identificeren.

7.1.2.3 Huidig reistraject

Huidig reistraject

Als GPS-informatie doorgegeven

Zoek positie in database om huidig voertuig te bepalen

Als geen GPS-informatie doorgegeven

Zoek eerst volgend opgegeven reistraject om invulscherm zo mogelijk mee in te vullen

Toon invulscherm huidig reistraject en vul dit met hiervoor bepaalde gegevens

Gebruiker verstuurt gegevens

Controleer ingevulde gegevens

Invullen gegevens in tabel met huidige reistrajecten

Als GPS-informatie doorgegeven en positie in combinatie met voertuig nog niet in database staat

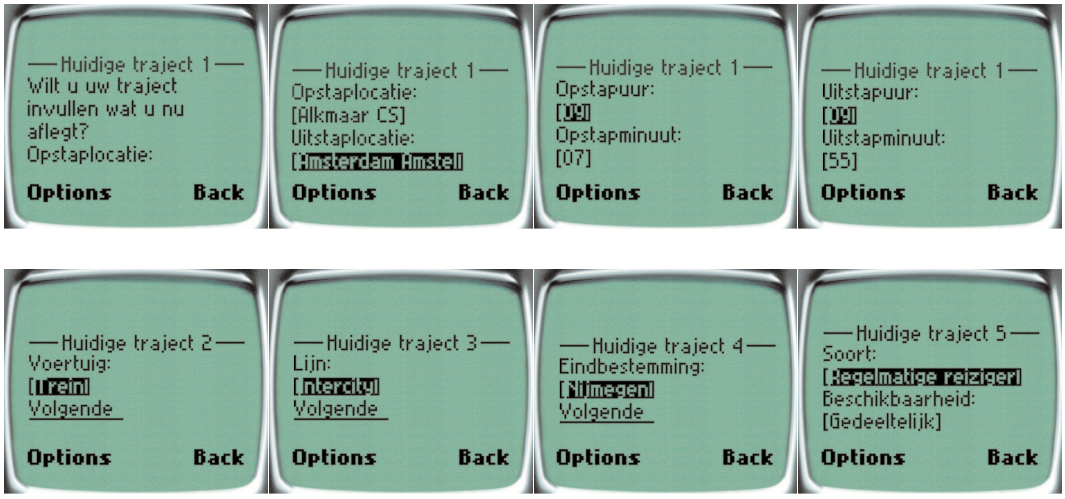
Invullen positie in tabel met mogelijke posities van de verschillende voertuigen

Statistische functies

- Huidig reistraject niet van te voren opgegeven
- Ander reistraject van te voren opgegeven op tijd van huidig reistraject
- Huidig reistraject van te voren opgegeven maar op andere tijd
- Huidig reistraject van te voren opgegeven maar op andere datum
- Huidig reistraject van te voren opgegeven maar op andere tijd en op andere datum

Figuur 7-6: Bepalen van het huidige reistraject

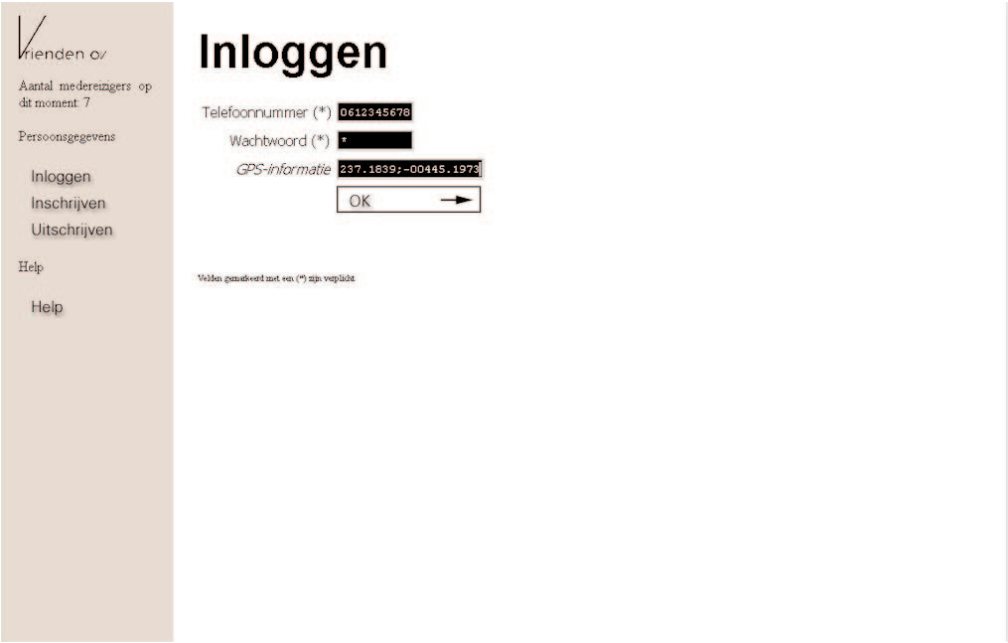
Wanneer een reiziger inlogt via de WAP-interface wordt het huidige reistraject gevraagd. De reiziger moet hierbij zelf zijn huidige reistraject invullen (zie figuur 7-7).



Figuur 7-7: Huidig reistraject opgeven via de WAP-interface

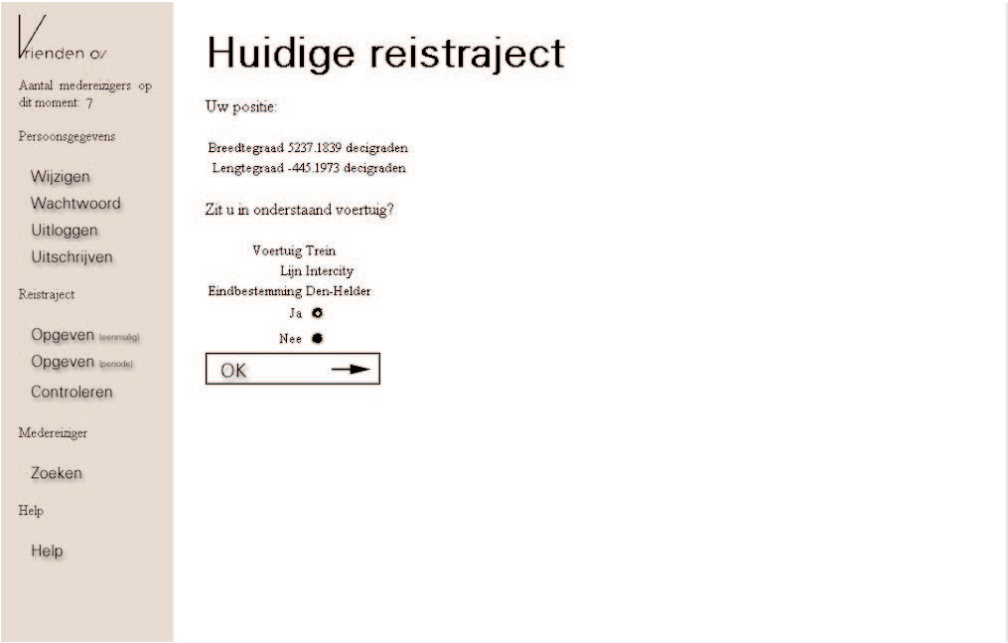
Om het invullen door de reiziger zoveel mogelijk te beperken wordt overigens geprobeerd de invulvelden te vullen met de gegevens uit de van tevoren opgegeven reistrajecten.
Ook wanneer een reiziger inlogt via de internetinterface waarbij GPS-informatie wordt doorgegeven wordt het huidige reistraject gevraagd. Deze GPS-informatie wordt geleverd door een klein programma dat de informatie uit een GPS-ontvanger leest en op het plakbord van Windows plaatst. Deze informatie kan de gebruiker via de inlogpagina van de internetinterface doorgeven aan Vrienden OV (zie figuur 7-8 en 7-9)

Figuur 7-8: De interface van het programma dat de informatie uit een GPS-ontvanger leest



Figuur 7-9: Inloggen met GPS-informatie
De GPS-informatie die het programma uit figuur 7-8 op het plakbord heeft geplaatst, moet worden ingevuld op de inlogpagina van de internetinterface

Op basis van de GPS-informatie wordt geprobeerd te bepalen in welk voertuig de reiziger zich bevindt. In de database wordt gezocht of reeds bekend is welke voertuigen zich op de doorgegeven positie kunnen bevinden. Mocht een van de gevonden voertuigen overeenkomen met het van tevoren opgegeven reistraject, dan hoeft de reiziger alleen te bevestigen of hij zich daadwerkelijk in het bepaalde traject bevindt.



Figuur 7-10: Huidig reistraject opgeven via de internetinterface
Op basis van de doorgegeven locatie-informatie wordt geprobeerd te bepalen in welk reistraject de reiziger zich bevindt

Wanneer de doorgegeven positie nog niet in de database staat, of de gevonden voertuigen komen niet overeen met het van tevoren opgegeven reistraject, dan wordt aan de reiziger gevraagd handmatig zijn huidige reistraject op te geven.

Zodra een gebruiker zijn huidige reistraject doorgeeft wordt dit reistraject toegevoegd aan de tabel met huidige reistrajecten. In het geval GPS-informatie is doorgegeven wordt eventueel de doorgegeven locatie aan de tabel met mogelijke posities van de verschillende voertuigen toegevoegd. Dit wordt gedaan als de doorgegeven locatie in combinatie met het gebruikte voertuig nog niet in deze tabel staat. Deze tabel moet zo veel mogelijk posities van de voertuigen bevatten. Hierdoor kan vaker automatisch bepaald worden in welke traject een reiziger zich bevindt.
Vervolgens wordt gecontroleerd of het huidige reistraject van tevoren (goed) is opgegeven. Mocht dit niet het geval zijn, dan wordt gecontroleerd of een ander reistraject op de tijd van het huidige reistraject is opgegeven. Wanneer het reistraject van tevoren is opgegeven, wordt gecontroleerd of het reistraject op een andere tijd, op een andere datum of op een andere tijd en datum is opgegeven. Als blijkt dat het huidige reistraject van tevoren niet (goed) is opgegeven, en het traject wordt vaker niet (goed) opgegeven, wordt voorgesteld om dit traject aan de van tevoren opgegeven reistrajecten toe te voegen of aan te passen. Dit om ervoor te zorgen dat de van tevoren opgegeven reistrajecten de werkelijkheid zo goed mogelijk representeren.

Er wordt geen huidig reistraject gevraagd wanneer een reiziger geen locatie doorgeeft bij het inloggen via de internetinterface. In dat geval wordt aangenomen dat deze reiziger niet onderweg is.

Na deze handelingen komt de reiziger in het hoofdmenu. Vanuit het hoofdmenu zijn de functies die beschikbaar zijn voor die interface bereikbaar.
Voor de internetinterface zijn de volgende functies beschikbaar:
- persoonsgegevens veranderen;
- uitschrijven als deelnemer;
- een reistraject opgeven, eenmalig of voor een bepaalde periode;

- een opgegeven reistraject veranderen;
- een opgegeven reistraject verwijderen;
- een medereiziger in een bepaald reistraject zoeken.

De WAP-interface biedt slechts de mobiele functies. Dit omvat:

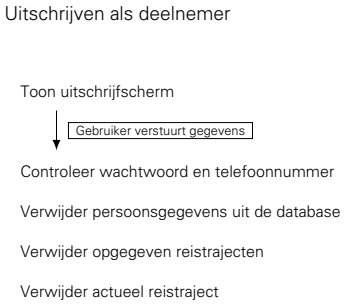
- een medereiziger zoeken;
- een reistraject veranderen;
- een reistraject verwijderen;
- een reistraject opgeven.

7.1.2.4 Persoonsgegevens veranderen

Figuur 7-11: Veranderen van opgegeven persoonsgegevens

Een reiziger kan via de internetinterface zijn opgegeven persoonsgegevens wijzigen. Hierbij gaat het om het telefoonnummer waarop de reiziger onderweg bereikbaar is en het wachtwoord. Eventueel kan de reiziger ook een naam opgegeven om het contact met medereizigers te vergemakkelijken. Na het versturen van de gegevens wordt gecontroleerd of er ongeldige waarden zijn doorgegeven en of een eventueel nieuw telefoonnummer niet reeds in de database staat.

7.1.2.5 Uitschrijven als deelnemer



Figuur 7-12: Uitschrijven als deelnemer

Een reiziger kan zich via de internetinterface uitschrijven als deelnemer aan Vrienden OV. Hiervoor moet de reiziger zijn telefoonnummer en wachtwoord opgeven waarmee hij of zij bekend is in het systeem. Na het versturen van de gegevens worden deze gecontroleerd op geldige waarden. Vervolgens worden de persoonsgegevens van deze reiziger uit de database verwijderd. Ook de van tevoren opgegeven reistrajecten van deze reiziger worden uit de

database verwijderd. Ten slotte wordt een eventueel huidig reistraject uit de database verwijderd.

7.1.2.6 Reistraject opgeven

Een reiziger kan zowel via de internetinterface als de WAP-interface een reistraject opgeven. Voor de internetinterface vormt dit de belangrijkste functie. Via de internetinterface kan naast een eenmalig reistraject ook een reistraject voor een bepaalde periode worden opgegeven. Via de WAP-interface is het alleen mogelijk om een eenmalig reistraject op te geven.

Reistraject opgeven

Toon invulscherm reistraject opgeven

↓ Gebruiker verstuurt gegevens

Controleer ingevulde gegevens

Als reeds reistraject op opgegeven tijd is opgeven

Toon foutmelding

Als nog geen reistraject op opgegeven tijd is opgeven

Invullen reistraject in tabel met van te voren opgegeven reistrajecten

Figuur 7-13: Opgeven van een reistraject

Een reiziger vult het reistraject in en stuurt de gegevens naar Vrienden OV. De opgestuurde gegevens worden daar gecontroleerd op ongeldige waarden. Daarnaast wordt gecontroleerd of er reeds een reistraject is opgegeven op de ingevulde datum en tijd. Een reiziger kan namelijk niet op hetzelfde moment twee reistrajecten afleggen. Wanneer de gegevens correct zijn en er is door deze reiziger nog geen reistraject opgegeven op de opgegeven datum en tijd, wordt het nieuwe reistraject toegevoegd aan de tabel met van tevoren opgegeven reistrajecten.
In figuur 7-14 op de volgende pagina wordt weergegeven hoe het opgeven van een reistraject via de internetinterface voor een bepaalde periode kan geschieden.

Vrienden o/

Aantal medereizigers op dit moment: 2

Persoonsgegevens

Wijzigen
Wachtwoord
Uitloggen
Uitschrijven

Reistraject

Opgeven (eenmalig)
Opgeven →
Controleren

Medereiziger

Zoeken

Help

Help

Periodiek reistraject opgeven

Datum Van (*) 11 03 2001
Tot en met (*) 11 05 2001
Opstaplocatie (*) Alkmaar CS
Uitstaplocatie (*) Amsterdam Amstel
Opstaptijd (*) 09 07 uur
Uitstaptijd (*) 09 55 uur
Vervoermiddel Voertuig (*) Trein
Lijn (*) Intercity
Eindbestemming (*) Nijmegen
Type Reiziger Regelmatige reiziger
Beschikbaarheid Gedeeltelijk
Opgeven per weekdag ○
Opgeven voor specifieke dagen ●

OK →

Vrienden o/

Aantal medereizigers op dit moment: 2

Persoonsgegevens

Wijzigen
Wachtwoord
Uitloggen
Uitschrijven

Reistraject

Opgeven (eenmalig)
Opgeven →
Controleren

Medereiziger

Zoeken

Help

Help

Zekerheid opgeven

Vul de zekerheid in voor de weekdagen waarop het opgegeven reistraject wordt afgelegd. Wanneer het reistraject op een bepaalde weekdag niet wordt afgelegd, vul dan als zekerheid 0 in.

Zekerheid maandag 100 %
Zekerheid dinsdag 60 %
Zekerheid woensdag 100 %
Zekerheid donderdag 100 %
Zekerheid vrijdag 100 %
Zekerheid zaterdag 0 %
Zekerheid zondag 0 %

OK →

Vrienden o/

Aantal medereizigers op dit moment: 2

Persoonsgegevens

Wijzigen
Wachtwoord
Uitloggen
Uitschrijven

Reistraject

Opgeven (eenmalig)
Opgeven →
Controleren

Medereiziger

Zoeken

Help

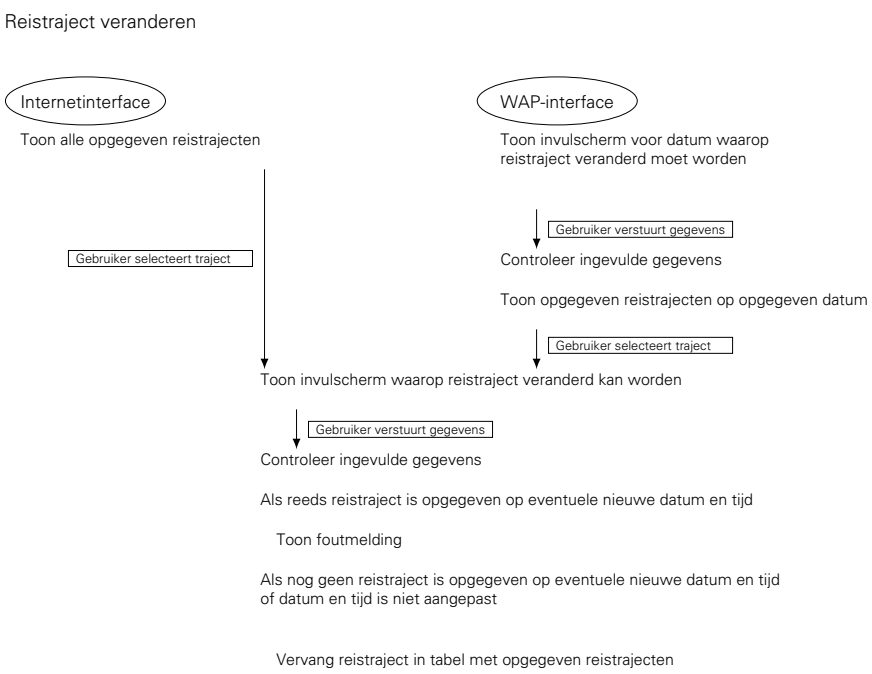
Help

Reistraject ingevuld

12-3-2001 met zekerheid 100
13-3-2001 met zekerheid 060
14-3-2001 met zekerheid 100
15-3-2001 met zekerheid 100
16-3-2001 met zekerheid 100
19-3-2001 met zekerheid 100
20-3-2001 met zekerheid 060
21-3-2001 met zekerheid 100
22-3-2001 met zekerheid 100
23-3-2001 met zekerheid 100
26-3-2001 met zekerheid 100
27-3-2001 met zekerheid 060
28-3-2001 met zekerheid 100
29-3-2001 met zekerheid 100

Figuur 7-14: Opgeven van een reistraject voor een bepaalde periode via de internetinterface

7.1.2.7 Reistraject veranderen

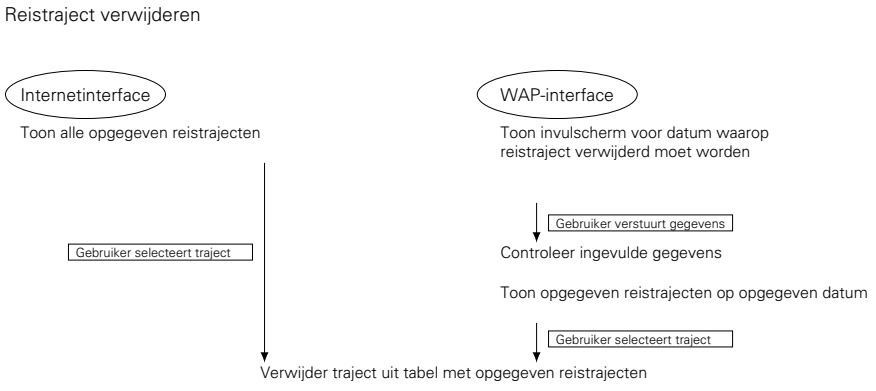


Figuur 7-15: Veranderen van een opgegeven reistraject

Een van tevoren opgegeven reistraject kan zowel via de internetinterface als de WAP-interface veranderd worden. Wanneer een reistraject via de internetinterface wordt veranderd, krijgt de reiziger eerst al zijn opgegeven reistrajecten te zien. Daaruit kan de reiziger een reistraject selecteren om te veranderen. Via de WAP-interface moet de reiziger de datum opgeven waarop een reistraject veranderd moet worden. De reiziger krijgt dan de reistrajecten te zien die op die datum zijn opgegeven. De reiziger kan daaruit een reistraject selecteren om te veranderen. Het is namelijk onpraktisch om alle opgegeven reistrajecten op een mobiele telefoon te bekijken.
Vervolgens voert de reiziger de veranderingen uit en stuurt deze gegevens naar Vrienden OV. De opgestuurde gegevens worden gecontroleerd op ongeldige waarden. Indien de datum en / of opstaptijd is veranderd wordt gecontroleerd of op de nieuwe datum en tijd niet reeds een reistraject is opgegeven. Wanneer dit het geval is, krijgt de reiziger een foutmelding te zien. Wanneer dat niet het geval is, wordt het opgegeven reistraject vervangen.

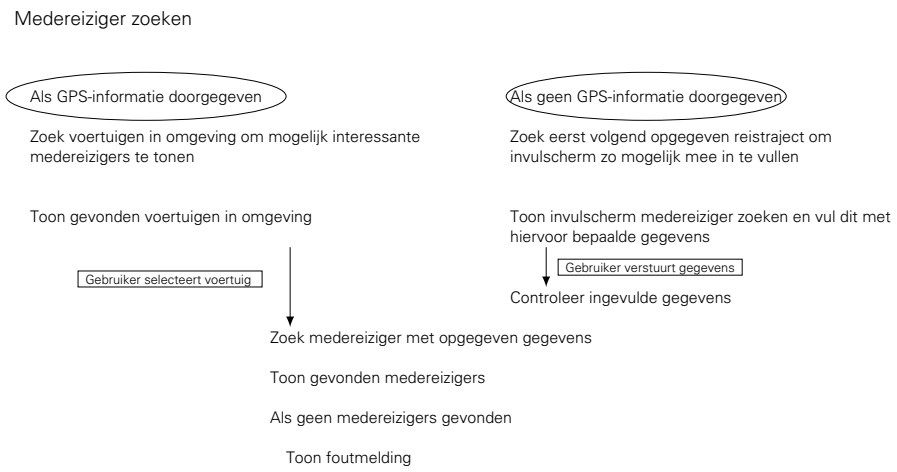
7.1.2.8 Reistraject verwijderen

Een reiziger kan een van tevoren opgegeven reistraject via de internetinterface en de WAP-interface verwijderen. Wanneer een reiziger dit via de internetinterface doet, krijgt hij of zij al zijn opgegeven reistrajecten te zien. De reiziger selecteert een reistraject dat verwijderd moet worden. Dit reistraject wordt direct uit de database verwijderd. Via de WAP-interface moet de reiziger eerst de datum invullen waarop een reistraject verwijderd moet worden. De reiziger krijgt dan de reistrajecten te zien die op die datum zijn opgegeven. Daaruit kan de reiziger een reistraject selecteren om te verwijderen. Dit is gedaan omdat het onpraktisch is om alle opgegeven reistrajecten op een mobiele telefoon te bekijken.



Figuur 7-16: Verwijderen van een opgegeven reistraject

7.1.2.9 Medereiziger zoeken

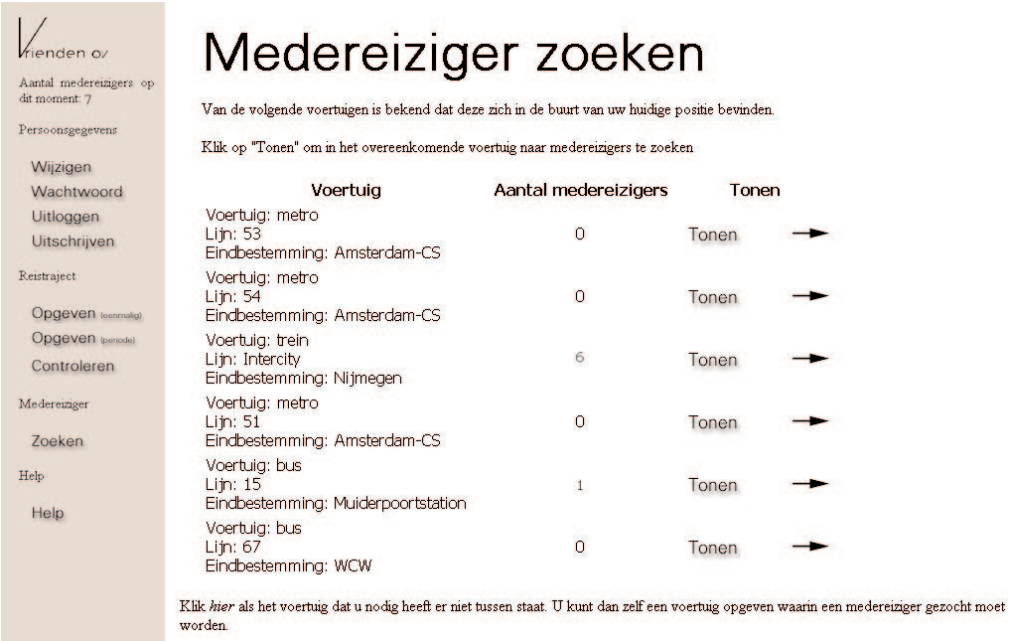


Figuur 7-17: Zoeken naar medereizigers

De belangrijkste functie die Vrienden OV biedt is het zoeken naar medereizigers. Om een medereiziger te zoeken geeft een reiziger het voertuig op waarin naar medereizigers moet worden gezocht. Het invulscherm hiervoor wordt zo mogelijk gevuld met de gegevens uit de van tevoren opgegeven reistrajecten. In figuur 7-18 op de volgende pagina is aangegeven hoe het zoeken naar medereizigers via de WAP-interface uitgevoerd kan worden.

Figuur 7-18: Zoeken naar medereizigers via de WAP-interface

Een gebruiker van de aangeklede versie hoeft niet handmatig het voertuig op te geven. De informatie over de locatie van de reiziger wordt gebruikt om te bepalen welke voertuigen zich in de omgeving van de reiziger bevinden. De reiziger kan dan een voertuig selecteren waarin hij of zij een medereiziger wil spreken. Natuurlijk kan deze reiziger ook handmatig het voertuig opgeven waarin een medereiziger gezocht moet worden. In figuur 7-19 is aangegeven



Figuur 7-19: Zoeken naar medereizigers via de internetinterface

hoe het zoeken naar medereizigers uitgevoerd kan worden wanneer de locatie van de reiziger bekend is.

7.2 Testen

Testen hebben zich beperkt tot het controleren van de juiste werking van het systeem en de gebruikersvriendelijkheid. Vrienden OV is helaas niet in de werkelijkheid met echte reizigers getest. Bijvoorbeeld de vraag of reizigers bereid zijn tot de beoogde communicatie kan daardoor niet beantwoord worden.

De internetinterface is zowel getest met Internet Explorer als met Netscape Navigator. De WAP-interface is eerst volledig ontwikkeld en getest in een WAP-simulator. Pas nadat de interface daar volledig werkend was, is de WAP-interface met een echte mobiele telefoon (Nokia 7110) getest. Hierbij kwamen overigens geen problemen naar voren. De aangeklede versie is getest door op stations, haltes en in treinen, trams en bussen een geldige schatting van de locatie proberen te verkrijgen. De volgende situaties zijn getest:

- meting in een trein waarbij de GPS-ontvanger in het midden van de trein werd gehouden, de GPS-ontvanger tegen het raam werd gehouden en waarbij gebruik werd gemaakt van de hulpantenne;
- meting in een bus waarbij de GPS-ontvanger in het midden van de bus werd gehouden, de GPS-ontvanger tegen het raam werd gehouden en waarbij gebruik werd gemaakt van de hulpantenne;
- meting in een tram waarbij de GPS-ontvanger in het midden van de tram werd gehouden, de GPS-ontvanger tegen het raam werd gehouden en waarbij gebruik werd gemaakt van de hulpantenne;
- meting in een overdekt station waarbij de GPS-ontvanger in het midden van het station werd gehouden, de GPS-ontvanger bij een raam werd gehouden en waarbij gebruik werd gemaakt van de hulpantenne;
- meting in een bushokje waarbij de GPS-ontvanger in het midden van het bushokje werd gehouden, de GPS-ontvanger bij het raam werd gehouden en waarbij gebruik werd gemaakt van de hulpantenne;
- meting bij een halte die enkel bestaat uit een bord met de dienstregeling zowel met als zonder hulpantenne. Hierbij had de GPS-ontvanger dus vrij zicht op de lucht.

In onderstaande tabel staan voor de verschillende situaties de tijden waarmee een geldige schatting van de locatie opgeleverd wordt. De waarden in deze tabel zijn voor elke situatie een gemiddelde van drie metingen. Deze metingen zijn op verschillende tijden op de dag uitgevoerd. Tussen elke meting die is uitgevoerd is ten minste een uur gewacht. Dit om te voorkomen dat de gegevens die de GPS-ontvanger over de banen van de satellieten heeft nog geldig zijn. Wanneer dit namelijk het geval is, kan de GPS-ontvanger veel sneller een geldige schatting van de locatie opleveren. Een meting is afgebroken wanneer er na tien minuten nog geen geldige GPS-meting is.

GPS-ontvanger / Locatie	Midden onder dak	Bij het raam	Meting met behulp van antenne
Trein	> 600 sec	> 600 sec	168 sec
Bus	> 600 sec	> 600 sec	162 sec
Tram	> 600 sec	> 600 sec	273 sec
Station met dak	> 600 sec	> 600 sec	200 sec
Bushokje	> 600 sec	593 sec	304 sec
Halte in open lucht	146 sec	n.v.t.	64 sec

Ter vergelijking:

GPS-ontvanger voor boot in open lucht
44 sec

Figuur 7-20: Tijd die nodig is voordat een geldige schatting van de locatie wordt opgeleverd
Links: GPS-ontvanger voor PCMCIA-interface. Rechts: GPS-ontvanger voor boot

Uit de metingen blijkt dat de GPS-ontvanger in de voertuigen zonder hulpantenne geen geldige meting op kan leveren binnen tien minuten. Ook op stations waar geen direct zicht is op de lucht is er na tien minuten nog geen geldige GPS-meting. In deze situaties is een hulpantenne noodzakelijk. Wanneer hiervan gebruik wordt gemaakt, wordt de tijd voordat een geldige GPS-meting wordt geleverd drastisch verkort. Een probleem hierbij is dat de draagbaarheid van het geheel veel minder is. Het wordt hierdoor onhandig in het gebruik.

De gebruikersvriendelijkheid is getest door twee proefpersonen die nauwelijks computerervaring hebben het systeem te laten gebruiken, zonder dat daarbij aanwijzingen werden gegeven welke handelingen ze moesten uitvoeren. Hierdoor werd duidelijk of de interfaces intuïtief te gebruiken waren.

7.3 Bespreking

Naar aanleiding van de ontwikkeling van Vrienden OV kunnen de volgende opmerkingen gemaakt worden.

7.3.1 Opmerkingen over gebruikte technologie

Vrienden OV is geïmplementeerd met behulp van ASP-pagina's. De ontwikkeling van de interfaces was hierdoor vrij snel uit te voeren. Er kon heel makkelijk code toegevoegd of veranderd worden. Een probleem met deze technologie is de beperkte herbuikbaarheid van de code. De presentatie scheiden van de logica is erg lastig. Dit wordt eigenlijk teveel met elkaar vermengd.

Een probleem bij de ontwikkeling van de WAP-interface waren de beperkingen die op dit moment aan WAP zijn verbonden. Hierbij is vooral de grootte van de decks een probleem. Een deck mag, gecomprimeerd, ongeveer 1400 bits groot zijn. Dit is erg weinig. Hierdoor was het bijvoorbeeld niet mogelijk om alle buslijnen in Amsterdam op één pagina te tonen.
De WAP-interface vormt, zoals reeds gemeld, de uitgeklede versie van het ontwikkelde systeem. Het vormt het referentiesysteem waarmee wordt beoordeeld of de aangeklede versie meerwaarde biedt. Daarnaast is deze versie ontwikkeld om het systeem voor een grotere groep reizigers toegankelijk te maken. Op zich zullen meer reizigers de beschikking hebben over een WAP-telefoon dan over een handcomputer en een GPS-ontvanger. Hierdoor zou het systeem voor meer reiziger bereikbaar zijn. Op dit moment is de groep actieve WAP-gebruikers echter nog erg beperkt. Mocht Vrienden OV op dit moment ingevoerd worden, dan is WAP misschien niet de meest ideale keuze. Een SMS-interface zou met het oog op een brede toegankelijkheid, een betere oplossing zijn.

De aangeklede versie maakt gebruik van GPS als plaatsbepalingsysteem. Hoewel GPS op dit moment het meest gebruikte plaatsbepalingsysteem is, zijn er toch een aantal problemen hieraan verbonden. Ten eerste de tijd voordat een GPS-ontvanger voor het eerst een geldige schatting van de locatie oplevert. Een GPS-ontvanger levert bij het aanzetten wel meteen een schatting van de locatie op, maar daarvan kan niet worden aangenomen dat de schatting een juiste indicatie is. Deze eerste schatting hangt af van de locatie waar voor het laatst een locatieschatting is uitgevoerd. In het ontwikkelde programma wordt, totdat er een geldige schatting is, wel gebruik gemaakt van deze eerste schatting. Ten tweede kan het GPS-signaal niet ontvangen worden binnen gebouwen. Ook in voertuigen is het GPS-signaal slecht te ontvangen. De tijd waarmee in voertuigen een geldige schatting van de locatie wordt geleverd loopt, zeker zonder hulpantenne, zeer snel op.
Door deze onbetrouwbaarheid van het GPS-signaal is GPS als plaatsbepalingsysteem voor Vrienden OV niet ideaal. Een reizigers zal waarschijnlijk vaak in voertuigen en stations gebruik willen maken van Vrienden OV, terwijl juist daar niet op het GPS-signaal vertrouwd kan worden.
Er zijn overigens wel systemen ontwikkeld die de betrouwbaarheid van het GPS-signaal proberen te verbeteren. Een voorbeeld hiervan is Eurofix[1]. In dit systeem wordt naast de GPS-satellieten gebruik gemaakt van Loran-C-zendstations. In het Eurofix-systeem verzenden

1 Zie appendix A voor een uitgebreidere beschrijving van dit systeem

deze zendstations naast het Loran-C-navigatiebericht, correcties op het GPS-signaal. Een ontvanger leest zowel de GPS-signalen als de Loran-C-signalen. Doordat de signalen van Loran-C beter ontvangen kunnen worden in bebouwde gebieden dan de GPS-signalen, is een veel hogere betrouwbaarheid van de schatting van de locatie te verkrijgen. Ook ander soort steunzenders voor het GPS-signaal zouden deze betrouwbaarheid kunnen leveren. Om de ontvangst van het GPS-signaal in voertuigen te verbeteren zou gebruik gemaakt kunnen worden van externe antennes in de voertuigen. Dit soort verbeteringen zouden GPS als plaatsbepalingsysteem voor Vrienden OV geschikter maken.
Andere plaatsbepalingsystemen waarvan de ontvangst in bebouwde gebieden betrouwbaarder is, bijvoorbeeld plaatsbepalingsystemen die werken op basis van een GSM-signaal, zouden ook geschikt zijn voor een systeem als Vrienden OV.

7.3.2 Opmerkingen over gebruikersvriendelijkheid

Bij de internetinterface kwamen er qua gebruikersvriendelijkheid weinig problemen naar voren. Bij de WAP-interface blijkt vooral het beperkte bedieningsgemak van een mobiele telefoon moeilijkheden op te leveren. Eigenlijk is deze versie dan ook alleen geschikt om de gebruiker kleine veranderingen te laten uitvoeren. Een heel nieuw reistraject opgeven is praktisch gezien niet uitvoerbaar. Een reiziger moet hiervoor teveel informatie handmatig invullen. Andere genoemde problemen van mobiele telefoons als de lage verbindingssnelheid en het ontbreken van grote kleurenschermen spelen veel minder mee.
Het bedieningsgemak van de WAP-versie zou verbeterd kunnen worden door een plaatsbepalingsysteem in een mobiele telefoon. Dit kan er namelijk voor zorgen dat een reiziger minder informatie handmatig hoeft in te vullen. De ontwikkelde aangeklede versie laat de mogelijkheden hiervan zien. Op dit moment zijn er nog weinig tot geen mobiele telefoons voorhanden die een plaatsbepalingsysteem hebben, maar de verwachting is dat hier snel verandering in komt.
De aangeklede versie biedt de reiziger onderweg meer gebruiksgemak dan de gebruiker van de uitgeklede versie. Naast de problemen die verbonden zijn aan het gebruik van GPS, zijn er weinig problemen naar voren gekomen bij deze versie.

7.4 Samenvatting

In dit hoofdstuk is het geïmplementeerde systeem dat in deze scriptie ontworpen is, besproken. Er is aangegeven hoe de database met de eerder bepaalde functie beschikbaar wordt gesteld aan de gebruikers. Daarnaast is aangegeven wat naar aanleiding van de implementatie problemen zijn van het systeem. Deze kunnen als volgt worden samengevat.
Het ontworpen systeem om reisinformatie via medereizigers beschikbaar te stellen is technisch haalbaar. Een dergelijk systeem kan ook veel profijt hebben van de informatie over de locatie van een gebruiker. Een oplossing die gebruik maakt van GPS als plaatsbepalingsysteem is, door de problemen die aan GPS verbonden zijn, niet ideaal. Zonder aanpassingen om de betrouwbaarheid van het GPS-signaal te verbeteren, is het GPS-signaal niet goed genoeg te ontvangen in bebouwde gebieden.

Conclusie

In dit hoofdstuk worden de conclusies van het onderzoek gepresenteerd. Daarnaast worden een aantal richtingen voor toekomstig onderzoek aangegeven.

8.1 Conclusies

Het doel van het onderzoek was een toepassing te ontwikkelen voor een computer waarvan de locatie bekend is en die mogelijkheden laat zien van de combinatie van mobiliteit en informatie en communicatietechnologie. In deze scriptie is de toepassing onderzocht voor het verkrijgen van reisinformatie. In het voorgestelde systeem, Vrienden OV, is er geen samenwerking tussen de verschillende openbaar vervoerbedrijven nodig, maar leveren de reizigers elkaar de gewenste reisinformatie. Hierbij gaat het vooral om actuele reisinformatie en extra informatie zoals de veiligheid op een bepaald traject.

Op basis van het ontwerp en de implementatie van dit systeem kan het volgende gezegd worden. Technisch gezien is deze toepassing haalbaar. Reizigers kunnen met behulp van Vrienden OV medereizigers zoeken om aan hen de gewenste informatie te vragen. In principe heeft een reiziger aan apparatuur enkel een WAP-telefoon nodig. Met geavanceerdere apparatuur, meer specifiek een handcomputer en een GPS-ontvanger, is het systeem te verbeteren. De ontwikkelde aangeklede versie laat zien dat de informatie over de locatie voor meer bedieningsgemak kan zorgen.

Hoewel de toepassing haalbaar is, zijn er uit de implementatie toch een aantal problemen naar voren gekomen. Problemen die naar voren zijn gekomen bij de ontwikkelde aangeklede versie hebben vooral betrekking op het gebruik van een GPS-ontvanger voor het verkrijgen van de informatie over de locatie. Er blijkt dat het gebruiken van een GPS-ontvanger niet de meest ideale keuze is. Een GPS-ontvanger heeft een relatief lange periode nodig om een geldige schatting van de locatie op te leveren. Daarnaast kunnen de GPS-signalen slecht ontvangen worden binnen gebouwen en voertuigen.
Systemen die de ontvangst van het GPS-signaal betrouwbaarder maken, zoals Eurofix, zouden ervoor kunnen zorgen dat GPS een geschiktere keuze is als plaatsbepalingsysteem voor een systeem als Vrienden OV.

Ook plaatsbepalingsystemen waarbij de locatie wordt verkregen met behulp van een mobiele telefoon kan dit laatste probleem oplossen. Deze technieken werken over het algemeen ook binnen gebouwen en voertuigen.

Voor het afstudeeronderzoek is ook een uitgeklede versie ontwikkeld. Deze versie maakt gebruik van WAP. Op zich werkt de WAP-interface goed voor de belangrijkste functie van het systeem: het zoeken naar medereizigers. Functies waarbij een gebruiker meer gegevens moet invullen zijn, door het beperkte bedieningsgemak van een mobiele telefoon, minder goed uit te voeren. Het doel van deze uitgeklede versie was, naast het referentiesysteem waarmee de aangeklede versie wordt beoordeeld, het systeem voor een grotere groep reizigers beschikbaar te maken. Slechts weinig reizigers hebben namelijk de beschikking over een GPS-ontvanger en handcomputer. Het aantal actieve WAP-gebruikers is op dit moment echter nog niet dermate hoog dat hierdoor het systeem voor een veel grotere groep gebruikers beschikbaar is. Hoewel een WAP-interface voor Vrienden OV op zich een goede keuze is, is bijvoorbeeld een SMS-interface misschien een betere keuze om het systeem een grotere toegankelijkheid te geven.

8.2 Toekomstig onderzoek

Hoewel in deze scriptie een werkende toepassing is ontwikkeld, zijn er nog vele gebieden die geen of slechts weinig aandacht in deze scriptie hebben gekregen. Deze sectie probeert een aantal suggesties voor toekomstig onderzoek te geven.

Ten eerste onderwerpen voor toekomstig onderzoek die specifiek voor de ontwikkelde toepassing zijn:

- Onderzoek naar de bereidheid van reizigers tot het opgeven van reistrajecten en de beoogde communicatie. Ook kan gedacht worden aan onderzoek naar de privacy van de deelnemers en de eventuele problemen daarbij. In het voorgestelde systeem is bekend welk reistraject een reiziger aflegt waardoor de privacy van de reiziger voor problemen kan zorgen;
- Maatregelen die ervoor zorgen dat het aantal telefoongesprekken per reiziger beperkt blijft. Hierbij kan gedacht worden aan het gebruik maken van reeds beschikbare gegevens van openbaar vervoerbedrijven. In dit geval wordt eerst geprobeerd deze gegevens te gebruiken. Pas als er geen gegevens beschikbaar zijn over het gevraagde traject, wordt er een medereiziger in het betreffende traject gezocht. Ook kan gedacht worden aan het beschikbaar stellen van de informatie die twee reiziger onderling uitwisselen, aan de overige reizigers. Op het moment dat twee reizigers informatie uit wisselen, wordt bijvoorbeeld deze informatie ook verspreid onder de andere reizigers die zich in het betreffende traject bevinden;
- Meer aangeklede versies. De ontwikkelde toepassing maakt slechts in beperkte mate gebruik van de mogelijkheden die de informatie over de locatie biedt. Er zijn echter nog vele extra mogelijkheden met deze informatie. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan versies die de reizigers kunnen begeleiden;
- Meerdere interfaces. In het onderzoek is een internetinterface en een WAP-interface ontwikkeld. Om het systeem voor een grotere groep reizigers beschikbaar te maken, zouden extra interfaces ontwikkeld kunnen worden. In de scriptie is al een SMS-interface gesuggereerd. Er zou bijvoorbeeld ook een interface voor I-mode ontwikkeld kunnen worden die meer gericht is op amusement.
  Wanneer er meerdere interfaces beschikbaar worden gesteld is het verstandig om een middel te hebben om de data automatisch te kunnen omzetten naar de verschillende interfaces. Hierdoor wordt voorkomen dat de pagina's voor de verschillende interfaces apart onderhouden hoeven te worden. Misschien kan XML daarbij van pas komen. De gegevens uit de database moeten dan in XML-vorm aan de software worden aangeboden. Vervolgens worden door translatie de data aangepast aan het apparaat dat de data oproept.

Ten tweede onderwerpen die niet specifiek voor de ontwikkelde toepassing zijn:

- Onderzoek naar andere plaatsbepalingsystemen. In het ontwikkelde systeem wordt gebruik gemaakt van GPS als plaatsbepalingsysteem. De problemen die verbonden zijn

aan GPS zorgen ervoor dat GPS niet het meest ideale systeem is voor de ontwikkelde toepassing. Systemen die het GPS-signaal betrouwbaarder maken zouden GPS als plaatsbepalingsysteem voor Vrienden OV geschikter maken. Ook een plaatsbepalingsysteem die gebruikt maakt van een GSM-signaal kan een geschikt systeem zijn. Deze systemen zijn echter nog niet algemeen beschikbaar.

Ten slotte kan ook gedacht worden aan het algemene idee achter Vrienden OV, het gebruiken van personen om de gewenste informatie te verkrijgen, om te zetten naar andere toepassingen. In dit onderzoek is alleen een toepassing voor het verkrijgen van reisinformatie voor het openbaar vervoer onderzocht. Een voor de hand liggende soortgelijke toepassing, is het idee gebruiken voor het personenvervoer per auto. Hierdoor is er een veel grotere doelgroep beschikbaar, waardoor dit een aantrekkelijke uitbreiding lijkt. Zeker als geprobeerd wordt geld te verdienen met Vrienden OV is een grotere doelgroep erg gewenst. Ook kan gedacht worden om het idee van Vrienden OV te gebruiken voor het wegtransport. Bij beide ideeën moet wel aandacht worden geschonken aan de veiligheid.

Literatuurlijst

Aatique, M., *Evaluation of TDOA techniques for position location in CDMA systems*, Faculty Of The Virginia Polytechnic Institute and State University, 1997

Artem, G., *Management of geographic information in mobile environment*, University of Jyväskylä, Department Of Computer Science And Information Systems, 2000

Bakalov, R. 'Introduction to WAP's Wireless Transport Layer Security', in: *Information Security Technical Report*, 2000, volume 5, nr. 3, p. 15-22

Bettstetter, C., 'Gsm phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: architecture, protocols, and air interface', in: *IEEE Communications Surveys*, 1999, volume 2, nr. 3, p. 2-14

Blankers, P., 'UMTS in een notendop' in: *Telecommagazine*, 2000, nr. 6

Blankers, P., 'De ommekeer in mobiele data', in: *Telecommagazine*, 2000, nr. 1

Boers, J., *EPN-dossier: M-commerce*, Stichting Electronic Highway Platform Nederland, 2000

Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I., *The Unified Modelling Language user guide*, Addison Wesley, 1999

Bots, R. T. M., Jansen, W., *Organisatie en informatie*, Samson Bedrijfsinformatie, 1996

Bruggeman, M., *Reisinformatie; wensen van reizigers*, Rover, 1999

Burgess,C. J., 'Software quality issues when choosing a programming language', in: *Software Quality Management III*, maart 1995, volume 2, p. 25-31

CBS, *Kerncijfers verkeer en vervoer 2000*, CBS, 2000

CBS (2), *Maandstatistiek verkeer en vervoer*, CBS, November 2000

CBS, *Mobiliteit van de Nederlandse bevolking*, CBS, November 1999

Chanowski, M. M., *Man-machine interface*, Faculteit Wiskunde, Informatica, Natuurkunde en Sterrenkunde Universiteit van Amsterdam, 1998

Clarke, P., *New cell-phone positioning scheme touted*, CMP Media Inc., 2000

Cluts, N. W., *All about scripting*, Microsoft corporation, 1997

Curran, I., Beatty, M., 'Effective use of GSM for accurate positioning', in: *Journal of Navigation*, 2000, volume 53, nr. 1, p. 25-29

Date, C. J., *An introduction to database systems*, Addison Wesley, 1995

Dumez, J., *Intelligent Ticket Information System*, Hogeschool van Antwerpen, 1999

Enge, P., Misra, P., 'Scanning the issue/technology, special issue on Global Positioning System', in: *Proceedings Of The IEEE*, 1999, volume 87, nr. 1

Evans, G., 'Modeling time in UML class diagrams', in: *Thinking Objects*, 1999, volume 1, nr. 2

Graaf, X. J. de, Hagoort, M. J., *Systeemontwerp reisinformatie, Blauwdruk voor een systeem*, Verkeer & Milieu Consultancy BV, 2000

Havinga, P. J. M., *Mobile Multimedia Systems*, University of Twente, 2000

Hofman, B., Reijen, J., 'We raken massaal verslingerd aan draadloze diensten', in: *Telecommagazine*, 2000, nr. 1

Jansen, W., Jägers, H. P. M., Steenbakkers, G. C. A., 'Virtuele gemeenschappen; identiteit, innovatie en ICT', in: *Primavera Working Paper Series*, maart 2000

Jones, M., Marsden, G., Mohd-Nasir, N., Boone, K., Buchanan, K., 'Improving Web interaction on small displays', in: *Computer Networks*, 1999, volume 31, nr. 11-16, p. 1129-1137

Klomp, H., 'Op je plek dankzij de zendmast', in: *Intermediair*, 25 mei 2000, p. 113-115

Klootwijk, W., 'Mobieltje, breng m'n meisje terug', in: *Volkskrant magazine*, 29 April 2000, p. 58-59

Krizman, K. J., Biedka, T. E., Rappaport, T. S., 'Wireless position location: fundamentals, implementation strategies, and sources of error', in: *IEEE Vehicular Technology Conference*, mei 1997, p. 919-923

Lawlis, P. K., *Guidelines for choosing a computer language: support for the visionary organization*, Kemp systems, inc., 1997

Lechner, W., Baumann, S., 'Global navigation satellite systems', in: *Computers and Electronics in Agriculture*, 2000, volume 25, p. 67-85

Mobile Lifestreams, *Mobile positioning; an introduction to mobile positioning*, Mobile Lifestreams Limited, 1999

NAVCEN, *Global Positioning System Standard Positioning Service Signal Specification*, Coast Guard Navigation Center, juni 1995

NIMA, *Department Of Defence World Geodetic System 1984*, NIMA, derde editie amendment 1, januari 2000

Nokia, *Wap service designer's guide to Nokia handsets*, Nokia, 2000

Nokia (2), *Wireless Application Protocol - The Corporate Perspective*, Nokia, 2000

Offermans, G. W. A., Helwig, A. W. S., Willigen, D. van, 'Eurofix system and its development, *Proceedings of the 1998 international conference of the royal institute of navigation, London, UK, december 9-11*, 1999

Oliphan, M., 'The mobile phone meets the Internet', in: *IEEE Spectrum*, 1999, volume 36, nr. 8

Overgaard, G., Palmkvist, K., 'A formal approach to use cases and their relationship', in: J. Bezivin, P. Muller, *The unified modeling laguage: UML '98: Beyond the notation : first international workshop, Mulhouse, France, June 3-4 1998*, Berlin Springer, 1999, p. 406-418

Pfost, D., *Precision agriculture: Global Positioning System (GPS)*, University Extension, University of Missouri-System, 1998

Rahnema, M., 'Overview of the GSM system and protocol architecture', in: *IEEE Communication Magazine*, april 1993

Rational Software, *UML notation guide, version 1.1*, Rational Software corporation, 1997

Salkintzis, A. K., 'A Survey of mobile data networks', in: *IEEE Communications surveys*, 1999, volume 2, nr. 3

Sommerville, I., *Software engineering*, Addison Wesley, 1997

Stajano, F., 'The SMS server, or why I switched from Tcl to Python', in: *Proceedings of the 7th International Python Conference*, november 1998

Stilp, L. A., 'Time difference of arrival technology for locating narrowband cellular signals', in: *SPIE Proceedings*, 1995, volume 2602, p. 134-144

Tsalgatidou, A., Veijalainen, J., Pitoura, E., 'Challenges in mobile electronic commerce', in: *Proceedings of IeC 2000, 3rd international conference on innovation through E-Commerce, Manchester UK, 14-16 November*, 2000

Verbunt, A., 'De toekomst is draadloos', in: *PT Embedded Systems*, januari/februari 2000, p. 22-25

Wapforum, *Wireless Application Protocol, white paper*, Wapforum, 2000

Zebhauser, B., *Zur Entwickeling eines GPS-Programmsystems für Lehre und Tests unter besonderer Berücksichtigung der Ambiquity Function Methode*, Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie der TU München, 1999

Zohar, M., *The dawn of mobile eCommerce*, Forrester, oktober 1999

Zwart, H., 'Wap een kanaal erbij', in: *Informatie*, juli/augustus 2000, p. 23-29

Zwart, H., 'Wat is Wap?', in: *PT Embedded Systems*, juni 2000, p. 40-43

Zwijnenberg, H., 'Communicatietechnologie in het openbaar vervoer GSMove', in: *Telematica nieuws*, juli/augustus 2000, p. 3-4

Appendix A - GPS

NAVSTAR-GPS staat voor Navigation System with Time and Ranging - Global Positioning System, kortweg GPS. GPS is een satelliet navigatiesysteem dat onderhouden is door de luchtmacht van de Verenigde Staten. GPS is sinds de jaren tachtig gebruikt voor precieze plaatsbepaling en navigatie op een wereldwijde basis voor militaire doeleinden. Deze rol zal het blijven vervullen. Sinds 1995 is het systeem ook voor civiele doeleinden gebruikt.

De aangeklede versie van het systeem om reisinformatie te verkrijgen maakt gebruik van GPS als plaatsbepalingsysteem. In deze appendix wordt dieper ingegaan op GPS. Er zal worden aangegeven uit welke componenten GPS bestaat, hoe het werkt, wat een aantal problemen van GPS zijn en welke verbeteringen bestaan.

A.1 GPS-componenten

Het Global Positioning System bestaat uit drie componenten:
- ruimtesegment;
- controlesegment;
- gebruikerssegment.

A.1.1 Ruimtesegment

Het ruimtesegment bestaat uit 24 operationele satellieten die in een middelhoge baan (ongeveer 18.000 kilometer boven zeeniveau) om de aarde cirkelen. Deze 24 satellieten zijn van het type Block II en Block IIA. Het GPS-systeem bevat naast deze Block II en Block IIa-satellieten ook Block I-satellieten. De Block I-satellieten bevatten niet alle ontwerpkenmerken en mogelijkheden van de Block II en Block IIa-satellieten. De Block II en de aangepaste Block IIa-satellieten geven vanuit het oogpunt van een civiele gebruiker een identieke dienst (NAVCEN, 1995).
De satellieten draaien in een baan om de Aarde in 11 uur en 58 minuten. De banen van de satellieten zijn gelijk verdeeld over de Aarde. Het stelsel van satellieten zorgt ervoor dat de gebruiker op elk punt van de Aarde tussen de vijf en acht satellieten kan zien (Lechner, 2000).

Deze satellieten zenden voortdurend een gesynchroniseerd digitaal signaal uit. Dit bericht bevat onder andere de positie van de satelliet, de status van de satelliet, correctie op de klok van de satelliet, vertragingseffecten en de status van het satellietstelsel. Daarnaast bevat het bericht almanakgegevens en efemeridengegevens (NAVCEN, 1995). De almanakgegevens bevatten informatie over de relatie tussen de satellieten, het bevat parameters over de banen van alle satellieten. Elke satelliet verstuurt almanakgegevens voor alle satellieten. Deze informatie is niet heel precies en wordt enkele maanden als geldig beschouwd. De efemeridengegevens daarentegen zijn erg precieze correcties op de klok en de baan van de satelliet. Deze gegevens zijn nodig voor precieze plaatsbepaling. Elke satelliet verstuurt slechts zijn eigen efemeridengegevens. Deze gegevens worden ongeveer 30 minuten als geldig beschouwd. Wanneer een GPS-ontvanger wordt aangezet nadat het meer dan 30 minuten uitgeschakeld is geweest, zoekt het naar satellieten op basis van de almanakgegevens en de huidige tijd. Met deze informatie kunnen geschikte satellieten gezocht worden. Het bericht dat een satelliet verstuurt is uniek. Het levert het mechanisme om elke satelliet te identificeren.

Elke satelliet verstuurt twee signalen: L1 en L2. Het L1-signaal is gemoduleerd met twee pseudo willekeurige ruissignalen - de beveiligde precise (P)-code en de coarse/acquisition (C/A)-code. Het L2-signaal bevat alleen de P-code. De P-code is alleen toegankelijk voor geautoriseerde gebruikers zoals de militairen van de verenigde Staten (NAVCEN, 1995).

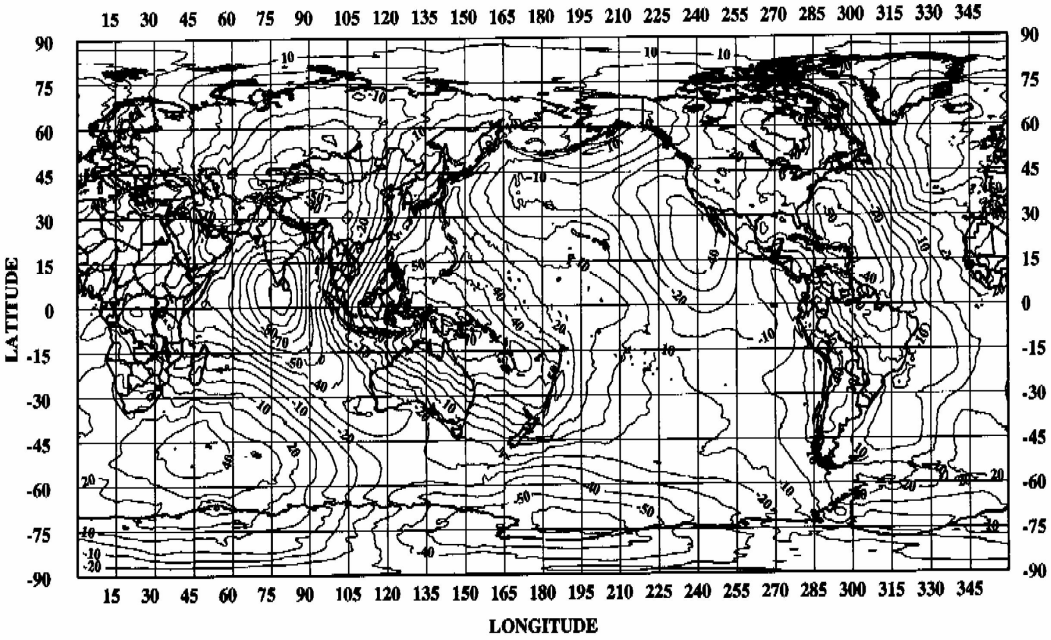
A.1.2 Controlesegment

Het controlesegment bestaat uit:
- een master controle station;
- grondantennes;
- monitorstations.

De monitorstations meten de signalen van de satellieten. De monitorstations verzenden deze gegevens naar het master controle station. Deze zendt via de grondantennes correcties over de banen van de satellieten en de klokgegevens naar de satellieten (Lechner, 2000), (NAVCEN, 1995). De satellieten zenden de gecorrigeerde gegevens weer naar de GPS-ontvangers. Deze gebruiken deze gegevens bij het bepalen van hun positie. De correcties zijn nodig doordat onder invloed van onder andere de zwaartekracht van de zon en de maan de banen van de satellieten licht variëren. Zonder correcties zouden de GPS-ontvangers de positie berekenen met verkeerde gegevens waardoor deze hun positie nooit goed zouden kunnen bepalen (Pfost, 1999).

A.1.3 Gebruikerssegment

Het gebruikerssegment bestaat uit de GPS-ontvangers en de gebruikersgemeenschap. GPS-ontvangers converteren de signalen van de satellieten onder andere in een schatting van de huidige positie en de snelheid.
De positie die een GPS-ontvanger teruggeeft wordt standaard in het WGS-1984-formaat geleverd. WGS-1984 staat voor World Geodetic Survey 1984 Earth-Centered, Earth-Fixed coördinatensysteem. Dit coördinatensysteem levert een globaal driedimensionaal referentie coördinatensysteem voor geospatiële data (NIMA, 2000). WGS-1984 legt als het ware een grid over de Aarde. Een positie wordt met een lengte (longitude)- en breedte (latitude)-graad aangegeven. De breedtegraad geeft de afstand tot de evenaar aan. Het is de hoek die gevormd wordt door een lijn van de huidige positie naar het centrum van de Aarde en een lijn van de evenaar naar het centrum van de Aarde. De lengtegraad geeft de afstand tot de primaire meridiaan aan. Het is de hoek die gevormd wordt door de lijn van de huidige positie naar het centrum van de Aarde en de lijn van de primaire meridiaan naar het centrum van de Aarde. De primaire meridiaan is een denkbeeldige lijn die van noord naar zuid rond de Aarde loopt. Deze primaire meridiaan gaat door de Noordpool, Zuidpool en Greenwich Londen. Met zowel de lengte als de breedtegraad is bekend hoever de positie ten noorden of ten zuiden van de evenaar ligt en hoever ten oosten of ten westen van de primaire meridiaan. Breedtecoördinaten ten noorden van de evenaar hebben een “N” of “+” toevoeging. Breedtecoördinaten ten zuiden van de evenaar hebben een “S” of “-” toevoeging. Lengtecoördinaten ten westen van de primaire meridiaan hebben een “W” of “+” toevoeging. Lengtecoördinaten ten oosten van de primaire meridiaan hebben een “E” of “-” toevoeging (Lechner, 2000).



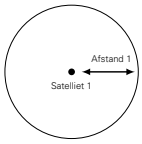
Figuur A-1: WGS 1984-coördinatensysteem

De meeste GPS-ontvangers kunnen de positie ook converteren naar andere coördinatensysteem.

De GPS-ontvanger vergelijkt het tijdstip van uitzenden van het GPS-signaal door de satelliet en het tijdstip van aankomst op de ontvanger. Wanneer het tijdverschil vermenigvuldigd wordt met de lichtsnelheid is de afstand tot de satelliet bekend. Aangezien er sprake is van een schatting en dit fouten bevat wordt er ook wel gesproken over een *pseudo-range*. Wanneer de ontvanger de signalen van vier satellieten ontvangen heeft, is de plaats van de ontvanger te berekenen aan de hand van de posities van de vier satellieten.
Het aantal GPS-ontvangers dat gebruik kan maken van de GPS-signalen is niet beperkt, omdat ze op een passieve manier optreden.

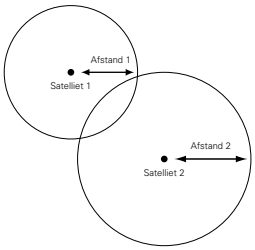
A.2 Basis principe van een satelliet navigatiesysteem

Het belangrijkste principe achter een satelliet navigatiesysteem is de creatie van driehoeksmeting van een punt op de Aarde naar de zichtbare satellieten. Dit is een geometrisch principe waarmee een positie is te berekenen als de afstand tot andere punten waarvan de locatie bekend is bepaald is.
Het principe werkt als volgt. Wanneer bekend is wat de afstand van de huidige positie tot één satelliet is, is het enige wat zeker is dat dit punt zich op een cirkel rond deze satelliet bevindt met een radius gelijk aan deze afstand.



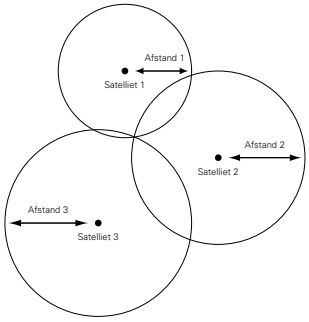
Figuur A-2: Positiebepaling met één bekende afstand tot één satelliet
De huidige positie bevindt zich ergens op de cirkel

Wanneer nu ook bekend is wat de afstand van de huidige positie tot een tweede satelliet is, is de positie exacter te bepalen. Er zijn nu twee cirkels te tekenen waarop de huidige positie zich bevindt. Deze twee cirkels snijden elkaar op twee punten. De huidige positie bevindt zich op één van deze snijpunten.



Figuur A-3: Positiebepaling met twee bekende afstanden tot twee satellieten
De huidige positie bevindt zich op één van de twee snijpunten van de twee cirkels

Wanneer nu bekend is wat de afstand van de huidige positie tot een derde satelliet is, is bekend op welk van de twee punten de huidige positie zich bevindt.



Figuur A-4: Positiebepaling met drie bekende afstanden tot drie satellieten
De huidige positie bevindt zich op het snijpunt van de drie cirkels

Bovenstaand voorbeeld is uitgewerkt in twee dimensies. In de werkelijkheid wordt er gewerkt met drie dimensies. In dat geval werkt de positiebepaling met bolvormen in plaats van cirkels.

In principe zijn er drie satellieten nodig om een driedimensionale positie te bepalen. Een vierde signaal is echter nodig om te compenseren voor het tijdverschil tussen de klokken in de satellieten en de klok in de ontvanger. De satellieten beschikken over een atoomklok waarmee de precieze tijd is te bepalen. Wanneer er slechts drie satellieten gebruikt zouden worden, zou elke ontvanger ook uitgerust moeten worden met een atoomklok. Aangezien dit financieel gezien niet haalbaar is, moet de precieze tijd op een andere manier bepaald worden. De ontvanger berekent de precieze tijd en locatie op basis van de ontvangen signalen van de satellieten. Wanneer de afstand tot vier satellieten bepaald is, kunnen er vier oppervlakten getekend worden die elkaar snijden op één punt. De vier oppervlakten snijden elkaar niet in één punt als de metingen incorrect zijn. Omdat de ontvanger continu metingen uitvoert met dezelfde klok, bevatten alle afstanden dezelfde fout. De ontvanger kan daarom berekenen welke tijdsaanpassing nodig is om de vier oppervlakten elkaar in één punt te laten snijden. Hiermee kan de ontvanger zijn klok corrigeren om daarmee de afstandsmetingen aan te passen (Lechner, 2000).

De ontvanger meet de tijd waarmee het signaal onderweg is van de satelliet naar de ontvanger. Er moet dus bekend zijn wanneer het signaal de satelliet verliet en wanneer het signaal op de ontvanger aankomt. De aankomsttijd van het signaal is bekend. Om de vertrektijd te bepalen wordt het volgende gedaan. GPS-satellieten genereren een verzameling digitale codes. Deze codes zijn dermate complex dat ze gemakkelijk vergeleken kunnen worden. Het zijn pseudo willekeurige reeksen die zich steeds herhalen. De truc is dat de GPS-satellieten en de ontvangers gesynchroniseerd zijn zodat ze dezelfde code op dezelfde tijd genereren. Wanneer een ontvanger dus een code van een satelliet ontvangt, kijkt de ontvanger hoe lang geleden het dezelfde code gegenereerd heeft. Het tijdverschil is gelijk aan de reistijd van het signaal. Met andere woorden de ontvanger vergelijkt hoeveel de ontvangen satellietcode vertraagd is op basis van de door de ontvanger gegenereerde code.

Met de hierboven beschreven technieken kan de GPS-ontvanger bepalen hoe lang een signaal onderweg is van een satelliet naar de ontvanger. De afstand die het signaal heeft afgelegd is te bepalen door deze reistijd te vermenigvuldigen met de lichtsnelheid ($c = 2{,}99792458 \times 10^8$ meter per seconde).

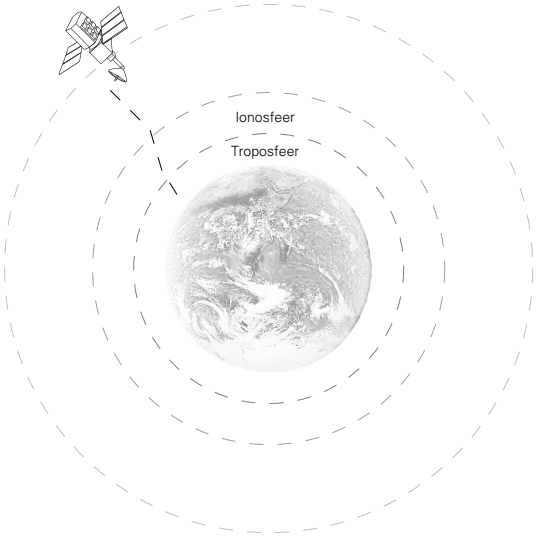
A.3 Nauwkeurigheid

Met GPS zonder differential correctie[1] is een nauwkeurigheid van ongeveer vijftien meter mogelijk. Met differential correctie is een nauwkeurigheid mogelijk van een paar millimeter tot een paar meter.
Er zijn een aantal bronnen die de nauwkeurigheid van een positieberekening beïnvloeden (Zebhauser, 1999), (Lechner, 2000):

- Onnauwkeurigheden in de ontvanger.
- Fouten in de satellietklok. Kleine fouten in de klok van de satellieten kunnen grote fouten veroorzaken in de positieberekeningen. Deze bron kan een afname van de nauwkeurigheid veroorzaken van nul tot anderhalve meter.
- Fouten in de gegevens over de banen van de satellieten. Wanneer deze gegevens niet kloppen, zijn de satellieten op een andere positie dan de positie waarmee een ontvanger zijn plaatsbepaling uitvoert. Deze bron kan een afname in de nauwkeurigheid veroorzaken van één tot vijf meter.
- Ruis in de meting of verstoring van het signaal door elektrische interferentie. Dit kan een afname in de nauwkeurigheid veroorzaken van nul tot tien meter.
- Atmosferische effecten. De reistijd van GPS-signalen kan veranderd worden door atmosferische effecten. Wanneer een signaal door de ionosfeer (het gedeelte van de atmosfeer op 50 tot 1000 kilometer boven de Aarde) en troposfeer (laagste gedeelte van de atmosfeer rond de Aarde) gaat wordt het signaal gebroken waardoor de snelheid van het

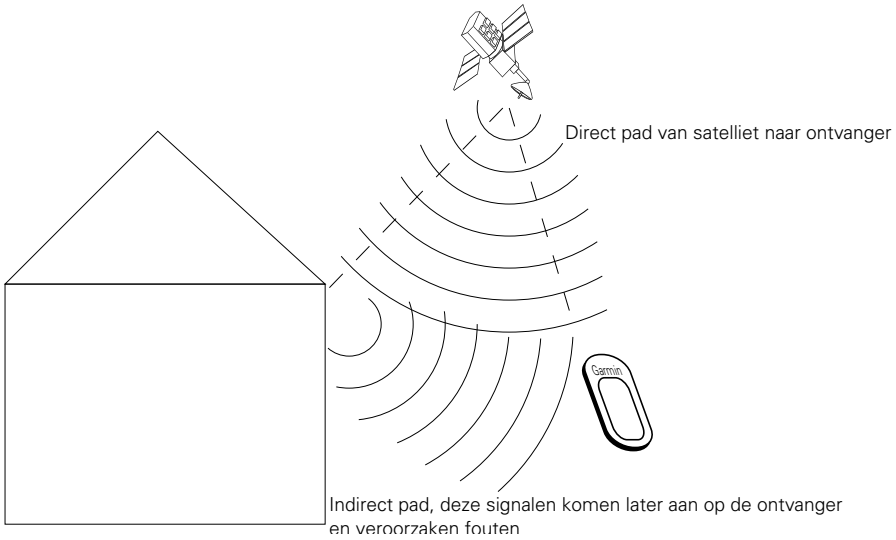
1 Zie paragraaf Differential GPS

signaal anders is dan in de ruimte. Zowel de ionosfeer als de troposfeer kan de nauwkeurigheid met zo'n dertig meter verminderen.



Figuur A-5: Afbuiging van het GPS-signaal in de atmosfeer

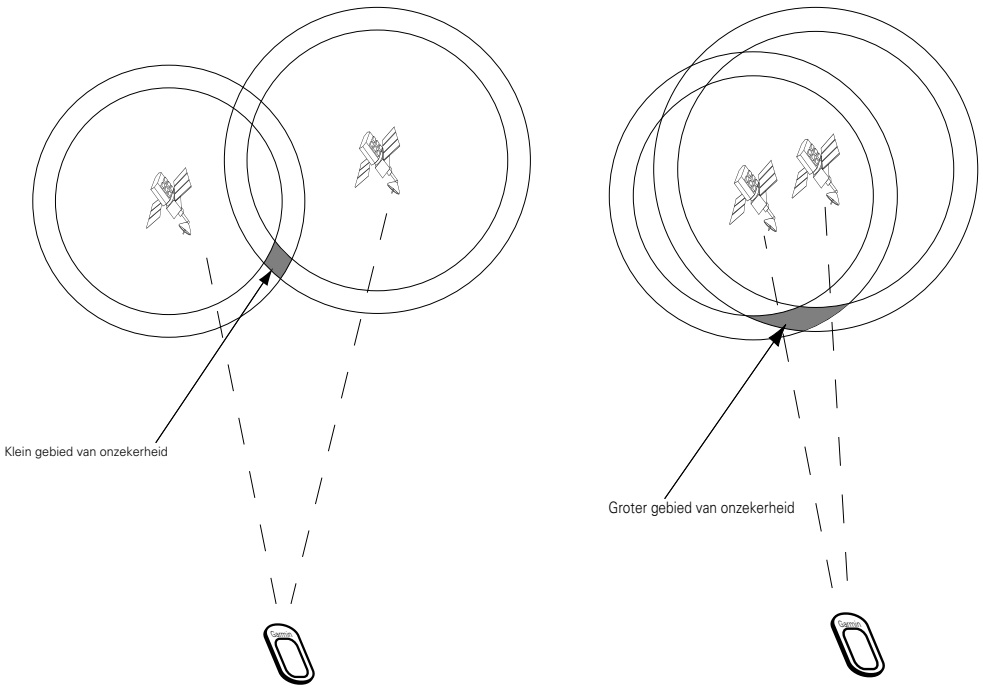
- Verstoring van GPS-signalen door activiteit van zonnevlekken. De zon straalt stralingsenergie met een wisselende intensiteit uit. Deze straling verandert continu, afhankelijk van het aantal zonnevlekken. Wanneer deze straling de atmosfeer van de Aarde raakt, worden de lagen op 60 kilometer hoogte boven de Aarde geïoniseerd. Dit kan weer verstoring van de GPS-signalen veroorzaken.
- Multipath-effecten. Deze effecten treden op wanneer GPS-signalen gereflecteerd worden voordat ze een ontvanger bereiken. De ontvanger ontvangt het signaal via een direct pad en een indirect pad. Deze laatste signalen komen vertraagt aan op de ontvanger. De



Figuur A-6: Multipath-effect

ontvanger kan echter niet het directe signaal onderscheiden van het indirecte signaal. Reflectie van signalen treedt vooral op bij grote bouwwerken en grote voertuigen. Signalen kunnen echter ook gereflecteerd worden door bijvoorbeeld de grond. Deze bron kan een afname van de nauwkeurigheid veroorzaken van nul tot één meter.

- De geometrie van de satellieten. Dit effect heet Geometric Dilution of Precision (GDOP). Het verwijst naar de positie van de satellieten ten opzichte van elkaar. In het algemeen geldt dat des te wijder de hoek tussen de gebruikte satellieten, des te beter de meting is. GPS-ontvangers geven de kwaliteit van de geometrie van de satellieten meestal aan in termen van Position Dilution Of Precision (PDOP). Dit verwijst naar horizontale en verticale metingen. Een lage waarde hiervoor geeft een hoge waarschijnlijkheid van nauwkeurigheid.



Figuur A-7: Invloed geometrie van de satellieten
Het linkerfiguur toont een goede geometrie, het rechterfiguur toont een slechte geometrie

De dubbele ringen in bovenstaand figuur geven de totale fout weer veroorzaakt door alle mogelijke bronnen. Het grijze vlak op het punt waar de ringen elkaar snijden representeert het gebied van onzekerheid van twee satellietmetingen. Wanneer de ringen dichter bij elkaar liggen (als de satellieten dicht bij elkaar staan) wordt dit onzekerheidsgebied groter. Dit wil zeggen dat er een grotere onzekerheid is in de positieberekening.
Bij een goede satelliet geometrie hoort ook de hoogte van de satelliet aan de horizon. Wanneer een satelliet laag aan de horizon staat moet het signaal door meer atmosfeer voordat de ontvanger bereikt wordt. Dit resulteert in een lagere signaalkracht en een grotere vertraging. Daarnaast reflecteren signalen van satellieten laag aan de horizon vaker tegen oppervlakten waardoor meer fouten door multipath-effecten ontstaan.

- Selective Availability. Tot 1 mei 2000 vormde Selective Availability de grootste bron van onnauwkeurigheid. Selective Availability is een bewuste degradatie van de nauwkeurigheid. Om de GPS-dienst beschikbaar te maken voor zo veel mogelijk gebruikers terwijl de nationale veiligheidsbelangen van de Verenigde Staten gewaarborgd blijven, worden er twee GPS-diensten geleverd. De *Precise Positioning Service* (PPS) is beschikbaar voor de militairen van de Verenigde Staten en haar bondgenoten: de gebruikers die uitgerust zijn met PPS-ontvangers. De Standard Positioning Service (SPS) is

ontworpen om een minder nauwkeurige positionering te leveren dan PPS en is bedoeld voor civiele en andere gebruikers (NAVCEN, 1995).
De Standaard Positie Service die beschikbaar is voor civiele doeleinden zou een horizontale nauwkeurigheid van 20 meter moeten geven. Tot 1 mei 2000 werd er, zoals gemeld, Selective Availability toegepast op dit signaal. Hierdoor werd de nauwkeurigheid van het SPS-signaal gedegradeerd tot een nauwkeurigheid van 100 meter. Selective availability wordt verkregen door kunstmatig fouten aan het signaal toe te voegen. Fouten werden toegevoegd aan de klok van de satellieten en aan de informatie over de banen van de satellieten.

THE WHITE HOUSE
Office of the Press Secretary

For Immediate Release May 1, 2000

STATEMENT BY THE PRESIDENT REGARDING THE UNITED STATES' DECISION TO STOP DEGRADING GLOBAL POSITIONING SYSTEM ACCURACY

Today, I am pleased to announce that the United States will stop the intentional degradation of the Global Positioning System (GPS) signals available to the public beginning at midnight tonight. We call this degradation feature Selective Availability (SA). This will mean that civilian users of GPS will be able to pinpoint locations up to ten times more accurately than they do now. GPS is a dual-use, satellite-based system that provides accurate location and timing data to users worldwide. My March 1996 Presidential Decision Directive included in the goals for GPS to: "encourage acceptance and integration of GPS into peaceful civil, commercial and scientific applications worldwide; and to encourage private sector investment in and use of U.S. GPS technologies and services." To meet these goals, I committed the U.S. to discontinuing the use of SA by 2006 with an annual assessment of its continued use beginning this year.

The decision to discontinue SA is the latest measure in an on-going effort to make GPS more responsive to civil and commercial users worldwide. Last year, Vice President Gore announced our plans to modernize GPS by adding two new civilian signals to enhance the civil and commercial service. This initiative is on-track and the budget further advances modernization by incorporating some of the new features on up to 18 additional satellites that are already awaiting launch or are in production. We will continue to provide all of these capabilities to worldwide users free of charge.

My decision to discontinue SA was based upon a recommendation by the Secretary of Defense in coordination with the Departments of State, Transportation, Commerce, the Director of Central Intelligence, and other Executive Branch Departments and Agencies. They realized that worldwide transportation safety, scientific, and commercial interests could best be served by discontinuation of SA. Along with our commitment to enhance GPS for peaceful applications, my administration is committed to preserving fully the military utility of GPS. The decision to discontinue SA is coupled with our continuing efforts to upgrade the military utility of our systems that use GPS, and is supported by threat assessments which conclude that setting SA to zero at this time would have minimal impact on national security. Additionally, we have demonstrated the capability to selectively deny GPS signals on a regional basis when our national security is threatened. This regional approach to denying navigation services is consistent with the 1996 plan to discontinue the degradation of civil and commercial GPS service globally through the SA technique.

Originally developed by the Department of Defense as a military system, GPS has become a global utility. It benefits users around the world in many different applications, including air, road, marine, and rail navigation, telecommunications, emergency response, oil exploration, mining, and many more. Civilian users will realize a dramatic improvement in GPS accuracy with the discontinuation of SA. For example, emergency teams responding to a cry for help can now determine what side of the highway they must respond to, thereby saving precious minutes. This increase in accuracy will allow new GPS applications to emerge and continue to enhance the lives of people around the world.

Figuur A-8: Toespraak Clinton over afschaffing Selective Availability

In theorie hebben civiele ontvangers onder normale omstandigheden nu dezelfde nauwkeurigheid als PPS-ontvangers. PPS biedt echter ook voordelen aan de militairen anders dan nauwkeurigheid.

A.4 Problemen

Er zijn een aantal problemen verbonden aan het gebruik van GPS. Deze worden hieronder kort weergegeven.
Doordat GPS een militair systeem is, worden er geen garanties gegeven over de beschikbaarheid en werking voor civiele doeleinden. Er kan niet met honderd procent zekerheid worden aangenomen dat GPS gebruikt kan worden. In Europa worden er daardoor plannen gemaakt voor een civiel globaal navigatie satellietsysteem, Galileo. Galileo zal een globaal navigatie satellietsysteem onder civiele controle worden. Het zal gaan bestaan uit 21 of meer satellieten. Galileo zal volledig operationeel zijn in 2008. Vanaf 2005 zullen er signalen uitgezonden gaan worden (Lechner, 2000).
GPS-signalen worden geabsorbeerd door de meeste materialen. De signalen kunnen niet door water, aarde, muren of andere obstakels. Een GPS-ontvanger heeft daardoor vrij zicht op de lucht nodig om te kunnen opereren. Een GPS-ontvanger kan dus ook niet gebruikt worden in gebouwen en tunnels. Ook in bebouwde gebieden kunnen GPS-ontvangers problemen ondervinden bij het ontvangen van de GPS-signalen. GPS-ontvangers kunnen wel in allerlei weersomstandigheden werken (Pfost, 1998), (Enge, 1998), (Aatique, 1997), (Klomp, 2000).
Een ander probleem van GPS-ontvangers is de tijd die nodig is voordat een geldige positiebepaling geleverd kan worden. De ontvanger moet eerst vier satellieten vinden voordat dit het geval is. Deze periode kan oplopen tot enkele minuten.

A.5 Verbeteringen

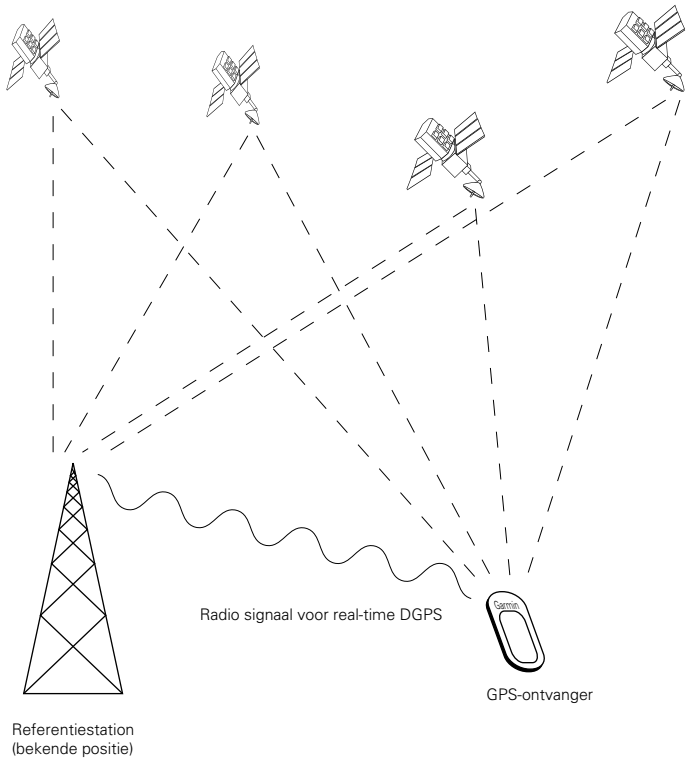
A.5.1 Differential GPS

Differential GPS (DGPS) is een methode om de nauwkeurigheid van GPS te verbeteren. Dit wordt gerealiseerd door gebruik te maken van de fout in de positiebepaling zoals die geobserveerd is op een punt waarvan de precieze locatie bekend is (het referentiestation). Deze geobserveerde fout wordt gebruikt om de berekeningen van een GPS-ontvanger te corrigeren. DGPS kan alleen de fouten die hetzelfde zijn voor het referentiestation en de ontvanger tegengaan. Zo elimineert DGPS de fout die geïntroduceerd werd door Selective Availability en fouten die veroorzaakt zijn door variaties in de ionosfeer. DGPS corrigeert niet voor fouten door multipath-effecten of fouten in de ontvanger.

Het basisconcept achter DGPS is dat de positie van een referentiestation bekend is. Dit station bepaalt het verschil tussen deze bekende positie en de positie zoals die bepaald is door een GPS-ontvanger op dit station. Om preciezer te zijn, de fout in de tijdmeting wordt bepaald. Deze door het referentiestation bepaalde fout is doorgegeven aan de GPS-ontvangers. Aangezien de fout afhangt van de gebruikte satellieten moet het referentiestation dezelfde satellieten zien als een andere GPS-ontvanger. Het referentiestation geeft de fout in de metingen door voor elke zichtbare satelliet afzonderlijk. De GPS-ontvangers kunnen met deze gegevens de berekende posities aanpassen.

Er zijn twee manieren om de positiemeting van de GPS-ontvangers via DGPS te corrigeren: in real-time of achteraf. Bij real-time differential correctie zendt het referentiestation berichten (meestal via een radioverbinding) met gegevens over de benodigde correctie naar de GPS-ontvangers in de omgeving van het referentiestation. De posities die de GPS-ontvangers teruggegeven zijn dan de gecorrigeerde posities. Wanneer er achteraf differential correctie wordt toegepast, worden de positiemetingen achteraf op een computer aangepast. Onderweg geeft de GPS-ontvanger de ongecorrigeerde positiemetingen door (Lechner, 2000).

De nauwkeurigheid van differential gecorrigeerde GPS hangt af van de uitrusting en de gebruikte bewerkingstechnieken. De mogelijke nauwkeurigheid varieert van een paar millimeter tot vijf meter. Ook nu Selective Availability niet meer toegepast wordt, is differential correctie nog steeds nodig om nauwkeurigheden beter dan zo'n vijftien meter te verkrijgen.



Figuur A-9: Differential GPS

A.5.2 Eurofix

Een systeem dat ook gebruikt maakt van GPS-satellieten, maar daarnaast vooral bedoeld is om de onbetrouwbaarheid van het GPS-signaal in bebouwde gebieden te verbeteren, is Eurofix. Dit is een systeem dat gebruik maakt van GPS-satellieten en een ouder navigatiesysteem, Loran-C. In Eurofix wordt de satellietnavigatie van GPS gecombineerd met de zendmastnavigatie van Loran-C. Eurofix is een speciale vorm van DGPS. Loran-C wordt gebruikt om DGPS-correcties te versturen.
Loran-C is een ouder en onnauwkeuriger navigatie- en plaatsbepalingsysteem dan GPS, maar ook veel betrouwbaarder. Loran-C kan een nauwkeurigheid bereiken van 100 tot 300 meter. Het is het navigatiesysteem waarvan de Amerikaanse marine vroeger gebruik heeft gemaakt. Vanaf de jaren vijftig is Amerika begonnen de zendstations voor Loran-C te plaatsen. Sinds 1994 worden de zendstations niet meer door de Amerikaanse marine gebruikt.
Voor Eurofix moet bij elk Loran-C-zendstation een GPS-ontvanger geplaatst worden. De positie die deze GPS-ontvanger oplevert, wordt vergeleken met de bekende positie van het zendstation. Daaruit leidt de ontvanger ook de betrouwbaarheid van het GPS-signaal af. Deze informatie wordt vervolgens via de zendmast met een Loran-C-signaal naar de gebruiker verzonden. Een ontvanger leest zowel de signalen van de satellieten als die van de Loran-C-zendstations. Door gebruik te maken van satellietnavigatie is er een grote nauwkeurigheid. Door gebruik te maken van zendmastnavigatie is er een grote betrouwbaarheid en beschikbaarheid in bebouwde gebieden (Klomp, 2000), (Lechner, 2000), (Offermans, 1998). De signalen van Loran-C worden namelijk nauwelijks door obstakels geremd.