



Adviesdienst Verkeer en Vervoer

## **GSM als informatiebron voor Verkeersbeleid**

**Analyse van  
plaatsbepalingsmethodes en  
uitwerking scenario's**

Modelit  
Rotterdamse Rijkweg 126  
3042 AS Rotterdam  
Telefoon +31 10 4623621



info@modelit.nl  
www.modelit.nl

Adviesdienst Verkeer en Vervoer

# **GSM als informatiebron voor Verkeersbeleid**

## **Analyse van plaatsbepalingsmethodes en uitwerking scenario's**

Datum 17 Februari 2003

Modelit  
KvK Rotterdam 24290229



## Documentatiepagina

Opdrachtgever	Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Titel	GSM als informatiebron voor Verkeersbeleid Simulatiestudie - Analyse van plaatsbepalingsmethodes en uitwerking scenario's -
Datum	17 Februari 2003
Projectteam opdrachtgever	drs.ing. J. de Haan, ir. N.S. Schmorak, ir. R.J.Smit
Projectteam Modelit	dr.ir. N.J. van der Zijpp, T. van Haastregt, mba
Projectomschrijving	Het grootschalige gebruik van GSM telefonie in het wegverkeer biedt mogelijkheden om verkeersinformatie af te leiden. Dit rapport geeft een overzicht van plaatsbepalingsmethodes en toetst deze op bruikbaarheid en kosten. Vervolgens worden de meest veelbelovende concepten voor het inwinnen van verkeersinformatie op basis van GSM data opgesteld.
Trefwoorden	Floating Car Data, GSM, Map matching, Probe-vehicles, Traffic monitoring, Travel time estimation

## Inhoud

1	GSM als Informatiebron voor Verkeersbeleid.....	2
1.1	Inleiding.....	2
1.2	Positionering van het onderzoek.....	3
1.3	Opzet van dit rapport.....	4
2	Toepassingsgebieden van plaatsbepalingstechnieken.....	5
3	Plaatsbepalingmethoden voor GSM handsets, een review.....	7
3.1	Inleiding.....	7
3.2	Terminal Based plaatsbepalingstechnieken.....	7
3.2.1	GPS/DGPS.....	7
3.2.2	A-GPS.....	8
3.2.3	E-OTD.....	9
3.3	Network Based plaatsbepalingstechnieken.....	10
3.3.1	CGI.....	10
3.3.2	CGI+TA.....	12
3.3.3	Enhanced CGI +TA.....	12
3.3.4	Uplink Time of Arrival (UL-TOA).....	13
3.3.5	Angle of Arrival.....	13
3.3.6	RadioCamera™.....	14
3.4	Overzichtstabel.....	16
4	Beschikbaarheid van plaatsbepalingsgegevens.....	17
4.1	Inleiding.....	17
4.2	De opbouw van het GSM netwerk.....	17
4.3	Tijdstippen van informatie uitwisseling bij normale bedrijfsvoering.....	20
5	Extra mogelijkheden met UMTS technologie.....	22
6	Organisatorische en juridische aspecten.....	23
7	Concepten voor het inwinnen van verkeersgegevens.....	24
7.1	Inleiding.....	24
7.2	In car GPS.....	24
7.3	Verkeersmonitoring op basis van Call Detail Records.....	25
7.4	Cell Global Identity + Timing Advance.....	26
7.5	Cell Global Identity + Timing Advance + Signal strength.....	27
7.6	Oplossing via MPS.....	28
7.7	Enhanced Cell-ID als SIM kaart applicatie.....	29
7.8	Radio Camera.....	29
7.9	Selectie van inwinconcepten voor verdere studie.....	30
7.9.1	Criteria.....	30
7.9.2	Keuze.....	31
8	Scenario's.....	34
8.1	Inleiding.....	34
8.2	Scenario's.....	34
8.3	Het simulatie model.....	35
8.3.1	In en uitvoer van het model.....	35
8.3.2	Simulatie/inventarisatie verkeersbewegingen.....	35
8.3.3	Simulatie/inventarisatie GSM verkeer.....	37
8.4	Performance indicatoren.....	37
8.5	Gevoeligheidsanalyse.....	38
8.6	Testen van de scenario's.....	38
9	Referenties.....	40

**Tabel 1: Begrippen- en afkortingenlijst**

<i>Handset, Terminal, Toestel</i>	Mobiele telefoon
<i>Actieve handset</i>	Een toestel waarmee gebeld wordt
<i>Standby handset</i>	Een toestel dat aan staat maar waarmee niet gebeld wordt
<i>Uitgeschakelde handsets</i>	Een toestel dat is uitgeschakeld
<i>FCD</i>	Floating Car Data - Gegevens die afkomstig zijn van verkeersdeelnemers
<i>GPS</i>	Global Positioning System
<i>A-GPS</i>	Assisted GPS
<i>CGI</i>	Cell Global Identity
<i>TA</i>	Timing Advance
<i>OTD</i>	Observed Time Difference
<i>TDOA</i>	Time Difference Of Arrival
<i>TOA</i>	Time Of Arrival
<i>UL-TOA</i>	Uplink Time Of Arrival
<i>E-OTD</i>	Enhanced Observed Time Difference
<i>FCC</i>	Federal Communications Commission
<i>GSM</i>	Global System for Mobile communication
<i>BTS</i>	Base Transceiver Station
<i>BSC</i>	Base Station Controller
<i>MSC</i>	Mobile Switching Center
<i>VLR</i>	Visiting Location Register
<i>HLR</i>	Home Location Register
<i>LMU</i>	Location Measurement Unit
<i>LCS-client</i>	Location Service Client
<i>MLS</i>	Mobile Location Solution
<i>MPC</i>	Mobile Positioning Center
<i>MPS</i>	Mobile Positioning Solution
<i>PLMN</i>	Public Land Mobile Network, het vaste net
<i>RTD</i>	Real Time Difference
<i>SIM</i>	Subscriber Identity Module
<i>WAP</i>	Wireless Application Protocol
<i>ALI</i>	Automatic Location Identification

# 1 GSM als Informatiebron voor Verkeersbeleid

## 1.1 Inleiding

Traditioneel is de overheid voor het verzamelen van de noodzakelijke gegevens over het gebruik van het wegennet vooral afhankelijk van data die met lusedetectoren op vaste plaatsen worden verzameld. Het in stand houden en uitbreiden van een dergelijk meetsysteem is duur. Een ander probleem is dat met de beschikbare middelen niet het hele wegennetwerk kan worden afgedekt en dat het schatten van trajectreistijden op basis van de lusedetectie alleen goed mogelijk is bij een dichtheid van circa één set detectoren per 500 meter.

Systemen voor de inwinning van gegevens op basis van Floating Car Data (FCD) lijken daarom een welkome aanvulling op de bestaande systemen.

Bij het inzetten van FCD data zou men in principe twee wegen kunnen bewandelen. De eerste weg is een top-down benadering, waarin een programma van eisen wordt opgesteld, en technische mogelijkheden worden ontwikkeld die aan de eisen voldoen. Met de huidige stand van de techniek is het bouwen van de benodigde systemen zonder meer mogelijk, maar ook erg duur. De verwachting is wel dat de techniek in de loop van de tijd steeds goedkoper zal worden, waardoor de ‘ideale’ oplossing op termijn in zicht komt. Voor de kortere termijn is een alternatieve aanpak aantrekkelijk, waarbij vooral gekeken wordt of er niet gebruik kan worden gemaakt van systemen die nu al bestaan. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van gegevens die beschikbaar zijn als gevolg van het wijdverbreide gebruik van Mobiele telefonie onder verkeersdeelnemers.

Over de mogelijkheden van het gebruik van dergelijke data zijn op vele plaatsen zeer optimistische geluiden te horen, welke voor de AVV aanleiding zijn geweest om een onderzoek te starten.

Dit onderzoek bestaat uit twee gedeeltes. Het eerste gedeelte betreft een ‘fact-finding mission’ waarin wordt onderzocht wat op dit moment de technische mogelijkheden zijn, of er juridische obstakels zijn, wanneer gegevens beschikbaar kunnen komen en welke kosten daaraan verbonden zouden zijn. Het tweede gedeelte betreft een kwantitatieve analyse en zal in een later rapport aan bod komen.

In de tweede fase van het onderzoek zal worden uitgegaan van de informatie over de technische eigenschappen van GSM data die in het eerste gedeelte van de studie is verzameld, en zal met behulp van simulatie technieken beoordeeld worden wat de bruikbaarheid zou zijn van een systeem dat gebruik maakt van GSM data.

## 1.2 Positionering van het onderzoek

Het inwinnen van verkeersgegevens via Floating Car Data wordt al enkele decennia als een aantrekkelijk perspectief gezien. In de Nederlandse context kunnen de volgende projecten vermeld worden:

- Socrates. Het Socrates project bouwde voort op het in-car route guidance systeem CARIN. Bij CARIN vond plaatsbepaling plaats op basis van deadreckoning en map-matching. De aldus te reconstrueren schakel reistijden werden via een GSM uplink naar een centrale computer doorgeseind. Met deze experimenten werd in 1989 begonnen, in 1992 en 1993 werden grootschaliger projecten uitgevoerd;
- Prelude. Het principe van Prelude is gelijk aan dat van het Socrates project, alleen werd bij Prelude gebruikgemaakt van GPS als plaatsbepalingstechniek; Net als bij Socrates, wordt een GSM verbinding gebruikt om de plaatsbepalingsgegevens naar de centrale te versturen;
- Ten behoeve van het inwinnen van de statistiek van het verplaatsingsgedrag die het CBS in Nederland uitvoert zijn in het verleden experimenten gedaan waarbij de verplaatsingen van proefpersonen via GPS plaatsbepaling werden vastgelegd;
- Diverse inventarisaties en toekomstverkenningen in opdracht van het Directoraat-Generaal Telecommunicatie en Post van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Specifiek op de GSM techniek gericht is de studie: “Verkeersinformatie via GSM, haalbaarheidsonderzoek”;
- “Traffic monitoring using handheld GSM phones”, deze studie is door de TU Delft uitgevoerd in opdracht van Syntrack, een samenwerking van Libertel en Ericsson; Het betreft een gecombineerde literatuur- en simulatiestudie. In de simulatiestudie worden enkele eenvoudige situaties, zoals kruisende en parallelle trajecten, geanalyseerd;
- Bepaling steekproefgrootte FCD data. Dit is een onderzoek dat parallel aan het huidige onderzoek wordt verricht en tot doel heeft om te bepalen welke aantallen voertuigen met GPS apparatuur moeten worden uitgerust om op een zinnige wijze verkeersinformatie te kunnen inwinnen via dit systeem;
- Intermezzo. Dit betreft een veldtest waaraan door de Meetdienst van Rijkswaterstaat via een stimuleringssubsidie wordt bijgedragen. De test wordt door het consortium Siemens-CMG wordt uitgevoerd. In dit project wordt zowel GPS als GSM als inwinteknik toegepast (de technieken worden vooralsnog apart toegepast).

De huidige studie sluit voor wat betreft de inhoud aan op de studie “Traffic monitoring using handheld GSM phones” en bouwt daar gedeeltelijk op voort. Ten opzichte van voornoemde studie beoogt de huidige studie het volgende te bereiken:

- Het creëren van een actueel overzicht van de beschikbare lokalisatietechnieken op basis van GSM, waarbij inzicht wordt verkregen in de stand van zaken bij de diverse operators. Op deze manier moet het mogelijk worden om in te schatten welke technieken de komende jaren actueel zullen worden;
- Een zo goed mogelijk inzicht krijgen in de technische eigenschappen van de diverse plaatsbepalingmethodes, voorzover relevant voor de beoordeling van de kwaliteit van de verkeersgegevens die in theorie uit deze gegevens kunnen worden afgeleid;
- Inzicht krijgen in de kosten van de verschillende opties;
- Nagaan wat de juridische haalbaarheid van implementatie is;
- Het uitwerken van een aantal technieken en algoritmes die nodig zijn om ‘ruwe’ locatiedata te transformeren in verkeersgegevens zoals intensiteiten en reistijden;
- Het bouwen van een simulatie model en het uitvoeren van een simulatie studie waarin zoveel mogelijk op basis van realistische uitgangspunten wordt beoordeeld hoe de performance van een GSM-probe gebaseerd inwintestem voor verkeersgegevens in de praktijk zal uitpakken.

Er zijn ook belangrijke parallellen te trekken tussen het huidige onderzoek en het Intermezzo project. In het Intermezzo project zal daadwerkelijk een GSM-probe gebaseerd inwinsysteem worden gerealiseerd en in de praktijk toegepast. De twee studies zijn in belangrijke mate complementair. Het huidige project beoordeelt een scala van inwinmethodes en verwerkingstechnieken en gebruikt simulatie als analysetool. Het onderzoek wordt volledig in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer uitgevoerd en moet de AVV in staat stellen zich een onafhankelijk oordeel over de materie te vormen. Het Intermezzo project richt zich op een specifieke inwinmethode en werkt deze uit tot een praktijktoepassing. De kosten van het project worden slechts gedeeltelijk door de overheid gedragen en de uitvoerende partijen in het project zijn niet verplicht alle kennis en know-how die uit het project voortkomt openbaar te maken.

### **1.3 Opzet van dit rapport**

Dit rapport begint met een overzicht van de markt voor Location Based Services (hoofdstuk 2). Vervolgens wordt ingegaan op de plaatsbepalingstechnieken zelf (hoofdstuk 3) en de mogelijkheden deze plaatsbepalingsgegevens op een centraal punt beschikbaar te krijgen (hoofdstuk 4). Vervolgens wordt kort ingegaan op de extra mogelijkheden die UMTS biedt (hoofdstuk 5) en op juridische en organisatorische aspecten (hoofdstuk 6). Vervolgens worden op basis van het voorgaande een aantal totaaloplossingen geschetst en worden de twee meest veelbelovende oplossingen geselecteerd voor verder onderzoek (hoofdstuk 7). Ten slotte wordt in hoofdstuk 8 uiteengezet hoe dit verdere onderzoek zal worden aangepakt.



## 2 Toepassingsgebieden van plaatsbepalingstechnieken

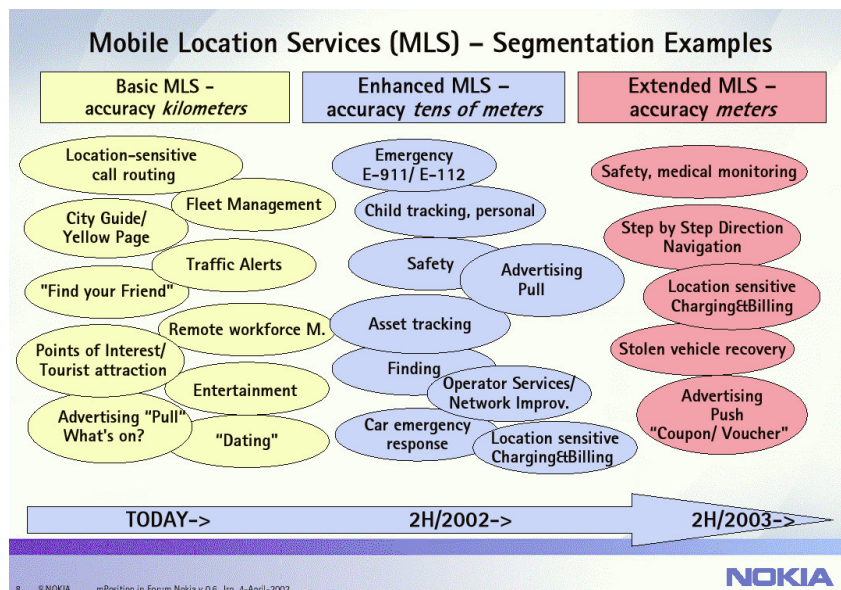
Voordat in detail wordt ingegaan op specifieke methodes voor plaatsbepaling van handsets (zie hoofdstuk 3) wordt eerst kort beschreven voor welke toepassingen deze plaatsbepalingstechnieken worden ontwikkeld.

De markt van Location Based Services (LBS) wordt door de aanbieders van telecomdiensten als volgt onderverdeeld:

- Informatiediensten. Het gaat hier om plaatsafhankelijke informatie zoals een het leveren van gele gids informatie, toeristische informatie, of informatie over het Openbaar Vervoer mogelijkheden in de nabijheid;
- Tracing Services. Hier gaat het erom dat personen en goederen gelokaliseerd kunnen worden, bijvoorbeeld in het geval van een nood- of hulpoproep. Een andere toepassing betreft het volgen van gestolen goederen;
- Resource Management. Dit betreft toepassingen zoals fleetmanagement, bijvoorbeeld ten behoeve van taxibedrijven, vrachtvervoer of openbaar vervoer;
- Navigatie. Hierbij worden individuen geassisteerd bij het vinden van hun route.

Het inwinnen van verkeersinformatie wordt door marktpartijen niet expliciet genoemd (zie bijvoorbeeld Figuur 1), maar lijkt als toepassing het best te passen in de categorie 'Resource Management'. Het feit dat ten behoeve van het verzamelen van statistieken de dataverzameling niet persé on-line hoeft plaats te vinden is echter een specifieke eigenschap die voor geen van de bovenstaande categorieën geldt. Feitelijk is er dus ruimte voor nog een extra categorie:

- Planning. Het gaat hier om het inwinnen van statistieken over verplaatsingen en belgedrag. Naast de AVV zijn de telecom operators zelf ook een belangrijke afnemer. Zij hebben dit soort statistieken nodig voor hun marketingstrategie en netwerkplanning.



**Figuur 1:** Marktontwikkeling Mobile Location Services in de optiek van Nokia (Bron: Nokia mPosition™ Solution Description Version 1.0 24-Oct-2002)

In de Verenigde Staten heeft de toepassing van plaatsbepalingstechnologie vooral een impuls gekregen door wettelijke eisen van de Federal Communications Commission (FCC). In deze eisen wordt onderscheid gemaakt tussen Network Based en Terminal Based Automatic Location Identification (ALI) (zie ook sectie 3). Voor Terminal Based Solutions wordt een

nauwkeurigheid van 50 m voor tenminste 67% van de gevallen en 150 meter voor tenminste 95 % van de gevallen geëist. Voor network based oplossingen zijn deze getallen respectievelijk 100 en 300 meter (Bron: FCC fact sheet).

In Europa en dus ook in Nederland zullen ook wettelijke eisen gaan gelden die operators verplichten om mobiele noodoproepen te koppelen aan plaatsbepalingsgegevens. Vooral nog gelden echter nog geen eisen aan de nauwkeurigheid en volstaat bij voorbeeld het doorgeven van de Cell-ID.

De bovengenoemde informatie diensten kunnen worden onderverdeeld in 'pull' en 'push' services. Zogenaamde pull-services worden verleend nadat een partij de dienst aanvraagt, bijvoorbeeld door gele gids informatie op te vragen. Push-services daarentegen worden geïnitieerd wanneer een gebruiker een bepaald gebied binnenkomt, het gaat bij wijze van spreken om digitale uithangborden. Het inwinnen van verkeersgegevens voor een specifiek gebied heeft parallellen met deze push-services, omdat men handsets die standby zijn wil signaleren wanneer een bepaald gebied betreden wordt. In dit verband is het nuttig te vermelden dat met het opzetten van push-diensten door telecom-aanbieders en hardware fabrikanten reeds is geëxperimenteerd. Uit deze experimenten is gebleken dat het leveren van push-diensten binnen de huidige GSM standaarden niet mogelijk is zonder een overmatige beslag te leggen op de beschikbare bandbreedte.

In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat het leveren van diensten die zijn gebaseerd op plaatsbepalingstechnieken door telecomaandbieders als een belangrijke middel wordt gezien voor het vergroten van de markt voor telecomdiensten in het algemeen en het veroveren van marktaandeel binnen deze markt in het bijzonder. Dit is met name van belang nu de markten voor 'gewone' mobiele telefonie verzadigd raken. Alhoewel het dus te verwachten is dat Location Based Services in de komende jaren op grote schaal tot ontwikkeling zullen komen is een applicatie, die qua winstgevendheid vergelijkbaar is met SMS, op dit moment nog niet geïdentificeerd.

Een goed florerende markt voor Location Based Services betekent overigens niet dat plaatsbepalingsgegevens op grote schaal tegen lage kosten voorhanden zullen zijn. Als we het overzicht in Figuur 1 beschouwen, dan valt op dat voor de meeste diensten in dit overzicht geldt dat de plaatsbepaling alleen op speciaal verzoek plaatsvindt. In dit soort situaties is er meestal wel een partij te vinden die bereid is een bedrag tussen de 10 en 50 eurocent af te dragen. De oplossingen die door hardware leveranciers als Nokia en Ericsson worden ontwikkeld zijn wat betreft prijsstelling en capaciteit dan ook in de eerste plaats gericht op het faciliteren van deze categorie van klanten. Als het gaat om het inwinnen van verkeersgegevens is een hogere capaciteit en een lagere prijs per plaatsbepaling nodig. Om dit te realiseren zal in eerste instantie gebruik moeten worden gemaakt van de gegevens die in de normale bedrijfsvoering beschikbaar komen.

Samenvattend kan gesteld worden dat de komende jaren een sterke groei van commerciële Location Based Services verwacht mag worden, maar dat voor het inwinnen van verkeersgegevens vooral de gegevens van belang blijven zijn die voortkomen uit locatie updates die bij normaal gebruik van mobiele telefoons beschikbaar komen. Dit brengt als belangrijkste beperking met zich mee dat toestellen alleen gelokaliseerd kunnen worden op momenten dat netwerk activiteit plaatsvindt, dat wil zeggen: tijdens gesprekken en bij gelegenheden waarbij het toestel zich bij het netwerk registreert. Sectie 4.3 zal hier in detail op ingaan.

### 3 Plaatsbepalingsmethodes voor GSM handsets, een review

#### 3.1 Inleiding

Een overzicht van de beschikbare plaatsbepalingsmethodes voor GSM handsets is te vinden in [Doornheim et al. 1999] en [Swedberg et al. 1999]. Daarnaast bieden diverse websites geactualiseerde informatie en is in dit overzicht gebruik gemaakt van informatie die is verstrekt door experts die in dienst zijn van telecom operators, hardware leveranciers en software ontwikkelaars.

De technieken die gebruikt kunnen worden voor het lokaliseren van GSM toestellen worden onderverdeeld in Terminal Based oplossingen en Network Based oplossingen.

Bij Terminal Based plaatsbepaling vindt de plaatsbepaling hoofdzakelijk of geheel in de handset plaats. Dit biedt ontwikkelaars van hard- en software uiteraard een grotere flexibiliteit in het ontwikkelen van nieuwe producten, maar de penetratiegraad van dit soort diensten is in het begin klein. Hierdoor kan het vormen van voldoende kritische massa een probleem zijn. De mogelijkheden om handsets op afstand te configureren via functies die op de SIM kaart worden ondergebracht nemen echter toe, waardoor sommige Terminal Based oplossingen toch in zicht komen voor toepassingen die een hoge penetratie vereisen.

Network Based technieken bieden een onmiddellijke markt penetratie van 100% . Dit maakt dat dit soort technieken de natuurlijke keuze als het gaat om het opzetten van een systeem voor het inwinnen van floating car data. De kwaliteit van de plaatsbepaling bij Network Based technieken blijft echter achter bij de best mogelijke Terminal Based plaatsbepalingstechnieken.

In de onderstaande secties worden alle plaatsbepalingstechnieken kort besproken. De kenmerken van de diverse methodes worden zoveel mogelijk samengevat in een tabel die aan het einde van dit hoofdstuk is opgenomen.

#### 3.2 Terminal Based plaatsbepalingstechnieken

##### 3.2.1 GPS/DGPS

###### *Algemeen*

GPS en DGPS zijn welbekende plaatsbepalingsmethodes die feitelijk los staan van het GSM netwerk. Het GSM netwerk is echter een geschikt medium om de met GPS verzamelde plaatsbepalingsgegevens uit te wisselen met een centrale computer. (D)GPS wordt nu al veel toegepast in route guidance systemen.

###### *Kwaliteit van de data*

De kwaliteit van de data is hoog in niet stedelijke gebieden. De afwijking tussen de gerapporteerde en de werkelijke positie is hooguit enkele meters in het geval van DGPS en enkele tientallen meters in het geval van GPS. Binnen stedelijke gebieden kunnen door reflecties grotere afwijkingen plaatsvinden. De methode is niet geschikt voor gebruiken binnen gebouwen.

*Beschikbaarheid in tijd*

De frequentie waarmee plaatsbepalingen kunnen plaatsvinden is zelfs voor goedkope systemen tenminste één per seconde. Waarnemingsfouten zijn echter wel serieel gecorreleerd, maar de reikwijdte van deze bedraagt niet meer dan 30 seconden (TU Delft (2002) ). Hierdoor kunnen waarnemingen die meer dan 30 seconden uit elkaar liggen als onafhankelijk worden beschouwd.

*Kosten*

De (hardware) kosten van deze systemen zijn nu nog enkele honderden euro's, maar zullen dalen als gevolg van massaproductie en voortschrijdende technologische ontwikkeling. Nu al worden duurdere auto's standaard uitgerust met GPS gebaseerde navigatie apparatuur. Het aandeel van navigatie voorziene auto's zal de komende jaren snel stijgen. De volgende logische stap in deze ontwikkeling is dat bezitters van navigatie apparatuur een abonnement kunt afsluiten om verkeersinformatie te ontvangen. Deze informatie kan dan via radio signalen worden ontvangen zoals bij RDS/TMC of via een aparte GSM of GPRS verbinding. In dat laatste geval kunnen de abonnees ook gemakkelijk als data-donor worden ingezet. Omdat het systeem feitelijk onafhankelijk van het netwerk werkt is geen aparte netwerkinvestering nodig. Wel moeten de communicatie kosten worden betaald voor de (kleine) berichten die de positiedata bevatten. Omdat het hier een oplossing is die aan individuele gebruikers wordt geleverd, los van andere diensten, moet ook rekening gehouden worden met kosten voor een verkoop en service organisatie. Ervaringen uit de mobiele telefonie leren dat alleen al marketing kosten aanzienlijk kunnen zijn, denk bijvoorbeeld aan de praktijk van kosteloos verstrekte telefoons die tot voor kort deel uitmaakte van de marketing strategie van vele telecom aanbieders.

*Beschikbaarheid in Nederland*

GPS kan onafhankelijk van telecom operators worden toegepast.

*Overige opmerkingen*

Deze systemen vallen buiten de scope van het huidige onderzoek en worden in het parallelle onderzoek "Bepaling steekproefgrootte FCD data" bestudeerd. Genoemde systemen zijn echter wel van belang voor de context waarin het huidige onderzoek wordt uitgevoerd: het heeft geen zin om een GSM gebaseerde technische oplossing voor plaatsbepaling te selecteren die ten opzichte van bovengenoemde oplossing geen meerwaarde heeft.

**3.2.2 A-GPS***Algemeen*

Assisted GPS (A-GPS) is een systeem waarin DGPS plaatsbepaling in het toestel plaatsvindt, met hulp vanuit het GSM netwerk, zodat de snelheid van plaatsbepaling, de nauwkeurigheid en het energie verbruik verbeteren. De volgende gegevens worden namelijk het GSM netwerk naar de Handset gestuurd:

- Satelliet ephemeris: de afwijking tussen de in tabellen opgegeven satelliet positie en de werkelijke actuele positie. Door een satelliet een tijdje te volgen kan deze berekend worden. Door de ephemeris via het GSM netwerk door te geven kan deze stap achterweg gelaten worden in de handset waardoor de plaatsbepaling versnelt wordt;
- Frequentie nauwkeurigheid. Het doorgeven van dit gegeven versnelt eveneens de snelheid van plaatsbepaling in de handset;
- Geschatte locatie. Hiermee kan de plaatsbepalingberekening in de handset worden geïnitieerd;
- Differential GPS signaal. Hiermee wordt de nauwkeurigheid van plaatsbepaling belangrijk verbeterd;

- Tijd referentie. Hiermee wordt de snelheid van plaatsbepaling verbeterd en wordt de mogelijkheden van het systeem in omgeving met 'slechte' signaalomstandigheden verbeterd, waardoor het ook mogelijk wordt om binnenshuis en in stedelijke omgevingen goede plaatsbepalingen uit te voeren..

#### *Kwaliteit van de data*

De kwaliteit van plaatsbepaling is tenminste zo goed als in het geval DGPS. Bovendien werkt de methode goed in stedelijke omgeving en zelfs binnen gebouwen.

#### *Beschikbaarheid in tijd*

Hiervoor geldt hetzelfde als bij (D)GPS. Een belangrijk nadeel van A-GPS is dat het uitvoeren van een plaatsbepaling een zware belasting voor de batterij is en daardoor niet periodiek met korte tussen pauzes kan worden uitgevoerd, tenzij het toestel van een externe energiebron wordt voorzien. Er moet daarom vanuit worden gegaan dat de plaatsbepaling alleen na een expliciet verzoek zal plaatsvinden.

#### *Kosten*

Voor het ondersteunen van plaatsbepaling met een nauwkeurigheid van 10 tot 20 meter is een netwerk investering nodig waarbij om de 300 kilometer een zogenaamde Location Measurement Unit (LMU) wordt toegepast. Om ook plaatsbepaling binnen gebouwen mogelijk te maken zijn aanzienlijk meer LMU's nodig (ongeveer 1 per drie Base Transceiver Systems, oftewel 1 LMU per zendmast). Een globale inschatting van de kosten voor toepassing van A-GPS kan worden overgenomen uit een onderzoek dat in verband met de E112 eis werd uitgevoerd (CGALIES). De kosten voor de introductie van A-GPS worden geschat op <10 M euro per netwerk en <150 Euro per handset (korte termijn) of <50 Euro per handset (langere termijn). Er wordt uitgegaan van een marktpenetratie tussen de 25 en 75% eind 2006 (Bron: CGALIES, 2002, p 31). Hierbij moet worden aangetekend dat deze verwachtingen zijn uitgesproken in een periode dat de telecom markt een "optimistische" fase doormaakte. Anno 2003 is het groeitempo in de sector danig vertraagd.

#### *Beschikbaarheid in Nederland*

In Nederland is AGPS de komende jaren nog niet leverbaar.

#### *Overige opmerkingen*

A-GPS is een technologie die zowel in combinatie met GSM als 3G kan worden toegepast. Volgens [Nokia 2002] zal A-GPS de komende jaren alleen in het zogenaamde high-end markt segment worden toegepast.

### **3.2.3 E-OTD**

#### *Algemeen*

Enhanced Observed Time Difference (E-OTD) komt er grof gezegd op neer dat het verschil in aankomsttijd van pakketjes data wordt berekend tussen signalen die van verschillende zendmasten (Base Transceiver Stations, BTS) worden ontvangen. Aan de hand hiervan het verschil in afstand naar deze twee zenders worden bepaald, waardoor een denkbeeldige lijn kan worden getrokken waarop de handset zich bevindt. Deze procedure dient voor tenminste drie paren van BTS'en te worden herhaald. Een complicatie is dat de signalen van verschillende BTS'en niet gesynchroniseerd zijn waardoor de bovenstaande berekening alleen kan worden uitgevoerd als ook informatie over het onderlinge faseverschil van de BTS'en (Relative Time Difference, RTD) bekend is. Ook moet de exacte locatie van de BTS'en bekend zijn om de berekening te kunnen maken. Samenhangende met de RTD en de BTS locatie bestaan er twee varianten van E-OTD:

- De network assisted variant, waarbij de BTS locatie en de RTD naar de handset worden verstuurt en de handset de plaatsbepalingsberekening uitvoert;
- De handset assisted variant, waarbij de handset de OTD naar het netwerk verstuurt en de berekeningen in het netwerk worden uitgevoerd.

*Kwaliteit van de data*

De nauwkeurigheid van E-OTD bedraagt volgens schattingen tussen de 60 en 200 meter.

*Beschikbaarheid in tijd*

De E-OTD plaatsbepalingstechniek wordt nu vooral toegepast in situaties waarin een eenmalige plaatsbepaling vereist is (bijvoorbeeld een noodoproep). De plaatsbepaling wordt binnen enkele secondes voltooid.

*Kosten*

Uit het CGALIES onderzoek kunnen ook voor E-OTD kosten ramingen worden overgenomen: Per netwerk worden de introductiekosten geraamd tussen de 10 en 100 M euro (afhankelijk van de grootte), waarin de kosten per aangepaste BTS 3200 euro zijn begrepen. Voor de kosten per handset variëren de schattingen van onder de 1 euro tot 25 euro.

*Beschikbaarheid in Nederland*

De geschatte marktpenetratie eind 2006 is volgens sommige operators 75-100%, volgens anderen groeit het marktaandeel langzamer: tussen 5 en 10% per jaar (Bron: CGALIES, 2002). Alle operators voorzien dat E-OTD slechts voor een gedeelte van het netwerk (bijvoorbeeld de verstedelijkte gebieden) beschikbaar zal zijn. In Nederland zal E-OTD voorzover bekend niet in de nabije toekomst beschikbaar komen.

*Overige opmerkingen*

Zowel Nokia als Ericsson bieden E-OTD oplossingen voor plaatsbepaling aan. Deze worden vooral toegepast in de Verenigde Staten (i.v.m. de E911 bepalingen, bron: Cambridge Positioning Services, [www.cursor-system.com](http://www.cursor-system.com)) en het verre Oosten. Volgens [Nokia, 2002] worden E-OTD diensten vanaf eind 2002 aangeboden. De nauwkeurigheid bedraagt 60 meter in rurale gebieden tot 200 meter in stedelijke omgeving (Bron: Swedberg, 1999)

### **3.3 Network Based plaatsbepalingstechnieken**

#### **3.3.1 CGI**

*Algemeen*

Cell Global Identity (CGI) is een plaatsbepalingsmethode waarbij de handset wordt gelokaliseerd aan de hand van de zendmast (Base Transceiver Station) waarmee de handset communiceert. De handset meet voortdurend de signaalsterkte van verschillende zendmasten en selecteert vervolgens het sterkste signaal. Het gebied dat door één BTS bediend wordt, wordt aangeduid als een cel. Op deze wijze wordt een gebied in cellen onderverdeeld volgens een honigraatstructuur.

*Kwaliteit van de data*

Afhankelijk van de onderlinge afstand van zendmasten varieert de celstraal tussen de 100 meter en 35 kilometer. Omdat meestal drie zenders op één mast gecombineerd worden hebben cellen doorgaans de vorm van een sector (zie Figuur 2).

*Beschikbaarheid in tijd*

Omdat de Cell ID nodig is voor het in stand houden van de verbinding is deze continu beschikbaar zolang er sprake is van een verbinding. Er is sprake van een verbinding tijdens een in- of uitgaand gesprek of tijdens een zogenaamde location update. Op de tijdstippen van informatie uitwisseling wordt meer in detail ingegaan in sectie 4.3.

*Kosten*

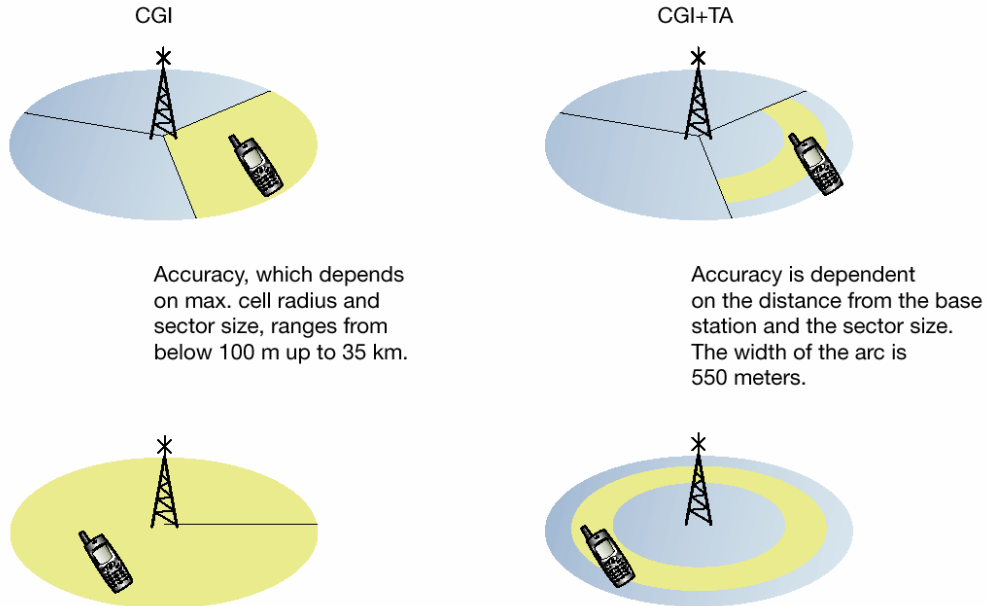
Plaatsbepaling op basis van CGI is reeds in de huidige implementatie van GSM aanwezig. Ten behoeve van het afrekenen worden de Cell ID's van gesprekken opgeslagen in de zogenaamde Call Detail Records (CDR's) en gedurende enkele maanden bewaard. Het gaat hier om de ID van de cel waar het gesprek begint en de ID van de cel waar het gesprek eindigt. Het beschikbaar maken van dit soort gegevens zou dus tegen betrekkelijk geringe kosten mogelijk moeten zijn. In diepere lagen van het systeem zijn tijdens communicatie met de handset veel meer cell ID observaties aanwezig, maar deze worden momenteel niet gelogd. Om ook deze gegevens beschikbaar te maken is een netwerk investering nodig van enkele duizenden euro's per BTS.

*Beschikbaarheid in Nederland*

Met de beperking dat alleen gegevens van uitgaande gesprekken worden opgeslagen is de methode reeds beschikbaar in Nederland.

*Overige opmerkingen*

Vanwege de grofmazigheid van deze waarnemingsmethode, is deze methode in de eerste instantie geschikt voor het verzamelen van geaggregeerde grootheden, zoals HB-matrices. Voor het bepalen van intensiteiten en reistijden op wegvakniveau lijkt deze methode niet geschikt.



**Figuur 2:** Het Cell Global Identity en het Timing Advance principe (Bron: Swedberg, 1999)

### 3.3.2 CGI+TA

#### *Algemeen*

De zogenaamde single cell timing -advance methode levert naast de cell ID (zie boven) ook de Timing Advance parameter

#### *Kwaliteit van de data*

Deze Timing Advance parameter wordt opgeslagen met stappen van 550 meter, in de range 0 tot en met 63. er is dus sprake van een vrij grove resolutie. Het is onbekend hoe groot de kans is dat de Timing Advance foutief gerapporteerd wordt.

#### *Beschikbaarheid in tijd*

Tijdens de periode dat er communicatie is met de handset wordt de Timing Advance parameter twee maal per seconde geupdated in de BTS.

#### *Kosten*

De timing Advance Parameter wordt niet gelogd en is dus alleen tijdelijk in de BTS beschikbaar. Om daadwerkelijk iets met de TA parameter te doen dient een infrastructuur te worden gebouwd voor het loggen en doorsturen van deze gegevens. Hiermee is een investering van enkele (tien)duizenden euro's per BTS vereist

#### *Beschikbaarheid in Nederland*

Op dit moment loopt als onderdeel van het Intermezzo project een proef om op basis van CGI+TA gegevens verkeersinformatie af te leiden. Indien deze proef technisch en commercieel succesvol blijkt zal een verdere uitrol over Nederland kunnen plaatsvinden. Rijkswaterstaat is, naast commerciële partijen, een van de beoogde afnemers en sponsort bovendien de huidige proef.

### 3.3.3 Enhanced CGI +TA

#### *Algemeen*

Door de CGI+TA plaatsbepaling te combineren met gegevens over signaal sterkte (de zogenaamde RX levels) kan de nauwkeurigheid verder verbeterd worden. Zolang een verbinding in stand is, is de signaalsterkte van de 6 sterkste BTS'en die de handset ontvangt alsmede het zendvermogen van de handset zelf bekend. Wanneer het toestel in een auto met car-kit wordt gebruikt, worden deze waarden daardoor beïnvloed. Mogelijk biedt dit zelfs een handvat om dergelijke toestellen te identificeren.

#### *Kwaliteit van de data*

De te behalen nauwkeurigheid wordt geschat tussen de 300 en 800 meter. Het betreft hier een methode die nog ontwikkeling is. Hierdoor zijn op dit moment nog geen harde getallen te geven.

#### *Beschikbaarheid in tijd*

De gegevens zijn met een voldoende grote frequentie beschikbaar, maar alleen tijdens de periode dat communicatie met de handset plaatsvindt.

#### *Kosten*

De kosten van deze oplossing zijn op de langere termijn vergelijkbaar met de CGI +TA methode. Er dient echter nog een bepaalde hoeveelheid research plaats te vinden voordat deze methode operationeel gemaakt kan worden.



#### *Beschikbaarheid in Nederland*

Op dit moment is de methode niet beschikbaar in Nederland. Mogelijkerwijs wordt er in het kader van het Intermezzo project onderzoek naar verricht.

#### *Overige opmerkingen*

Een methode die volgens hetzelfde principe werkt kan eventueel ook op de handset worden geïmplementeerd middels een applicatie die op de SIM kaart draait. In deze vorm is de methode vanwege het extra energie gebruik vooral geschikt voor eenmalige plaatsbepaling. Om de applicatie te laten werken moeten de SIM kaarten echter wel van software voorzien worden. Bij de huidige generatie SIM kaarten kan deze software via het netwerk op de SIM kaart worden geladen. Dit betekent dat na verloop van tijd het merendeel van de gebruikers beschikt over een toestel dat geschikt is voor de techniek.

Indien gebruikt gemaakt wordt van een naar eigen inzicht te ontwerpen applicatie op de SIM kaart, staan er een groot aantal opties open, bijvoorbeeld:

- De handset wordt geprogrammeerd om, in het geval van een verplaatsing coördinaten en tijdstippen op te slaan en periodiek te verzenden;
- Tijdens het voeren van een gesprek kunnen eerder verzamelde gegevens worden uitgewisseld.

Voorlopig zijn dit vooralsnog alleen theoretische mogelijkheden.

### **3.3.4 Uplink Time of Arrival (UL-TOA)**

#### *Algemeen*

Bij uplink Time of Arrival wordt het tijdsverschil waarmee een signaal dat door een handset wordt uitgezonden aankomt in de omliggende zendmasten gemeten. Op basis van dit gegeven kan de positie van de handset worden getrianguleerd. Deze methode lijkt feitelijk veel op EOTD, alleen wordt nu het signaal van de handset gebruikt voor de plaatsbepaling.

#### *Kwaliteit van de data*

De nauwkeurigheid van deze methode varieert tussen de 50 meter in landelijke gebieden en 150 in sterk verstedelijkte omgevingen (Swedberg, 1999).

#### *Beschikbaarheid in tijd*

Plaatsbepalingsgegevens via deze methode zijn alleen beschikbaar op momenten dat een verbinding met de handset actief is.

#### *Kosten*

Over de kosten van deze methode is niets bekend

#### *Beschikbaarheid in Nederland*

Er zijn geen plannen bekend om de methode in Nederland toe te passen

### **3.3.5 Angle of Arrival**

#### *Algemeen*

Bij deze methode wordt de hoek gemeten waarmee signalen van een handset op een bepaald punt binnenkomen.

#### *Kwaliteit van de data*

De theoretisch haalbare nauwkeurigheid is circa 125 m. Dit is vergelijkbaar met E-OTD, maar anders als bij E-OTD zijn voor Angle of Arrival toepassingen geen speciale handsets nodig.

*Beschikbaarheid in tijd*

Een vereiste voor plaatsbepaling is dat een verbinding met de handset bestaat

*Kosten*

De hardware die nodig is voor het toepassen van Angle of Arrival technieken is kostbaar. Van de kosten is alleen bekend dat ze 'hoog' zijn

*Beschikbaarheid in Nederland*

Er zijn in Nederland geen praktijktoepassingen van deze techniek voor het lokaliseren van GSM toestellen voorzien.

### **3.3.6 RadioCamera™**

*Algemeen*

Een techniek die belangrijk verschilt van alle bovengenoemde technieken is een systeem dat is ontwikkeld door het inmiddels ter ziele US-Wireless (de bezittingen van dit bedrijf zijn overgegaan in trafficmaster inc.). Deze techniek is gebaseerd op patroonherkenning, waarbij het 'patroon' bestaat uit de tijdverschillen waarmee radio signalen van één handset de ontvanger bereiken. Door reflecties op o.a. gebouwen kan een signaal de ontvanger via verschillende paden bereiken. Iedere locatie wordt gekenmerkt door een specifiek patroon. Dit patroon kan niet anders worden bepaald dan door met behulp van een 'verkenning' voertuig een database op te bouwen.

*Kwaliteit van de data*

De plaatsbepaling is juist in stedelijke omgeving betrouwbaar. De geclaimde nauwkeurigheid is beter dan 100m in 67% van de gevallen

*Beschikbaarheid in tijd*

Het genereren van plaatsbepalingsgegevens is alleen mogelijk voor toestellen die actief gebruikt worden

*Kosten*

Volgens opgave van US-Wireless [US-Wireless, 2001] bedragen de installatiekosten voor een regio circa \$1.400.000 met onderhoudskosten van \$216.000 per jaar.

*Beschikbaarheid in Nederland*

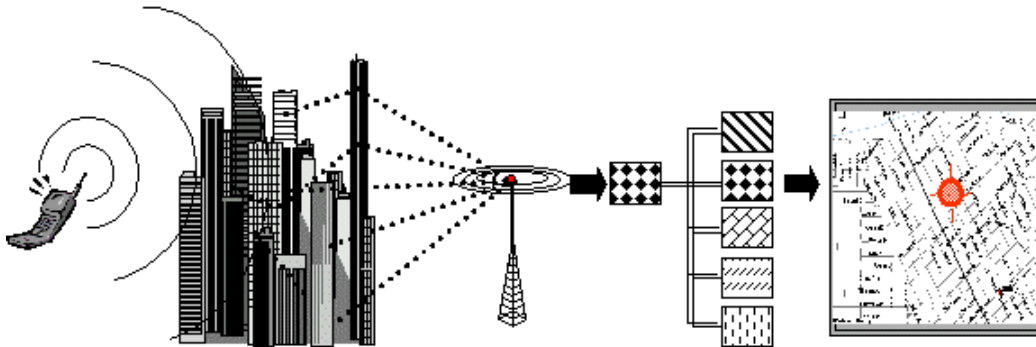
Het is onbekend wat de huidige status van de ontwikkelingen rondom deze techniek is. Het bedrijf dat de techniek in eerste instantie heeft ontwikkeld is na een surseance eind 2001 overgenomen door Trafficmaster Inc. USA een volle dochter van Trafficmaster Plc. UK

*Overige opmerkingen*

Wanneer het systeem gerealiseerd kan worden heeft het belangrijke voordelen:

- Het systeem genereert geen extra belasting van het netwerk;
- De plaatsbepaling is juist in stedelijke omgeving betrouwbaar (geclaimde nauwkeurigheid: beter dan 100m in 67% van de gevallen);
- De dataverzameling kan doelbewust op specifieke locaties worden gericht, waardoor reizigers van niet-reizigers kunnen worden onderscheiden

Met de techniek zijn veldtesten uitgevoerd in Oakland, CA, Baltimore, MD and Billings, MT (Bron: US-Wireless website) en Korea (Bron: ITS newsletter). Over het verloop van deze veldtesten konden tot nu toe geen berichten worden achterhaald.



**Figuur 3:** Plaatsbepaling door middel van patroonherkenning  
(Bron: US Wireless website,  
<http://www.uswcorp.com/USWCMainPages/our.htm>)

### 3.4 Overzichtstabel

De eigenschappen van de verschillende technieken, kunnen voorzover bekend, in de onderstaande tabel worden samengevat. De gegevens uit deze tabel zijn uit diverse bronnen overgenomen en hebben daarom de status van een subjectieve inschatting.

**Tabel 2:** *Subjectieve inschatting van de kenmerken van verschillende plaatsbepalingsmethodes*

	terminal based			network based					
	GPS / DGPS	A-GPS	E-OTD	CGI	CGI + TA	Enhanced Cell ID	UL-TOA	Angle of Arrival	Radio Camera
Nauwkeurigheid [geschatte standaard afwijking in m]	10-50 m	10 – 20m	60 – 200m	100 m – 35 km	550 <sup>1</sup> m	300 – 800m	50m – 120m	125m	100m
Beschikbaarheid	Na verzoek	Na verzoek	Na verzoek	Bij verbinding	Bij verbinding	Bij verbinding	Bij verbinding	Bij verbinding	Bij verbinding
Netwerk investering per operator (M euro)	0	<10	10 – 100	0	ca 10	ca 10	onbekend	hoog	>10
Kosten per handset (euro)	400	150	1 – 25	0	0	0	0	0	0
Marketing kosten	onbekend	onbekend	onbekend	0	0	0	0	0	0
Toegepast in Nederland	ja	nee	nee	ja	nee	nee	nee	nee	nee
Toepassing gepland Nederland	ja	misschien	nee	ja	ja	misschien	nee	nee	nee

<sup>1</sup> De afstand tot de BTS is met stappen van 550m bekend

## 4 Beschikbaarheid van plaatsbepalingsgegevens

### 4.1 Inleiding

Het lokaliseren van een handset is slechts één onderdeel van het inwinproces van verkeersgegevens. Om een dergelijk inwinproces tot een succes te maken moet een voldoende nauwkeurige plaatsbepalingsmethode beschikbaar zijn, maar moet ook aan de volgende randvoorwaarden zijn voldaan:

- De plaatsbepaling moet voldoende vaak plaatsvinden;
- De plaatsbepalingsgegevens moeten in een centraal punt verzameld worden;
- Er moet een zeer groot aantal plaatsbepalingen kunnen worden uitgevoerd tegen acceptabele kosten.

Het feit dat de kosten beperkt moeten blijven betekent feitelijk dat in eerste instantie gebruik moet worden gemaakt van de gegevens die bij de normale bedrijfsuitvoering van telecom operators beschikbaar komen. In tweede instantie kan gekeken worden naar systemen die gebruik maken van de rest capaciteit van het netwerk. Systemen die beslag leggen op 'draadloze' bandbreedte anders dan de restcapaciteit zijn in het gebruik duur en hebben op het eerste gezicht weinig toegevoegde waarde ten opzichte van een oplossing waarbij de GPS gegevens afkomstig uit navigatie systemen wordt gebruikt.

Indien we ons willen beperken tot gegevens die tijdens de normale bedrijfsuitvoering beschikbaar komen, of gegevens die bij gebruik van restcapaciteit beschikbaar zouden kunnen zijn is het van belang om te beschrijven hoe het huidige GSM netwerk is opgebouwd en welke gegevens in het huidige systeem beschikbaar zijn.

### 4.2 De opbouw van het GSM netwerk

Het GSM netwerk van iedere operator bestaat uit een aantal lagen. Op het laagste niveau onderscheiden we de Base Transceiver Station (BTS) welke een sector van 120 graden rondom een zendmast bedient. Een dergelijke sector noemen we een cel. Soms is er slechts één BTS per mast. In dat geval bestrijkt de cel de volle 360 graden en spreken we van een omnicelel.

Het is de handset die bepaalt met welke BTS gecommuniceerd wordt. In het geval dat een verbinding is opgebouwd, wordt in de BTS de zogenaamde timing advance bijgehouden. Dit is een parameter die van belang is voor het in stand houden van de verbinding, maar ook maatgevend is voor de afstand tot de BTS. Daarnaast wordt door de handset de signaalsterkte van de 6 sterkst ontvangen BTS'en alsmede het vermogen waarmee de handset zelf zend doorgegeven.

De Base Station Controller (BSC) bedient een aantal BTS'en. In de Visiting Location Registry (VLR) is bekend welke toestellen zich in welke BSC regio bevinden. Er is dus niet bekend welke BTS op enig moment een handset bedient. In geval van een inkomende oproep voor een handset, wordt in alle BTS'en die onder een BSC ressorteren getracht een verbinding met desbetreffende handset op te bouwen.

Een Mobile Switching Centre (MSC) bedient weer meerdere BSC's en vormt de brug naar het vaste netwerk van de rest van de wereld. Het MSC bevat een Visiting Location Register aan de hand waarvan kan worden bepaald of oproepen uit het externe netwerk naar deze MSC

worden gerouteerd. De keten van gebeurtenissen die er toe leidt dat een handset in de VLR van een MSC terecht komt wordt steeds vanuit de handset geïnitieerd. De handset probeert zich bij een netwerk te registreren. De gegevens van de handset komen vervolgens bij de MSC terecht, deze controleert aan de hand van het Home Location Register of de desbetreffende handset geregistreerd mag worden, hetzij als (prepaid)abonnee, hetzij in het kader van een roaming overeenkomst. In het geval dat kosten in rekening moeten worden gebracht moeten de Call Detail Records (CDR) bijgewerkt. De Call Detail Records worden centraal beheerd en gedurende enkele maanden bewaard.

Bij een 'standaard' netwerk zijn de volgende soorten locatie gegevens beschikbaar:

- bij elke location update: de cel waarin de handset zich bevindt en de timing advance gegevens. In de volgende sectie wordt meer in detail ingegaan op de tijdstippen waarop deze informatie wordt uitgewisseld;
- voor elk toestel dat standby is: de regio waarin het toestel zich bevindt, aan de hand de Base Station Controller

In de huidige situatie zijn de Call Detail Records (CDR) de enige gegevens die opgeslagen worden. In de CDR is het volgende opgeslagen:

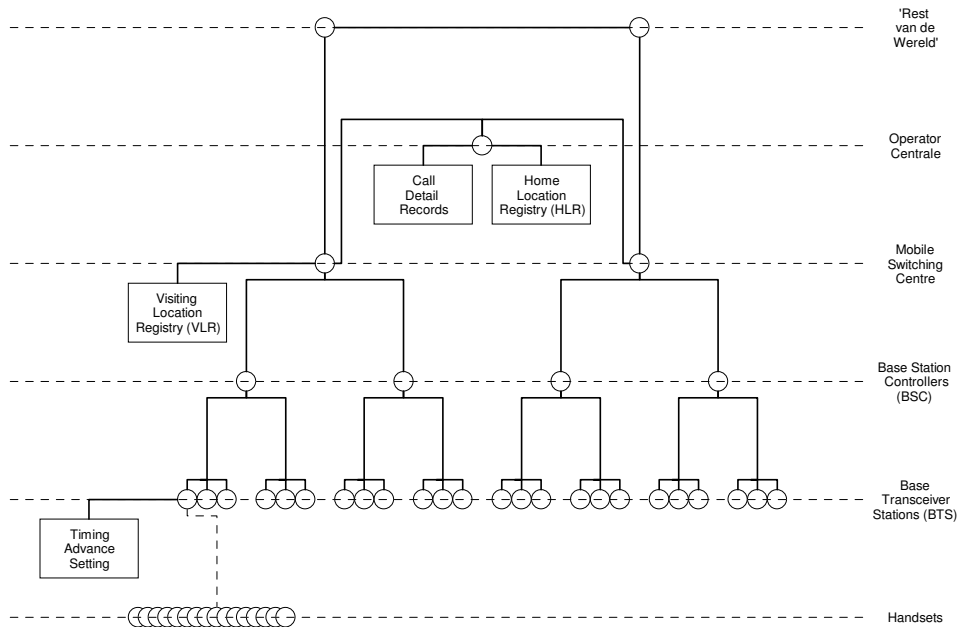
- Het IMEI nummer en het subscriber nummer van de handset
- Het gebelde nummer
- Het tijdstip van aanvang van het gesprek
- De cell-ID bij aanvang van het gesprek
- Het tijdstip van beëindiging van het gesprek
- De cell-ID bij beëindiging van het gesprek

Het Transport Research Laboratory (TRL) is in het verleden al eens nagegaan in hoeverre het mogelijk is om op basis van CDR gegevens Herkomst Bestemmingsinformatie af te leiden [White & Wells, 2002]. Dit onderzoek heeft niet tot direct bruikbare resultaten geleid. De voornaamste reden hiervoor is dat het aantal waarnemingen te klein bleek te zijn om goede uitspraken te kunnen doen over de beschouwde studie periode. Het verlengen van de studie periode kan gedeeltelijk verbetering brengen, maar het feit blijft dat de CDR een erg grofmazige waarneem methode is.

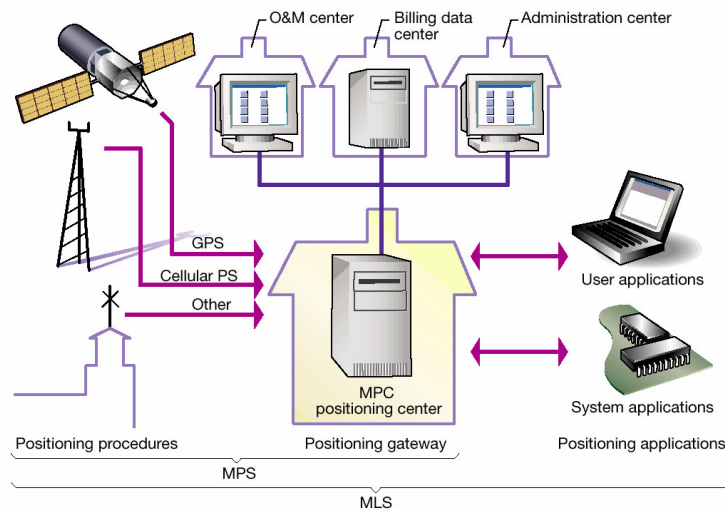
Bedrijven als Nokia en Ericsson bieden daarnaast hard- en software aan die het mogelijk maken om plaatsbepalingstechnologie in het netwerk te integreren. De kern van een dergelijk systeem is een Mobile Positioning Center (MPC). Applicaties kunnen bij de MPC locatiegegevens opvragen. De MPC vertaalt deze aanvragen naar de specifieke plaatsbepalingstechniek die wordt toegepast (CGI, GPS, etc.) zodat het voor de applicatie niet uitmaakt welke plaatsbepalingstechniek wordt gebruikt. Voor het verkrijgen van locatiegegevens moet over het algemeen betaald worden. Ook dit wordt door de MPC geregeld. Samen met de toegepaste plaatsbepalingstechniek vormt de MPC de zogenaamde Mobile Positioning Solution (MPS). Worden ook de applicaties in de beschouwing betrokken dan spreekt men van een Mobile Location Solution (MLS), zie Figuur 5. In Nederland zijn voorzover bekend nog geen MPS systemen geleverd. Door verslechterde economische omstandigheden zijn telecom operators minder bereid risico's te nemen bij investeringen. Er wordt pas geïnvesteerd als duidelijk is dat deze investering in korte tijd terugverdiend kan worden.

De ontwikkeling van MPS systemen is in eerste plaats bedoeld voor applicaties zoals weergegeven in Figuur 1. Het gaat dan om plaatsbepalingen die doelbewust wordt uitgevoerd om een bepaalde dienst te ondersteunen. De huidige generatie MPS systemen heeft een maximum capaciteit (uitgedrukt in het maximaal aantal af te handelen aanvragen per uur) die hier op is afgestemd. In de huidige vorm is de capaciteit van MPS systemen onvoldoende voor het grootschalig inwinnen van verkeersgegevens. Daarnaast impliceert het gebruik van

de MPS extra gebruik van bandbreedte. Hierdoor zijn de gegevens slechts tegen hoge kosten beschikbaar.



**Figuur 4:** Schematische weergave van het GSM systeem. Het systeem bestaat uit verschillende lagen. Per laag worden verschillende gegevens opgeslagen



**Figuur 5:** Het Mobile Position Center (MPC) handelt aanvragen naar locatiegegevens van externe applicaties af, zodat deze onafhankelijk worden van de toegepaste plaatsbepalingsmethode (Bron: Swedberg, 1999)

### 4.3 Tijdstippen van informatie uitwisseling bij normale bedrijfsvoering

In deze sectie proberen we de vraag te beantwoorden op welke tijdstippen bij normale bedrijfsuitvoering van een telecom operator informatie bij de Base Station Transceiver Station (BTS) beschikbaar komt over de locatie van een handset. De gelegenheden waarbij dit gebeurd noemen we de zogenaamde Location Updates.

Tussen twee Location Updates in zijn wellicht binnen de handset zelf gegevens aanwezig die een meer nauwkeurige plaatsbepaling mogelijk maken, maar zolang deze gegevens niet naar een BTS worden overgeseind, kunnen ze niet worden benut voor het inwinnen van verkeersgegevens.

De Location Updates moeten het volgende bewerkstelligen:

- Dat van een standby toestel altijd bekend is in welke Base Station Controller regio deze zich bevindt (zie Figuur 4);
- Dat van een actief toestel altijd bekend is in welke BTS cel het toestel zich bevindt en welke Timing Advance er geldt.

Om dit te bereiken gebruikt het netwerk een systematiek waarbij op de volgende tijdstippen Location Updates worden uitgevoerd:

- Bij het aanzetten van de handset. De handset zoekt het frequentiespectrum af naar een geprefereerde netwerk provider. Vervolgens probeert het toestel zich te registreren bij het netwerk van de eerste keuze. Het netwerk registreert op het niveau van de Base Station Controller regio (zie Figuur 4) waar het toestel zich bevindt. In geval van een oproep wordt de betreffende handset gezocht in alle cellen die onder de Base Station Controller ressorteren. Base Station Controller regio's zijn vrij groot. Voor een typische operator is het aantal BSC regio's circa twee keer zo groot als het aantal provincies;
- Tijdens het bellen. Indien een handset een oproep ontvangt of zelf een oproep plaatst worden locatie gegevens uitgewisseld tijdens de duur van het gesprek. Dit gebeurd maximaal twee maal per seconde;
- Bij het uitzetten van het toestel. Bij het uitzetten van het toestel wordt een zogenaamd sterfsignaal verzonden. Hierdoor weet het netwerk dat het toestel niet meer voor inkomende oproepen bereikbaar is;
- Periodiek. er is een netwerk instelling die aangeeft om de hoeveel tijd alle toestellen zich bij het netwerk moeten registreren. Een periodieke registratie is vergelijkbaar met de procedure bij het aanzetten van het toestel. Indien een toestel zich niet registreert in de opgegeven tijd weet het netwerk dat het toestel moet zijn uitgeschakeld of buiten het bereik van het netwerk is geraakt. De gehanteerde tijdstellingen variëren overigens tussen operators volgens eigen opgave van 30 minuten tot 4 uur.

Uit het bovenstaande blijkt dat er twee soorten metingen beschikbaar komen:

- Puntmetingen. Het gaat hier om Location Updates die worden uitgevoerd bij het aan en uitzetten van een toestel, periodieke Location Updates en Location Updates die worden uitgevoerd bij het overschrijden van de grens tussen twee Base Station Controller regio's. Binnen deze groep zijn de grensoverschrijdende Location Updates het meest interessant voor het inwinnen van verkeersgegevens omdat het hier specifiek gaat om handsets die verplaatst worden. Bovendien gaat het om een waarneming die geldt voor alle ingeschakelde handsets.
- Traject metingen. Dit zijn de tijdseries van Location Updates waaruit bijvoorbeeld de route kan worden gereconstrueerd die gevolgd wordt. Deze zijn alleen beschikbaar voor toestellen die bellen of gebeld worden.



In alle gevallen gaat het om (repeterende) records met de volgende structuur:

Handset ID	Een code voor de handset. De grove resolutie van de locatiebepaling sluit het risico uit dat de identiteit van de eigenaar uit de gegevens kan worden herleid.
Tijdstempel	yyyy mm dd hh ss
Base station ID	Een identificatie van het base station. Aan de hand van deze identificatie kunnen uit andere bestanden gegevens zoals locatie van de base station worden opgehaald
Geregistreerd timing advance	Dit is een getal uit de reeks {0, 1, 2, ..}

Met 'beschikbaar' wordt hier bedoeld dat de gegevens in de BTS aanwezig zijn. er bestaat momenteel nog geen infrastructuur om deze gegevens te bewaren en naar een centraal punt te transporteren.

## 5 Extra mogelijkheden met UMTS technologie

Dezelfde vragen die over GSM gesteld zijn kunnen ook m.b.t. tot UMTS gesteld worden. Omdat de verspreiding van UMTS pas over een aantal jaren op gang zal komen wordt op dit onderwerp minder gedetailleerd ingegaan op dit moment. Toch zou ten behoeve van het onderzoek de volgende informatie zeer welkom zijn:

- Welke nauwkeurigheid van plaatsbepaling wordt met UMTS bereikt?
- Zijn plaatsbepalingsgegevens alleen tijdens gesprekken beschikbaar of ook daarbuiten?
- Geldt voor de frequentie van location updates hetzelfde als voor GSM telefonie?
- Kunnen locatiegegevens worden afgeleid zonder dat daarvoor het netwerk wordt belast?

Wat in ieder geval vast staat is dat UMTS zal werken op basis van veel kleinere cellen dan GSM. Hierdoor neemt de nauwkeurigheid toe. Binnen UMTS is (veel) meer bandbreedte beschikbaar dan binnen het GSM netwerk terwijl de hoeveelheid bandbreedte voor het doorzenden van locatiegegevens constant blijft. Wellicht dat met de toegenomen bandbreedte de kosten per bit voldoende afnemen om het gebruik van plaatsbepalingstechnieken die beslag leggen op een beperkte hoeveelheid bandbreedte financieel haalbaar te maken.

UMTS bevindt zich anno 2003 in de opbouwfase, maar de technische specificaties van het systeem liggen inmiddels volledig vast. Net als bij GSM heeft er ook bij UMTS een verregaande standaardisatie plaatsgevonden, zodat de producten van verschillende leveranciers ook daadwerkelijk op elkaar aansluiten. Bij de ontwikkeling van UMTS is het belang van Location Based Services volledig onderkend zodat de UMTS standaard in dit opzicht meer faciliteiten biedt dan de GSM standaard. Of het inwinnen van (bulk) plaatsbepalingsgegevens ook tot deze faciliteiten behoort is echter zeer de vraag.

Fysiek is het UMTS systeem voor wat betreft het netwerk geheel gescheiden van GSM. Op het gebied van de handsets is er echter wel degelijk een overlap: GSM handsets zijn straks te gebruiken in een UMTS netwerk, terwijl UMTS handsets binnen een GSM netwerk te gebruiken zullen zijn. Plaatsbepalingstechnieken als A-GPS en E-OTD hebben volgens fabrikanten echter een vanzelfsprekend migratiepad naar UMTS. Of er binnen UMTS een equivalent bestaat van Timing Advance gegevens, in die zin dat de locatie van de handset in de BTS kan worden bepaald uit gegevens die bij de normale bedrijfsuitvoering beschikbaar zijn, en hoe nauwkeurig in dit geval plaatsbepaling mogelijk is, is op dit moment niet bekend.

## 6 Organisatorische en juridische aspecten

Tot nu toe zijn de mogelijkheden vooral uit technisch en financiële hoek belicht. Oplossingen moeten echter ook in organisatorisch en juridisch opzicht haalbaar zijn.

Organisatorisch moeten de volgende obstakels genomen worden:

- Er moet een financieringsmodel worden uitgewerkt waarin wordt vastgelegd wie wat investeert, hoe de opbrengsten worden verdeeld en wie welke risico's draagt;
- Met het beschikbaar stellen van plaatsbepalingsgegevens geven operators ook informatie over hun bedrijfsvoering prijs. Dit kan een reden zijn om niet mee te willen werken;
- Voor het inzetten van abonnees als data-donor kan het nodig zijn dat deze via een systeem van opting-in hiervoor toestemming geven. Als deze opting-in constructie inderdaad nodig is dan wordt het lastig of onmogelijk om een voldoende penetratie tot stand te brengen.

Het voornaamste juridische obstakel lijkt te liggen in de privacysfeer. Voor een groot gedeelte is dit op te lossen door gegevens te anonimiseren. Wanneer echter een nauwkeurige plaatsbepalingsmethode wordt gebruikt, is dit anonimiseren misschien niet meer voldoende, omdat in dit geval al dan niet kwaadwillenden de identiteit van individuen uit de locatiegegevens zelf zouden kunnen afleiden. Het zou zelfs zo kunnen zijn dat de rechter in het belang van opsporing inzage in de gegevens afdwingt. Voor het genereren van gegevens over reistijden en intensiteiten en Herkomst Bestemmingsrelaties is het echter niet nodig om de gegevens langer dan een paar uur op te slaan. Desalniettemin moet worden nagegaan of dit binnen de huidige wettelijke kaders is toegestaan.

## 7 Concepten voor het inwinnen van verkeersgegevens

### 7.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is onder andere beschreven welke mogelijkheden er bestaan om locaties van handsets te bepalen (hoofdstuk 3) en waar en op welke tijdstippen dergelijke plaatsbepalinggegevens beschikbaar komen. Met behulp van nog te beschrijven verwerkingsalgoritmes kunnen deze gegevens vervolgens worden verwerkt tot informatie over reistijd, intensiteiten op sectie en route niveau.

Het doel van het huidige onderzoek is om te bepalen hoe effectief een dergelijk systeem kan zijn. Hierbij doet zich de moeilijkheid voor dat de precieze combinatie van plaatsbepalingstechniek, inwinningssystematiek en verwerkingsmethode niet vooraf vast staat. Dergelijke combinaties zullen we aanduiden als *concepten voor het inwinnen van verkeersgegevens*.

In dit hoofdstuk zullen we de meest voor de hand liggende concepten beschrijven. In deze beschrijving vindt mogelijk overlap met de voorgaande hoofdstukken plaats. Uit deze concepten zullen vervolgens de meest reële te worden geselecteerd voor nadere bestudering.

### 7.2 In car GPS

#### *Manier van plaatsbepaling*

De methode GPS of DGPS zoals beschreven in sectie 3.2.1 van dit rapport.

#### *Algemene beschrijving*

In deze variant zijn voertuigen uitgerust met een route guidance systeem waaraan al een GPS ontvanger is gekoppeld. Er wordt informatie uitgewisseld met een centrale via een GPRS verbinding. Het is waarschijnlijk dat deze oplossing in de praktijk zal worden gebracht. Deze variant valt buiten de scope van het huidige onderzoek maar het is van belang bij de keuze van andere varianten dat deze toegevoegde waarde bieden ten opzichte van deze oplossing.

#### *Kenmerken*

De kenmerken van deze oplossing zijn:

- Een zeer hoge kwaliteit van plaatsbepaling;
- Het percentage voertuigen dat als probe dient zal in het begin laag zijn en vervolgens langzaam stijgen;
- Alle waarnemingen betreffen verkeersdeelnemers;
- De uiteindelijke marktpenetratie moeilijk in te schatten;
- De methode biedt bij voldoende deelnemers goede mogelijkheden om reistijden te schatten;
- De representativiteit van de gegevens kan een probleem zijn: dure en veelgebruikte voertuigen zullen naar alle waarschijnlijkheid in de steekproef zijn oververtegenwoordigd;
- Uitrusting per voertuig circa 200 euro indien navigatie systeem reeds aanwezig is;
- Naast kosten voor hardware moeten er ook aanzienlijke kosten gemaakt worden voor marketing en een verkooporganisatie omdat het hier een apart product betreft dat, anders dan een toegevoegde dienst bij een telefoon abonnement, apart verkocht moet worden;

- Gebruikskosten worden grotendeels opgebracht door de consument;
- Er zijn relatief hoge communicatiekosten aan het systemen verbonden;
- Er zijn goede mogelijkheden om de kosten van plaatsbepaling te delen;
- Het systeem kan in 2006 op redelijke schaal operationeel zijn;
- Er is een goede kans dat het systeem gerealiseerd wordt.

### 7.3 Verkeersmonitoring op basis van Call Detail Records

#### *Manier van plaatsbepaling*

De methode CGI zoals beschreven in sectie 3.3.1 van dit rapport.

#### *Algemene beschrijving*

In dit geval wordt gebruik gemaakt van de Call Detail Records zoals ze nu worden opgeslagen. Deze bevatten per *uitgaand* gesprek de Cell Global Identity van de locatie waar het gesprek is begonnen, het tijdstip van aanvang, de Cell Global Identity van de locatie waar het gesprek is beëindigd en het tijdstip waarop dit is gebeurd. Dit vergt voor de telecom operators nauwelijks een investering anders dan dat met enige regelmaat bepaalde bestanden geanonimiseerd en bewaard moeten worden. De verdere verwerking kan bijvoorbeeld door AVV plaatsvinden. De plaatsbepaling is zeer grof, en het zal waarschijnlijk niet mogelijk zijn om uit de CDR rechtstreeks verkeersinformatie af te leiden.

#### *Specifieke toepassingsmogelijkheid: Kalibratie van basisjaar voor verkeersmodellen*

Het is goed voor te stellen dat CDR gegevens nuttige invoer vormen voor met name de ritgeneratiecomponent in traditionele verkeersmodellen. Momenteel gaan dit soort modellen uit van zogenaamde socio-economische gegevens zoals inwoneraantallen, autobezit, winkel oppervlak en dergelijke. Het aantal telefoongesprekken in bepaalde cellen tijdens bepaalde uren zou na enige studie een goed hulpmiddel kunnen blijken te zijn voor het schatten van de zonale ritgeneratie.

Het is niet zeker dat dit echt een bruikbaar idee is. Bij modellen is het van belang dat zij een relatie beschrijven tussen *waarneembare* grootheden. Het telefoonverkeer per zone is typisch een voorbeeld van een grootheid die in het basisjaar makkelijk waarneembaar is. Het zou echter onzinnig zijn om deze afgeleide grootheid vervolgens voor het prognosejaar te voorspellen teneinde het model ook hier toe te kunnen passen. Modellen die aangrijpen op grootheden als inwoneraantallen en economische activiteiten sluiten veel nauwer aan bij de grootheden die men normaliter in planningsbeslissingen wil variëren.

De conclusie van dit alles is dat telefoon verkeer weliswaar een goede correlatie vertoont met wegverkeer maar dat deze correlatie bestaat vanwege het feit dat beide grootheden als afgeleide mogen worden beschouwd van dezelfde socio-economische variabelen. Deze socio-economische variabelen dienen dan ook de basis te vormen voor verkeersmodellering. Waarnemingen aan telefoonverkeer kunnen vervolgens gebruikt worden in de kalibratie van dergelijke modellen.

#### *Kenmerken*

De in het oog springende kenmerken van een oplossing die is gebaseerd op de Call Detail Records zijn de volgende:

- Een zeer lage kwaliteit van plaatsbepaling;
- Slechts een gedeelte van de waarnemingen betreft verkeersdeelnemers;
- Op het moment van introductie is de penetratie 100%;
- Per operator moet een systeem worden gebouwd;

- Er komen alleen waarnemingen beschikbaar van mensen die bellen;
- Geen of slechte mogelijkheden om reistijden te schatten;
- Geen extra netwerk of gebruikerskosten, wel beheer en licentiekosten;
- Het systeem kan in enkele maanden gerealiseerd worden;
- Indien het systeem een nuttige toepassing kent, zijn er weinig obstakels voor realisatie.

#### **7.4 Cell Global Identity + Timing Advance**

##### *Manier van plaatsbepaling*

De methode CGI + TA zoals beschreven in sectie 3.3.2 van dit rapport.

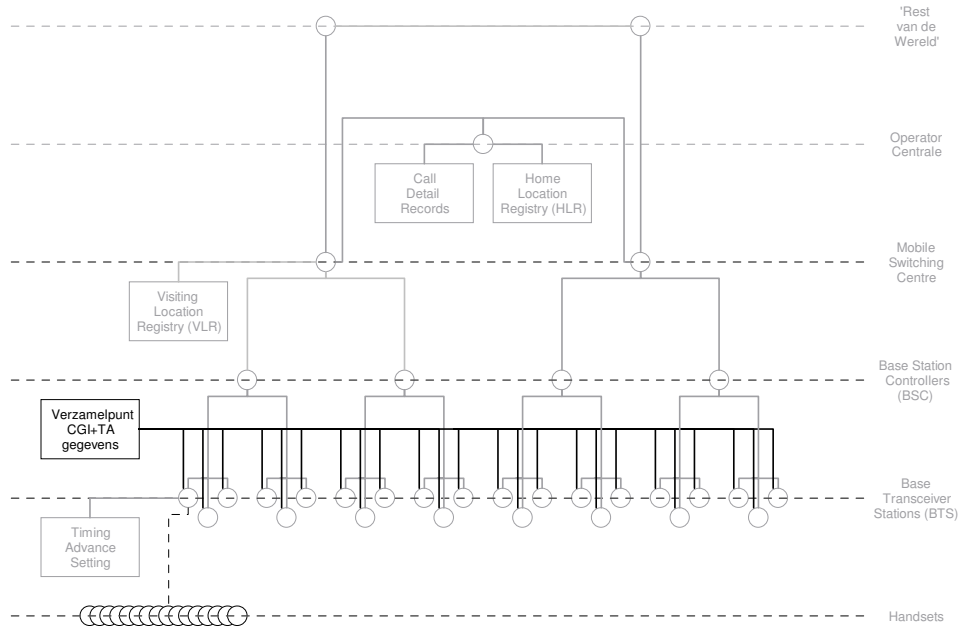
##### *Algemene beschrijving*

Indien een hogere resolutie nodig is dan met de CDR kan worden bereikt, maar het uitgangspunt is dat zo min mogelijk nieuwe hardware wordt gebouwd en dat geen beslag mag worden gelegd op extra draadloze bandbreedte, dan is plaatsbepaling op basis van CGI en Timing Advance een optie. In dit geval moet worden geïnvesteerd in hardware, omdat alle BTS'en van het gebied dat men wil observeren moeten worden aangepast zodat de TA gegevens worden opgeslagen en doorgestuurd naar een centraal punt, zie Figuur 6. Indien deze investering eenmaal gedaan is kan over een groot aantal locatiegegevens worden beschikt tegen vaste kosten.

##### *Kenmerken*

De kenmerken van deze optie zijn:

- Een matige kwaliteit van plaatsbepaling. de afstand tot het centrum van de cel wordt in stappen van 550 meter bepaald. Over de hoek is (afgezien van de sector) niets bekend;
- Slechts een gedeelte van de waarnemingen betreft verkeersdeelnemers;
- Op het moment van introductie is de penetratie 100%;
- Per operator moet een systeem worden gebouwd;
- Er komen waarnemingen beschikbaar van mensen die bellen, mensen die een BSC regiogrens overschrijden en van periodieke of incidentele Location Updates;
- Er zijn mogelijke goede mogelijkheden aanwezig om reistijden te schatten. Dit moet nog uit nadere analyse en experimenten blijken;
- Eenmalige investeringen in het netwerk vereist. Geen gebruikerskosten. Wel beheer en licentiekosten;
- Het systeem kan in een jaar gerealiseerd worden;
- De eerste praktijkproeven met het systeem worden momenteel voorbereid in het kader van het Intermezzo project.



**Figuur 6:** Voor het benutten van CGI-TA gegevens moet iedere BTS worden verbonden met een centrale machine

## 7.5 Cell Global Identity + Timing Advance + Signal strength

### Manier van plaatsbepaling

De methode Enhanced CGI+TA zoals beschreven in sectie 3.3.3 van dit rapport.

### Algemene beschrijving

Een oplossing die nagenoeg gelijk is aan de oplossing die in de vorige sectie is gepresenteerd is een methode die naast de CGI en de Timing Advance ook nog gebruik maakt van de Signal Strength gegevens die door de handset naar de BTS worden doorgezonden. Deze methode is qua implementatieaspecten volledig vergelijkbaar met de voorgaande. De nauwkeurigheid van de methode is in ieder geval beter, maar hoeveel beter wordt momenteel nog onderzocht. Het betreft feitelijk dus een veelbelovende methode die zich nog in een experimenteel stadium bevindt.

### Kenmerken

De kenmerken van deze optie zijn:

- Een redelijke kwaliteit van plaatsbepaling. de afstand tot het centrum van de cel wordt in stappen van 550 meter bepaald. Daarnaast bevat elke waarneming een puntschatting van de locatie met een geschatte standaardafwijking in de range 300 tot 800 meter;
- Slechts een gedeelte van de waarnemingen betreft verkeersdeelnemers;
- Op het moment van introductie is de penetratie 100%;
- Per operator moet een systeem worden gebouwd;
- Er komen waarnemingen beschikbaar van mensen die bellen, mensen die een BSC regiogrens overschrijden en van periodieke of incidentele Location Updates;
- Er zijn mogelijke goede mogelijkheden aanwezig om reistijden te schatten. Dit moet nog uit nadere analyse en experimenten blijken;

- Eenmalige investeringen in het netwerk vereist. Geen gebruikerskosten. Wel beheer en licentiekosten;
- De technologie dient nog verder ontwikkeld te worden;
- Het systeem kan naar schatting in één tot twee jaar gerealiseerd worden.

## 7.6 Oplossing via MPS

### *Manier van plaatsbepaling*

De manier van plaatsbepaling hangt af van de hardware die voorhanden is.

### *Algemene beschrijving*

In de voorgaande secties is steeds een oplossing beschreven waarbij een zogenaamd overlay system wordt gebouwd. Vergelijkbare systemen worden echter ook door hardware leveranciers als Ericsson en Nokia geleverd en aangeprezen als integrated systems. Deze Mobile Positioning Solutions ondersteunen een veel breder scala van diensten en plaatsbepalingmethoden. De huidige generatie MPS systemen lijkt echter nog ongeschikt voor het inwinnen van verkeersgegevens, omdat de systemen niet zijn ingericht op het gebruik van bestaande gegevens of reserve capaciteit, maar in plaats daarvan beslag leggen op draadloze bandbreedte, wat de kosten opdrijft. Ook zijn deze systemen niet berekend op het grote aantal plaatsbepalingen dat moet worden uitgevoerd voor het inwinnen van verkeersgegevens.

Samengevat is de huidige generatie MPS systemen voor een ander doel ontworpen dan het op grote schaal inwinnen van verkeersgegevens. Dit neemt echter niet weg dat indien verkeersmonitoring via GSM een markt zal blijken te zijn, hardware leveranciers op een gegeven moment met een gestandaardiseerde oplossingen kunnen komen die wel bruikbaar zijn.

De MPS oplossing voor het verzamelen van verkeersgegevens kan als volgt gekenschetst worden:

- Een redelijke kwaliteit van plaatsbepaling die gebruik maakt van de best beschikbare techniek ter plaatse. Dit kan A-GPS, E-OTD of Timing Advance zijn, afhankelijk van het toestel dat gelokaliseerd wordt en de plaats waar het zich bevindt;
- Slechts een gedeelte van de waarnemingen betreft verkeersdeelnemers;
- Op het moment van introductie is de penetratie 100%;
- Er kan alleen gebruik worden gemaakt van gegevens van operators die over een MPS beschikken, verder is de dienst operator onafhankelijk;
- Er kunnen doelbewust locatiegegevens worden opgevraagd;
- Het systeem biedt goede mogelijkheden om reistijden te schatten, voor gedeeltes van het netwerk, en voor zover de capaciteit het toestaat;
- Er is misschien een financiële bijdrage aan de MPS nodig. Deze MPS kan door de operator echter ook voor andere doeleinden gebruikt worden;
- Per locatie aanvraag is een bijdrage nodig;
- Het betreft een commercieel verkrijgbaar systeem. De levertijd wordt geschat op 2 maanden. Voor de huidige generatie systemen geldt wel dat het aantal plaatsbepalingen dat nu per uur kan worden uitgevoerd nog aan de lage kant is;
- Er zijn geen plannen om op korte termijn een MPS in Nederland toe te passen.



## 7.7 Enhanced Cell-ID als SIM kaart applicatie

Enhanced Cell ID is een technologie die kan worden geïmplementeerd door op de SIM kaart van een telefoon een applicatie te draaien. Het aantrekkelijke van deze oplossing is dat via software op de SIM kaart specifieke functies kunnen worden gerealiseerd voor het inwinnen van verkeersgegevens. Om een voorbeeld te geven: het toestel zou een reeks plaatsbepalingen kunnen uitvoeren en het resultaat hiervan in één keer doorzenden. Indien een dergelijk systeem kan worden geconfigureerd zodanig dat vooral de reserve capaciteit van het netwerk wordt gebruikt, ontstaat een oplossing die twee beperkingen van de “Cell Global Identity + Timing Advance” oplossing wegneemt, doordat de nauwkeurigheid van plaatsbepaling wordt verbeterd en doordat de beperking dat alleen telefonerende toestellen worden waargenomen wordt opgeheven. Een bijkomend voordeel is dat nu de handsets een gedeelte van het rekenwerk voor hun rekening kunnen nemen doordat zij conditioneel op de waargenomen locatiegegevens kunnen besluiten om wel of niet informatie weg te zenden.

Samenvattend, gelden voor deze oplossing de volgende kenmerken:

- Een redelijke kwaliteit van plaatsbepaling die is gebaseerd op signal strength. Mogelijk vindt de plaatsbepaling in de BTS plaats nadat de handset de signal strength gegevens naar het netwerk communiceert;
- De penetratie hangt af van het aantal van programmatuur voorziene SIM's. de huidige generatie SIM's kan via het netwerk van software worden voorzien;
- Het systeem dient per operator te worden gerealiseerd;
- Er wordt effectief met bandbreedte omgegaan door gegevens op te sparen en in één keer te versturen. Mogelijk kan reservecapaciteit in het netwerk worden benut;
- Het versturen van gegevens kan conditioneel op de waargenomen locatiegegevens plaatsvinden;
- Goede mogelijkheden om reistijden te schatten;
- Er zullen forse investeringen in vooral software en research nodig zijn;
- De techniek is nog niet marktrijp; Introductie zal zeker een jaar vergen;
- Er is ooit onderzoek gedaan naar deze optie, maar men is niet tot implementatie overgegaan.

## 7.8 Radio Camera

Op papier is het Radio Camera een ideaal systeem voor het inwinnen van verkeersgegevens, vooral als de prijs van het systeem zakt. De plaatsbepaling is nauwkeurig in stedelijke gebieden en de variabele zijn laag. Potentieel kan de oplossing los van de operators worden toegepast, het is zelfs mogelijk om willekeurige zenders te tracen, zodat stadsbussen en dergelijke op goedkope wijze als probe kunnen worden uitgerust. Het is echter op dit moment onduidelijk of het systeem nog leverbaar is en wat de uitslag van de diverse veldtesten is geweest. De volgende eigenschappen kunnen aan de RadioCamera oplossing worden toegedicht:

- Een goede kwaliteit van plaatsbepaling;
- Slechts een gedeelte van de waarnemingen betreft verkeersdeelnemers;
- Op het moment van introductie is de penetratie 100%;
- In theorie kunnen alle handsets als data donor optreden, en volstaat één systeem om gegevens van alle operators te gebruiken;
- Goede mogelijkheden om reistijden te schatten;
- De oplossing kan onafhankelijk van telecom operators worden toegepast, maar door gebruik te maken van bestaande antennes kunnen kosten worden bepaald;
- Er kan een onbeperkt aantal plaatsbepalingen worden uitgevoerd tegen vaste kosten;

- Het systeem heeft forse onderhoudskosten doordat de patroonherkenningsdatabase moet worden bijgewerkt wanneer het landschap verandert. Dit bijwerken gebeurt door met een verkenningsvoertuig het wegennetwerk door te rijden;
- Het is niet zeker of het systeem in Nederland leverbaar is.

## 7.9 Selectie van inwinconcepten voor verdere studie

Het doel van het onderzoek is om te beoordelen welke rol GSM zou kunnen spelen bij het inwinnen van verkeersgegevens. Om hier in kwantitatieve zin iets over te kunnen zeggen moeten aannames worden gedaan over de werking van een GSM gebaseerd inwinsysteem en moeten deze aannames worden doorgerekend.

Bij aanvang van het onderzoek is als uitgangspunt geformuleerd dat uit de beschikbare mogelijkheden de twee varianten zullen worden doorgerekend, waarbij de ene variant een representant dient te zijn van de in praktische zin 'meest haalbare' oplossingen en de andere variant een representant is van de in technische zin 'meest wenselijke' oplossingen.

### 7.9.1 Criteria

De verschillende concepten die in dit hoofdstuk zijn voorgesteld zullen, voorafgaande aan verdere bestudering, op hun haalbaarheid moeten worden beoordeeld. Daarbij worden de volgende criteria gehanteerd:

- De totale investering voor de methode moet beperkt zijn. Een nadrukkelijk uitgangspunt van dit onderzoek is dat gekeken wordt naar oplossingen die zonder grote extra investeringen op basis van de bestaande systemen verkeersinformatie kunnen genereren;
- De door de methode gegenereerde verkeersgegevens zullen aan zekere minimum kwaliteitseisen moeten voldoen;
- De verhouding tussen kwaliteit en kosten moet aantrekkelijk zijn. Dit moet ook gelden tegen de achtergrond van andere dan GSM gebaseerde alternatieven als: niets doen; het huidige stelsel van road-side-based detectoren uitbreiden; of een gespecialiseerd systeem voor data-inwinning op basis van FCD data bouwen dat geen gebruik maakt van GSM;
- De methode moet binnen een redelijke termijn beschikbaar kunnen zijn. Een redelijke termijn lijkt in dit verband twee tot drie jaar;
- Organisatorische haalbaarheid. Hiermee wordt bedoeld dat alle partijen die actie moeten nemen om de methode te realiseren ook daadwerkelijk zover gebracht moeten kunnen worden. Als aan deze voorwaarde niet is voldaan zullen plannen voortijdig sneuvelen, ondanks hun technische haalbaarheid. Aandachtspunten hierbij zijn de volgende partijen:
  - De overheid: verschillende overheidsdiensten zullen hun initiatieven op elkaar af moeten stemmen;
  - Telecom operators: operators zullen waarschijnlijk samen moeten werken. Er zal een verdeelmodel voor kosten en opbrengsten moeten worden opgesteld. Hierbij kan zeer wel sprake zijn van een prisoners dilemma dat via coördinatie moet

worden overwonnen: Het dilemma bestaat er dan uit dat indien iedere partij zijn winst maximaliseert het systeem nooit van de grond kan komen;

- Overige aanbieders zoals integrators en hardware en software leveranciers;
  - Het publiek: bij voorkeur moet gekozen worden voor een oplossing die geen ongemak voor GSM gebruikers impliceert. Omdat elke individuele GSM gebruiker slechts een relatief klein belang heeft bij het inwinnen van verkeersgegevens, mag er niet van worden uitgegaan dat een voldoende groot aantal GSM bereid zal zijn zich te verdiepen in het wijzigen van instellingen van hun telefoon of het invullen van formulieren. Er dient dus een oplossing te worden gekozen die niet van dergelijke medewerking afhankelijk is.
- Juridische haalbaarheid. Elke toe te passen methode zal met name moeten voldoen aan de eisen met betrekking tot de bescherming van de privacy;
  - De onzekerheid rondom de methode moet beperkt zijn. Onzekerheid kan voortkomen uit onbekendheid van de prestaties van de methode en onbekendheid van de realisatiekosten. De onzekerheid wordt beperkt indien:
    - de methode reeds eerder beproefd is;
    - de methode via een geografisch groeipad te realiseren is. In dit geval wordt de methode eerst in een klein gebied met dit kosten uitgetest, om bij gebleken succes te worden uitgebreid tot een groter gebied;
    - De methode past in een technisch groeipad. In dit geval maakt men in eerste instantie gebruik van een bekende techniek, en probeert men deze techniek vervolgens te verbeteren.

## 7.9.2 Keuze

Tegen het licht van de bovengenoemde criteria kan met betrekking tot de in dit hoofdstuk beschreven concepten het volgende worden gesteld:

### *In car GPS*

De in -car GPS oplossing is veelbelovend, omdat deze methode gebruik maakt van nauwkeurige plaatsbepaling en het waarnemingsbereik niet beperkt is tot bellende voertuigen. Een ander voordeel is dat alle waarnemingen ook daadwerkelijk op verkeersdeelnemers betrekking hebben waardoor een uitfilteren van de niet-verkeersdeelnemers niet nodig is. De methode legt echter wel beslag op extra bandbreedte die consumenten vermoedelijk via een verkeersinformatie abonnement moeten opbrengen. Hiermee is niet voldaan aan het criterium van organisatorische haalbaarheid, voor wat betreft de medewerking van het publiek: deze methode is bij uitstek afhankelijk van de medewerking van en financiering door het publiek. Ook betreft het hier een methode die niet voldoet aan het uitgangspunt waarmee aan dit onderzoek begonnen is. Het betreft een methode die waarschijnlijk goede kwaliteit levert, maar ook een hoge investering vereist.

Om deze redenen zal deze methode in dit onderzoek niet nader worden beschouwd.

Wel is de methode interessant omdat deze de markt min of meer afbakent, voor wat betreft de prijs kwaliteit verhouding waaraan andere methodes moeten voldoen.

Deze methode wordt overigens in een parallel onderzoek uitgebreid geanalyseerd.

*Verkeersmonitoring op basis Call Detail Records only*

De Call Detail Records kunnen op goedkope wijze geproduceerd worden maar hebben een zeer grove resolutie. Er zal moeten worden nagegaan of het de moeite loont om deze gegevens te gebruiken. Vermoedelijk is het niet mogelijk om op basis van alleen Call Detail Records te voldoen aan minimale kwaliteitseisen. Met name het bepalen van wegvak intensiteiten en -reistijden is op basis van Call Detail Records, afgezien misschien van zeer afgelegen gebieden, niet mogelijk.

Ook deze methode zal in dit onderzoek niet nader worden beschouwd.

*Cell Global Identity + Timing Advance*

De CGI+TA plaatsbepalingsmethode is een methode die tegen betrekkelijk lage kosten is te implementeren, lage variabele kosten heeft en toch uitzicht biedt op het verkrijgen van bruikbare verkeersgegevens. De plaatsbepalingsgegevens die vanuit deze techniek beschikbaar zijn laten wat betreft resolutie te wensen over, maar het is niet uit te sluiten dat de nauwkeurigheid nog verbeterd kan worden door van aanvullende gegevens zoals signal strength gebruik te maken (zie heironder). Er is dus sprake van een mogelijk technisch groeipad. Ook is het mogelijk om de methode op een beperkte geografische schaal te introduceren, waarbij de hardwarekosten in eerste instantie beperkt blijven. De plaatsbepalingstechniek is in het verleden reeds beproefd. Of ook daadwerkelijk bruikbare verkeersgegevens op basis van deze methode kunnen worden afgeleid zal uit een analyse moeten blijken.

Deze methode zal in deze studie nader worden onderzocht.

*Cell Global Identity + Timing Advance + Signal strength (Netwerk Based Enhanced Cell ID)*

Deze methode is qua eigenschappen nagenoeg gelijk aan de voorgaande oplossing en minstens zo geschikt, vanwege de grotere nauwkeurigheid van plaatsbepaling. De enige nadelen die aan deze methode kleven zijn dat de plaatsbepalingsmethode nog niet volledig is uitgewerkt zodat op dit moment nog geen zekerheid bestaat over de haalbaarheid.

*Oplossing via MPS*

De oplossing waarbij van een commercieel verkrijgbare MPS gebruik wordt gemaakt is niet haalbaar vanwege te hoge variabele kosten (kosten per uitgevoerde plaatsbepaling) en een te lage capaciteit.

*Enhanced Cell-ID als SIM kaart applicatie*

Deze oplossing biedt ten opzichte van de netwerk variant van enhanced cell ID (Cell Global Identity + Timing Advance + Signal strength) nauwelijks voordelen, en heeft als nadeel dat het succes sterk afhankelijk is van de participatie van het publiek.

Deze methode wordt daarom niet apart onderzocht, alhoewel de resultaten van de analyse van de netwerk based variant voor een groot gedeelte ook voor deze methode zullen gelden.

*RadioCamera*

De RadioCamera optie lijkt interessant, maar er is op dit moment niet voldoende informatie beschikbaar over deze keuze om een goede afweging te maken.

*Overige (terminal based methodes)*

De beschouwde terminal based methodes zoals A-GPS en E-OTD vallen eigenlijk allemaal af omdat ze communicatiekosten met zich meebrengen die vergelijkbaar zijn met de in-car GPS oplossing maar voor wat kwaliteit bij deze oplossing achter blijven.

*Selectie*

De geselecteerde methodes zijn dus:

- Cell Global Identity + Timing Advance
- Cell Global Identity + Timing Advance + Signal strength (Netwerk Based Enhanced Cell ID)

## 8 Scenario's

### 8.1 Inleiding

Door middel van een simulatiestudie zal worden nagegaan hoe goed met behulp van de in het voorgaande hoofdstuk geselecteerde methodes de verkeerskundige grootheden intensiteit, reistijd en HB-relaties kunnen worden bepaald.

Het simulatiemodel dat hiertoe zal worden opgesteld kan in principe een onbeperkt aantal scenario's doorrekenen, waarbij ieder scenario bestaat uit het totaal van kenmerken die gelden voor de weginfrastructuur, de verkeersvraag, het monitoringstelsel, het belgedrag en de studieperiode.

Het toepassen van het simulatiemodel levert twee soorten antwoorden op. Ten eerste kunnen met behulp van het model uitspraken worden gedaan over het absolute niveau van de performance van een GSM gebaseerd monitoringstelsel. Ten tweede kunnen met behulp van het model uitspraken worden gedaan over de gevoeligheid van deze performance voor kenmerken van zowel het monitoringstelsel als het verkeersstelsel.

Voor de eenvoud wordt aangenomen dat deze kenmerken gedurende de studieperiode constant mogen worden verondersteld. Indien performance indicatoren vereist zijn voor een combinatie van meerdere homogene studieperiodes (bijvoorbeeld een etmaal), dienen deze indicatoren apart geaggregeerd te worden.

Het uitvoeren van een simulatie levert een veelheid aan indicatoren op die betrekking hebben op schakels, routes en HB-relaties. Teneinde de implicaties van deze indicatoren voor het uit te voeren beleid te achterhalen, dienen deze indicatoren te worden geclusterd naar een aantal typische situaties.

### 8.2 Scenario's

Het te gebruiken wegennet zal bestaan uit een uitsnede uit het NWB (of een vergelijkbaar netwerk), uitgebreid met een aantal centroides die de zones buiten het studiegebied representeren. Er zullen een aantal situaties worden gedefinieerd, te onderscheiden op basis van:

- Ruimtelijk niveau
  - optie 1: wegvakken op het HWN, NVVP-trajecten, routes op het HWN; Een typische situatie die hier zou kunnen worden beschouwd is de A13 tussen Delft-Zuid en Rotterdam. Over deze corridor zijn bovendien veel praktijk gegevens beschikbaar;
  - optie 2: wegsecties die deel uit maken van het OWN zoals 80 km wegen en wegen binnen de bebouwde kom. Typische voorbeelden hiervan zijn de Kruithuisweg in Delft en de Doenkade bij vliegveld Zestienhoven.
- Dichtheid van het wegennet
  - optie 1: locaties waar een hoge dichtheid van het netwerk geldt, met als extreem het optreden van parallelwegen; Als een voorbeeld van een traject in een 'dicht' netwerk is de Ringweg Rotterdam;
  - optie 2: locaties waar een lage dichtheid van het netwerk geldt, bijvoorbeeld een autosnelweg door de polder. Hiervoor kan de A13 dienst doen (alhoewel deze weg in werkelijkheid een parallelweg heeft).

- Intensiteit van het telefoonverkeer in de nabijheid van het beschouwde traject
  - optie 1: locaties waar een groot gedeelte van het telefoon verkeer voor rekening komt van niet-weggebruikers. Een typische situatie waar dit optreedt is de Maastunnel route door Rotterdam;
  - optie 2: locaties waar bijna al het telefoon verkeer voor rekening komt van weggebruikers. Ook hier voldoet de A13.
- Intensiteit van het wegverkeer
  - optie 1: HWN schakels met intensiteiten tot 6000 vtg per uur
  - optie 2: Drukke provinciale wegen met intensiteiten tot 2000 vtg/uur
  - optie 3: Lokale verbindingswegen met intensiteiten van circa 500 vtg/uur

Het is niet zo dat voor elke situatie een aparte simulatie wordt gedraaid. In plaats daarvan wordt per simulatie gekozen wat voor soort indicatoren worden geëxporteerd. Om voldoende betrouwbare gegevens te berekenen worden simulaties een aantal malen met verschillende random getallen herhaald.

In het huidige project zullen de experimenten op basis van gesimuleerde data plaatsvinden. Mogelijk kunnen de experimenten in de toekomst nog herhaald worden met praktijkwaarnemingen.

### 8.3 Het simulatie model

#### 8.3.1 In en uitvoer van het model

Bij de ontwikkeling van het simulatie model zal worden gemikt op een algemeen toepasbaar model wat wil zeggen dat het model verschillende situaties kan doorrekenen, mits deze gespecificeerd zijn volgens de conventies die voor het model gelden.

De invoer zal bestaan uit:

- Invoer die ook in traditionele verkeersmodellen wordt toegepast, te weten:
  - een specificatie van het netwerk middels knopen, schakels en voedingspunten;
  - een specificatie van de HB matrix;
  - een specificatie van de reistijd functies.
- Parameters die gelden voor het monitoringsysteem zoals:
  - de toe te passen algoritmes;
  - de nauwkeurigheid van plaatsbepaling;
  - de locaties van de zendmasten.
- Parameters over het in-car en 'stationaire' het belgedrag.
  - Het in-car belgedrag wordt gekarakteriseerd door een belfrequentie en een belduurverdeling, eventueel apart op te geven voor congestie en niet-congestie situaties;
  - Het stationaire belgedrag zal door middel van een grid worden ingevoerd, waarbij voor iedere gridcel parameters zijn gegeven voor de belfrequentie en de belduurverdeling.

#### 8.3.2 Simulatie/inventarisatie verkeersbewegingen

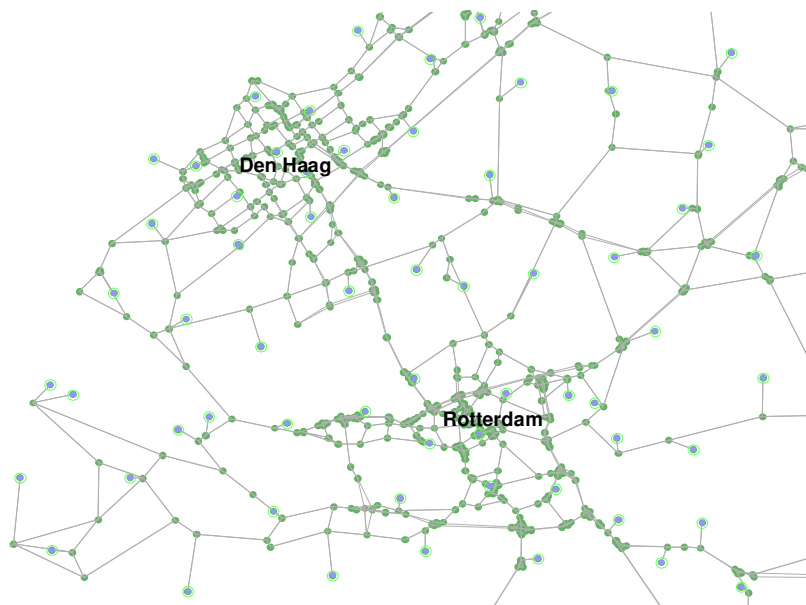
Het doel van de simulatie van verkeersgegevens is om een verzameling voertuigtrajectoriën te genereren die aan de werkelijkheid ontleend hadden kunnen zijn en zodoende als referentieset kan worden gebruikt. Verkeerskundig worden aan deze set beperkte eisen gesteld. Wel

moeten de grootheden die invloed hebben op het GSM gebaseerde schattingsproces en de nauwkeurigheid daarvan een goede orde van grootte hebben. Daarbij gaat het met name om:

- De orde van grootte van de gemodelleerde reistijden. Met name de verhouding tussen snelheid en de gemiddelde lengte van een gesprek is van belang;
- De variatie in snelheden tussen verschillende verkeersdeelnemers. Dit is van belang in verband met de steekproefgrootte. Bij grotere variatie in reistijd is een grotere steekproef nodig om een goed beeld van de gemiddelde reistijd te krijgen;
- De variatie van snelheid in de tijd. Indien reistijden snel fluctueren, kunnen ze minder nauwkeurig geschat worden;
- De dichtheid van het verkeer. Één van de waargenomen grootheden is het aantal gevoerde telefoongesprekken per oppervlakte-eenheid. Deze grootheid wordt rechtstreeks beïnvloed door het aantal voertuigen per kilometer.

Voor het genereren van deze grootheden zal een model worden opgesteld. Dit model bouwt voort op een model dat eerder werd gebruikt bij het beproeven van Map-Matching Algoritmes<sup>2</sup>. In plaats van interacties tussen voertuigen te modelleren die gezamenlijk een correcte weergave van bovengenoemde grootheden moeten bewerkstelligen, worden praktijkwaarden voor de bovengenoemde grootheden als uitgangspunt genomen bij het construeren van de trajectoriën. Als basis voor de generatie van de trajectoriën wordt het NWB gebruikt of een netwerk met een vergelijkbare resolutie. In Figuur 7 is een weergave van een netwerk uitsnede gegeven die een indruk geeft van de te hanteren detaillering van het netwerk.

Indien beschikbaar zal gebruik gemaakt worden van een bestaande zone indeling en HB tabel (bijvoorbeeld op basis van een NRM of het LMS). De ontbrekende gegevens zullen op basis van een inschatting worden vastgesteld. Een exacte overeenkomst met de werkelijkheid is voor deze studie niet vereist, maar er zal door middel van kalibratie voor worden gezorgd dat de intensiteiten op geaggregeerd niveau op tenminste 3 trajecten (inclusief terug richting) binnen een bandbreedte van 20% van in de praktijk waargenomen waarden valt.



**Figuur 7:** Geschematiseerde netwerk weergave

<sup>2</sup>Van der Zijpp (2002) *A Maximum Likelihood Map-Matching Algorithm*, Proceedings of the 9<sup>th</sup> Meeting of the EURO Working Group on Transportation, June 10 to 13, Bari, Italy



### 8.3.3 Simulatie/inventarisatie GSM verkeer

GSM verkeer wordt voor een gedeelte veroorzaakt door deelnemers aan het verkeer, en voor een ander gedeelte door anderen. De aanwezigheid van deze laatste categorie maakt het gebruik van GSM gegevens voor monitoring complexer omdat nu voor elk te gebruiken gesprek moet worden uitgemaakt of het wel of niet een verkeersdeelnemer betreft.

#### *GSM verkeer veroorzaakt door handsets in voertuigen*

Het op realistische wijze simuleren van GSM verkeer voor verkeersdeelnemers is een getrappt lotingsproces, bestaande uit de volgende stappen.

- Koppel ieder trajectorie aan een belprofiel. Hiertoe dienen een aantal typische belprofielen te worden gedefinieerd. Te denken valt aan zakelijke rijder, forens, recreatief verkeer, voertuig met meerdere inzittenden, voertuig zonder GSM aan boord;
- Bepaal de begin en eindtijdstippen van gesprekken (hierbij kan men eventueel rekening houden met de invloed van verkeersomstandigheden op belgedrag);
- genereer de locaties waar de metingen tot stand komen en de gerapporteerde locaties (dus inclusief de meetfout)

#### *GSM verkeer veroorzaakt door handsets buiten voertuigen*

Deze ‘achtergrondruis’ mag op meer eenvoudige wijze worden gegenereerd. De invoer variabelen voor deze simulatie zijn een grid met per cel de intensiteit (oftewel belfrequentie) van het telefoon verkeer. De momenten waarop gesprekken worden geïnitieerd worden op basis van deze intensiteiten random gegenereerd. De belduur wordt geloot uit een verdeling.

## 8.4 Performance indicatoren

De scenario’s maken onderdeel uit van een ‘experimental-setup’ waarin ook de beoordelingscriteria worden opgesteld. Deze beoordelingscriteria hebben gedeeltelijk betrekking op tussenliggende resultaten, zoals:

- het gemiddeld aandeel matches waarbij het voertuig op de goede *route* wordt afgebeeld;
- het gemiddeld aandeel matches waarbij het voertuig op de goede *schakel* wordt afgebeeld;
- de gemiddelde nauwkeurigheid van plaatsbepaling *na* het uitvoeren van de map-match (te vergelijken met de nauwkeurigheid *voor* map-matching);
- het aandeel reizigers dat als niet-reiziger wordt aangemerkt en omgekeerd.

Uiteindelijk gaat het echter om indicatoren waaruit de totale bruikbaarheid van het systeem voor BG kan worden afgeleid, zoals:

- De nauwkeurigheid van de reistijdschatting, in te delen naar:
  - de lengte van de wegsectie;
  - de lengte van het interval waarover gemiddeld wordt.
- De nauwkeurigheid van de intensiteitschatting, in te delen naar
  - de lengte van het interval waarover gemiddeld wordt.
- De nauwkeurigheid waarmee HB-relaties kunnen worden bepaald.

## 8.5 Gevoeligheidsanalyse

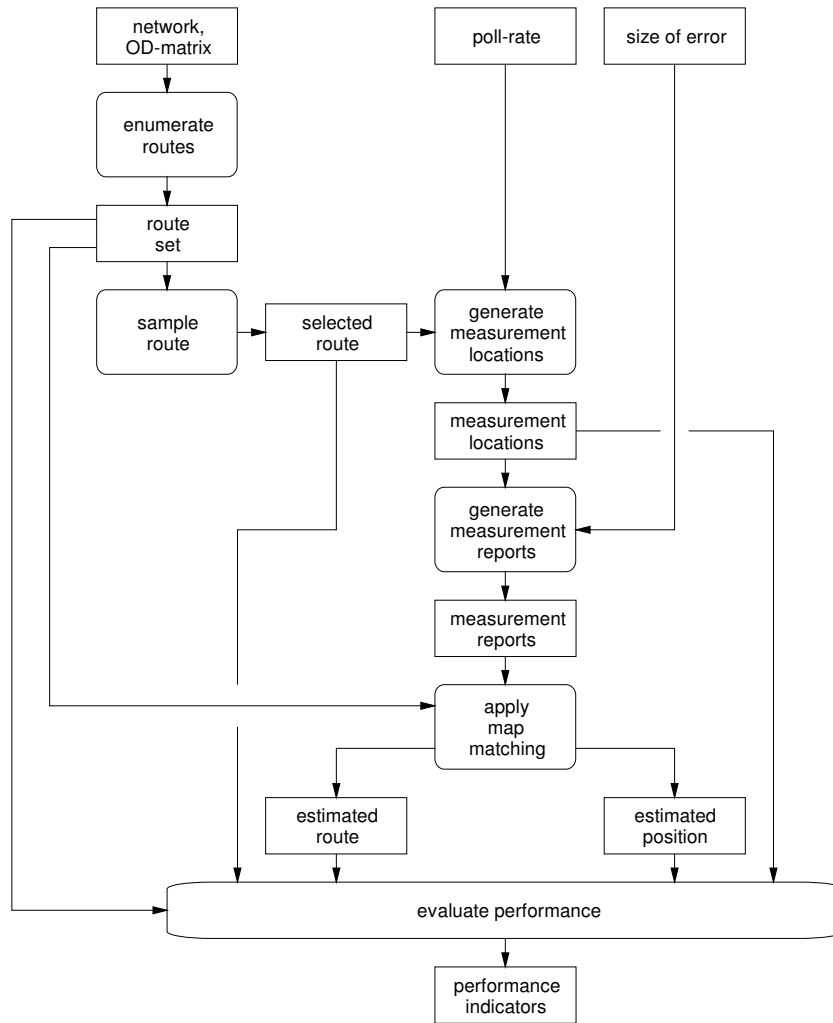
Het feit dat met verschillende scenario's wordt gewerkt maakt het reeds mogelijk om enig inzicht in de gevoeligheden van het te bouwen monitoringsysteem te krijgen. Dit inzicht kan echter worden uitgebouwd door per scenario een volledige gevoeligheidsanalyse uit te voeren voor de meest belangrijke parameters. Uit vorige studies is gebleken dat hieronder vallen:

- de gemiddelde duur van een gesprek (als verreweg de belangrijkste parameter);
- de nauwkeurigheid van de waarnemingen;
- het aantal waarnemingen per tijdseenheid;
- de nauwkeurigheid waarmee minimum en maximum snelheden op het netwerk kunnen worden ingeschat (ten behoeve van de eliminatie van onlogische trajecten);
- de nauwkeurigheid waarmee de posities van het wegennetwerk en de zendmasten vastliggen;
- parameters voor de configuratie van het map-match algoritme.

In de gevoeligheidsanalyse worden alleen de eerste orde gevoeligheden meegenomen. Dit gebeurt door ieder parameter die in de gevoeligheidsanalyse is betrokken te variëren ten opzichte van het 100% niveau, terwijl andere parameters worden vastgehouden.

## 8.6 Testen van de scenario's

De in de voorgaande secties weergegeven experimental setup wordt geïllustreerd in Figuur 8. De experimenten zullen zo worden ingericht dat ze als één batch proces kunnen uitgevoerd. Invoer voor de experimenten zijn de netwerk data en een aantal stuurfiles waarin de scenario's zijn gedefinieerd. Deze aanpak maakt het mogelijk de experimenten op eenvoudige wijze te herhalen voor alternatieve netwerken, scenario's of schattingsmethodes.



**Figuur 8:** *Opzet van de experimenten*

## 9 Referenties

Swedberg, G., (1999) Ericsson's mobile location solution, Ericsson Review No. 4, 1999, pp.214-221

Doornhein, D.A., W.W. Deelman, R.E. Centeno Neelen, N. Walcot, H.J. Hoevelaken, H. Liem, (1999) Verkeersinformatie via GSM, Eindrapport Haalbaarheidsonderzoek, Rapport i.o.v. Ministerie van Verkeer en Waterstaat door DDV Telecommunications & Media Consultants

Nokia mPosition™ Solution Description Version 1.0 24-Oct-2002

Federal Communications Commission (2001) Fact Sheet FCC Wireless 911 Requirements, Januari 2001

Coordination Group on Access to Location Information for Emergency Services, CGALIES, Final report, commissioned by the European Union, 18-02-2002

PBS&J (2001) Innovative Traffic Data Collection: An Analysis of Potential Uses in Florida, Report, Prepared for the Florida Department of Transportation, ITS office, December 6, 2001

U.S. Wireless (2001) Presentation at the Transportation Research Board 80<sup>th</sup> annual meeting, January 7-11, 2001, Washington, D.C

Mobile location system in Hong Kong', Smart Urban Transport, 1 september 2002

Joanna White (TRL) & Ivan Wells (Highways Agency) (2002) Extracting Origin-Destination Information from Mobile Phone Data, 11th International Conference on Road Transport Information and Control, 19-21 March 2002, IEE, London

TU Delft (2002) Hoe goed is uw GPS ontvanger? artikel verschenen in Geodesia, Tijdschrift voor Geodesie en Geo-informatie Jaargang 44 (2002), nr 12, pg 460-463

## Appendix: Webquotes

<a href="http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2562">http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2562</a>	<b>December 13, 2002 04:46 GMT</b> "Intel Corporation will be working with Cambridge Positioning Systems Ltd (CPS) to integrate its E-OTD location technology into a range of its products aimed at the wireless and handheld market segments"
<a href="http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2562">http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2562</a>	"E-OTD is the dominant location system in GSM networks. It is nearly as accurate GPS-based systems but it much simpler to deploy."
<a href="http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2562">http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2562</a>	"According to recent research, the location-based services market will grow from around USD 1bn worldwide this year to an estimated USD 15 billion worldwide by 2007."
<a href="http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2596&amp;s=1">http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2596&amp;s=1</a>	<b>December 22, 2002 19:22 GMT</b> "France-based <a href="#">Webraska</a> , a provider of location-based services (LBS) and enabling platforms has been selected by Bell Mobility, Canada's leading wireless provider, to provide the core applications enabling "MyFinder" location-based services."
<a href="http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2320&amp;s=1">http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2320&amp;s=1</a>	<b>October 16, 2002 07:28 GMT</b> "Alcatel has signed an agreement to incorporate Qualcomm's subsidiary SnapTrack's SnapSmart Assisted Global Positioning System (A-GPS) wireless location server software into its products for location-enabling GSM networks."
<a href="http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2319">http://www.mobile.com/merce.net/story.php?story_id=2319</a>	<b>October 16, 2002 07:06 GMT</b> Philippine mobile operator <a href="#">Smart Communications</a> Inc. is buying multimedia messaging (MMS) and mobile location services solutions from Nokia. After extensive field trials, both services are now available to Smart subscribers.
<a href="http://www.forum.nokia.com/Nokia_Developer_Network.html">http://www.forum.nokia.com/Nokia_Developer_Network.html</a>	Q: What technology is the Nokia mPosition based on? A: There are three location technologies complementing each other: enhanced Cell-ID, enhanced-observed timed difference (E-OTD) and assisted-global positioning system (A-GPS). Cell-ID technology is dominant today, especially in Europe. E-OTD based location services will be introduced to the market in late 2002 in the USA. A-GPS may be the most accurate positioning method, but the need for both software and hardware modifications in terminals makes it likely that only the high-end market segment (e.g. smart phones) will use this location technology in the next few years. For many MLS, A-GPS accuracy is not yet required by users to enhance their experience of using the service. In WCDMA networks another method called Serving Area Identity (SAI) will be used.
<a href="http://www.forum.nokia.com/Nokia_Developer_Network.html">http://www.forum.nokia.com/Nokia_Developer_Network.html</a>	"Q: What is the positioning accuracy of Nokia mPosition? A: Currently, the accuracy is hundreds of meters (about a quarter mile) for legacy phones and tens of meters (a few hundred feet) for E-OTD. Along with A-GPS and SAI the accuracy will be increased to be within meters."
<a href="http://www.cursor-system.com/sitefiles/cps/cps.htm">http://www.cursor-system.com/sitefiles/cps/cps.htm</a>	"CPS has already licensed its low cost, high accuracy <b>Cursor™</b> E-OTD solution to major network equipment vendors and handset manufacturers - including Ericsson, Siemens and Nokia. The company is also working with a number of other significant manufacturers towards the deployment of its technology.  Endorsed by US GSM operators as the technology of choice to meet the Federal Communications Commission E-911 mandate, E-OTD is set to be the first high-accuracy network deployed. Following extensive trials, <b>Cursor™</b> is already established as the only available solution to meet the required accuracy levels and timescales."
<a href="http://www.floridaitis.com/probe_vehicle_studies.htm">http://www.floridaitis.com/probe_vehicle_studies.htm</a>	<i>Cellular/PCS location pattern matching technology</i> - The Federal Communication Commission is requiring geo-locatable cellular phones within 100 meters by October 2001 to be able to respond to emergency calls. Test studies of the use of this data are currently being performed along I-95 in Washington, DC and Maryland. The communications infrastructure available with this technology and wide-spread acceptance of cellular/PCS phones is very attractive as a long-term potential source of trip-based data. The challenges associated with this technology include a perception of loss of privacy and the requirement for any cellular/PCS phone involved in the study to be "powered-on".