

**De rol van plaatsbepaling en Galileo in het bijzonder
in het verkeer en vervoer van de 21^e eeuw**

Paper voor het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2004
25 en 26 november 2004, Zeist

Auteur: Pascal Eijkelenbergh
TNO Inro, afdeling Verkeer en Vervoer

Datum: September 2004



Pascal Eijkelenbergh

Adviseur
TNO Inro
Schoemakerstraat 97
Postbus 6041
2600 JA Delft

Tel: 015 269 68 73
Fax: 015 269 6050

E-mail:
P.Eijkelenbergh@inro.tno.nl

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	4
2. GPS EN GALILEO	4
3. DE ROL VAN PLAATSBEPALING IN HET VERKEER EN VERVOER VAN DE 21^E EEUW	6
4. KWETSBAARHEID PLAATSBEPALING	8
5. WAAROM DAN TOCH DOORGAAN MET GALILEO?.....	14
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	15
REFERENTIES	16
AFKORTINGEN	17

Samenvatting

De rol van plaatsbepaling en Galileo in het bijzonder in het verkeer en vervoer van de 21^e eeuw

Galileo dient het antwoord van Europa te worden op de overheersing van het Amerikaanse GPS in de wereld van de mondiale plaatsbepalingssystemen. De maatschappij verwacht veel van Galileo en bedenkt nu al vele innovatieve aan het verkeer en vervoer gerelateerde toepassingen. De vraag is echter of al deze toepassingen daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden door Galileo. Uit onderzoek blijkt dat het vooral de kritische toepassingen zijn, zoals het monitoren van het transport van gevaarlijke stoffen, hulpverlening en ADAS, of met een hoge kans op fraude (kilometerheffing) die het meest kwetsbaar zijn voor het wegvallen van het satellietsignaal. De reden dat satellietnavigatie deze verkeer en vervoer gerelateerde toepassingen niet kan ondersteunen is tweeledig. Ten eerste blijft er altijd wel een fout in de positiebepaling aanwezig. Ten tweede kunnen de signalen van een satelliet op aarde in een bepaald gebied uitgeschakeld worden door stoorzenders. Zowel voor de beperkingen qua nauwkeurigheid in de positiebepaling als het uitschakelen van de signalen van een satelliet op aarde in een bepaald gebied zijn technische (bijv. terrestrische back-up systemen als Loran-C, Cell-ID, UWB in aanvulling op satellietnetwerken) en organisatorische (bijv. wetgeving) oplossingen te ontwikkelen. Het is onder andere de taak van diegene die zich bezighouden met verkeer- en vervoerskundig onderzoek om hier, bij het uitdenken van nieuwe verkeer en vervoer gerelateerde applicaties die gebruik maken van satellietplaatsbepaling, extra aandacht aan te besteden. Alleen op die manier kan het succes van satellietplaatsbepaling in meer of mindere mate gegarandeerd worden.

Summary

The benefits of satellite-based navigation and Galileo particularly in the traffic and transport sector of the 21st century

Galileo should be the European answer to the dominance of the American GPS in the world of global positioning systems. Society has a high expectation of Galileo and develops today many innovative traffic and transport related applications. However, the main question is if these applications really can be realised by means of Galileo. Research shows that it are mainly the critical applications, for example monitoring of hazardous goods transport, emergency services and ADAS, or the applications with a high risk of fraud (distance based charging) that are most vulnerable for signal lost. The reason why satellite-based navigation is not able to support these traffic and transport related applications is twofold. At first there will always be an error in the positioning signals. Secondly, the satellite signals on earth can be subject to interference from jamming. Both for the limitations of accuracy as jamming of satellite signals technical (e.g. terrestrial back-up systems like Loran-C, Cell-ID, UWB additional to satellite networks) or organisational (e.g. legislation) solutions can be developed. It is among other things the task of those who are responsible for traffic and transport related research to pay additional attention to solve these problems when developing new satellite-based traffic and transport related applications. Only in that way it will be possible to guarantee more or less the success of satellite-based navigation.

1. Inleiding

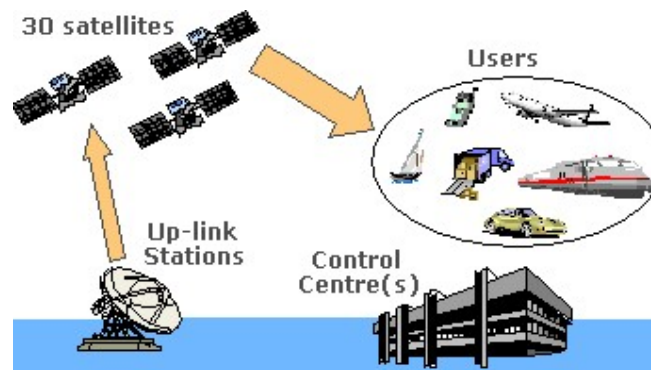
De wereldwijde systemen voor plaatsbepaling per satelliet zullen in het dagelijks leven een steeds belangrijkere plaats gaan innemen, zoals dat twintig jaar geleden met de microcomputer en tien jaar geleden met Internet is gebeurd. Vermoedelijk hebben wij vandaag de dag niet eens een idee over het totale potentieel van functionaliteiten en toepassingen van navigatie en de daarvoor reeds bestaande en/of nog benodigde *specifiek* voor plaatsbepaling, timing en navigatie doeleinden ingerichte netwerkinfrastructuren (satelliet en/of terrestrisch). Zo dienen bijna alle denkbare toepassingen en diensten die met in-car telematicasystemen zijn uitgevoerd op de een of andere manier over de actuele positie van het voertuig te beschikken. Met Galileo in het vooruitzicht zet Europa, in aanvulling op andere satelliet en/of terrestrische (keten van radiozendmasten op aarde) netwerken, het eerste voor civiele behoeften ontworpen mondiale systeem voor navigatie per satelliet op, dat openstaat voor internationale samenwerking en deels commercieel geëxploiteerd zal gaan worden.

De vraag is echter wat de meerwaarde van Galileo voor het verkeer en vervoer van de 21^e eeuw is. Op dit moment is er namelijk al een alternatief beschikbaar; het Amerikaanse Global Positioning System (GPS). In deze paper zal kort worden stilgestaan bij de verschillen tussen Galileo en GPS. Daarna wordt aangegeven welke toepassingen op het gebied van verkeer en vervoer er in theorie allemaal mogelijk zijn met behulp van satellietnavigatie en Galileo in het bijzonder. Zoals het voorgaande al suggereert, is er een verschil tussen de theoretische mogelijkheden en de daadwerkelijk te realiseren mogelijkheden. In deze paper zal dan ook uitvoerig stilgestaan worden bij de toepassingen die daadwerkelijk mogelijk zijn met behulp van de mondiale systemen voor plaatsbepaling. Tot slot wordt kort ingegaan op de motivaties om toch verder te gaan met de ontwikkeling van Galileo. De paper wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen.

2. GPS en Galileo

Galileo en GPS zijn beide mondiale systemen voor plaatsbepaling en werken volgens een relatief eenvoudig principe. De satellieten zijn uitgerust met een atoomklok die de tijd van

uitzenden van hun signalen buitengewoon precies kan vastleggen. Elke satelliet zendt een specifiek signaal uit dat afstandmeting tot de satelliet toestaat en dat tevens zowel de vertrektijd van het signaal uit de satelliet als de satellietpositie op dat moment bevat. De ontvanger van de gebruiker, die bijvoorbeeld in een draagbare telefoon of PDA is geïntegreerd, meet de aankomsttijden van de satellietsignalen en kan dan met behulp van de eveneens ontvangen baangegevens en de satelliettijd de afstanden tot de satellieten meten. Een ontvanger moet simultaan de signalen van minstens vier satellieten ontvangen om zijn juiste positie in 3D en het tijdsverschil tussen de ontvanger- en de satellietklok te kunnen berekenen.



Figuur 1: Overzicht Galileo.

De twee satellietnavigatiesystemen lijken sterk op elkaar. Toch zijn er enkele belangrijke verschillen te ontdekken [1]. GPS is van origine een systeem dat ontworpen is voor militaire doeleinden. Vandaag de dag is GPS echter ook te gebruiken voor civiele toepassingen, maar indien het erop aankomt, zoals tijdens recente spanningen tussen de VS en Europa, prevaleren de militaire toepassingen. Galileo daarentegen wordt in principe ontworpen voor civiel gebruik.

GPS is eigendom van één natie, de Verenigde Staten van Amerika, die andere landen het recht heeft gegeven om, naar eigen goeddunken, gebruik te maken van het GPS signaal. Bovendien zal dit signaal altijd van betere kwaliteit zijn in eigen land of in

Galileo zal bestaan uit een constellatie van 30 satellieten die op een hoogte van bijna 24.000 kilometer om de aarde draaien, en door grondstations worden beheerd en geleid. De totale kostprijs van Galileo voor de periode 1999 – 2008 wordt geraamd op 3.2 miljard euro.

die gebieden die voor de VS van belang zijn (bijv. voor het voeren van militaire interventies in Irak). Galileo wordt echter ontwikkeld door meerdere landen. Naast de Europese Unie participeren ook landen als China, India en Canada [2] in Galileo en zal Israël waarschijnlijk binnenkort ook toetreden.

Daarnaast zijn er nog vele andere verschillen tussen GPS en Galileo aan te wijzen. Zo zijn er verschillen in radiofrequentie, codes, modulaties en tijdsstandaarden. Ook is één systeem (GPS) kostenvrij, terwijl bij Galileo de gebruiker voor bijzondere diensten betaalt; de één wordt operationeel gehouden door defensie, terwijl het ander door een publiek-privaat samenwerkingsverband in de lucht zal worden gehouden.

3. De rol van plaatsbepaling in het verkeer en vervoer van de 21^e eeuw

Plaatsbepaling speelt nu al een grote rol in het verkeer en vervoer. Zo is ca. 5%¹ [3] van de lease-auto's in Nederland al uitgerust met een in-car navigatiesysteem. In de toekomst zal positiebepaling echter een nog grotere vlucht gaan nemen, mede door de komst van Galileo. Literatuuronderzoek [4, 5, 6] wijst uit dat er vele innovatieve toepassingen in het vooruitzicht liggen wanneer Galileo operationeel is. Galileo is voor velen namelijk het sleutelwoord om de voornaamste doelstellingen van het witboek "Het Europese vervoersbeleid tot het jaar 2010: tijd om te kiezen" te realiseren. In dit witboek [7] worden 60 concrete maatregelen opgesomd die bedoeld zijn om de kwaliteit en efficiëntie van het vervoer in Europa tegen 2010 aanzienlijk te verbeteren. Zo wordt geclaimd dat Galileo bij zal dragen aan:

- **Navigatie en informatiediensten:** Een betere plaatsbepaling geeft de mogelijkheid om aan de verkeersdeelnemers gerichter informatie te verstrekken over wat zich in de omgeving afspeelt en wat men in een dergelijk geval het beste kan doen. Voorbeelden van dit soort diensten zijn verkeers- en calamiteiteninformatie, maar ook POI (Point Of Interest)-diensten;
- **Vlootbeheersing:** Door een beter inzicht in de locatie kan het beheer van het openbaar vervoer of commercieel wagenpark beter en efficiënter worden georganiseerd;

¹ De VNA schat dat anno 2004 ca. 15 à 20% van de lease-auto's in Nederland is uitgerust met een in-car navigatiesysteem (bron: gesprek met dhr. R. Kuin, VNA).

- **Monitoren transport gevaarlijke stoffen:** Door een nauwkeurige plaatsbepaling is het mogelijk om inzicht te krijgen in de locatie van gevaarlijke stoffen transporten. Op die wijze kan van afstand gecontroleerd worden of deze voertuigen in overtreding zijn (bijv. het rijden door een tunnel terwijl dit eigenlijk niet toegestaan is of het afwijken van de “route gevaarlijke stoffen”);
- **Hulpverlening:** Op dit moment wordt de locatie van verongelukte of gestrande voertuigen meestal op twee manieren bepaald: 1) door ernaar te vragen, 2) door op basis van het telefoonnummer de locatie te bepalen (alleen voor vaste lijnen²). De introductie van eCall (een automatische noodoproep met locatiegegevens) leidt ertoe dat er een beter inzicht ontstaat in de locatie van deze voertuigen, waardoor brandweer, ambulances en politiediensten sneller ter plaatse kunnen zijn. Bovendien kan de verkeerslichtenregeling aangepast worden bij het naderen van hulpverleners, doordat men redelijk nauwkeurig kan bepalen waar het voertuig zich bevindt. Dit zal leiden tot een vermindering van het aantal personen met ongevalletsel doordat hulpverleners sneller ter plaatse kunnen zijn.
- **Diefstalpreventie:** Ieder jaar worden er in Europa ca. 500.000 voertuigen gestolen en niet meer teruggevonden [8]. Door voertuigen uit te rusten met volgsystemen kan de opsporing van gestolen voertuigen vergemakkelijkt worden, waardoor meer voertuigen teruggevonden worden;
- **Verkeersmanagement:** Gegevens van voertuigen die uitgerust zijn met satellietnavigatiesystemen (bijv. actuele intensiteiten en snelheden) kunnen verkeersmanagementcentrales helpen bij het beter stroomlijnen van het verkeer waardoor verkeersopstoppen worden verminderd en milieuschade wordt voorkomen. Een reistijdwinst van 10 à 20% [8] lijkt haalbaar te zijn volgens verschillende studies;
- **Kilometerheffing:** Door het meten, registreren en het laten uitlezen van de door een voertuig verreden kilometers is het mogelijk de voertuiggebruikers te laten betalen voor het daadwerkelijk gebruik van het voertuig. Positiebepaling door middel van GNSS is één van de mogelijkheden om de verreden kilometers te meten; en
- **Advanced Driving Assistance Systems:** Door een nauwkeurige plaatsbepaling met behulp van Galileo kan de introductie van ADAS (bijv. het waarschuwen voor een op handen zijnde botsing, automatisch snelheid aanpassen bij slecht zicht of bij het naderen van een gevaarlijke bocht) versneld worden.

² Locatiebepaling op basis van GSM is nauwelijks mogelijk omdat GSM niet automatisch de locatie vrijgeeft.

4. Kwetsbaarheid plaatsbepaling

De vraag is echter of al deze toepassingen daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden door Galileo. Helios Technology (UK) voert in opdracht van de EC een interessant onderzoek [9, 10] uit naar de rol en kwetsbaarheid van radionavigatie netwerken, systemen en toepassingen ten behoeve van plaatsbepaling en timing. Voor ieder van de in het vorige hoofdstuk genoemde applicaties is gekeken of deze al bestond, of radionavigatie er een rol bij speelt en of er kritische elementen zijn te identificeren. Het laatste kan uitgesplitst worden naar kritische elementen in verband met de kans op verlies van mensenlevens bij het falen van het systeem en kritisch in verband met het niet voldoen aan de missie van de toepassing. Dit heeft geresulteerd in de volgende tabel:

Radionavigatie: Navigatie met behulp van radiosignalen vanaf punten met een nauwkeurig bekende ligging. Berust in het eenvoudigste geval op driehoeksmeting. Ontwikkeld in WO II ten behoeve van de bombardementsvluchten boven Duitsland. Na WO II verbeterd door de invoer van systemen met hyperbolische navigatie (Loran, VOR) en navigatiesatellieten (GPS) [11].

Tabel 1: Samenvatting verkeer en vervoer gerelateerde toepassingen.

Applicatie	Bestaand ?	Radionavigatie ?	Kritisch ?	
			Veiligheid	Missie
Navigatie en informatiediensten	Ja	Ja	Nee	Ja
Vlootbeheersing	Ja	Ja	Nee	Ja
Monitoren transport gevaarlijke stoffen	Ja	Ja	Ja	Ja
Hulpverlening	Ja	Ja	Ja	Ja
Diefstalpreventie	Ja	Ja	Nee	Ja
Verkeersmanagement (FCD)	Ja	Ja	Nee	Ja
Verkeersmanagement (andere bronnen)	Ja	Nee	Nee	Ja
Kilometerheffing	Ja ³	Ja	Nee	Ja
ADAS	Ja	Ja	Ja	Ja

³ In Zwitserland wordt GPS gebruikt voor het detecteren van de status binnen/buiten Zwitserland om zo de berekende afstand te kunnen controleren en als tijdsreferentie. Duitsland: GPS/GSM gebaseerd systeem wordt voorgesteld.

Vervolgens is voor ieder van de verschillende applicaties een inschatting gemaakt van de gewenste nauwkeurigheid van de positiebepaling. Zoals uit onderstaande tabel valt af te leiden is vooral voor ADAS een zeer nauwkeurige plaatsbepaling vereist, terwijl dit voor diefstalpreventie minder noodzakelijk is.

Tabel 2: Gewenste nauwkeurigheid verkeer en vervoer gerelateerde toepassingen.

Applicatie	Nauwkeurigheid (95%)
Navigatie en informatiediensten	5 – 10 m
Vlootbeheersing	5 – 100 m
Monitoren transport gevaarlijke stoffen	5 – 100 m
Hulpverlening	3 – 50 m
Diefstalpreventie	3 – 100 m
Verkeersmanagement (FCD)	2 – 3 m
Verkeersmanagement (andere bronnen)	2 – 3 m
Kilometerheffing	5 – 10
ADAS	0,5 – 2 m

Daarnaast is gekeken welke communicatie- of plaatsbepalingstechnologieën naast GNSS noodzakelijk kunnen zijn voor het ondersteunen (bijv. het versturen van met sensoren verzamelde data) van de diverse toepassingen (zie tabel 3). Het zijn voornamelijk de technologieën GSM en GPRS die bijzonder geschikt zijn voor het versturen van de verzamelde data.

Tabel 3: Aanvullende communicatie- of plaatsbepalingstechnologieën naast GNSS.

	GSM	GPRS	UMTS	SatCom	Bluetooth	WLAN	Inductielussen
Navigatie en informatiediensten							
Vlootbeheersing							
Monitoren transport gevaarlijke stoffen							
Hulpverlening							
Diefstalpreventie							
Verkeersmanagement (FCD)							
Verkeersmanagement (andere bronnen)							
Kilometerheffing							
ADAS							

Betekenis: één van de noodzakelijke aanvullende communicatie- of plaatsbepalingstechnologieën naast GNSS

Tot slot is een analyse uitgevoerd van de kwetsbaarheid van GNSS en GPS in het bijzonder. Uit deze analyse komt naar voren dat het vooral de applicaties met kritische elementen (monitoren transport gevaarlijke stoffen, hulpverlening en ADAS) of met een hoge kans op fraude (kilometerheffing) zijn die het meest kwetsbaar zijn voor het wegvallen van het GPS signaal. Benadrukt dient te worden dat de gewenste nauwkeurigheid – een van de paradepaardjes van Galileo⁴ – een veel minder grote rol speelt.

GSM, GPRS, UMTS: Voorbeelden van cellulaire telefonie voor de korte (GSM, GPRS) respectievelijk middellange termijn (UMTS).

Bluetooth: Bluetooth is een universele radio interface in de 2,45 GHz frequentieband waarmee elektronische apparaten verbinding met elkaar kunnen maken en communiceren.

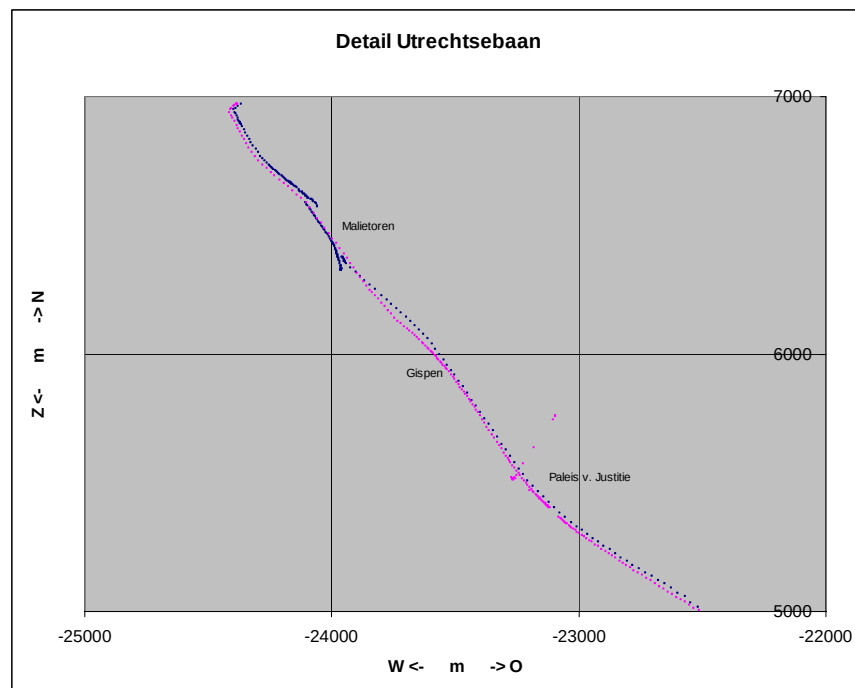
WLAN: WLAN staat voor Wireless Local Area Network. Een local area network (of LAN) is een lokaal computernetwerk dat van de buitenwereld is afgesloten; bijvoorbeeld het computernetwerk van een bedrijf of een netwerkje bij mensen thuis. Een WLAN werkt dan niet met kabels, maar verstuurt de gegevens draadloos door de lucht. WLAN biedt maximale snelheid en bandbreedte in openbare ruimtes, zoals hotels en luchthavens.

De reden dat enkel op satellietnetwerkinfrastructuren gebaseerde plaatsbepalings en timingsystemen deze verkeer en vervoer gerelateerde toepassingen niet kunnen ondersteunen is tweeledig. Ten eerste blijft er altijd wel een fout in de positiebepaling aanwezig (dit ondanks dat GPS en (in de toekomst) Galileo één van de meest nauwkeurige wereldwijde plaatsbepalingsystemen zijn). Deze fout wordt deels veroorzaakt door fysische eigenschappen en beperkingen van de onderdelen van GPS en Galileo, deels door externe verstoringen en deels door afrondingen in de ontvanger. De totale fout in de positie kan worden geschreven als [12]:

$$\mathcal{E}_{\text{totaal}} = \mathcal{E}_{\text{satellietbaan}} + \mathcal{E}_{\text{satellietklok}} + \mathcal{E}_{\text{ionosfeer}} + \mathcal{E}_{\text{troposfeer}} + \mathcal{E}_{\text{multipad}} + \mathcal{E}_{\text{ontvanger}} + \mathcal{E}_{\text{afronding}}$$

⁴ Galileo vindt zelf dat het ontwerp voor civiel gebruik en het bieden van een garandeerde signaalverzending vanuit de satelliet haar sterkste punten zijn.

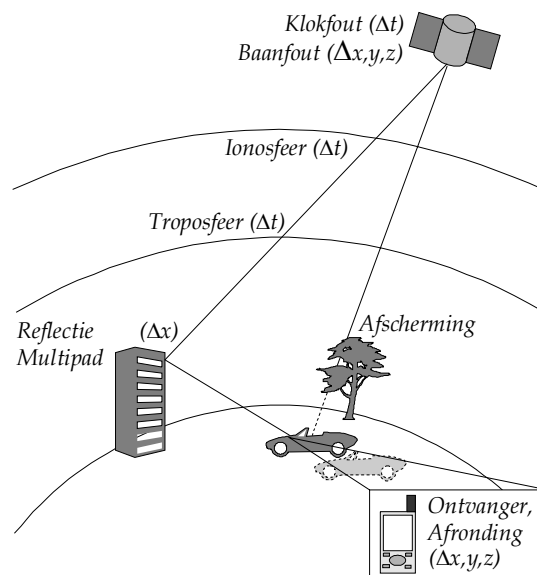
Het zijn voornamelijk de fouten veroorzaakt door multipad en afscherming die de oorzaak zijn van fouten in plaatsbepaling. Multipadfouten (de ontvanger krijgt het signaal van één satelliet meerdere keren en/of via een omweg binnen) worden veroorzaakt doordat het satelliet signaal tegen een obstakel in de directe omgeving van de ontvanger (bijv. hoge gebouwen of een verdiept aangelegde weg) weerkaatst en zo alsnog bij de ontvanger terecht komt. Deze fouten kunnen variëren tussen enkele meters tot enkele honderden meters (zie figuur 2: onder de Malietoren in Den Haag is de plaatsbepaling minder nauwkeurig).



Figuur 2: Fouten plaatsbepaling GPS op Utrechts baan [12].

Voornamelijk bij de kritische toepassingen (zie tabel 1) kan deze afwijking desastreuze gevolgen met zich meebrengen. Denk hierbij aan een ADAS systeem dat de bestuurder van een voertuig moet waarschuwen voor een scherpe en onoverzichtelijke bocht in de weg. Doordat deze bocht in de weg zich bevindt in een dicht begroeid bos, kan het systeem dat verantwoordelijk is voor de positiebepaling niet goed achterhalen waar het voertuig zich bevindt en geeft aan dat de bocht in de weg pas over tweehonderd meter begint. Een bestuurder die gewend is aan zijn ADAS zal na verloop van tijd volledig gaan vertrouwen op zijn systeem, waardoor dit soort fouten kan resulteren in dodelijke ongevallen. Vandaar dat Helios Technology (UK) ook heeft geconcludeerd dat plaats en tijdkritische toepassingen

(bijv. ADAS) minimaal moeten kunnen bogen op netwerkinfrastructuren die elkaar bij signaalverlies in fysisch opzicht kunnen aanvullen. Met andere woorden, het is noodzakelijk dat te allen tijde gebruik gemaakt wordt van dubbel uitgevoerde systemen die gebaseerd zijn op een combinatie van specifiek voor plaatsbepaling / timing ingerichte satelliet en terrestrische netwerkinfrastructuren. Alleen op die manier kan de integriteit en de betrouwbaarheid van de informatie van plaatsbepaling / navigatie bevorderd worden.



Figuur 3: Foutbronnen GPS.

Ten tweede kunnen stoorzenders, die de signalen van een satelliet op aarde in een bepaald gebied (enkele honderden meters tot enkele honderden kilometers) kunnen uitschakelen, voor veel problemen zorgen. De effectiviteit van deze stoorzenders is o.a. afhankelijk van het vermogen en de hoogte van de stoorzender [13]. De jammers, die overigens nu al op de markt verkrijgbaar zijn, zijn in verschillende uitvoeringen (ca. enkele milliwatt tot 100 kilowatt) leverbaar. De meest eenvoudige stoorzenders (ca. 1 mW – zorgt gedurende een aantal uren voor een verstoring van het satelliet signaal in een straal van 100 meter) kunnen in principe door iedereen met voldoende technische kennis ontwikkeld worden voor een redelijke prijs (minder dan 100 euro per stuk). Het is vooral deze ontwikkeling waarvoor wij ons als maatschappij zorgen moeten maken. Hackers (willen bewust de zaak ontregelen; zie virussen

op internet), verkeersdeelnemers (rijden zonder te betalen), dieven (het onschadelijk maken van diefstalpreventiesystemen) en terroristen (gebruik je eigen verbeelding en vertel het aan niemand verder) zullen deze techniek namelijk in meer of mindere mate omarmen om zo het systeem te omzeilen.



Figuur 4: Voorbeeld van een stoorzender.

(foto van Prof. Dr. D. van Willigen, Reelektronika b.v.)

Zowel voor de beperkingen qua nauwkeurigheid in de positiebepaling als het uitschakelen van de signalen van een satelliet op aarde in een bepaald gebied zijn technische en organisatorische oplossingen te bedenken. Zo kan de nauwkeurigheid verbeterd worden door Differentiële GPS (DGPS) of hulpmiddelen om bepaalde foutbronnen te voorkomen. Zo kan multipad voorkomen worden door de GPS antenne op een goede locatie op het voertuig (bijv. het midden of iets achter het midden van het dak) te plaatsen. Daarnaast kan een bestuurder van een voertuig erop geattendeerd worden dat er op een bepaald moment geen of geen nauwkeurige positiebepaling mogelijk is (bijv. door multipad of afscherming). In dergelijke gevallen dient de bestuurder extra alert te zijn en is hij/zij (juridisch) volledig verantwoordelijk voor de besturing van het voertuig. Het is onder andere de taak van diegene die zich bezighouden met verkeer- en vervoerskundig onderzoek om hier, bij het ontwikkelen van nieuwe verkeer en vervoer gerelateerde applicaties die gebruik maken van satellietplaatsbepaling, extra aandacht aan te besteden.

5. Waarom dan toch doorgaan met Galileo?

Nu is aangegeven dat enkel satellietnavigatie (Galileo en GPS) niet de beste technologie is voor het ondersteunen van onder andere verkeer en vervoer gerelateerde toepassingen (mits er geen technische of organisatorische oplossingen bedacht worden om de fouten in en verstoring van de satellietsignalen te voorkomen) kan en mag de vraag gesteld worden of het nog wel rechtvaardig is om door te gaan met de ontwikkeling van Galileo. Ondanks de beperkingen van deze technologie mag toch gesteld worden dat Galileo een toegevoegde waarde heeft. Dit omdat:

1. Het van beleidsstrategisch en politiek belang is dat Europa, ondanks de goede relaties met de Verenigde Staten, autonoom is op een (nu en voor de toekomst) zo belangrijk gebied als plaatsbepaling en navigatie. Volgens velen is het feit dat GPS onder Amerikaans militair beheer staat een extra reden om in Europa een civiele tegenhanger te introduceren. Op die wijze kan volgens hen voorkomen worden dat de VS in noodsituaties de kwaliteit van het GPS signaal aanpast en zodoende de positiebepaling minder nauwkeurig wordt. Echter de Amerikaanse overheid heeft er geen geheim van gemaakt dat zij in noodsituaties er alles aan zal doen om ook het signaal van Galileo te verstoren.
2. De introductie van Galileo voor de gebruiker een meerwaarde heeft doordat in de toekomst geïntegreerde ontvangers, waarmee Galileo, GPS en wellicht ook GLONASS (het Russische satellietnavigatiesysteem) signalen kunnen worden ontvangen, gemaakt zullen worden. Daarmee zou voor de eindgebruiker een nog betere beschikbaarheid en betrouwbaarheid (60 satellieten i.p.v. de huidige dertig) gegarandeerd zijn, uiteraard afhankelijk van de mate van interoperabiliteit van deze systemen.
3. De introductie van Galileo zorgt voor een signaalwerking richting de Verenigde Staten. Door te dreigen met de introductie van een nieuw satellietnavigatiesysteem kan aan de VS duidelijk gemaakt worden dat het niet getolereerd is om te knoeien aan de kwaliteit en de beschikbaarheid van het GPS signaal. In principe is dit dezelfde motivatie als de in 1975 geïntroduceerde Noordzeeolie op de oliemarkt. Door te boren naar olie in de Noordzee kon voorkomen worden dat de OPEC naar eigen inzicht de wereldmarktprijs voor aardolie ging bepalen.
4. De introductie van Galileo een diplomatieke functie kan hebben. De Amerikanen hebben GPS aan de wereld cadeau gedaan. Daarom kan het goed zijn dat er ook eens wat

teruggedaan wordt. Galileo is hiervoor uitermate geschikt omdat de combinatie van de twee systemen zal leiden tot een betere beschikbaarheid van satellietnavigatie.

6. Conclusies en aanbevelingen

In deze paper is aangegeven dat de beschikbaarheid van door satelliet en/of keten van radiozendmasten op aarde uitgestraalde radionavigatiesignalen vele malen belangrijker is dan de nauwkeurigheid van het signaal. Zowel GPS als Galileo kunnen een hoge mate van nauwkeurigheid garanderen, maar beide systemen zijn erg gevoelig voor verstoring van buitenaf⁵. Om het succes van satellietplaatsbepaling in het verkeer en vervoer in meer of mindere mate te garanderen is het dan ook noodzakelijk om zo spoedig mogelijk bestaande terrestrische back-up systemen (bijv. Loran-C, Cell-ID of UWB), in aanvulling op satellietnetwerken (bijv. GPS, Galileo of GLONASS), uit te breiden c.q. verder te ontwikkelen. Ook organisatorische (bijv. wetgeving; de bestuurder is altijd verantwoordelijk voor zijn/haar rijgedrag) oplossingen kunnen bijdragen aan het succes van satellietplaatsbepaling in het verkeer en vervoer. Dit lijkt overbodig, mede omdat wij denken dat satellietnavigatie perfect is, maar de praktijk is vaak anders. Daarom ontwikkelen wij ook vaccins, installeren reddingsboten op schepen of zorgen dat er brandweer, ambulance en politie in de buurt is; het zijn allemaal voorzorgsmaatregelen voor het geval dat.

Het is vooral de combinatie van verschillende satellietssystemen die in de toekomst meerwaarde gaat bieden voor het verkeer en vervoer van de 21 eeuw. Het realiseren van gecombineerde GPS-Galileo ontvangers zorgt er bijvoorbeeld voor dat het ook mogelijk wordt om in smalle straten de positie te kunnen bepalen. Daarom is het ook in het belang van Europa om Galileo zo snel mogelijk te realiseren; aan de eindgebruiker kan dan een nog hogere beschikbaarheid en betrouwbaarheid (60 satellieten i.p.v. de huidige dertig) gegarandeerd worden.

⁵ Naast verstoring van het satellietsignaal kunnen ook nog de signalen van de aanvullende communicatiesystemen (bijv. GSM, GPRS, UMTS) die noodzakelijk zijn voor het ondersteunen van de verkeer en vervoergerelateerde applicaties verstoord worden.

Mogelijk kan Galileo voor Europa een nieuw commercieel succes worden, zoals het geval was met Airbus of GSM. Vooral de mobiele telefonie en de in-car navigatiesystemen zijn sterke peilers van de Europese industrie [14], maar ook de Amerikaanse industrie zal door haar opgebouwde voorsprong middels GPS een belangrijk aandeel in Galileo-toepassingen voor haar rekening nemen. De grote vraag blijft echter wie voor al deze diensten gaat betalen (zeker omdat GPS gratis is), waardoor Galileo uiteindelijk een succesvolle businesscase wordt. Vooral aan dit laatste punt dient nog voldoende aandacht besteed te worden.

Referenties

- [1] “GPS and Galileo”, *where are we headed?*”. Newsletter of The Institute of Navigation, voorjaar 2004.
- [2] “Galileo progress: new alliances, ITTs, ”. Galileo world, November 2003, <http://www.galileosworld.com/galileosworld/article/articleDetail.jsp?id=75613>).
- [3] Wilmink, I.R., P.L.C. Eijkelenbergh, W. Korver en M.N. Droppert-Zilver, “*De zakenautorijder aan het begin van de 21e eeuw*”. Delft, TNO Inro, december 2002.
- [4] Brochure “Galileo – Global Satellite navigation Services for Europe”. Galileo industries, juli 2000.
- [5] http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/index_en.htm
- [6] “Mededelingen van de commissie aan de raad en het Europees parlement – Informatie- en communicatietechnologie voor veilige en intelligente voertuigen (SEC(2003) 963)”. http://europa.eu.int/information_society/programmes/esafety/doc/esafety_communication/esafety_communication_vf_nl.pdf
- [7] Europese Commissie, “Witboek – Het Europese vervoersbeleid tot het jaar 2010: tijd om te kiezen”. Luxemburg, Bureau voor officiële publicaties der Europese Gemeenschappen, 2001.
- [8] http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/galileo/applications/road_en.htm
- [9] Basker, S, et al., “System qualification – Development of the European Radio-Navigation Plan, Deliverable D2”. Bagshot, Helios Technology, conceptversie juli 2004.
- [10] Basker, S., et al., “System and Policy inventory – Development of the European Radio Navigation Plan”. Bagshot, Helios Technology, 27 april 2004.

- [11] http://anw.hml.nl/Werkstukken/Diederik_van_de_Welij/navigatie_op_zee/radionavigatie.html
- [12] Gutteling, R.A. en R. van de Leijgraaf, “*Positiebepaling voor kilometerheffing*”. Delft, TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium, november 2002.
- [13] Volpe, J.A., “*Vulnerability assessment of the transportation infrastructure relying on the Global Positioning System*”. National Transportation Systems Center, 29 augustus 2001.
- [14] Technomar GmbH, “*Structural Analysis of the Satellite Navigation Applications Segment*”. Rapportage voor de Europese Commissie, november 2000.

Afkortingen

ADAS	Advanced Driving Assistance System
Cell-ID	Cellulair ID netwerk dat gebaseerd is op GSM, GPRS, UMTS (terrestrisch netwerk)
DGPS	Differential Global Positioning System
EC	Europese Commissie
FAA	Federal Aviation Authority
FCD	Floating Car Data
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
Loran-C	Long Range Navigation (terrestrisch netwerk)
mW	milliWatt
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
PDA	Personal Digital Assistant
POI	Point Of Interest
SatCom	Satellietcommunicatie
TNO	Nederlandse organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek

UWB	Ultra Wide Band
UK	United Kingdom
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VNA	Vereniging van Nederlandse Autoleasemaatschappijen
VOR	VHF Omni-directional Radio-range
VS	Verenigde Staten van Amerika
WLAN	Wireless Local Area Network