



Auteur: dr.ir. S. Verhagen
Universitair docent, Afdeling DEOS, Technische Universiteit Delft
E-mail: A.A.Verhagen@TUDelft.nl

Op het gebied van satellietnavigatie zijn er veel ontwikkelingen gaande. Vier grote mogendheden, de Verenigde Staten, de Europese Unie, Rusland en China, ontwikkelen of moderniseren hun eigen satellietnavigatiesysteem (Global Navigation Satellite System, GNSS). Dat betekent dat over een jaar of zes meer dan honderd GNSS-satellieten rond de aarde cirkelen. Is dat een overdaad of noodzaak? In dit artikel wordt voornamelijk ingegaan op de ontwikkelingen rondom Galileo, ons eigen Europese GNSS. Waarom wilde Europa ook alweer een eigen systeem, wat zijn de verschillen met GPS, wat is de status en planning, en wat levert het ons op? Verder wordt stilgestaan bij de overige ontwikkelingen op het gebied van GNSS.

Aan het eind van de twintigste eeuw is het idee gerezen om in Europa een eigen satellietnavigatiesysteem te gaan ontwikkelen. De drie belangrijkste redenen zijn als volgt.

Ten eerste was onafhankelijkheid van het Amerikaanse Global Positioning System (GPS) een belangrijke drijfveer. GPS is een militair systeem en beschikbaarheid voor civiele toepassingen te allen tijde wordt niet gegarandeerd door de Amerikaanse defensie: GPS zou kunnen worden 'uitgezet' in oorlogstijd. Ook de Russen hadden nog hun eigen systeem: GLONASS. Maar dit systeem leek een langzame dood te gaan sterven; na 1995 daalde het aantal beschikbare satellieten voortdurend en werd er weinig tot niets in geïnvesteerd.

Een tweede belangrijke reden om een eigen systeem te ontwikkelen was dat Europa over een beter systeem wilde beschikken. Het Europese GNSS zou samen met de private sector ontwikkeld worden en zou dus geen militair systeem worden. Met het aanbieden van verschillende diensten moest het beter geschikt zijn voor verschillende civiele toepassingen. Tegen betaling of voor bepaalde typen gebruikers zal Galileo zelfs gegarandeerde beschikbaarheid, integriteit en

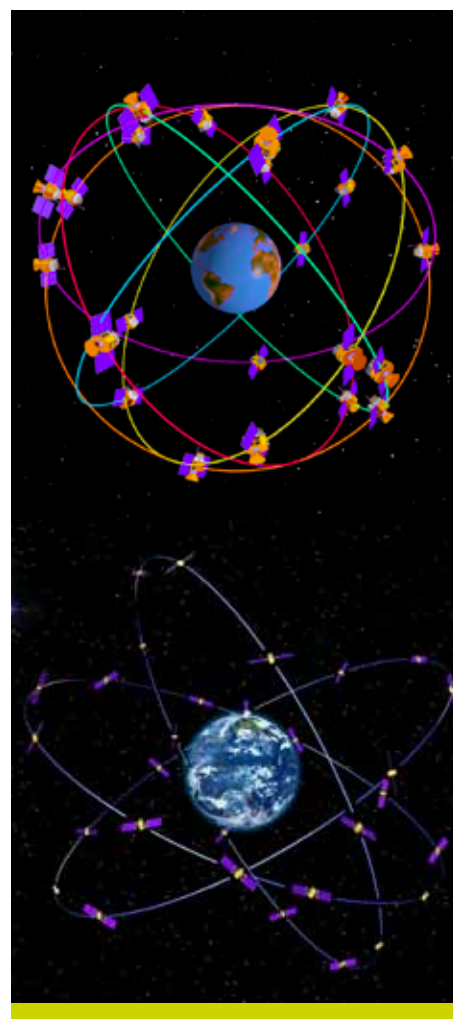
hogere nauwkeurigheid bieden. Verder maken technologische verbeteringen het mogelijk om een hogere nauwkeurigheid te bieden dan GPS.

Tot slot biedt Galileo de mogelijkheid om Europa op de kaart zetten: de ontwikkeling van het systeem betekent een enorme stimulering van onderzoek, innovatie, ruimtevaarttechnologie en industrie.

Galileo

De Europese Unie (EU) kwam met een ambitieus plan: in mei 2002 werd de officiële go-ahead gegeven, daarna werd met het daadwerkelijke ontwerp van het systeem begonnen, en al in 2008 zou Galileo operationeel moeten zijn. Het hele project liep echter veel vertraging op doordat de geplande Publiek-Private Samenwerking niet van de grond wilde komen. In 2007 is daarom besloten om de verdere ontwikkeling met EU-geld te financieren; 3,4 miljard euro is begroot voor de ontwikkeling van Galileo en EGNOS¹ tussen 2007 en 2013.

¹ EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay Service. Een systeem dat, gebruikmakend van geostationaire satellieten, een aanvulling op GPS en GLONASS is, zodat deze geschikt worden voor veiligheidskritische toepassingen zoals het landen van vliegtuigen.



Figuur 1: Nominale GPS-constellatie (bron: NOAA) en geplande Galileo-constellatie (bron: ESA).

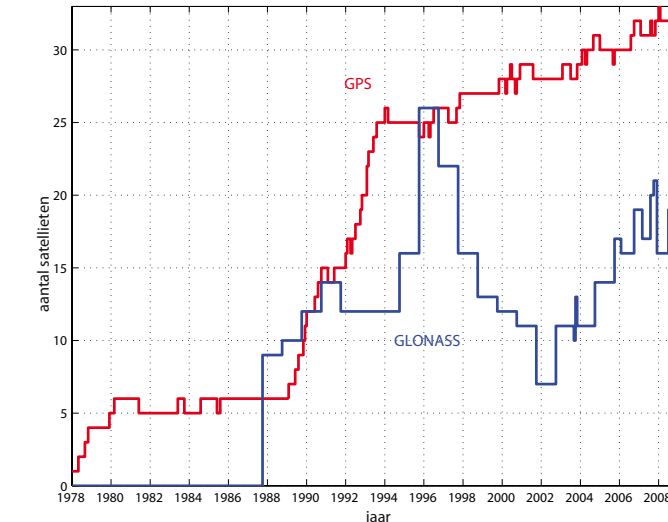
In eerste instantie zou de GNSS Supervisory Authority (GSA) verantwoordelijk zijn voor het opzetten van de Publiek-Private Samenwerking – het plan was dat een privaat consortium Galileo zou bouwen en operationeel zou maken. Nu deze samenwerking niet doorgaat, zal de European Space Agency (ESA) verantwoordelijk worden voor het technische ontwerp en de ontwikkeling. De GSA wordt omgedoopt tot GNSS Agency, met veel minder macht en verantwoordelijkheid. De belangrijkste taken worden marktonderzoek, promotie van Galileo, certificering en de veiligheidscontroles. Het is nog afwachten wanneer Galileo daadwerkelijk operationeel zal zijn. Toch wordt nu al nagedacht over de volgende generatie GNSS in het kader van het ESA-evolutions-programma, met een budget van 105 miljoen euro voor de komende twee jaar.

Na het besluit om Galileo dan maar volledig vanuit de EU-kas te betalen, is in 2008 de verwervingsprocedure begonnen voor het bouwen en operationeel maken van het systeem; geïnteresseerde partijen konden voorstellen indienen voor het verkrijgen van contracten in zes werkgebieden. Elf kandidaten zijn geselecteerd:

- System Support: ThalesAleniaSpace (Italië) en Logica (Nederland);
- Ground Mission System: ThalesAleniaSpace (Frankrijk) en Logica (VK);
- Ground Control System: Astrium (VK) en G-Nav; Lockheed Martin IS&S (VK);
- Space segment: Astrium (Duitsland) en OHB System (Duitsland);
- Launch Services: Arianespace (Frankrijk);
- Operations: Nav-up grouping gerepresenteerd door Inmarsat (VK) en DLR (Duitsland) + Telespazio (Italië).

Op dit moment zijn de onderhandelingen nog bezig en worden de gedetailleerde technische specificaties gedefinieerd. Verwacht wordt dat de eerste contracten in de tweede helft van dit jaar afgesloten worden.

Volgens de huidige planning zou de In-Orbit-Validation-fase met vier satellieten in 2010-2011 moeten plaatsvinden,



Figuur 2:
Aantal satellieten als functie van tijd voor GPS en GLONASS.

waarna de overige 26 satellieten in de daaropvolgende jaren gelanceerd zullen worden, zodat Galileo in 2014 volledig operationeel kan zijn.

Galileo zal bestaan uit dertig satellieten, waarvan er drie als reserve beschikbaar zijn. De satellieten zullen in drie baanvlakken op 23.222 kilometer boven de aarde rondcirkelen, dat is 3.040 kilometer hoger dan de GPS-satellieten. Ter vergelijking: de nominale GPS-constellatie bestaat uit 24 satellieten, verdeeld over zes baanvlak-

ken. Fig. 1 geeft een impressie van de twee constellaties.

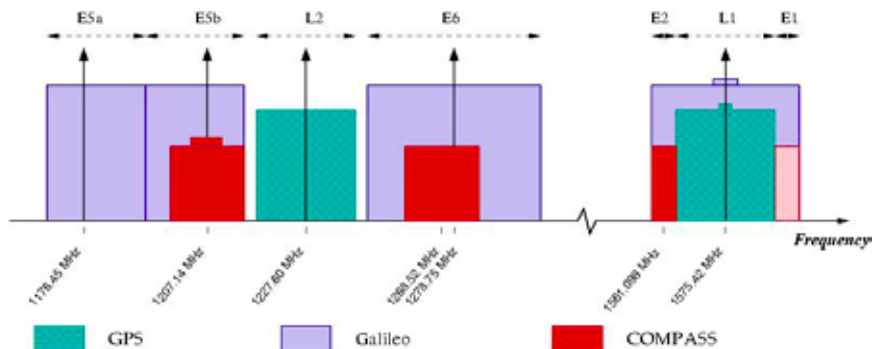
De Galileo-signalen zullen op vier frequenties worden uitgezonden. Op basis van die frequenties zullen vier diensten worden aangeboden; zie tabel 1. Dit houdt in dat niet alle signalen vrij beschikbaar zijn. GPS zendt uit op twee frequenties en maakt alleen onderscheid tussen civiele en militaire codes; alleen de eerste zijn vrij beschikbaar. In de toekomst zal GPS een civiele code op drie frequenties gaan uitzenden; zie tabel 2.

Tabel 1. Toekomstige Galileo-signalen en -diensten:
PRS = Public Regulated Service, SoL = Safety-of-Life

Band	Frequentie [MHz]	Galileo			
		Open	Commercieel	PRS	SoL
L1	1575.42	☐		☐	☐
L5 / E5a	1176.45	☐			
E5b	1207.14	☐			☐
E6	1278.75		☐	☐	

Galileo-navigatiediensten:

- De Open Service (OS) is gratis te gebruiken, met een nauwkeurigheid (absolute plaatsbepaling) van vier meter horizontaal en acht meter verticaal.
- De Commercial Service (CS) is bedoeld voor gebruikers die een hogere nauwkeurigheid wensen (een meter), en bereid zijn daarvoor te betalen.
- De Public Regulated Service (PRS) biedt vergelijkbare nauwkeurigheid als de OS, maar biedt ook integriteitsinformatie (zijn de signalen betrouwbaar?) en is robuuster tegen 'jamming', ofwel verstoring van de signalen. Deze dienst is bedoeld voor veiligheids-/overheidsdiensten, zoals hulpdiensten en militaire operaties.
- De Safety Of Life Service (SoL) is vergelijkbaar met PRS, maar bedoeld voor veiligheidskritische toepassingen, zoals het landen van vliegtuigen.



Figuur 3: Frequenties voor GPS, Galileo en Compass. De Compass E1-band is lichtrood, omdat dit signaal nog niet gedetecteerd is.

Tabel 2. Overzicht van GNSS-signalen. Frequenties in MHz. Rood: nog niet besloten.

GPS		GLONASS		Galileo		Compass	
1575.42	L1	$1602 + k \cdot f_1$	L1	1575.42	L1	1587.69–1591.79	E1
				1278.75	E6	1559.05–1563.15	E2
1227.60	L2	$1246 + k \cdot f_2$	L2			1256.52–1280.52	E6
		1202–1208	L3	1207.14	E5b		
1176.45	L5	1176.45	L5	1176.45	E5a	1195.14–1219.14	E5

Vier satellietnavigatiesystemen

In de nabije toekomst zullen we de beschikking hebben over vier moderne satellietnavigatiesystemen: GPS (Verenigde Staten), GLONASS (Rusland), Galileo (EU) en Compass (China).

frequentieallocatie veilig te stellen. Als GPS deze frequentie niet voor augustus 2009 in gebruik had genomen, was de claim op deze frequentie komen te vervallen. In fig. 4 worden enkele tracking-resultaten

getoond van de L5- / E5a-signalen van de eerste GPS-satelliet met dit signaal en de twee GIOVE-satellieten, verkregen met een Septentrio PolRx3g-ontvanger in Delft.

Het werkelijke aantal GPS-satellieten varieert al jarenlang rond de 28 en is op dit moment zelfs 32; zie fig. 2. De reden is dat de satellieten een langere levensduur hebben dan verwacht. Dat impliceert wel dat meer dan de helft van de satellieten ouder dan 10 jaar is. Officiële bronnen (U.S. Governmental Accountability Office) houden rekening met een aanzienlijke kans dat het aantal operationele GPS-satellieten de komende jaren onder de 24 uit kan komen door vertraging bij de ontwikkeling en lancering van nieuwe satellieten. GPS is echter zó belangrijk – niet alleen voor militaire operaties, maar ook voor onder andere de transportsector, het bankverkeer en de energiesector (GPS wordt ook gebruikt voor 'timing') – dat verwacht mag worden dat men het niet zover laat komen.

Doorstart GLONASS

Rusland heeft besloten dat GLONASS in de ruimte moet blijven. Vanaf 2005 zijn 18 nieuwe satellieten gelanceerd en op dit moment zijn er 19 satellieten operationeel,

Modernisering van GPS

Een van de doelen van de EU was een beter GNSS te ontwikkelen. Maar terwijl de eerste stappen in de ontwikkeling van Galileo werden gezet, werd ook begonnen met de modernisering van GPS. In 2000 werd de eerste stap gezet met het uitzetten van Selective Availability, een opzettelijke verslechtering van het GPS-signaal voor civiele gebruikers.

Op dit moment zendt GPS signalen uit op twee frequenties (zie tabel 2 voor overzicht van alle huidige en toekomstige frequenties). De code-informatie op het L2-sig-naal was altijd versleuteld, maar alle satellieten die vanaf 2005 gelanceerd zijn en worden, zenden tevens een civiele code op het L2-sig-naal uit. Verder zal GPS ook op een derde frequentie, L5, gaan uitzenden. De eerste satelliet met L5 is in maart 2009 gelanceerd en zendt sinds april op deze frequentie uit. Dit wordt gedaan voor testdoeleinden en om de



Figuur 4: Tracking-resultaten van het L5-sig-naal met de Septentrio PolRx3g in Delft. Carrier to Noise voor GPS PRN01 en GIOVE-A en -B.

dus bijna een complete constellatie van 24 satellieten.

GLONASS werkt volgens een iets ander principe dan GPS en Galileo; de laatstgenoemde systemen gebruiken het zogenaamde Code Division Multiple Access (CDMA), wat betekent dat iedere satelliet een eigen unieke code uitzendt, waarmee deze geïdentificeerd kan worden. GLONASS maakt gebruik van Frequency Division Multiple Access (FDMA), waarbij iedere satelliet op een iets andere frequentie uitzendt. In tabel 2 is dat weergegeven door middel van de factor k_f , waarbij k afhangt van de satelliet. Er wordt nu overwogen om ook over te stappen op CDMA vanwege de interoperabiliteit van de verschillende systemen. Rusland wil behalve op de huidige L1- en L2-band ook op de L3-band gaan uitzenden, en men is in onderhandeling om ook op L5 te gaan uitzenden; zie tabel 2. Net als Galileo zullen de nieuwe generatie GLONASS-satellieten (gelanceerd vanaf 2010) integriteitsinformatie gaan meesturen.

Compass

China is in het afgelopen decennium niet alleen een steeds belangrijkere speler in de wereldeconomie geworden, maar ook in de ruimtevaart wil het land een rol gaan spelen. Daar past ook een eigen satellietnavigatiesysteem bij. Compass (ook wel bekend als Beidou-2) moet China's eigen onafhankelijke GNSS worden, bestaande uit 35 satellieten, waarvan er vijf alleen regionaal beschikbaar zullen zijn. Compass zal waarschijnlijk tien verschillende diensten gaan aanbieden, waarvan vijf vrij beschikbare (open) diensten. De signalen zullen in vier frequentiebanden worden uitgezonden; zie tabel 2 en fig. 3. Ook Compass zal het CDMA-principe toepassen.

GNSS in de nabije toekomst

Tabel 3 geeft een overzicht van het aantal GNSS-satellieten dat op dit moment beschikbaar is, en het geplande aantal in de komende jaren. Er zijn nu 56 satellieten, maar in de komende jaren kan dat aantal oplopen tot boven de honderd. Fig. 5 laat zien wat dat betekent voor het aantal zichtbare satellieten: in Delft zullen dan gedurende het grootste deel van de dag meer dan twintig satellieten tegelijk zichtbaar zijn. Voor GNSS-plaatsbepaling

heb je tenminste vier satellieten nodig, en op dit moment zijn er gemiddeld zeven tot acht tegelijk zichtbaar.

Voor ieder systeem is in tabel 3 ook aangegeven wanneer het volledig operationeel moet zijn. Voor GPS gaat het dan om het gemoderniseerde systeem. Compass moet al in 2012 regionaal operationeel zijn, dat wil zeggen in China en omstreken.

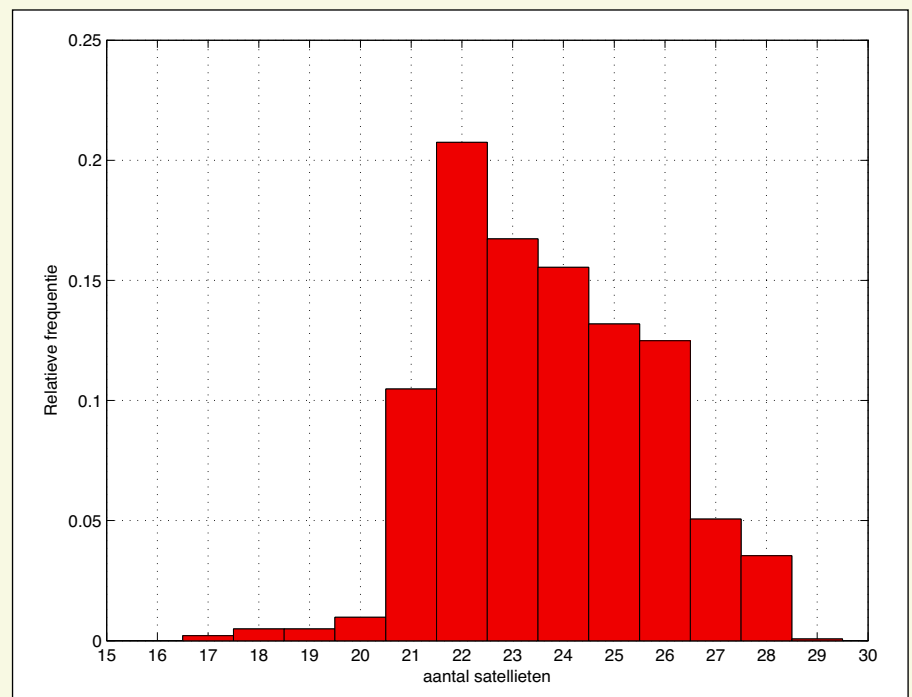
Voorbeelden van toepassingen zijn:

- Geodetische toepassingen: handhaving referentiestelsels, landmeetkundige toepassingen.
- Navigatie van voertuigen (te land, ter zee en in de lucht) en baanbepaling van satellieten.
- Deformatiemetingen: zowel bodemdaling als horizontale verplaatsingen door plaattektoniek.

Tabel 3: Aantal (geplande) GNSS-satellieten. FOC: full operational capability. IOV: In-Orbit Validation.

		GPS	GLONASS	Galileo	Compass	totaal
operationeel	mei 2009	32	19	2*	3	56
nog te lanceren	2010	>3	>8, FOC	1* + 4, IOV	9	>60
	2011-2014	?	?	26	23?	>80
	2014	FOC	?	FOC	23?	>80
totaal	na 2015	24	24	30	35, FOC	>100

* GIOVE-satellieten



Figuur 5: Aantal zichtbare GPS-, GLONASS- en Galileo-satellieten als percentage van de dag, uitgaande van volledige nominale constellaties.

De toegevoegde waarde van Galileo

Het aantal toepassingen van GPS is in de afgelopen vijftien jaar explosief toegenomen, mede dankzij de ontwikkeling van differentiële / relatieve plaatsbepaling.

- Meteorologische toepassingen: de atmosferische vertraging van een signaal is een maat voor de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer.

Met de beschikbaarheid van GPS voor dit brede scala aan toepassingen zijn ook de kosten van de ontvangers erg gedaald. Bovendien kunnen de ontvangers steeds kleiner worden gemaakt dankzij technologische ontwikkelingen. Binnen afzienbare tijd zal GPS op je mobiele telefoon de standaard zijn.

Wat zal dan de daadwerkelijke toegevoegde waarde van Galileo zijn voor de gebruikers? De verwachting is dat Galileo betere nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en beschikbaarheid kan bieden ten opzichte van het huidige GPS. Ten eerste door de iets gunstiger satellietconstellatie, ten tweede doordat gebruik gemaakt zal worden van nieuwe ontwikkelingen op het gebied van codemodulering. Hierdoor zal niet alleen de precisie van de codewaarnemingen veel hoger zijn, maar ook zal de invloed van fouten door reflecties (multipath) minder groot zijn. Hierbij dient natuurlijk opgemerkt te worden dat ook GPS gemoderniseerd wordt, dus met GPS zal straks eveneens een hogere nauwkeurigheid kunnen worden gehaald.

Gebruikers die bereid zijn ervoor te betalen, kunnen via het E6-sigitaal ook integriteitsinformatie ontvangen. Met Galileo is men hierdoor niet afhankelijk van een Satellite-Based Augmentation System zoals EGNOS.

Een 'gevaar' voor Galileo is dat het wordt ingehaald door GLONASS. De meeste ontvangerfabrikanten hebben al GPS+GLONASS-ontvangers op de markt, al kunnen voor Real-Time Kinematic (RTK) toepassingen (zeer nauwkeurige relatieve plaatsbepaling ten opzichte van een referentiestation) de GLONASS-signalen nog niet altijd optimaal benut worden door het gebruik van FDMA. Overigens zijn er ook al aardig wat ontvangers verkrijgbaar die Galileo-signalen kunnen ontvangen.

De verwachting is dat professionele ontvangers in de toekomst alle beschikbare GNSS-signalen zullen kunnen ontvangen en verwerken, dus GPS+GLONASS+Galileo+ Compass. In hoeverre dat ook gaat gelden voor de 'mass market' ontvangers, zoals mobiele

telefoons, is nog maar de vraag. Dat hangt af van de technologische ontwikkelingen en de eisen die de markt gaat stellen aan beschikbaarheid en nauwkeurigheid. Wellicht dat GPS+GLONASS voorlopig de standaard zal worden, omdat Galileo te lang op zich laat wachten.

Verbeterde plaatsbepaling

Verscheidende studies zijn uitgevoerd naar de te verwachten prestaties van GPS en Galileo, zie bijvoorbeeld [Verhagen, 2002; Verhagen et al, 2006]. De belangrijkste conclusies worden hieronder samengevat.

Binnen afzienbare tijd zal GPS op je mobiele telefoon de standaard zijn.

Galileo maakt gebruik van meer satellieten in een andere constellatie en een ander type codemodulatie. Dit zal betere nauwkeurigheid en betrouwbaarheid opleveren. De succeskans van correcte meerduidelijkheidsbepaling (in het vervolg simpelweg succeskans genoemd), de detectiekans van fouten in de waarnemingen of het model, en de precisie van de positie zullen dan ook hoger zijn dan met GPS. Toch zal dit niet continu en overal op aarde een afdoende verbetering opleveren ten opzichte van de huidige situatie.

Het gebruik van drie of meer frequenties met GPS of Galileo heeft wel een prestatieverhogend effect in termen van precisie en succeskans, maar de verschillen ten opzichte van twee-frequentie GPS of Galileo zijn marginaal.

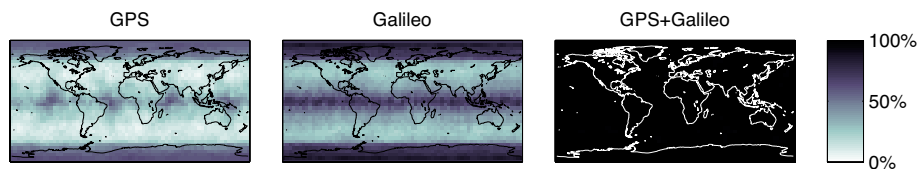
Het meest valt te verwachten van het gecombineerde gebruik van GPS en Galileo door het veel grotere aantal satellieten dat zichtbaar zal zijn, zelfs in omgevingen met veel hoogbouw. Indien van beide systemen de L1- en L5/E5a-frequentie worden gebruikt, zal de succeskans enorm verbeteren ten opzichte van het gebruik van een enkel systeem (GPS óf Galileo). Toevoegen van GLONASS en/of Compass zal de resultaten nog verder verbeteren, ook in termen van betrouwbaarheid en precisie. Hier is alleen naar GPS+Galileo gekeken om te illustreren hoe groot de verbetering kan zijn.

Fig. 6 illustreert deze resultaten. De figuur toont het percentage van een dag dat de succeskans boven de 99% ligt met GPS, Galileo en GPS+Galileo. De succeskans moet dichtbij 100% liggen voor RTK-toepassingen met centimeterprecisie. In alle gevallen is uitgegaan van een enkele epoeche van waarnemingen op de L1- en L5/E5a-frequenties; de basislijn is tussen de 25 en 35 kilometer met een vrije horizon (alle satellieten boven 15° elevatie zijn zichtbaar). Met GPS is de succeskans gemiddeld 32% van de dag hoger dan 99% over de hele wereld genomen, met Galileo is dat gemiddeld 51% van de dag, en met GPS+Galileo gemiddeld 99.8% van de dag.

Nieuwe toepassingen

Voor veel toepassingen (ook hedendaagse) is het gebruik van GNSS zeer wenselijk, omdat vrijwel alle voertuigen in de toekomst standaard uitgerust zullen zijn met een ontvanger, en omdat het alternatieve of aanvullende systemen overbodig maakt. Soms zal de betrouwbaarheid van het systeem een kritische factor zijn. Voorbeelden van GNSS-toepassingen waar hogere nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en/of beschikbaarheid nodig zijn:

- Aardobservatie: meten van deformaties van ijskappen; plaattektoniek; tsunami-detectiesystemen; getijdenmetingen op zee; numerieke weersmodellen en -voorspelling; geodetische toepassingen; GIS en Location Based Services.
- Ruimtevaarttoepassingen: navigatie en standbepaling van satellietlanceer-raketten, satellieten in lage banen, formaties van satellieten.
- Wetenschappelijke toepassingen: zwaartekrachtmissies; synchronisatie en bepaling van zeer nauwkeurige tijd; het volgen van dieren; atmosferisch onderzoek.
- Veiligheidskritische en verkeerstoe toepassingen: vliegtuignavigatie bij aanvliegen en landen; lokaliseren van noodoproepen en inzet van hulpdiensten; management bij rampen; (automatische) voertuignavigatie (op water of land); rekeningrijden; aansturen van machines bij constructiewerkzaamheden.



Figuur 6: Percentage van een dag dat de succeskans boven de 99% ligt met GPS, Galileo en GPS+Galileo.

Kosten voor de gebruiker

Galileo gaat een aantal diensten aanbieden waarvoor moet worden betaald. Maar de meeste gebruikers hoeven zich niet druk te maken over de komst van Galileo. Als je in de toekomst een GPS-ontvanger, al dan niet geïntegreerd in een ander apparaat, gaat kopen, dan zal dat hoogstwaarschijnlijk standaard een ontvanger zijn waarmee je zowel GPS als Galileo en/of GLONASS kunt ontvangen. Het zijn vooral publieke (overheids-)diensten, reddingsdiensten en veiligheidskritische toepassingen waarvoor de overige niet-gratis signalen interessant zullen zijn.

Bij het ontwerpen van de nieuwe en gemoderniseerde systemen is rekening gehouden met de interoperabiliteit – de systemen zenden een aantal signalen op dezelfde frequentie uit. Dit zorgt ervoor dat ontvangers die geschikt zijn voor meerdere systemen niet veel duurder zullen zijn dan ontvangers voor alleen GPS of Galileo.

Nuttige websites

Nieuws over GNSS:	http://www.insidegnss.com
GPS:	http://www.navcen.uscg.gov/ http://pnt.gov/101/gps.html
Galileo:	http://www.esa.int/esaNA/index.html http://www.gsa.europa.eu/ http://ec.europa.eu/transport/galileo/index_en.htm
GLONASS:	http://www.GLONASS-ianc.rsa.ru
EGNOS:	http://www.esa.int/esaNA/egnos.html

Referenties

Verhagen, S. (2002). *Performance Analysis of GPS, Galileo and Integrated GPS-Galileo*. Proceedings van ION GPS-2002, Portland OR, p. 2208-2215.

Verhagen S., P.J.G. Teunissen en D. Odijk (2006). *Carrier-phase Ambiguity Success-rates for Integrated GPS-Galileo Satellite Navigation*. Proceedings van Workshop for Space, Aeronautical and Navigation Electronics (WSANE2007), 15-18 April 2007, Perth, Australië.

Samenvatting

Galileo en GNSS: ontwikkelingen op het gebied van satellietnavigatie / dr.ir. S. Verhagen

Het Europese satellietnavigatiesysteem Galileo zal naar verwachting in 2014 operationeel zijn. Dat betekent een vertraging van zes jaar met de oorspronkelijke planning. Europa wilde een eigen systeem om onafhankelijk te zijn van het Amerikaanse Global Positioning System (GPS), en om een systeem te ontwikkelen dat speciaal ontworpen is voor diverse civiele toepassingen.

De belangrijkste verschillen met GPS zijn de satellietconstellatie en de verschillende diensten die Galileo gaat aanbieden. Naast GPS en Galileo zullen in de komende jaren nog twee satellietnavigatiesystemen

operationeel worden. Het Russische GLONASS zal waarschijnlijk al in 2010 weer volledig operationeel zijn. En China is bezig met de ontwikkeling van Compass.

In dit artikel worden al deze ontwikkelingen beschreven, met de nadruk op Galileo en de toegevoegde waarde ervan voor de gebruikers en mogelijke toepassingen.

Summary

Galileo and GNSS: developments in satellite navigation / dr.ir. S. Verhagen

The European satellite navigation system Galileo is expected to be operational in 2014. This means a delay of six years with respect to the original schedule. Europe wanted to have its own system in order to be independent from the American Global Positioning System (GPS), and in order to develop a system specifically designed for various civil applications. The most important differences with respect to GPS are the satellite constellation and the various services that Galileo will offer.

Besides GPS and Galileo, two other satellite navigation systems will become operational in the coming years. The Russian GLONASS is likely to be fully operational in 2010. And China is developing its own system, Compass.

In this article these developments are described, with an emphasis on Galileo and the benefits of this system for users and the potential applications. ♥

Blijvende Geo-impulsen...

Nu de stichting Ruimte voor Geo-Informatie, soms ook betiteld als de 'geo-impuls', wordt afgebouwd, resteren minstens nog twee fenomenen met die naam:
* GEOimpuls is een initiatief voor en door amateurs in de geologie, ontstaan uit

enthousiasme over alles wat met geologie te maken heeft (www.geoimpuls.nl).

* Rijkswaterstaat gaat aan de slag met Geo-Impuls. Dit project moet zorgen voor een halvering van het aantal geotechnische problemen bij bouwwerken in 2015.

Alle grote aannemers, ingenieursbureaus en opdrachtgevers zijn bij het project betrokken (www.elan.nl/nieuws/rws-geo-impuls/).

Door Adri den Boer