



NLR-TP-2000-559

Galileo: Waar staan we?

P. Dieleman en M.M.M. Tossaint



NLR-TP-2000-559

Galileo: Waar staan we?

P. Dieleman en M.M.M. Tossaint

Dit rapport is gebaseerd op een artikel gepubliceerd in GPS nieuws, November 2000.

Uit dit rapport mag worden geciteerd onder de voorwaarde dat volledige bronvermelding plaatsvindt.

Hoofdafdeling:	Ruimtevaart
Afgesloten:	Oktober 2000
Rubricering van de titel:	Ongerubriceerd



Inhoudsopgave

Wat is Galileo?	3
Waarom Galileo?	3
Wat heeft Galileo te bieden?	3
Hoe gaat het systeem eruit zien?	4
Waar staan we?	5
Conclusie	6
Referenties	6
4 Figuren	

Galileo: Waar staan we?

Peter Dieleman, Michel Tossaint
Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)
Hoofdafdeling Ruimtevaart, Afdeling Systemen
Postbus 153
8300 AD Emmeloord
e-mail: dieleman@nlr.nl

Dit artikel geeft enige achtergrondinformatie ten aanzien van de ontwikkeling van de Europese inbreng in GNSS-2, genaamd Galileo. Getracht wordt enkele veelgestelde vragen kort te beantwoorden, en daarmee de stand van zaken te schetsen. Gezien het feit dat de verschillende Europese studies rond Galileo nog in volle gang zijn kan hier ook slechts sprake zijn van een momentopname.

Wat is Galileo?

Zoals reeds geschetst in het artikel van Jean-Pierre Barboux over SBAS in "GPS-nieuws" van Mei 2000 is Galileo de benaming van de geplande bijdrage van Europa aan het Global Navigation Satellite System GNSS-2. Galileo is een civiel geopereerd wereldwijd satelliet-navigatiesysteem. Het zal bestaan uit een constellatie van 30 MEO satellieten (status juli 2000), de bijbehorende grondinfrastructuur en regionale zowel als locale (aanvullende) augmentatiesystemen.

Waarom Galileo?

Een veelgestelde en voor de hand liggende vraag is: "waarom Galileo als GPS er al is?". Het antwoord is tenminste driedelig (zie ook ref. [2]). Ten eerste wil Europa, ondanks de goede relaties met de VS, autonoom zijn op een (nu en voor de toekomst) zo belangrijk gebied als plaatsbepaling en navigatie. Het feit dat GPS onder Amerikaans militair beheer staat is een extra reden om in Europa een civiele tegenhanger te introduceren. Voor de gebruiker heeft dit slechts meerwaarde als we aannemen dat in de toekomst geïntegreerde ontvangers waarmee Galileo, GPS en wellicht ook Glonass signalen kunnen worden ontvangen gemaakt zullen worden. Daarmee zou voor de eindgebruiker een nog betere beschikbaarheid



en betrouwbaarheid gegarandeerd zijn, uiteraard afhankelijk van de mate van interoperabiliteit van deze systemen.

Een tweede aspect is dat het succes van GPS in commercieel opzicht zo groot is dat

ook de Europese industrie daarvan graag een graantje meepikt. Zo wordt in Europese studies de Europese markt voor gebruikers-apparatuur en diensten in de periode 2005-2025 geschat op 90 miljard Euro (ref [2]). Om toegang tot deze markt te krijgen wordt een in Europees beheer ontwikkeld systeem als een pré gezien, omdat daarmee beter kan worden ingespeeld om de behoeftes van de gebruiker.

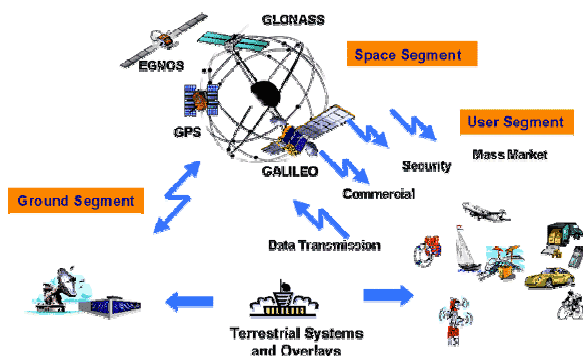
Tenslotte is het de bedoeling dat Galileo aan de gebruiker meer te bieden heeft dan GPS in zijn huidige vorm en in de vorm waarin GPS bij volledig operationeel worden van Galileo, gepland voor 2008, beschikbaar dient te komen. Galileo moet dus zowel politiek als commercieel een geduchte concurrent van GPS worden.

Wat heeft Galileo te bieden?

Op de gebieden van nauwkeurigheid (beter dan 10 m (95%) voor alle services¹), wereldwijde dekking (ook de noordelijke regionen), garanties gegeven door de - nog nader te

¹ Onder "services" worden verstaan al die diensten, inclusief bijbehorende prestatie-eisen, die door het systeem aan de gebruiker worden geleverd.

definiëren - Galileo Service Provider aan geleverde services (continuïteit en integriteit van de dienstverlening) en daaraan gekoppelde aansprakelijkheid voor geregistreerde en betalende gebruikers van speciale services, zal Galileo de prestaties van GPS moeten overtreffen. Uiteraard biedt Galileo een aantal gratis basis services, waarvan de prestaties tenminste vergelijkbaar met GPS zullen moeten zijn. Gegeven de recente uitschakeling van de GPS Selective Availability (SA) lijkt onmiddellijk een concurrentiestrijd losgebroken te zijn tussen Galileo en GPS. Ook dit levert een direct merkbaar positief effect op voor de GPS gebruiker van dit moment: Galileo werpt dus in zekere zin haar schaduw al vooruit.



Figuur 1 GNSS-2 totaaloverzicht (ref [1])

Momenteel ondersteunt Galileo een viertal services, te weten (ref. [3]):

- OAS (Open Access Service). Dit is een service gratis beschikbaar aan alle gebruikers.
- CAS (Controlled Access Service). Dit is een service met een verbeterd prestatieniveau ten opzichte van OAS.
- SAS (Safety Access Service). Deze service is specifiek bedoeld voor safety-of-life kritische toepassingen zoals van toepassing in de luchtvaart.
- GAS (Governmental Access Service). Deze service is gericht op overheid toepassingen gerelateerd aan de overheid.

Een nadere precisering van genoemde services is nog gaande in het kader van lopende studies. Hierin komen aspecten aan de orde als aantal signalen, frequentiebanden (zoals toegewezen aan Galileo tijdens de WRC2000) en signaal-structuur en encryptie. Figuur 1 geeft een

schematische weergave van GNSS-2 inclusief het Galileo ruimte- en grondsegment en het gebruikerssegment. Dit laatstgenoemde segment is opgebouwd uit de "mass market" die gebruikt maakt van de gratis services (OAS), een segment dat gebruik maakt van commerciële services (CAS, SAS) en specifieke security georiënteerd gebruik (GAS). Aardse augmentatiesystemen zullen het mogelijk maken de nauwkeurigheid van ontvangers verder te verbeteren, zoals ook nu het geval is middels DGPS en RTK. Tenslotte wordt gedacht aan een additionele navigatie gerelateerde communicatie service. Met name Search&Rescue behoort tot de toepassingen die worden overwogen.

Hoe gaat het systeem eruit zien?

Het ruimtesegment is momenteel gedefinieerd als een constellatie van nominaal 27 Medium Earth Orbit (MEO) satellieten op een hoogte van ongeveer 20000 km, die zijn ondergebracht in een 3-tal vlakken. De constellatie is aangevuld met één reserve satelliet per baanvlak, en bestaat daarmee in totaal uit 30 satellieten.

Het grondsegment (ref. [4]) bestaat uit een Ground Control System (GCS) en European Integrity Determination System (EIDS).

Het GCS heeft als belangrijkste taken:

- Het beheer van de satellietenconstellatie.
- Monitoring en control van de individuele satellieten.
- Het monitoren, bepalen en controleren van de navigatie gerelateerde data, inclusief baanbepaling en -predictie alsmede klok synchronisatie.
- Interfacing met UTC-labs (timing), Geodetic Reference Providers, en dergelijke.

Het EIDS heeft als belangrijkste taken:

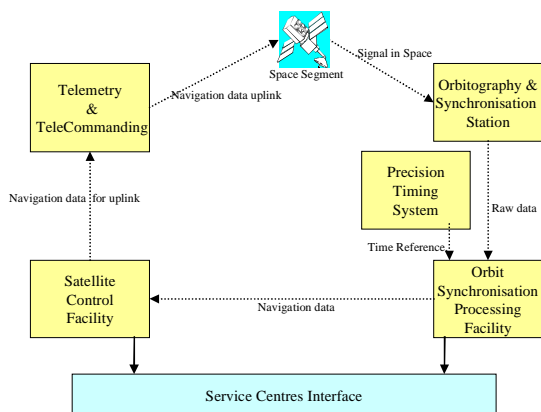
- Het bepalen van de integriteit van het Signal-In-Space zoals geleverd door de individuele satellieten
- Het verzorgen van de disseminatie van de integriteitsboodschap via het ruimtesegment

Generieke taken van het grondsegment betreffen het netwerk management

(connectiviteit, beveiliging etc.), ondersteunende faciliteiten (prestatie analyse, validatie en certificatie, training, etc.) en operations (onderhoud & reparatie, veiligheid, etc.).

Op basis van een aantal ontwerpoverwegingen is momenteel een architectuur gedefinieerd die uitgaat van een tweetal informatiekanaalen, te weten het navigatiekanaal (navigation channel) en het integriteitskanaal (integrity channel) die om redenen van betrouwbaarheid maximaal van elkaar gescheiden zijn.

De structuur van het navigatiekanaal is aangegeven in figuur 2.

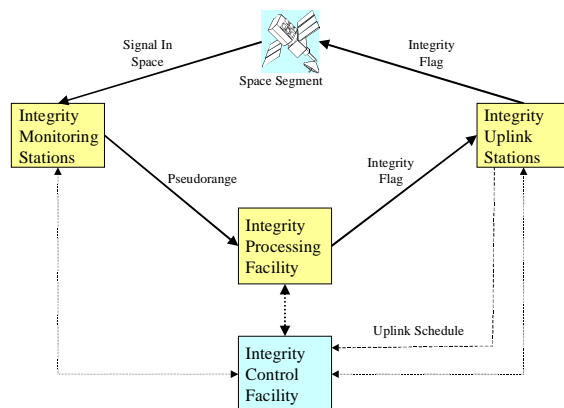


Figuur 2. Navigatiekanaal en dataflow

Het door de individuele satellieten uitgezonden signaal wordt geregistreerd middels een netwerk van Orbitography and Synchronisation Stations (OSS), die de verzamelde data verzending aan een Orbit Synchronisation Processing Facility (OSPF). Deze verzorgt de nauwkeurige baanberekening per satelliet en synchronisatie van de atoomklokken aan boord van de satellieten. Hierbij wordt een Precision Timing System (PTS), bestaande uit een ensemble van klokken, gebruikt als referentie voor de Galileo System Time (GST). De resulterende navigatiedata wordt doorgegeven aan de Spacecraft Control Facility waarna de data via een netwerk van Telemetry & TeleCommand (TT&C) stations wordt verzonden naar de satellieten. Deze data wordt vervolgens door de satellieten opgenomen in de verzonden navigatieboodschap.

De structuur van het integriteitskanaal is aangegeven in figuur 3.

Het Signal-In-Space, zoals verzonden door de satellieten, wordt permanent bewaakt door een netwerk van Integrity Monitoring Stations (IMS) die de gegevens van de individuele signalen (zoals code, fase, navigatieboodschap) en lokale meteorologische gegevens doorgeven aan een Integrity Processing Facility. Deze bewaakt of het signaal voldoet aan de specificaties. Is dit niet het geval dan wordt middels een Integrity Flag via een van de Integrity UpLink Station (IULS) aan een aantal satellieten gemeld dat de integriteit van de betreffende satelliet foutief is. De Integrity Control Facility zorgt onder ander voor een correcte uplink controle. Een specifieke set satellieten verzendt continue de integriteitsinformatie als deel van de navigatieboodschap. Deze integriteitslus is zeer tijdkritisch vanwege de korte Time-To-Alert noodzakelijk voor veiligheidskritische toepassingen. Zo wordt vanuit de luchtvaart vereist dat een integriteitsfout voor een satelliet binnen 5,2 seconden wordt gemeld aan de ontvanger aan boord van het vliegtuig. Dit leidt tot "near real-time" eisen aan de integriteitsketen, inclusief de bijbehorende netwerkinfrastructuur tussen de verschillende geografisch vaak zeer verspreid liggende elementen.



Figuur 3. Integriteitskanaal en dataflow

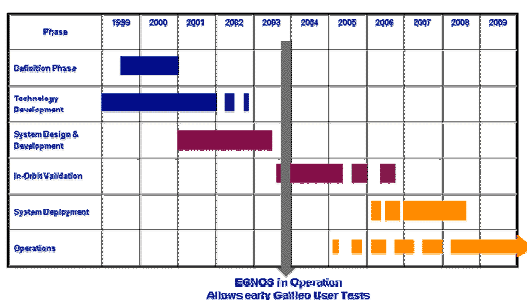
Waar staan we?

Op dit moment zijn verschillende definities studies als onderdeel van fase B nog in volle gang, deels gecoördineerd vanuit de Europese Commissie en deels door ESA. Het gedeelte gecoördineerd door de Europese Commissie richt zich met name op de gebruikerseisen, marktperspectief van geleverde services,

overall systeemarchitectuur, financiering, standaardisatie en legale en juridische aspecten. ESA richt zich op de definitie van het Galileo ruimte- en het daaraan gerelateerde grondsegment onder de naam GalileoSat. De definitiestudies worden uitgevoerd door industriële teams waarin een grote variëteit aan bedrijven deelneemt.

Het ligt in de lijn der verwachtingen dat de Europese Transportraad in december 2000, op basis van de resultaten van de definitiestudies, een beslissing zal nemen ten aanzien van het vervolg van Galileo.

De huidige planning is daarbij dat het systeem in 2008 volledig operationeel zal zijn (zie figuur 4). De totale kosten van de ontwikkeling worden geraamd tussen de 2.2 en 3 miljard Euro.



Figuur 4 Huidige Galileo planning (ref [1])

Ook in Nederland is - zowel vanuit de overheid, de universiteiten en kennisinstituten, de ruimtevaartgeassocieerde industrie, de industrie voor eindgebruikers als de transportsector en enkele andere sectoren - een duidelijke belangstelling voor Galileo. Deze partijen hebben zich verenigd in een door de ministeries van Verkeer en Waterstaat en Economische Zaken gecoördineerde contactgroep, van waaruit initiatieven voor verdere Nederlandse participatie in de Galileo ontwikkeling worden voorbereid. Het NLR neemt reeds in verschillende van de lopende Galileo definitiestudies deel, en is actief in het opzetten en uitwerken van initiatieven gericht op de verdere Galileo ontwikkeling. Gezien de positie van Nederland als transportland in Europa ziet het NLR voor Nederland onder andere een belangrijke rol weggelegd op het gebied van verificatie en validatie van het Galileo systeem met alle daarbij behorende methoden, technieken en gereedschappen.

Deze mening wordt in principe door de Nederlandse overheid onderschreven en meegenomen in de beleidsvorming ten aanzien van het radionavigatiebeleid. Een aan verificatie en validatie gerelateerde studie uitgevoerd door NLR en ESA in opdracht van Eurocontrol is beschreven in ref. [5].

Conclusie

In de context van de GNSS-2 ontwikkeling heeft de definitie van Galileo als Europees satellietnavigatiesysteem de afgelopen 2 jaar een groot momentum ontwikkeld. Gezien de politieke, commerciële en technologische belangen die met een dergelijk systeem gemoeid zijn, wordt verwacht dat de ontwikkeling van Galileo de komende jaren een belangrijke plaats op de agenda van de ruimtevaart in Europa zal hebben (zie ref [1] voor up-to-date informatie). We staan nu voor de uitdaging om - in het belang van een grote verscheidenheid aan Nederlandse partijen - de aansluiting te behouden, en waar mogelijk onze participatie verder uit te breiden.

Referenties

1. <http://www.galileo-pgm.org/>
2. Brochure "Galileo - Global Satellite navigation Services for Europe", Galileo Industries, Juli 2000
3. R. Lucas et.al, "Galileo Space and Ground Segment Definition: System and Performance", ION-GPS 20000, Salt Lake City, Utah, 19-22 September 2000-10-17
4. M. Lugert et.al., "The GalileoSat Ground Segment Architecture Concept and Operational Approach", ION-GPS 20000, Salt Lake City, Utah, 19-22 September 2000-10-17
5. J. Vermeij, A.N. van den Berg, Analysis and Validation of GNSS Performance, Proceedings GNSS99, NLR TP 99420, 1999