GPS-netwerk operationeel in heel Nederland

Het gebruik van het Global Positioning System (GPS) voor landmeetkundige toepassingen neemt een grote vlucht. Vooral de methode van GPS-RTK (Real Time Kinematic) wordt meer en meer toegepast, omdat bij deze methode real time coördinaten worden gemeten in drie dimensies. Er worden twee ontvangers gebruikt; één wordt op een bekend punt geplaatst, bijvoorbeeld een kernnetpunt, de andere ontvanger wordt op het te meten punt opgesteld. Deze methode kan efficiënter worden gemaakt door vaste basisstations in te richten, waarvan meerdere gebruikers tegelijkertijd gebruik kunnen maken. Zoals reeds werd aangekondigd tijdens het Geodesia-congres in oktober 2001, heeft het bedrijf 06-GPS een landelijk netwerk van basisstations operationeel gemaakt.

Kenmerkend voor het meten in een landelijk netwerk van basisstations is dat met behulp van speciale software de metingen op alle basisstations worden gebruikt voor het bepalen van de positie van de ontvanger van de gebruiker. Dit maakt het mogelijk om een veel beter model te berekenen van de aanwezige fouteneffecten van de troposfeer, de ionosfeer en de satellietbanen. Ook wordt de meting betrouwbaarder, omdat gemeten wordt ten opzichte van meerdere basisstations in plaats van slechts één basisstation. Bovendien kan de maaswijdte tussen de basisstations aanmerkelijk worden vergroot.

Netwerk van basisstations

Het netwerk van 06-GPS, dat vanaf 1 januari 2003 operationeel is voor heel Nederland, bestaat uit eenentwintig basisstations die via een vast telecommunicatienetwerk met het controlestation in Sliedrecht zijn verbonden (fig. 1). De onderlinge afstand tussen de basisstations is gemiddeld 75 km. Door het gebruik van netwerksoftware van het bedrijf GEO++ is met deze maaswijdte een homogene en nauwkeurige plaatsbepaling mogelijk in heel Nederland.

Teneinde in de grensgebieden een goede dekking van het grondgebied te verkrijgen is samenwerking gezocht met de SAPOS-netwerken van de bondslanden Nordrhein Westfalen en Niedersachsen. SAPOS is een project van de verenigde Landesvermessungsämter (AdV) van de zestien Duitse Bondslanden en voorziet in een serie actieve referentienetwerken die gezamenlijk het grondgebied van Duitsland bestrijken. Deze samenwerking heeft erin geresulteerd dat naast dertien stations in Nederland ook acht Duitse stations bijdragen aan het netwerk in Nederland. Omgekeerd worden vier Nederlandse basisstations gebruikt in de Duitse netwerken.

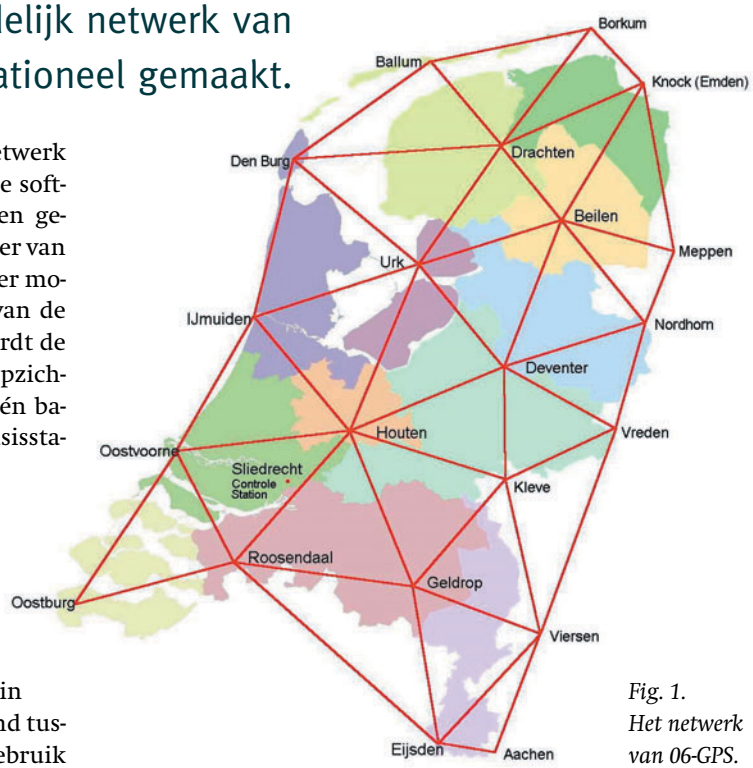
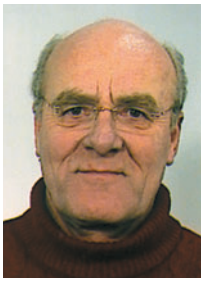


Fig. 1. Het netwerk van 06-GPS.

Inrichting van een basisstation

De locaties van de basisstations zijn zorgvuldig geselecteerd op basis van een aantal criteria. In de eerste plaats moet het station op een beschermde plaats liggen, die niet toegankelijk is voor onbevoegden. De antenne moet een horizonvrij uitzicht hebben in verband met de ontvangst van signalen van zoveel mogelijk satellieten, en moet zoveel mogelijk gevrijwaard zijn van multipath-effecten. Elektriciteit moet aanwezig zijn in verband met de voeding van de pc, en er moet een vaste telefoonverbinding kunnen worden aangelegd.

Alle locaties zijn voorzien van een gekalibreerde GPS-antenne (fig. 2), een solide mast, een pc met back-up en noodstroomvoorziening, alsmede een permanent bewaakte vaste 24-uurs verbinding met het controlestation in Sliedrecht. De inrichting van elk basisstation is met grote zorg gebeurd. Naast het plaatsen van de mast met de gekalibreerde antenne werd ook bliksembeveiliging aangebracht, en werd het monteren en doorvoeren van de antennekabel naar de apparatuurkast op professionele wijze uitgevoerd. Er zijn speciale kasten ontworpen voor de installatie van de GPS-ontvanger, de volledig op afstand bestuurbare pc en de noodstroomvoorziening. Ook de communicatieapparatuur van KPN Telecom is in deze beveiligde kast geplaatst. De Duitse locaties waren al op een soortgelijke wijze ingericht.



ir. P.J.A. Henry, operationeel manager o6-GPS cv, en ir. J. Polman, adviseur o6-GPS cv.

De antennes van het 06-GPS netwerk zijn allemaal absoluut gekalibreerd teneinde te voorkomen dat ze worden beïnvloed door bijvoorbeeld multipath tijdens de kalibratieperiode. Voor hoognauwkeurige metingen met GPS is een exacte kennis van de ontvangstkarakteristieken van de GPS-antenne noodzakelijk. Het zogenaamde fasecentrum van een antenne is geen vast punt, maar varieert al naar gelang de richting van een binnenkomend satellietsignaal. De beste manier om deze bewegingen van het fasecentrum (Phase Centre Variations of PCV) te beschrijven is een model te bepalen waarin de PCV als functie van zowel het azimut als elevatie wordt berekend (fig. 3). Uiteindelijk wordt het PCV-model geïntegreerd in de netwerksoftware om de invloeden van elke individuele antenne te elimineren. Vooral de kwaliteit van de hoogtemetingen wordt daardoor sterk verbeterd.

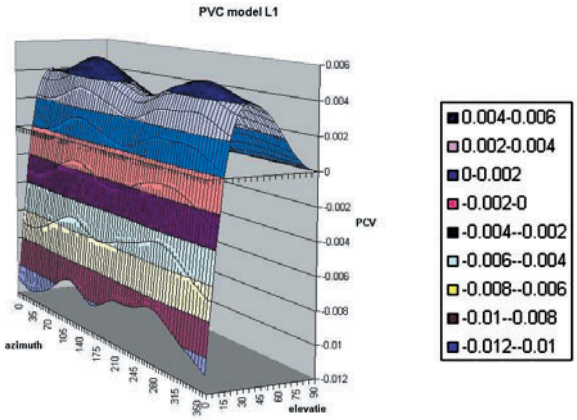


Fig. 3. Modellering fasecentrum GPS-antenne.

Fig. 2. Antenne basisstation Ballum, Ameland.

Inrichting van het controlestation

Het controlestation is ingericht in het kantoor van 06-GPS in Sliedrecht. Het beschikt in de eerste plaats over drie identieke servers, waarvan de eerste de correctiedata uit Duitsland verwerkt. De tweede computer verricht de netwerkmodellering en de derde zorgt voor de distributie van de RTK-correcties naar de gebruikers. Een vierde computer is beschikbaar als back-up voor het geval dat één van de servers zou uitvallen (fig. 4). Op deze computers is de GPS-software van GEO++ geïnstalleerd, die ervoor zorgt dat continu alle data van de basisstations worden verwerkt, de communicatieverbindingen in stand blijven en de optimale correcties worden verzonden naar de gebruikers. Op het controlestation staat tevens een ISDN-centrale die tot dertig inbellers tegelijk kan helpen. Deze centrale kan eenvoudig worden uitgebreid tot zestig of negentig klanten. Het controlestation zorgt voor de continue monitoring van de werking van de basisstations. Als één van de basisstations afwijkend gedrag vertoont of uitvalt, kan dit direct worden geconstateerd en kunnen (op afstand) de nodige maatregelen worden genomen.

Datacommunicatie

Bij het netwerk van 06-GPS is datacommunicatie van cruciaal belang. De datacommunicatie tussen basisstations en controlestation is noodzakelijk om elke waarneming naar elke satelliet vanaf ieder basisstation in de netwerkoplossing mee te nemen. Daarom moeten vierentwintig uur per dag vaste datalijnen met voldoende bandbreedte beschikbaar zijn van elk basisstation naar het controlestation om alle data continu naar het controlestation te verzenden. Deze lijnen zijn aangelegd door KPN Telecom en worden permanent bewaakt. De datalijnen naar de Duitse basisstations lopen via de controlestations van de betreffende deelstaten in Hannover en Bonn (fig. 5).

Fig. 4. Controlestation Sliedrecht.

Het communicatienetwerk tussen basisstations en controlestation heet LAN Interconnect en is gebaseerd op de Nationale Frame Relay Dienst. Door elk basisstation een apart adres te geven volgens het Internet Protocol (IP) zijn alle stations afzonderlijk te onderscheiden en te beheren. De op elke locatie aanwezige router zorgt uiteindelijk voor het transporteren van de gegevens naar de juiste bestemming. Doordat het geheel is afgeschermd van de buitenwereld, kan dit een Virtual Private Network (VPN) worden genoemd.

De datacommunicatie tussen gebruikers en netwerk geschiedt met behulp van mobiele telefoons. Elke gebruiker van het netwerk kan via het modem van de GPS-ontvanger inbellen naar het controlestation in Sliedrecht. Daar worden elke seconde nieuwe RTK-correcties berekend, die optimaal geschikt zijn voor de locatie van de betreffende ontvanger. Deze worden teruggezonden naar de betreffende ontvanger, die nu real time de coördinaten kan berekenen.

Netwerksoftware van GEO++

Het hart van het netwerk van 06-GPS wordt gevormd door de software van GEO++ GmbH uit Duitsland. De hier toegepaste techniek GNSMART (Global Navigation Satellite System-State Monitoring And Representation Technique) maakt het mogelijk om door analyse van de data van een netwerk van referentiestations de individuele GPS-foutenbronnen apart te berekenen en te presenteren. Deze foutenbronnen zijn: vertragingen van het GPS-signaal door atmosferische verstoringen, baanfouten van de satellieten en klokfouten in zowel de satelliet als de ontvanger. Daarnaast heeft men te maken met stationsgebonden fouten: multipath en fasecentrumvariaties van de antenne (fig. 6). De laatste zijn geëlimineerd door de absolute en individuele kalibraties van de referentie-antennes. Elke foutenbron heeft zijn eigen grootte-orde en karakteristieken (fig. 7).

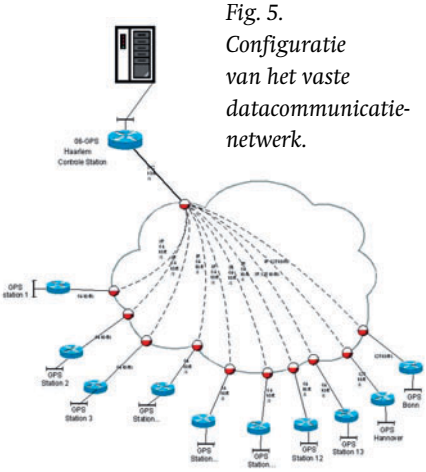


Fig. 5. Configuratie van het vaste datacommunicatienetwerk.

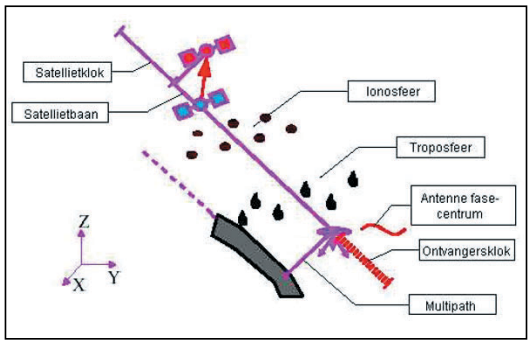


Fig. 6. Foutenbronnen GPS (Geo++ GmbH).

Error Sources Magnitude

Error source	Absolute influence	Relative influence
Satellite Orbit	5 ... 50m	0.2 ... 2 ppm
Satellite Clock	5 ... 100m	0.0 ppm
Ionosphere	0.5 ... >100 m	1 ... 50 ppm
Troposphere	0.01 ... 0.5 m	0 ... 3 ppm
Multipath Code	m	m
Multipath Phase	mm ... cm	mm ... cm
Antenna	mm ... cm	mm ... cm

Determined by GNSS-SMART

Determined by Calibration rsp. avoid them

Fig. 7. Orde van grootte foutenbronnen (Geo++ GmbH).

Alle apart gemodelleerde GPS-fouten van het GPS-netwerk worden weer samengevoegd voordat ze naar de gebruiker worden gestuurd. Bij gebruik van de gehanteerde RTCM 20/21-correcties worden per satelliet en per seconde vier correcties verzonden: per frequentie (L1 en L2) één correctie voor de pseudo-range waarneming en één voor de fasewaarneming. Elke correctie bevat dus de invloed van ionosfeer, troposfeer, satellietbanen, enzovoort.

De toegepaste techniek voor ruimtelijke modellering van de verstoringsbronnen van GPS heet Area Correction Model, of in het Duits FKP: Flächenkorrekturparameter. De door GNSMART berekende FKP zijn door toevoeging van de positie van de gebruiker te 'individualiseren' voor de locatie waar men op dat moment staat. Deze FKP

zijn uiteindelijk het middel om een netwerk van GPS-referentiestations te creëren met grote onderlinge afstand (in Nederland gemiddeld 75 km) met behoud van hoge nauwkeurigheid, beschikbaarheid en betrouwbaarheid. Bij gebruik van een eigen basisstation kent men slechts van deze plek de GPS-verstoringen, bij een landelijk netwerk zijn deze rondom beschikbaar en is, simpelweg gezegd, interpolatie mogelijk tussen basisstations. Veelal is een lineaire FKP-presentatie afdoende (fig. 8). De dekking van een lineair FKP-model is dan gecentreerd rond een referentiestation en het FKP-model geeft de horizontale gradiënten van de GPS-verstoringen aan.

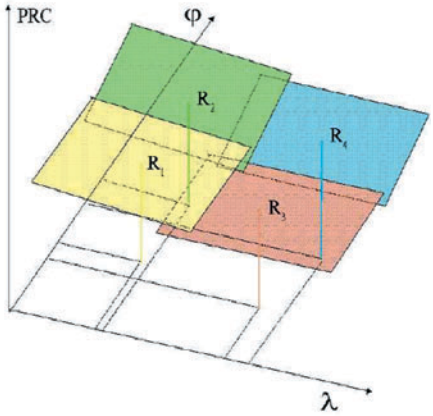


Fig. 8. Visualisatie lineaire FKP voor vier referentiestations (Geo++ GmbH).

FKP-parameters kunnen doorgaans nog niet apart worden verwerkt in een rover, en daarom worden deze op dit moment geïntegreerd in de RTK-correcties op het controlestation voordat ze naar de gebruiker worden gezonden. Hierdoor kan een GPS-gebruiker op dezelfde wijze werken met 06-GPS als met een eigen referentiestation. Het enige verschil is dat de gebruiker met zijn GPS-ontvanger via de gsm-modem moet aangeven wat zijn benaderde positie is. Dit gebeurt met een zogenaamde NMEA-boodschap die door elk type ontvanger automatisch kan worden gegenereerd. In de nabije toekomst kunnen de FKP-parameters ook los naar de gebruiker worden verzonden. Zo kan elk type ontvanger optimaal gebruikmaken van de mogelijkheden van de netwerksoftware.

Precisie en betrouwbaarheid

De precisie van de gemeten coördinaten wordt in de eerste plaats beïnvloed door de precisie van de coördinaten van de basisstations. Om een optimale kwaliteit van deze coördinaten te waarborgen zijn de coördinaten bepaald door de Rijksdriehoeksmeting met gebruikmaking van het AGRS (Actief GPS Referentie Systeem). De coördinaten van de basisstations zijn hiermee ook gecertificeerd. Deze coördinaten zijn bepaald in het ETRS-stelsel (European Terrestrial Reference System 1989). Op vergelijkbare wijze zijn de coördinaten van de Duitse basisstations bepaald door de Duitse tegenhanger van de Rijksdriehoeksmeting van het Kadaster. Hieruit blijkt hoe nuttig het is dat er één uniform coördinatenstelsel is in Europa!

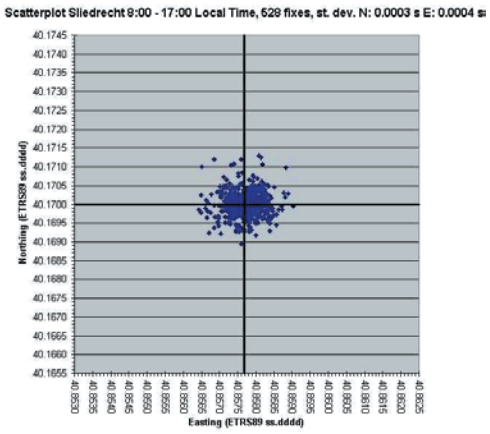


Fig. 9. Scatterplot monitor station Sliedrecht.

Teneinde inzicht te krijgen in de precisie en betrouwbaarheid heeft 06-GPS een aantal testmetingen uitgevoerd op enkele kernnetpunten. Van elk punt zijn meerdere malen op verschillende tijdstippen de coördinaten gemeten. Hieruit zijn de gemiddelde coördinaten berekend en is tevens de standaardafwijking bepaald uit de spreiding van de waarnemingen. De hieruit berekende standaardafwijking bedroeg gemiddeld 1 cm voor de x,y-coördinaten (fig. 9) en 2 cm voor de z-coördinaat.

Hiermee is een eerste indruk verkregen van de te behalen relatieve precisie van de afzonderlijke metingen. Ook kan hieruit worden afgeleid of sommige metingen significante afwijkingen vertonen, hetgeen kan duiden op meetfouten. Afwijkingen van meer dan tweemaal de berekende standaardafwijking ten opzichte van de gemiddelde waarden werden als modelfout gekwalificeerd. Dergelijke afwijkingen zijn tijdens de testmetingen niet voorgekomen. Daaruit kan in eerste instantie worden geconcludeerd dat de betrouwbaarheid van de metingen hoog is.

De gemiddelde coördinaten van elk punt zijn vervolgens getoetst met behulp van de bekende coördinaten van het testpunt (coördinaten kernnet). De precisie van de punten van het GPS-kernnet wordt beschreven met de parameters c0 = 0,0 cm^2 en c1 = 1,0 cm^2/km voor horizontale coördinaten, en c0 = 4,0 cm^2 en c1 = 0,0 cm^2/km voor de hoogtecoördinaat [1]. Dit betekent dat voor de horizontale coördinaten een standaardcirkel met straal r = 1 cm kan worden aangehouden en voor de hoogte een standaardafwijking van 2 cm. De precisie van de gemiddelde gemeten coördinaten wordt beschreven met de berekende standaardafwijking. Ook uit deze toetsing is geen significante afwijking geconstateerd.

De absolute precisie van de gemeten coördinaten kan worden berekend uit de verschillen tussen de gemiddelde gemeten coördinaten en de bekende coördinaten van de kern-

netpunten. De resultaten van deze berekening gaven aan dat de horizontale precisie uitkomt op 1-2 cm en de verticale precisie op 2-3 cm. De resultaten van de eigen testmetingen zijn bevestigd door een proef die door de Rijksdriehoeksmeting is uitgevoerd.

Beschikbaarheid

Voor de beoordeling van de bruikbaarheid van het netwerk is het van groot belang dat het netwerk zo mogelijk continu beschikbaar is. De volgende factoren hebben invloed op de beschikbaarheid:

- Beschikbaarheid satellieten. Hierop heeft 06-GPS geen invloed. Het betreft hier het aantal satellieten en de PDOP-waarden. Het aantal beschikbare satellieten tijdens de metingen en de onderlinge positie van de satellieten zijn belangrijke factoren voor de beschikbaarheid en de bruikbaarheid. De satellietconfiguratie dient voor elke meetdag van tevoren te worden bepaald. Er mag alleen worden gemeten op tijdstippen waarop minimaal vijf satellieten beschikbaar zijn en de PDOP-waarde maximaal 4 bedraagt. Dit is voor 95% van de tijd het geval.
- Beschikbaarheid apparatuur basisstations. De apparatuur van het basisstation is geplaatst in afgesloten ruimten en de antennes staan op posities waar verstoring van de antenneontvangst vrijwel is uitgesloten. Op het centrale controlestation wordt voortdurend gecontroleerd of de basisstations operationeel zijn. Alarmeringssoftware signaleert eventuele problemen en kan foutmeldingsrapportages genereren. Teneinde het effect van het uitvallen van een basisstation te beoordelen is tijdens een testmeting het uitvallen van een basisstation gesimuleerd. Na uitschakeling van een basisstation is op één van de testpunten een meetsessie herhaald, die ook reeds was uitgevoerd ten behoeve van de precisie en betrouwbaarheidsberekeningen. De conclusie uit deze test was dat geen noemenswaardig verschil optrad met de oorspronkelijke meting. Het netwerk is dus in staat om op adequate wijze het uitvallen van een basisstation op te vangen.
- Beschikbaarheid mobiele netwerk. De beschikbaarheid van het GPS-netwerk is mede afhankelijk van de beschikbaarheid van het mobiele netwerk. De gebruiker moet zelf kiezen voor een netwerkprovider voor zijn mobiele telefoon en kan dus zelf selecteren wie de beste dekking heeft in zijn werkgebied.
- Beschikbaarheid datacommunicatielijnen. De leverancier garandeert een beschikbaarheid van 99,75%.
- Functioneren van de software. Met de leverancier is een onderhoudscontract afgesloten, dat erin voorziet dat storingen veelal op afstand verholpen kunnen worden.
- Initialisatie. Voor het beoordelen van de beschikbaarheid is de tijdsduur van de initialisatie (time to first fix) van belang. Uit testmetingen die in september 2002 zijn gedaan, is geconstateerd dat de gemiddelde tijdsduur van een initialisatie omstreeks twintig seconden bedroeg. Als norm wordt vooralsnog een tijdsduur van maximaal één minuut aangemerkt. Als een initialisatie niet slaagt binnen drie minuten, moet deze worden afgebroken. Bij metingen in december is sprake geweest van langere initialisatietijden. Dit is het gevolg van ionosferische verstoringen die vooral in de winterperiode midden op de dag optreden. In de komende winterperioden worden deze verstoringen volgens de prognoses van terzake deskundigen minder ingrijpend.

Gebruik

Vereiste specificaties rover

De te gebruiken GPS-rovers moeten aan een aantal eisen voldoen om te kunnen werken met het 06-GPS netwerk. In feite kan elke moderne ontvanger worden gebruikt. Zeker gezien de huidige ontwikkelingen in Duitsland, waar veel met het vergelijkbare SAPOS-systeem wordt gewerkt, is elke leverancier van GPS-apparatuur voorbereid, of in de laatste fase van voorbereidingen, voor inzet met een netwerksysteem. De eisen zijn als volgt:

- 24 kanaals (12+12) L1/L2-frequentieontvanger. Met een L1-ontvanger zijn de vereiste nauwkeurigheden niet haalbaar;
- RTK-functionaliteit van de firmware. De software van de GPS-ontvanger moet in staat zijn de correcties van het type RTCM 20/21 (v2.1) te verwerken. Als alternatief kan eventueel het RTCM 18/19-formaat worden gebruikt. Dit heeft echter wel zwaardere berekeningen tot gevolg in de rover en is ook gevoeliger voor vertragingen van de (berekeningen van) de correctiesignalen. In veel landen is RTCM 20/21 de standaard;
- gsm-link. De communicatie tussen een GPS-ontvanger in het veld en het controlestation dient per gsm te verlopen. Immers, de individuele gebruiker moet zijn positie kenbaar maken aan het controlestation om correcties te kunnen ontvangen die geïndividualiseerd zijn voor de betreffende locatie. Hiertoe dient de GPS-ontvanger, of beter de controller (veldboek), in staat te zijn de gsm-modem aan te sturen en een telefoonnummer in te voeren tezamen met een aantal communicatieparameters zoals baudrate en dergelijke.

Beschrijving meting

Het meten met een rover in het netwerk verloopt bijzonder simpel (fig. 10). Op de plaats van de meting wordt met behulp van de mobiele telefoon eerst contact gezocht met het netwerk.

Zodra de verbinding is gelegd en het nummer van de mobiele telefoon is geïdentificeerd door het netwerk, wordt door de software van de rover de initialisatie uitgevoerd. In de meeste gevallen duurt dit minder dan dertig seconden. De coördinaten van de positie van de meetstok verschijnen op het beeldscherm en zodra de standaardafwijking op het beeldscherm enkele centimeters aangeeft, is de rover gereed voor de meting. De meetstok wordt op het te meten punt geplaatst en de coördinaten van het punt worden geregistreerd door een druk op de knop, eventueel voorzien van een code en/of puntnummer. Zonder de initialisatie te verbreken kan naar een volgend punt worden gelopen en een nieuwe meting worden verricht. Voor grondslagmetingen en voor metingen van punten die ver uit elkaar liggen, zal de initialisatie veelal worden onderbroken. Voor detailmetingen zal men de verbinding in het algemeen in stand houden.

Voor het uitzetten van gegeven coördinaten in het terrein is het systeem uitermate geschikt. Men kan de gegeven coördinaten intoetsen op het veldboek, en het veldboek berekent dan de verschilvector tussen de werkelijke positie en de uit te zetten positie. In enkele stappen loopt men aldus naar het uit te zetten punt toe.

Fig. 10. Landmeter met GPS- rover.

Abonnement

Het netwerk van 06-GPS is toegankelijk voor houders van een abonnement. Er zijn twee typen abonnementen: een jaarabonnement voor grootgebruikers en een maandabonnement voor kleingebruikers. Naast de abonnementskosten wordt het feitelijk gebruik afgerekend op basis van belminuten. Het financiële omslagpunt voor kleingebruikers en grootgebruikers ligt om en nabij de zeven uur verbindingstijd per maand. Bij aanmelding voor een abonnement wordt het mobiele telefoonnummer geregistreerd. Dit nummer wordt gebruikt voor identificatiecontrole wanneer een gebruiker het netwerk opbelt en voor de registratie van het aantal gebruikte belminuten.

Coördinatenstelsel

Zoals reeds is opgemerkt, wordt door de ontvangers van de basisstations en de rovers in beginsel gemeten in het ETRS89-stelsel. Dit stelsel is in feite veel nauwkeuriger en homogener dan het oorspronkelijke RD-stelsel. Niettemin heeft de Rijksdriehoeksmeting er in overleg met de gebruikers van GPS voor gekozen om het oorspronkelijke RD-stelsel te blijven gebruiken. Dat betekent dat voor het verkrijgen van RD-coördinaten een transformatie moet plaatsvinden van het ETRS89-stelsel naar het RD-stelsel. De relatie tussen dit stelsel en het RD/NAP-stelsel wordt uitvoerig toegelicht in [1]. De wiskundige relatie tussen deze stelsels is vastgelegd door de procedure RDNAPTRANS™. Deze procedure is in de meeste moderne ontvangers (rovers) onderdeel van de verwerkingssoftware. Als gevolg daarvan merkt de gebruiker in de praktijk niet dat de metingen met de rover in het ETRS-stelsel plaatsvinden. De coördinaten die op het beeldscherm van het veldboek verschijnen, zijn coördinaten in het oorspronkelijke RD-stelsel en sluiten daardoor optimaal aan op de digitale bestanden die bij gebruikers in beheer zijn. Overigens zal voor bijhoudingsmetingen in bestaande kaarten van bebouwde gebieden aansluiting aan lokale grondslagelementen conform de uitgangspunten van de HTW nodig blijven.

Voordelen voor de gebruiker

De door 06-GPS aangeboden dienstverlening zal naar verwachting een extra stimulans betekenen voor de toepassing van GPS-RTK. Al enkele jaren zien veel gebruikers van GPS de mogelijkheden van RTK-metingen voor tal van toepassingen. Dit blijkt uit het bestaan van verschillende lokale RTK-netwerken en uit het grote aantal ontvangersets dat al in gebruik is. Het landelijke GPS-netwerk dat nu operationeel is, zal het toepassen van GPS-RTK alleen maar verder stimuleren. Vooral de meting van detailpuntenvelden zal aanmerkelijk toenemen omdat GPS-RTK via deze weg in veel gebieden kan concurreren met tachymetrie en waterpassen. De toepassingsmogelijkheden zijn legio, zoals:

- grondslagmetingen;
- detailmetingen (kadastraal, topografie, GBKN);
- uitzetmetingen (kavelgrenzen, wegen, matenplannen);
- profiel- en DTM-metingen;
- inmeten beheerobjecten (GIS);
- opsporen en inmeten van kabels en leidingen.

Verwacht mag worden dat naast deze traditionele landmeetkundige toepassingen ook andere gebruiksmogelijkheden zullen worden ontwikkeld. Overal waar centimeter-

nauwkeurigheid wordt gevraagd, kan het meten met GPS-RTK in het netwerk van 06-GPS een aantrekkelijke optie zijn.

De voordelen van het gebruik van het netwerk ten opzichte van traditionele meetmethoden en ook ten opzichte van het meten met een eigen referentiestation zijn velerlei:

- men heeft geen zorg meer voor het opstellen en bewaken van een referentieontvanger of het beheren van een eigen basisstation;
- men heeft slechts één ontvanger nodig, die dienst doet als rover; als men reeds de beschikking heeft over een RTK-set met twee ontvangers, kan de productiecapaciteit worden verdubbeld door beide ontvangers als rovers in te zetten;
- men hoeft geen grondslagpunten meer te zoeken of te bepalen; de grondslag wordt vervangen door het netwerk;
- voor veel toepassingen kan men volstaan met een eenmans meetploeg;
- men meet real time coördinaten in x, y en z;
- men kan digitaliseren in het veld;
- het netwerk levert een snelle, betrouwbare en nauwkeurige plaatsbepaling;
- een aanzienlijke tijd- en kostenbesparing is in veel gevallen haalbaar. ■

Literatuur

[1] *Het Stelsel van de Rijksdriehoeksmeting en het European Terrestrial Reference System, gebruik en definities.* Uitgave september 2000 (www.rdnap.kadaster.nl/rd/index.html).

Summary

RTK-GPS network nationwide available

Since January 2003 the first nationwide GPS network for real-time kinematic positioning is operational. The network consists of 21 permanent GPS base-stations and uses similar hard- and software as the SAPOS networks in Germany. With a single GPS receiver centimeter-accuracy coordinates can be obtained in real-time in the national RD and NAP reference system.

KEYWORDS
positioning, GPS, system description

TREFWOORDEN
plaatsbepaling, GPS, systeembeschrijving

Websites

06-GPS:	www.06-gps.nl
RDNAP (Kadaster en MD RWS):	www.rdnap.nl
Duitse GPS-netwerken:	www.sapos.de
Belgische GPS-netwerken:	www.flepos.be
	www.gps.wallonie.be
Geo ++ GmbH:	www.geopp.com