

GPS calibratie

A. P. L. S. de Laat

1 Het GPS systeem

GPS staat voor Global Positioning System wat vertaald naar wereldwijd satellietplaatsbepaling systeem. Het is dus een groep satellieten die radiosignalen uitzenden die het wereldwijd mogelijk maken om te bepalen waar je bent. Het Amerikaanse project is in 1973 begonnen, het uitvinden van het systeem wordt toegekend aan Roger L. Easton, Bradford Parkinson en Ivan A. Getting. Sinds 1994 is het systeem actief. GPS bestaat momenteel uit 31 satellieten die in banen rond de aarde zijn gebracht. In Figuur 1.1 is een voorbeeld tekening van zo'n GPS satelliet. Elke GPS satelliet zit in een baan van ongeveer 20 200 km boven de aarde. Zo gaat de satelliet elke 12 uur om de aarde en zal die elke 24 uur boven de zelfde plek op aarde zijn. Er zijn ook een aantal tegenhangers van GPS ontwikkeld, namelijk het Russische GLONASS en het Europeese Galileo¹. Tegenwoordig wordt GPS door bijna iedereen gebruikt, zo zitten er GPS ontvangers in onder andere telefoons, auto's en ook de HiSPARC electronica.

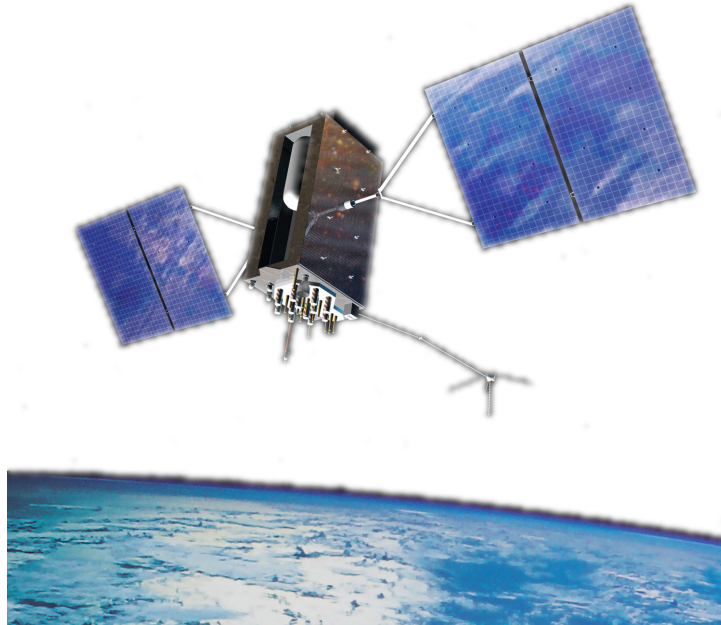
2 Positie bepaling

Het bepalen van je eigen positie kan met behulp van het weten wat de afstanden zijn naar 3 andere locaties (niet niet op één lijn liggen), dit heet trilateratie. Je zal dan namelijk 1 plek vinden die die afstanden heeft tot de 3 andere punten. De radiosignalen die door de satellieten uitgezonden worden bevatten informatie over welke satelliet het zendt, zijn eigen lokatie, de banen van de andere satellieten en de tijd waarop het bericht verzonden is volgens de satelliet. Door te kijken naar het tijdverschil tussen het moment waarop een signaal verzonden is en waarop deze ontvangen wordt kan de afstand tot de satelliet bepaald worden. Door signalen van meerdere satellieten te combineren kan de exacte locatie van de ontvanger bepaald worden.

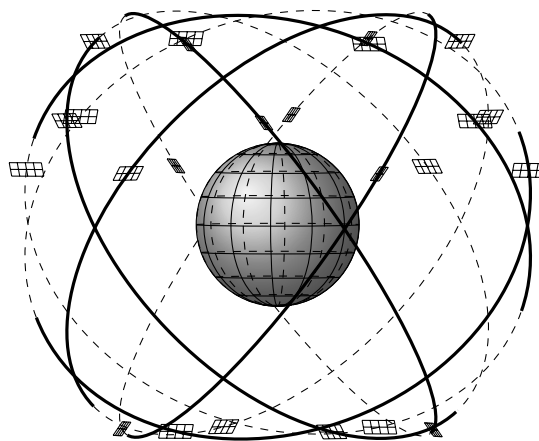
3 Klokken

Vroeger gebruikte men de zon en sterren om een ruwe schatting te maken van de tijd op de dag. Vanaf de dertiende eeuw werd er in Europa gebruik gemaakt van mechanische uurwerken, maar deze waren zo onnauwkeurig dat ze iedere dag aan de hand van de zon moesten worden bijgesteld. In 1656 werd door Christiaan Huygens het slingeruurwerk uitgevonden, deze was tot op een aantal seconden nauwkeurig over een aantal dagen. Zo'n 10 jaar later ontwierp hij een klok met een spiraalveer die in kleinere uurwerken gebruikt kon worden, zo kon men ook een nauwkeurigere tijd bij zich dragen.

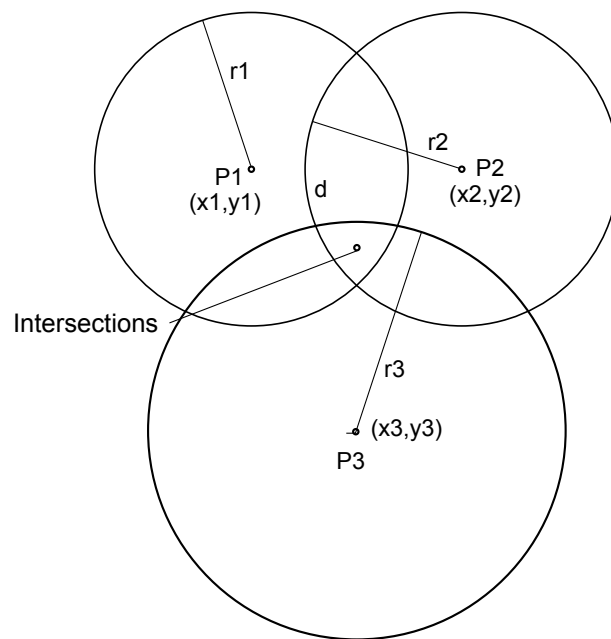
¹Dit systeem is nog niet compleet, maar wordt verwacht binnen een paar jaar operationeel te zijn.



Figuur 1.1: Concept tekening van de nieuwe volgende generatie GPS satellieten genaamd GPS Block IIIA. De eerste hiervan wordt in 2014 gelanceerd. Deze zullen een aantal nieuwe signalen uitzenden en meer zendkracht hebben voor hogere accuraatheid voor de gebruikers.



Figuur 1.2: Dit is een schematische weergave van de banen van de GPS satellieten in hun banen rond de aarde.



Figuur 2.1: Dit is een schematische weergave van trilateratie.

Het bijstellen van de openbare klokken werd binnen een stad vaak door een lokale klokkenmaker gedaan. Dit betekende dat er tussen de meeste steden wel een tijd verschil was. Naarmate de klokken nauwkeuriger werden werd het interessanter om betere tijd afspraken te maken binnen een land. Zo werd in veel Europese landen de middelbare zonnetijd gebruikt, in Nederland was daar nog weerstand tegen omdat niet elke gemeente over de financiële middelen beschikte om de nauwkeurigere klokken aan te schaffen.

Mogelijkheden voor snellere communicatie over langere afstanden (telegraaf) en sneller reizen (spoorwegen) maakte het halverwege de negentiende eeuw noodzakelijk om bijna overal in Nederland de middelbare tijd van Amsterdam aan te houden. Toch was er nog lang onenigheid over welke tijd precies aangehouden moest worden. Uiteindelijk werd in 1908 een wet aangenomen in Nederland die stelde "De wettelijke tijd in Nederland is de middelbare zonnetijd van Amsterdam". Later kwamen er Europese en wereldwijde afspraken over tijdzones, zomer- en wintertijd.

Tegenwoordig wordt tijd bijgehouden door atoomklokken. Deze klokken hebben een fout van 0.1 fs per 1 s. GPS doet niet mee aan zomer- en wintertijd, en ook niet aan de schrikkelseconden². Dit betekent dat de GPS precies het aantal seconden sinds 1 January 1970 aangeeft. In het verleden werkten we met UTC tijd. Maar door de schrikkelseconden kan een tijdstempel twee keer voorkomen, daarom gebruiken we nu GPS-tijd.

²Een extra seconde die af en toe aan de tijd wordt toegevoegd ter correctie van het verschil tussen de zonnedag en de 24 uur die als dag gezien wordt.

4 Tijd bepaling

Als de ontvanger eenmaal zijn eigen positie precies weet, dan kan die met één satelliet al een precieze tijd bepalen. Dan hoeft namelijk alleen de afstand tot die satelliet bepaald te worden om zo de reistijd van het signaal te bepalen. Door dat op te tellen bij de tijd van het signaal volgt daar de tijd bij de ontvanger uit. Toch worden vaak meerdere satellieten gebruikt om de tijd nauwkeuriger te krijgen. De reden hiervoor is dat onder andere de atmosfeer ook effect kan hebben op het signaal, de signalen van verschillende satellieten gaan door verschillende stukken van de atmosfeer, door dus gebruik te maken van meerdere satellieten kunnen deze effecten uitgemiddeld worden.

Elke GPS satelliet heeft een zeer nauwkeurige cesium of rubidium atoomklok aan boord, deze kan heel nauwkeurig de tijd bijhouden. Hoewel de GPS satellieten hun tijd goed bij kunnen houden hebben ze wel last van relativiteit. De klokken in GPS satellieten lijken langzamer te gaan vanuit ons gezien, doordat ze rond de aarde gaan met zo'n 14 000 km/h, maar door de kromming van de ruimte door de zwaartekracht van de aarde lijkt het juist alsof de klokken in de GPS satellieten sneller gaan dan op de aarde! Per dag betekend dit dat de klokken in de satelliet zo'n 38 μ s op ons voorlopen, hier wordt natuurlijk voor gecorrigeerd. Dit levert uiteindelijk een signaal op waarmee we tot 10 ns nauwkeurig het begin van een seconde kunnen aangeven op aarde. De meeste GPS modules geven een PPS af, een Pulse Per Second, dus elke seconde geven ze aan dat die seconden begonnen is. In de HiSPARC electronica wordt deze PPS gebruikt om de interne klok te synchroniseren. Tussen de hele seconden wordt de tijd bij gehouden met een 200 MHz klok. Deze klok wordt op een slimme manier gebruikt wat uiteindelijk leidt tot een nauwkeurigheid van $\sigma_t \sim 4.5$ ns.

5 Instellingen

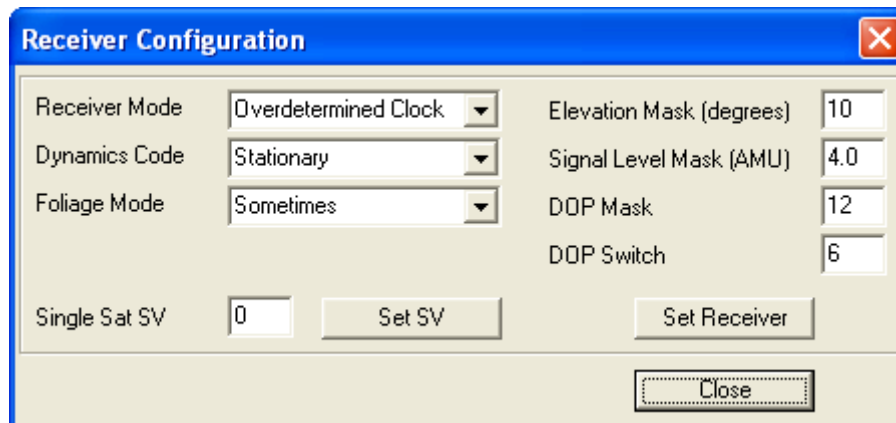
De HiSPARC Master heeft een ingebouwde GPS module. De instellingen van de GPS worden in het kastje opgeslagen. Het is belangrijk om vóór en af en toe tijdens gebruik, deze instellingen te controleren. Verder moet de GPS een zogenoemde "self-survey" uitvoeren om zijn positie vast te leggen zodat het mogelijk is de GPS als nauwkeurig tijdinstrument te gebruiken.

Het GPS monitor programma (DSPMon) is te vinden onder onder HiSPARC in het Start Menu. Als in alle tekstvelden een vraagteken staat en de indicatielampjes op grijs staan heeft het programma de GPS nog niet gevonden. Rechts onderin het venster kunt u rechts-klikken op "No Com Port" en de juiste COM poort³ selecteren. Ga ze één-voor-één af, er is er slechts één die zal werken.

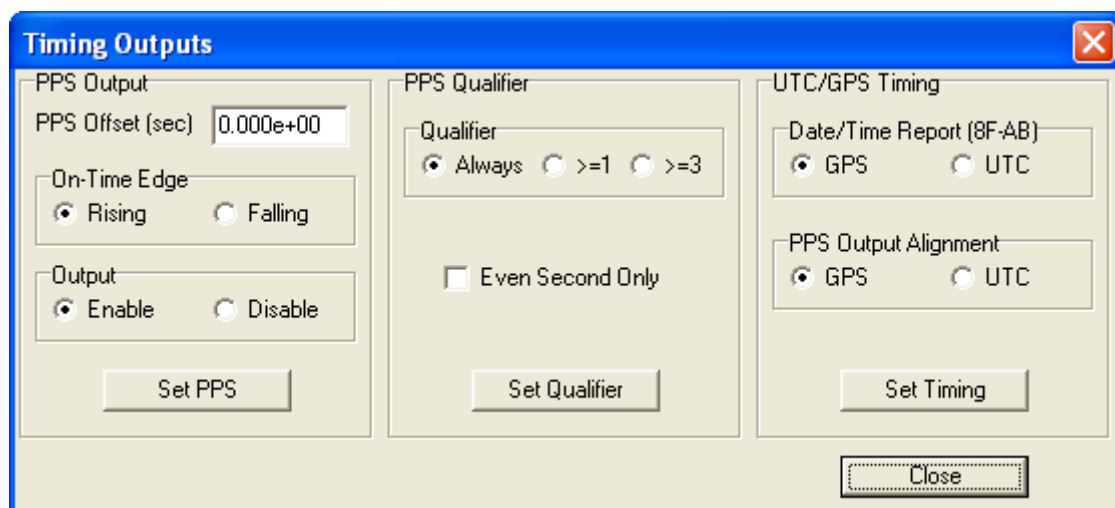
Controleert u eerst alle instellingen van de GPS en zorg ervoor dat ze nauwkeurig overeenkomen met de volgende screenshots (Figuren 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5). Mocht u een instelling moeten veranderen, druk dan op de bijbehorende *Set* knop (soms meerdere per scherm).

Vergeet niet na het bepalen van de positie om in de HiSPARC DAQ de DAQ mode uit en weer aan te zetten om zo de nieuwe positie door te geven.

³De COM poort identificeert het apparaat waarmee de software praat.

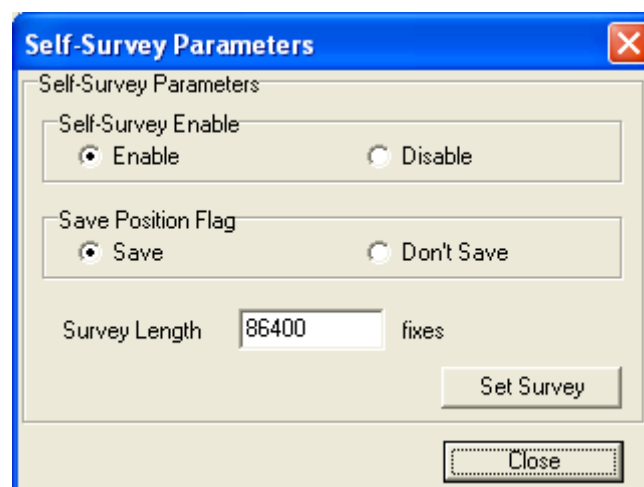


Figuur 5.1: In dit venster stelt u de opties in voor de GPS ontvanger. De belangrijkste optie is hier de Receiver Mode.

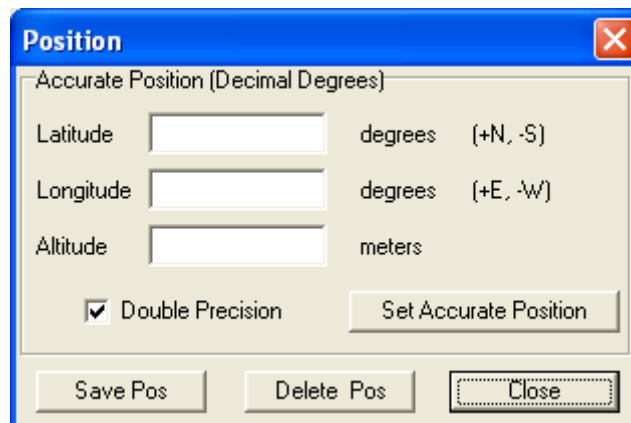


Figuur 5.2: In dit venster stelt u de tijdsinstellingen in. Het is zeer belangrijk om hier goed te controleren dat u GPS meet, en geen UTC-tijd.

4



Figuur 5.3: In dit venster zorgt u er voor dat de *self survey* lang genoeg duurt (één dag, dus 86400 seconden).



Position

☐ Accurate Position (Decimal Degrees)

Latitude degrees (+N, -S)

Longitude degrees (+E, -W)

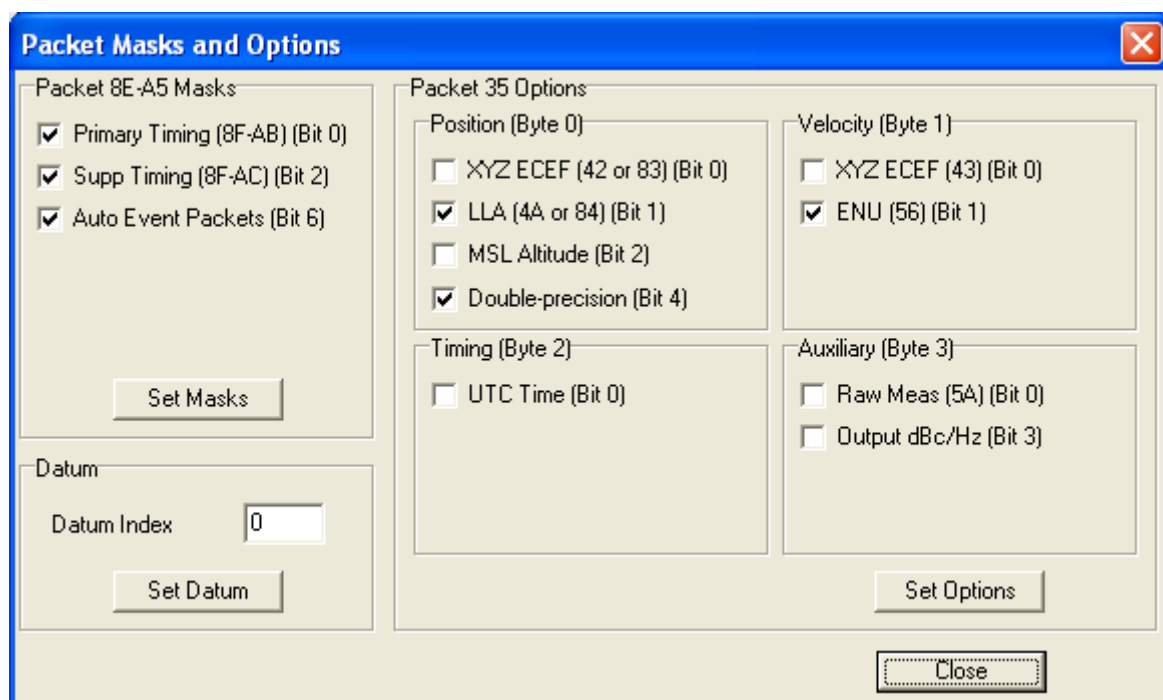
Altitude meters

☒ Double Precision

Set Accurate Position

Save Pos Delete Pos Close

Figuur 5.4: Dit venster kan gebruikt worden om een eerste schatting van de positie in te vullen, maar let hier mee op dat deze niet wordt vastgezet als definitieve positie. Het is veiliger om deze instellingen leeg te houden en de GPS zelf zijn positie te laten bepalen.



Packet Masks and Options

Packet 8E-A5 Masks

- ☒ Primary Timing (8F-AB) (Bit 0)
- ☒ Supp Timing (8F-AC) (Bit 2)
- ☒ Auto Event Packets (Bit 6)

Set Masks

Datum

Datum Index

Set Datum

Packet 35 Options

Position (Byte 0)

- ☐ XYZ ECEF (42 or 83) (Bit 0)
- ☒ LLA (4A or 84) (Bit 1)
- ☐ MSL Altitude (Bit 2)
- ☒ Double-precision (Bit 4)

Timing (Byte 2)

- ☐ UTC Time (Bit 0)

Velocity (Byte 1)

- ☐ XYZ ECEF (43) (Bit 0)
- ☒ ENU (56) (Bit 1)

Auxiliary (Byte 3)

- ☐ Raw Meas (5A) (Bit 0)
- ☐ Output dBc/Hz (Bit 3)

Set Options

Close

Figuur 5.5: De GPS kent vele opties waarvan een aantal door de HiSPARC software worden gebruikt. Controleert u deze vinkjes goed.