

S a t e l l i

GPS



tnavigering

Global Positioning System, eller GPS som man till vardags säger, består av 24 satelliter i cirkulära banor på 20.200 km höjd och med en omloppstid på tolv timmar. Minst fyra satelliter är ständigt "synliga" från varje plats på jordytan, vilket möjliggör kontinuerlig beräkning av latitud, longitud, höjd och tid i mottagningspunkten. Mätmetoden, som är av typen passiv avståndsbestämning, baseras på att man med hjälp av noggranna klockor i sändare och mottagare mäter den tid det tar för ett "pulståg" att gå från respektive satellit till mottagaren.

Systemet är ursprungligen framtaget för det amerikanska försvaret. Försvars-

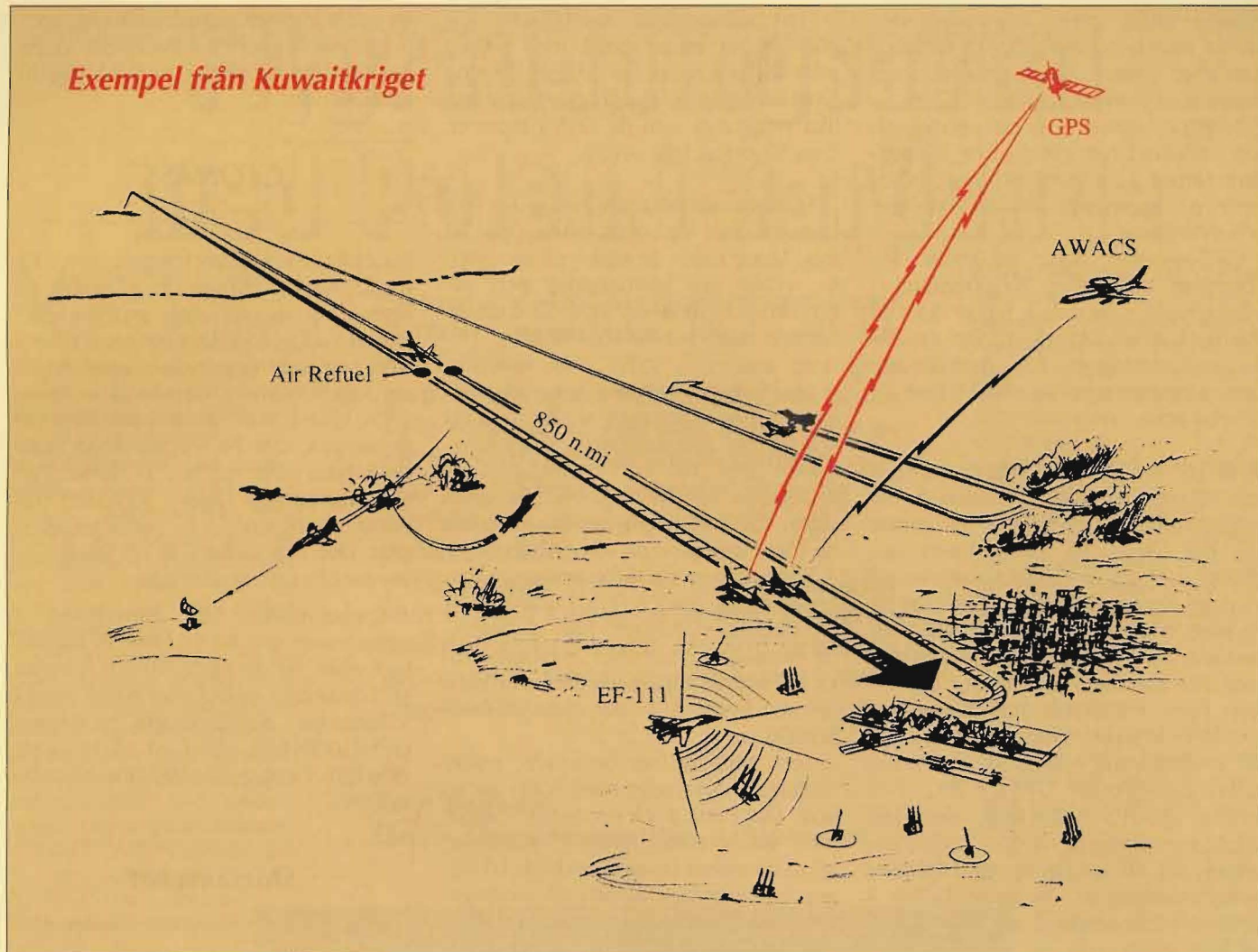
departementet (Department of Defence, DoD) har bekostat utvecklingen. På senare år har emellertid kommunikationsdepartementet (Department of Transportation, DoT) fått allt större möjligheter att påverka systemet. Ingen kunde förutspå de omfattande användningsområden man har i dag inom t ex geodesin, kartläggningsverksamhet, positionering och navigering. Troligen kommer navigering inom civilflyget helt ske med hjälp av GPS, liksom att flygtrafikledningssystem kommer att byggas på satellit teknik. Den stora volymen mottagare kommer troligen att finnas i fordonstillämpningar. Man kan i dag köpa personbilar där GPS finns installerat.

DoD har förklarat, att man garanterar minst nuvarande satellitkonfiguration och -status i tio år framåt från 1993 och att man inte avser ta ut någon avgift för tjänsten.

Det förtjänar att påpekas, att i GPS-sammanhang används många förkortningar och akronymer (initialförkortningar). Så många att Standardiseringskommissionen i Sverige har givit ut ett dokument (SS 637001) som beskriver terminologin inom GPS.

I Sverige har Lantmäteriverket (LMV) åtagit sig att vara sammanhållande för GPS-frågor och företrädare för Sverige i internationella GPS-sammanhang. Vid LMV finns en s k Bulletin Board Service (BBS), där aktuell

Exempel från Kuwaitkriget



En artikelserie om satellitnavigeringssystemet GPS publicerades i FlygvapenNytt 1990. Sedan dess har systemet byggts ut och IOC (Initial Operating Capability), vilket bl a innebär full satellituppsättning, förklarades i november 1993. Detta, samt allt större nyttjande av GPS i flera sammanhang, motiverar en ny artikelserie om GPS. I detta nummer beskrivs GPS grundfunktion. Senare artiklar kommer att behandla tillämpningar i allmänhet samt de prov och försök som pågår i flygvapnet.

*Av
major
Leif Andersson,
flygvapenedningen*

information om GPS-systemet kan erhållas via PC-modem.

Systembeskrivning

Samtliga satelliter sänder på de båda frekvenserna L1 och L2:

L1 = 1575,42 MHz (våglängd cirka 19 cm);

L2 = 1227,60 MHz (våglängd cirka 24 cm).

Bärfrekvenserna är modulerade med ett navigationsmeddelande, som innehåller uppgifter om systemet som mottagaren behöver för rätt inställning, samt en kodad signal som själva

avståndsmätningen sker på. Varje satellit har två specifika koder och mottagaren genererar koderna. På så sätt mäts avståndet mellan satellit och mottagare.

C/A-kod, som sänds endast på L1, är helt öppen. Den tjänst som där tillhandahålls kallas SPS (Standard Positioning Service). P-koden, som okrypterad även den är helt öppen, ingår i den tjänst som kallas PPS (Precise Positioning Service). P-koden sänds på både L1 och L2. För att begränsa möjligheten för de som inte ingår i den amerikanska försvarsmakten och dess allierade att utnyttja denna tjänst, är P-koden normalt krypterad till s k Y-kod. Kryptering av P-kod till Y-kod

brukar kallas Anti-Spoofing (AS). För att kunna detektera Y-kod krävs att mottagaren har en särskild kryptomodul.

Noggrannhet

I GPS-sammanhang diskuteras ofta noggrannhet. SPS ger ett medelfel på cirka 50 m och ett max-fel på cirka 100 m. Dessa fel skulle vara betydligt mindre, om inte DoD hade lagt på en avsiktlig försämring av noggrannheten. Denna avsiktliga försämring, som kallas SA (Selective Availability), är påförd för att inte någon stat eller ►

enskild skull, med stor precision, kunna attackera amerikanskt territorium eller amerikanska enheter med vapen som styrs med hjälp av GPS.

Noggrannheten i positionsangivelsen i höjddled blir alltid cirka 50 procent sämre än i horisontplanet beroende på geometrin mellan satelliter och mottagare.

GPS-systemet kan användas för noggrann tidgivning. Noggrannhet i tidsangivelsen är alltid bättre än 0,4 mikrosekunder. Man kan även använda en mottagare för fartmätning. Denna noggrannhet är oftast bättre än 0,3-0,4 m/s.

● ● För att förbättra noggrannheten och därmed eliminera effekten av SA (noggrannhetsförsämringen) och andra felkällor i signalen från rymden, använder man sig av referensstationer på marken. Referensstationen placeras på en plats som är noggrant inmätt. Den består oftast av en mångkanalig mottagare (12-kanaler), som mäter det fel som finns i signalen från respektive satellit och sedan sänder korrekationer till användarens mottagare. Metoden kallas Differentiell GPS (DGPS). Det innebär att GPS-mottagaren i detta fall måste kompletteras med en radiomottagare, för att kunna ta emot korrektionsmeddelandet. Noggrannheten i detta fall blir under 5 m, ibland ned till 1 m.

I Sverige pågår utbyggnad av tre referensstationsnät. Sjöfartsverket bygger ett för sjöfarten, Luftfartsverket och Flygvapnet ett för luftfarten och Lantmäteriverket ett för inmätning och navigering på marken. Om samarbete mellan dessa hade påbörjats i ett tidigt skede, skulle det möjligtvis ha gått att bygga ett gemensamt referensstationsnät, vilket man gör i Norge. Olika verksamheter ställer dock olika krav på funktion, så att lösningen med tre olika nät är kanske den bästa.

För GPS-användning inom den amerikanska kontinenten och över världshaven arbetar man med två likartade projekt, som båda bygger på att ett nät av referensstationer är ihopkopplade och att korrektionssignalerna sänds till användaren via kommunikationssatelliter. Systemen kallas Wide Area Differential GPS (WADGPS) och Wide Area Augmentation System (WAAS). DoD är dock tveksam till om man skall tillåta dessa system, då de eliminerar effekten av SA.

Mottagare

Det finns tre huvudtyper av mottagare:

- *Sekventiella mottagare*
- *Mångkanalmottagare*
- *Multiplexmottagare*

Den **sekvensiella mottagaren** har normalt en enda kanal med vilken man följer en satellit i taget. Denna typ av mottagare blir långsam och inte lika noggrann som de andra typerna. Den tillverkas inte längre.

Mångkanalmottagare har minst fyra kanaler men ofta fler, ända upp till tolv. Varje kanal är inlåst på en satellit, vilket ger kontinuerlig och avbrottsfri positionering med ökad säkerhet och noggrannhet som följd.

Multiplexmottagaren har endast en kanal, men läsningen skiftar mycket snabbt mellan satelliterna, så att funktionen blir lik den mångkanaliga. Kostnaden för mottagaren blir dock lägre. Denna typ av mottagare tycks ha blivit vanligare på senare tid.

Kostnaderna för SPS-mottagare ligger i dag på cirka 6.000-12.000 kr för handburna mottagare. Mer avancerade mottagare, som har möjlighet till DGPS och är anpassade för t ex installation i flygplan, kostar cirka 20.000-50.000 kr.

Som tidigare har beskrivits, mäter mottagare avståndet med hjälp av en kod. Det finns dock en annan metod, som ger cm-noggrannhet, nämligen att mäta vilken fas den enskilda bärvågen befinner sig i då den når mottagaren. Sådana mottagare används oftast vid geodetisk inmätning. De har emellertid på senare år fått rörliga tillämpningar, t ex attitydhållningsfunktion i flygplan. Denna teknik, som brukar kallas "kinematisk GPS" eller On-The Fly (OTH), är ännu inte helt utklarad. Fasmätningmottagare är betydligt dyrare än kodmottagare.

GPS referenssystem

Den position man erhåller med hjälp av en GPS-mottagare ges normalt i WGS 84 (World Geodetic System), som är ett geodetiskt system framtaget i USA men som används alltmör världen över. I Sverige använder vi normalt Rikets koordinatsystem från 1938 eller 1990 (RT 38 eller RT 90). Mellan WGS 84 och RT 90 kan det skilja upp till 250 m i positionsangivelsen. I många mottagare kan omvandling göras från WGS 84 till RT 90. Saknar mottagaren omvandlingsprogram kan man med hjälp av tabeller framtagna av Lantmäteriverket göra omvandlingen manuellt.

Civil luftfart i Europa kommer att 1998 gå över till WGS 84. Detta innebär att militär luftfart i Sverige måste göra detsamma. Då landkartorna kommer att vara kvar i RT 90 (38), kommer det att innebära vissa problem i positionsangivelsen. T ex kan

en räddningshelikopterbesättning, som flyger på flygkartor i WGS 84, få en positionsangivelse för en räddningsplats i RT 90.

GLONASS

Parallellt med utvecklingen av GPS pågår sedan många år tillbaka en utveckling av en rysk motsvarighet kallad GLONASS. Det fungerar efter i stort sett samma principer och utnyttjar ungefär samma signalstruktur som i GPS. Likaså skall antalet satelliter bli detsamma, dvs 24. Än så länge finns dock bara cirka hälften av dessa. Pga det ekonomiska läget i Ryssland har uppskjutningstakten av satelliter minskat. Det kan ta flera år till innan systemet blir fullt användbart.

Spekulationer har förekommit i fackpressen om att GLONASS kanske helt eller delvis kulle kunna komma att köpas upp av EU eller något land i Västeuropa. Kombinerade mottagare GPS/GLONASS håller på att tas fram av några företag. De bedöms bli relativt dyra.

Störsäkerhet

På grund av de stora avstånden till satelliterna (20.200 km) blir den utsända signaleffekten mycket låg vid jordytan. En enkel omodulerad störsändare med låg effekt, kan omöjliggöra funktion hos en mottagare på avstånd upp till 50 km. Y-koden är betydligt störsäkrare pga att signalen är krypterad samt att den har en tio gånger högre modulationsfrekvens.

De åtgärder man kan vidta för att förbättra störsäkerheten, är att använda mottagare som har särskild signalbehandling, att använda speciella antenner (s k nollstyrningsantenn) och att integrera GPS med tröghetsnavigeringssystem (TN).

GPS framtidsutsikter

Avsikten är att återkomma i FlygvapenNytt för att beskriva olika tillämpningar. Framtidsutsikter i allmänhet vad gäller GPS är att civila intressen (kontra DoD) kräver ett allt större inflytande på systemets utformning och utveckling. Inom den amerikanska administrationen pågår utredningar om hur amerikanska militära krav skall kunna samordnas med de allt större krav på inflytande som civila intressen ställer. En slutrapport skall läggas fram senast den 1 juni 1995. ■