

I FV-Nytt 1/90 berättade vi kort om civil satellitnavigering i anslutning till artikeln om TP 100. Amnet blev så uppskattat att redaktionen ombetts utveckla detta ytterligare. Vi gör det i två avsnitt. Del 1 behandlar civila satellitnavigeringssystem i Väst och Öst. Texten utgör underlaget till det föredrag som Stig Hemström höll vid FFV Aerotech:s teknikdagar i Stockholm i mars. Del 2, som vi avser publicera i vårt nr 3 till hösten, behandlar militär satellitnavigering.

Civil satellit

Att utnyttja satelliter för positionsbestämning och navigering har föresvävat tekniker under decennier. Först under 1980-talet har emellertid system kommit fram som kan uppfylla de flesta krav på noggrannhet och driftsäkerhet som flertalet användare ställer och som dessutom har en global täckning. Detta gäller främst två system, det ryska GLONASS och det amerikanska GPS. Bägge var ursprungligen uppbyggda för militära ändamål men är nu också frisläppta för civilt bruk.

GPS, Global Positioning System, ägs och drivs av försvarsdepartementet (DOD) i USA. Den första satelliten skickades upp i februari 1978 och har sedan följts av ytterligare tio s k Block I-satelliter under tiden fram till 1985. Av dessa elva är fortfarande sex i operativ drift, den äldsta sedan oktober 1978.

Ytterligare sex s k Block II-satelliter har skjutits upp – allihop under 1989 och 1990. Alla är i operativt skick. Block II-satelliterna är de satelliter som skall utnyttjas i det slutliga systemet. Block I-satelliterna är mer att betrakta som experimentsatelliter med varierande grad av operativ användbarhet. Nya satelliter skjuts upp varannan månad.

När GPS-systemet är färdigt 1995 består det av 24 Block II-satelliter (varav tre i aktiv reserv), placerade i sex olika banplan med vardera fyra satelliter i varje plan. Banplanens inklinations är 55 grader

och omloppstiden ca 12 timmar. Satelliterna är inte jämnt fördelade i banplanen. Systemet kommer att ge en global 3-dimensionell täckning med en samtidigt mottagning från minst fem satelliter.

● ● Ryssarna var inte lika tidiga som konkurrenterna i USA. I Sovjetunionen började man först 1982 med uppskjutningar. Däremot har man skjutit upp fler satelliter, ca 40, varav dock enbart cirka tio är i operativt skick. Vid varje uppskjutning sänds tre satelliter upp. Systemet beräknas innehålla 24 satelliter (varav tre i aktiv reserv) placerade i tre banplan med sju till åtta satelliter i varje plan. Planens inklinations är 65 grader. Samtliga 24 satelliter beräknas vara i operativ drift 1995 – dvs samtidigt med GPS.

I bägge systemen skickar satelliterna kontinuerlig data om sin position och sin egen tid. Genom att ta emot data från satelliterna kan den enskilde mottagaren beräkna avståndet till satelliterna. Avståndet beräknas som transmissionstid gånger ljushastigheten och ger det s k pseudoavståndet. "Pseudo" eftersom avståndet inte är korrekt, då klockan i satelliten och i mottagaren inte går lika. Mottagaren måste känna tiden på några miljarddels sekunder när, vilket normalt inte är möjligt. Genom att mäta på fyra satelliter kan emellertid mottagaren bestämma sitt eget

"klockfel" och därmed sin korrekta position.

GPS-satelliterna sänder samtidigt på två frekvenser, L1=1575,42 MHz och L2=1227,60 MHz. För att kunna separera signalerna från de olika satelliterna utnyttjas ett kodningssystem (CDMA), som ger varje satellit en unik kod som mottagaren kan identifiera.

● ● **GLONASS-systemet** utnyttjar i stället en frekvens per satellit, dvs totalt 24 frekvenser från 1602,5625 MHz och uppåt med 0,5625 MHz avstånd.

Det finns två nivåer av möjlig noggrannhet. I GPS-systemet kallas de Standard Positioning Service (SPS) och Precision Positioning Service (PPS). SPS är tillgänglig för civila användare och ger normalt en noggrannhet av 15-25 m. PPS är enbart avsedd för auktoriserade användare. Det ger en noggrannhet av <15 m.

I ett tidigt skede av uppbyggnaden av GPS-systemet visade det sig, att SPS hade en betydligt bättre noggrannhet än vad som var väntat. Detta faktum sågs inte med gillande av en del militära användare.

DOD beslöt därför att införa metoder som avsiktligt försämrar noggrannheten för de icke auktoriserade användarna. Signalerna som satelliterna sänder ut kan nu förvrängas, så att endast auktoriserade användare kan återskapa dem. För de

Av Stig Hemström



itnavigering

flesta civila applikationerna kan denna försämring kompenseras genom att utnyttja sk differentiell mottagning, i vilken en fix mottagare som känner sin position med stor noggrannhet skickar korrektionsdata till övriga GPS-mottagare. På så sätt korrigerar de sin beräknade position.

● ● Satellitsignalerna i både GLO-NASS- och GPS-systemet utnyttjar en slags bandspridningsteknik som möjliggör samtidig sändning från satelliterna utan att störa varandra. Varje satellit har en egen inre kodsekvens som utnyttjas för identifiering, för mottagarens låsning till just den satelliten och för beräkning av transmissionstiden från satellit till mottagare.

Två olika koder utnyttjas med två olika noggrannhetsnivåer. I GPS finns **P-koden** för PPS och **C/A-koden** för SPS. P-koden är mycket lång och varje satellit sänder ut en sju dagar lång del av den. P-koden är tillgänglig bara för auktoriserade användare.

C/A-koden används av SPS, är mycket kort och repeteras varje millisekund. SPA är tillgänglig för alla.

Meddelandet som satelliterna sänder till mottagarna består av C/A-koden, P-koden, navigationsmeddelandet samt information om bärvågsfasen. Civila mottagare utnyttjar bara mottagning av C/A-koden och på en frekvens, medan de militä-

ra mottagarna kan ta emot all information och flera signaler samtidigt.

● ● **I Sverige** har under flera år diverse organisationer och företag intresserat sig för GPS-systemet. Challengerolyckan orsakade ett avbrott i uppskjutningarna från 1985 fram till 1989 – aktiviteterna minskade. Intresset i Sverige är i dag snabbt ökande igen, mycket beroende på att täckningen över Sverige och därmed systemets tillgänglighet förbättras för varje ny satellit som skjuts upp.

Inom det svenska informationsteknologiprogrammet har nyligen ett relativt stort arbete startat med intressenter från industri och stat. IT4-GPS-programmet är synnerligen ambitiöst och satsar på en rejäl kunskaphöjning. Flyg-, bil- och båtprov skall utföras, GPS-systemets för- och nackdelar studeras noggrant och integrationsarbete med andra typer av navigeringssystem ska studeras och utföras. I februari genomförde FFV Aerotech inom ramen för IT4-GPS ett tvådagars seminarium som behandlade Kalmanfilterteknikens teori och praktik. Kalmanfiltret är en viktig komponent i utformningen av system som ska anpassas till specifika tillämpningar.

Förutom IT4-verksamheten studerar en mångfald statliga verk och privata företag GPS-systemet för sina egna tillämpningar. Några att nämna är LMV, Sjöfartsverket,

Televerket, SAAB, Volvo, ERA, FFV etc.

FMV har ännu så länge en viss splittring i sin GPS-verksamhet. Arbeten sker på olika avdelningar och byråer och risken finns för visst dubbelarbete. Planer på en samordning och koordinering är dock i gång.

● ● Om aktiviteten är hög inom Sverige så gäller detsamma internationellt, framför allt inom den civila flygtrafiken. Att kunna bestämma sin position på några tiotal meter när skulle ge en möjlighet att öka kapaciteten i luftledningarna, främst de transatlantiska lederna och också möjliggöra stora bränselbesparingar.

1984 erbjöd USA det internationella organet ICAO att utnyttja GPS-systemet för civilt flygtrafikbruk. ICAO tackade och tog emot och baserar nu sitt framtida navigeringssystem på GPS-systemet.

1988 gjorde Sovjetunionen detsamma, erbjöd GLONASS-systemet till ICAO för samma ändamål.

Eftersom systemen är så pass lika har detta lett till att man nu utvecklar mottagare som skall kunna fungera för bägge systemen. Utveckling sker vid Lincoln Laboratory i USA och vid Leeds University i England.

● ● Många som är tveksamma att utnyttja ett militärt system för civilt bruk har kanske blivit mindre tveksamma när de ►

ser möjligheterna att utnyttja två system. Dessutom börjar andra rymdorganisationer t ex INMARSAT att överväga att sända upp "standby-satelliter" för GPS-systemet, satelliter som ska träda i funktion om de ordinära GPS-satelliterna av någon anledning inte fungerar som är avsett.

En kraftig expansion är att förvänta inom satellitnavigeringsområdet. Nuvarande system kommer att kompletteras med geostationära kommunikations/navigeringssatelliter, som medger samtidig kommunikation och positionsbestämning via GPS- och GLONASS-systemen. I slutet på 90-talet utnyttjas systemen regelmässigt för civil flygtrafik, luftledningens kapacitet har drastiskt ökat och bränsleförbrukningen minskat, beroende på mindre separationsavstånd i vertikalled (1000 ft), i longitudinell led (fem minuter) och i horisontalld (<60 nm).

Den internationella fartygstrafiken på de sju haven kommer att kunna bestämma sin position på mindre än 50 m när med hjälp av landbaserade GPS/GLONASS mätstationer, som skickar korrektionsdata till mottagarna ombord. Fartygens restider blir kortare och bränsleförbrukningen lägre.

Den exakta positionen av drivande isberg kartläggs kontinuerligt, så att fartygens rutter under isbergssäsong (februari-augusti) kan planeras med säkerhet.

● ● **Morgondagens** fordonstrafikstyrning innehåller bl a en GPS/GLONASS-mottagare i fordonet, en karta lagrad på CD-skiva eller motsvarande och en möjlighet att automatiskt välja optimal väg till resmålet beroende på trafik hinder, gatunätets utseende etc.

Turistnäringen utnyttjar automatiska bandspelarguider, som berättar om de sevärdheter man passerar under en förutbestämd sightseeingtur.

Positionen av världsberömda byggnader, minnesmärken etc blir noggrant kända.

Offshore och onshore oljeletning blir enklare och noggrannare med möjlighet att snabbare finna nya oljereserver.

Den framtida användningen av satellitnavigeringssystemen begränsas i princip bara av vår egen fantasi och kreativitet! ■



Ett flygplan typ Piper Chieftain används i Sverige enbart för prov med satellitnavigering och utprovning av navigeringssystem med olika grafiska presentationsmetoder.



Flygplanet modifieras här så att styrdata kan överföras från satellitnavigering till styrautomat och HSI.



Information från provflygplanet översändes via VHF-länk eller satellit till ett ledningssystem. Detta innebär att flygplanet kan ledas utan radar.



Flygstabens digitala kartor används i det nya ledningssystemet.



Det nya ledningssystemet har så god upplösning att flygplanen även kan ledas på marken. Samma information finns i flygplanen.

Flygplanet är försett med digitala kartor på en centralt placerad färgdisplay. De kartor som visas kommer från Flygstaben. Displayen används även för andra typer av information. (På förarplats ses innovatören m m Håkan Lans.)



För att prova ledningssystemet och att träna trafikledare har man utvecklat en simulator. Simulatorn är speciell genom att en pilot kan styra upp till sex flygplan samtidigt. Detta innebär att mycket flygtrafik kan genereras med några få piloter. Simulatorn innehåller sex autopiloter, detta för att avlasta flygföraren.

