

Il Sistema G.P.S. - Navstar: alla ricerca della rotta... da non perdere

di Fabio Marzocca (*)



«... Con calma e freddezza Toran guidò la sua astronave da una stella all'altra: nelle vicinanze di una massa stellare era piuttosto difficile viaggiare nell'iperspazio con una certa precisione». (I. Asimov - Il crollo della Galassia Centrale)

Il problema dell'orientamento e del rilevamento della propria posizione è sempre stato d'attualità in ogni epoca della storia dell'uomo. Le stelle sono state grandi amiche di cacciatori e marinai d'altri tempi. Fino a quando Flavio Gioia sembrò offrire con la bussola uno strumento con un grado di precisione mai immaginato.

Oggi stazioni radio in onde lunghe (VLF-Omega-Loran) e piattaforme inerziali conducono mezzi navali, terrestri ed aerei con una precisione di circa un miglio fino al target prefissato.

L'evoluzione tecnologica nel settore aerospaziale ha portato, in questi ultimi anni, alla nascita del progetto Navstar G.P.S. (Global Positioning System), attualmente in fase di avanzato sviluppo. Il cuore del sistema e riferimento di base per tutti i calcoli di posizione, sarà affidato a 18 satelliti posizionati in 6 orbite ellittiche ciascuna inclinata di 55 gradi rispetto all'equatore a circa 11900 miglia dalla superficie terrestre.

Attualmente sono già in corso intense prove di precisione ed affidabilità, nonostante dei 18 satelliti previsti, ne siano stati lanciati in orbita soltanto 8. Con 8 satelliti la copertura sul territorio europeo non è ancora garantita per tutta la giornata. Dai dati forniti dalla Global Systems, ad esempio, risulta che per il mese di maggio 1988 sull'area di Parigi la copertura è garantita dalle 11.00 alle 19.15 dalle 01.45 alle 04.15 e dalle 05.15 alle 07.45.

Descrizione del sistema

Le specifiche di progetto del GPS prevedono, per quanto riguarda l'accuratezza del rilevamento, da 10 a 20 metri per la posizione, 10 centimetri al secondo per l'indicazione di velocità e un milionesimo di secondo di precisione sul riferimento di tempo. Il sistema viene pertanto considerato come un Navigatore Universale per aerei, elicotteri, navi, veicoli terrestri e... pedoni.

I principi operativi sono fondamentalmente semplici: l'utilizzatore, equipaggiato con un semplice ricevitore radio abbinato ad un microcomputer, determina la sua posizione in base a 3 o 4 satelliti misurando il tempo che i segnali impiegano a raggiungerlo dalle orbite spaziali.

Il pacchetto di dati trasmesso dal satellite contiene le informazioni riguardanti la posizione esatta del satellite stesso in quel momento e l'istante di trasmissione dei codici: conoscendo quindi la velocità delle onde elettromagnetiche (circa quella della luce), il calcolatore è in grado di rilevare il tempo di transito dei segnali. Ciò avviene confrontando il segnale inviato dal satellite con un codice identico generato dall'equipaggiamento dell'utilizzatore.

Dalla determinazione del tempo di transito, il sistema a terra è in grado di calcolare la sua distanza dal satellite. A questo punto è sufficiente inserire le tre distanze rilevate in un'equazione in gra-

(*) Fabio Marzocca, che i nostri lettori conoscono soprattutto quale curatore della rubrica Byte nell'etere, è un ingegnere elettronico che si occupa da anni di strumentazione e sistemi avionici di bordo. Attualmente è Capo Ufficio Tecnico in una compagnia di trasporto aereo privata, dove è anche responsabile della manutenzione e delle modifiche agli impianti elettro-avionici di moderni elicotteri e velivoli a reazione.



Il cockpit di un Mystere-Falcon 900: l'evoluzione della tecnologia avionica.

do di fornire la posizione in termini di latitudine, longitudine ed altezza dal suolo. Come abbiamo visto, tre satelliti sono in grado di fornire un rilevamento tridimensionale di posizione, ma con quali errori?

In effetti, così come descritto il sistema soffre di errori dovuti alla estrema precisione del riferimento di tempo (orologi atomici) a bordo dei satelliti e del meno accurato orologio al quarzo interno al computer del G.P.S. A causa di questi errori, il rilevamento da tre satelliti genera uno «pseudovolume» all'interno del quale è sicuramente contenuto il nostro moderno Cristoforo Colombo.

Per eliminare definitivamente ogni indecisione, è necessario il segnale di un quarto satellite. In termini matematici, il sistema G.P.S. risolve un'equazione a quattro incognite: latitudine, longitudine, quota ed errore di tempo. La velocità del mezzo su cui si muove l'utilizzatore è invece ricavata misurando lo slittamento di frequenza (effetto Doppler) di ogni segnale.

Il motivo per cui le orbite dei satelliti sono inclinate di 55 gradi rispetto all'equatore è stato proprio quello di consentire la «vista» di almeno quattro satelliti da ogni parte del globo.

Sono previste inoltre cinque stazioni a terra per la monitorizzazione continua dei satelliti e la correzione di eventuali altri errori indotti quali ad esempio gli effetti della ionosfera sulla velocità del segnale radio, lievi spostamenti del satellite dalla sua orbita calcolata, ecc.

Inoltre, al fine di garantire la fornitura del servizio anche in caso di guasti ad uno o più satelliti, il progetto prevede il posizionamento in orbita di tre satelliti di «scorta», i quali possono essere messi in funzione per supplire a temporanee interruzioni da parte degli altri.

Impiego del G.P.S. nel settore civile

Il G.P.S.-Navstar è nato e verrà sviluppato, ovviamente, secondo una specifica militare richiesta dal DoD statunitense. In ogni caso, i segnali trasmessi in banda L saranno messi anche a disposizione dell'aviazione civile internazionale, quale strumento di ausilio per la navigazione.

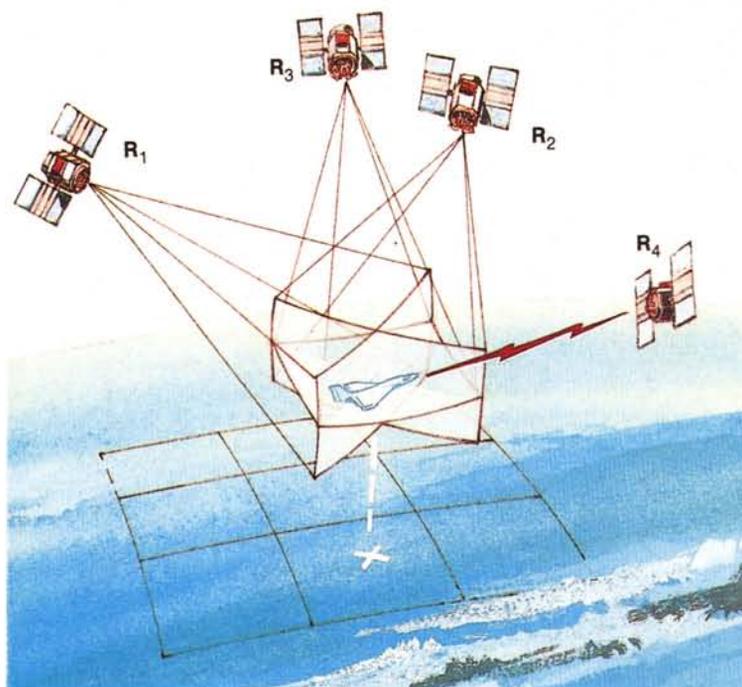
In effetti, non tutta la potenzialità del G.P.S. verrà concessa agli utenti civili.

Le due frequenze di trasmissione del sistema, infatti (1575.420 MHz e 1227.600 MHz) sono modulate in PCM con due codici diversi: il P-code che fornisce la massima accuratezza su un rate di 10 MHz ed il C/A code (Course Acquisition) con una minore accuratezza dovuta al rate di 1023 kHz con 1 ns di periodo. Gli utenti civili del G.P.S.-Navstar avranno dunque a disposizione solo il codice C/A, il quale consentirà un'accuratezza nell'ordine di 100 metri per la posizione.

Attualmente, la precisione offerta dal sistema impiegando il solo codice C/A è di circa 30 metri, ma il segnale verrà comunque sottoposto ad una degradazione artificiale per riportarlo nelle tolleranze prima specificate. Questo perché, dal momento che il codice C/A sarà alla portata di tutti, i realizzatori del G.P.S. non intendono mettere a disposizione di utenti ostili (leggi, forze nemiche) un sistema di navigazione super preciso.

Gli utenti civili saranno quindi trattati come utenti di «serie-b»; tuttavia, la precisione che il sistema G.P.S. potrà loro consentire sarà di gran lunga superiore a quella che possono oggi ottenere da qualunque aiuto alla navigazione.

Ciò significa, in termini di aviazione civile, che il G.P.S. non potrà essere impiegato, nella sua attuale forma, come strumento per avvicinamenti di precisione sulla pista; questo però sarà

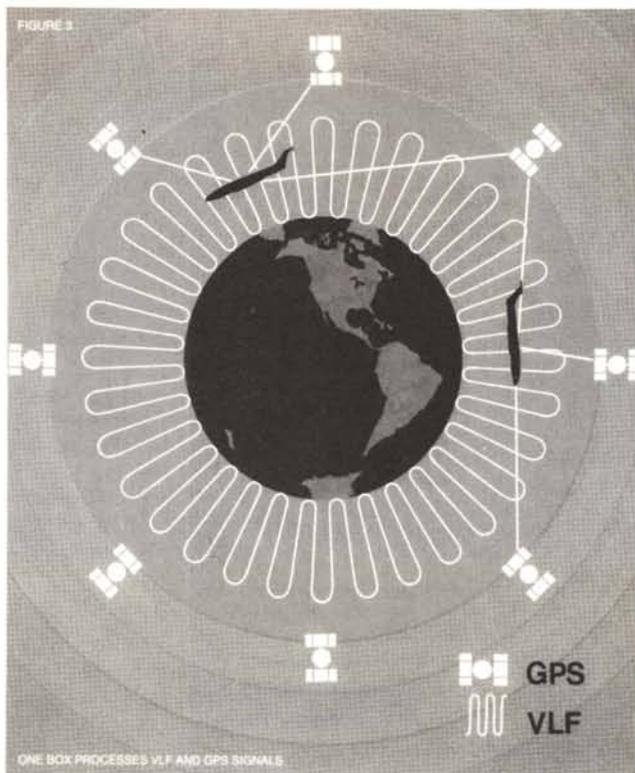


«Cattura» del velivolo da parte di quattro satelliti NAVSTAR (Rockwell-Collins).

possibile con il successivo passo denominato «G.P.S.-differenziale» basato su una combinazione dei segnali dai satelliti con quelli dello stesso tipo emessi da stazioni a terra.

Ma non saranno solo gli aeroplani civili a volare guidati dal G.P.S. Se pensiamo al volo dell'elicottero, il quale al 90% è effettuato fuori dalle normali zone assistite dall'ATC, un semplice ricevitore G.P.S. potrà fornire costantemente la posizione ed il rilevamento polare verso il target, senza la necessità di installare a bordo costose e «pesanti» piattaforme inerziali, con tutta la precisione necessaria al velivolo ad ala rotante.

Come abbiamo già accennato, sono necessari quattro satelliti in vista per poter avere le informazioni necessarie al rilevamento della posizione in uno spazio tridimensionale. Dato però che i moderni velivoli dispongono a bordo di sofisticati e precisi sistemi di misurazione della quota, saranno sufficienti anche solo tre satelliti i quali offriranno



Il GNS 500 serie 4A accomuna i segnali GPS a quelli VLF (by Global Systems).

Confronto fra i principali sistemi di navigazione

Sistema	Precisione in posizione (m)	Precisione in velocità (m/sec)	Portata	Operatività
GPS	16 (3 dimen.)	0.1	Globale	24 ore
Loran-C	180	—	Costa U.S.A.	Localizzata
Omega	2.200	—	90% del globo	Errori di ambiguità
INS	1.500	0.8	Globale	Errori nelle zone polari
VOR	400	—	A vista	Errori di azimuth (1°)

all'utente l'informazione bi-dimensionale (latitudine e longitudine) di cui avrà bisogno.

L'industria avionica ed il G.P.S.

I maggiori «leoni» dell'industria avionica mondiale, ovviamente, non si sono fatti prendere in contropiede dal Navstar/G.P.S.: infatti, fin dal momento dell'annuncio del progetto da parte degli Stati Uniti, tutte le maggiori aziende elettroniche del settore hanno sviluppato il loro proprio equipaggiamento.

L'indirizzo seguito da quasi tutte le industrie è stato quello di produrre essenzialmente solo la parte «sensor» (il ricevitore-demodulatore del segnale), e lasciare al computer digitale centrale di bordo (Flight Management System) il compito di elaborare l'informazione e fornire i prodotti del calcolo.

La Rockwell-Collins, industria leader

nel settore, ha progettato e realizzato i satelliti Navstar e sin dal 1975 produce equipaggiamenti per utenti G.P.S. La sua produzione è però essenzialmente indirizzata verso i grandi utenti militari, siano essi aeronautici che navali o terrestri. Di particolare interesse è il Manpack, un sistema sviluppato per impiego a «spalla» sul campo, dal peso di soli 8 kg, antenna e batterie comprese.

La Sperry-Honeywell sta producendo il GZ-810 GPS Sensor, costruito in tandem con la Motorola, il quale fornirà i segnali demodulati direttamente al suo Flight Management System, aggiornandoli una volta al secondo. Un altro equipaggiamento Honeywell è il Lasernav SMMS, un sistema integrato composto da un'unità di riferimento inerziale con giroscopio laser, un ricevitore G.P.S. ed uno speciale computer di controllo missione che gestisce completamente le risorse a bordo.

La Global Systems californiana (una divisione della Sundstrand Data Control) ha realizzato un kit di modifica per il suo sistema di radio-navigazione VLF-Omega GNS-500 (serie 4A), il quale è oggi in grado di installare al suo interno il ricevitore G.P.S. su singola scheda. Questo consentirà al pilota di navigare sia con i segnali VLF/Omega, sia con quelli G.P.S., sia con entrambe le fonti di riferimento. In tal modo il GNS-500 Serie 4A è già in grado di impiegare il Navstar supplendo, nelle fasi durante le quali i satelliti sono ancora nascosti, con i segnali provenienti dalle stazioni a terra VLF. Il tutto, quindi, con l'aggiunta di un'antenna ed una scheda al sistema già esistente. La stessa filosofia è stata intrapresa dalla Litton con il suo sistema Omega/VLF/GPS LTN-311, ma l'industria di Moorpark ha voluto realizzare anche un sistema G.P.S. stand-alone LTN-700, completamente indipendente dagli altri equipaggiamenti a bordo.

Il volo di Navstar-1

Per illustrare le capacità del sistema GPS nell'ambito dell'attuale controllo del traffico aereo, la Rockwell-Collins ha effettuato una dimostrazione operativa «on-field» nel maggio del 1983. I satelliti del G.P.S. (solo 6 in quel momento) sono stati impiegati come unico sistema di navigazione per guidare un velivolo da Cedar Rapids (Iowa) all'aeroporto di Le-Bourget (Parigi).

A causa della copertura intermittente da parte dei satelliti, il volo è stato effettuato in quattro tratte, in attesa dei



Il Mystere Falcon 200.

posizionamenti «a vista» delle sorgenti spaziali. Il velivolo, un Sabreliner 65 di proprietà della Rockwell-Collins, ha effettuato tappe a Burlington, Gander, Reykjavik e Londra ed ha volato solo quando era possibile avere un segnale G.P.S. valido (3 o quattro satelliti in vista).

La più drastica indicazione dell'accuratezza del sistema G.P.S., è stata fornita all'equipaggio solo alla conclusione del volo, dopo l'atterraggio a Le-Bourget. I

piloti hanno «rullato» sui raccordi della pista fino al punto di parcheggio prefissato dalle coordinate impostate prima del decollo da Cedar Rapids: dopo un volo di 4228 miglia nautiche il G.P.S. aveva guidato il Sabreliner fino a 7.2 metri dalla piazzola di parcheggio prescelta!

Conclusioni

La IATA (l'associazione internazionale

delle Compagnie di Linea) e la FAA (l'organo tecnico che regola l'aviazione civile negli Stati Uniti) hanno già da tempo espresso il loro parere favorevole nei confronti del G.P.S./Navstar il quale ha tutte le carte in regola per diventare il sistema primario di radio-navigazione degli anni 90.

Due anni fa, al Salone dell'aviazione a Farnborough, ho potuto verificare le caratteristiche salienti del sistema. Un ricevitore G.P.S., non più grande di un'auto-radio, era collegato ad un'antenna a parabola sul tetto di uno dei capannoni della mostra statica; il ricevitore aveva al suo interno una interfaccia RS-232 ed era collegato ad un IBM-PC il quale riceveva i dati e li traduceva in posizione relativa su un grafico a video; l'esperimento tendeva a dimostrare la stabilità del segnale e la sua precisione nel fornire la posizione del ricevitore durante le ore in cui i satelliti erano sopra l'orizzonte.

E se quel ricevitore venisse collegato ad una mini-antenna da un lato e ad un computer portatile dall'altro? Si potrebbe forse finalmente girare per i vicoli di Trastevere senza perdere la propria posizione ed avere comunque costantemente indicata la direzione della meta agognata?

MC

L'industria avionica internazionale ha già presentato sul mercato un gran numero di sistemi GPS/NAVSTAR.



Desideriamo ringraziare per la preziosa collaborazione offerta e per il materiale illustrativo fornito:

— la sede di Zurigo della **Global Systems** - P. O. Box 1432 - Zurich Airport;

— la **Rockwell-Collins Italiana** - Viale Liegi Roma

— la **Honeywell-Sperry/Commercial Flight Systems** - Via G. B. Morgagni 30/e - Roma.