NMEA in volo!

Unendo all'interesse per il GPS anche quello per l'aviazione civile, abbiamo sperimentato un ricevitore GPS commerciale a bordo di un volo di linea. Questi sono i risultati della nostra esperienza che utilizzeremo per parlare ancora di NMEA e per descrivere alcune funzionalità del ricevitore Garmin GPS III. Inoltre vi introdurremo al mondo della navigazione aerea e del Controllo del Traffico Aereo.

GPS a bordo

Per quanto possa sembrare difficile a credersi è possibile ricevere i segnali GPS dall'interno di una cabina passeggeri di un aereo di linea, a patto che si stia seduti presso un finestrino. Con il ricevitore GPS posto sul tavolino reclinabile si può, per gran parte del tempo di volo, ricevere un numero sufficiente di satelliti in grado da consentire il calcolo tridimensionale della posizione. Ovviamente la qualità del ricevitore si nota in tali condizioni. I nostri risultati, più che soddisfacenti, sono stati ottenuti con un Garmin GPS III.

Prima di continuare nell'esposizione della nostra esperienza è doveroso un avvertimento. L'uso di apparati elettronici a bordo di aerei di linea, soprattutto durante le fasi critiche del decollo e dell'atterraggio è proibito. L'uso di detti apparati durante il volo di crociera è consentito solo in alcuni casi ed in generale deve essere approvato dal personale di volo.

Nel caso di un ricevitore GPS è assolutamente lecito obiettare che non si tratta di un apparato che emette disturbi (sia per la sua implicita natura di ricevitore, sia per le tecnologie elettroniche coinvolte), soprattutto se lo si compara ad altri dispositivi quali i personal computer, i giochi elettronici portatili ed i lettori di CD audio. Tuttavia, quando si vola, i regolamenti devono essere rispettati. Se dopo il decollo vorrete provare ad utilizzare un ricevitore GPS noterete che sicuramente un assistente di volo vi chiederà di che tipo di apparato elettronico si tratta. In tal caso spiegate chiaramente che si tratta di un ricevitore GPS per usi di navigazione e vedrete che l'assistente si rivolgerà al comandante per l'autorizzazione, la quale non mancherà di arrivare. Ma se per qualche motivo l'equipaggio dovesse insistere nel farvi riporre il ricevitore allora semplicemente rispettate la regola.

Pianificare un volo

Avendo a disposizione un ricevitore GPS che offre anche una rappresentazione cartografica (presto torneremo su questo argomento per l'estremo valore aggiunto che la disponibilità di questa funzionalità comporta per chi deve acquistare oggi un ricevitore GPS), si ha la possibilità di seguire lo svolgersi del proprio volo in rapporto alla geografia dell'area sorvolata. Lo spettacolo del mondo sorvolato da un aereo in alta quota assume un interesse particolare quando la vista dal finestrino può essere associata a nomi di città, a strade, a particolari orografici.

Un altro modo di divertirsi con un GPS può anche essere quello di programmarvi una rotta dall'aeroporto di origine a quello di destinazione e verificarne l'evoluzione. La navigazione aerea su aree continentali si svolge in gran parte attraverso aerovie stabilite tra radiofari e punti di riporto. Percorsi talvolta più tortuosi sono necessari per l'avvicinamento ad un aeroporto e per l'allontanamento dallo stesso: questi percorsi, denominati procedure di avvicinamento (STAR, Standard Terminal Arrival Route) o di decollo (SID, Standard Instrument Departure) sono specifiche per ogni aeroporto e dipendono dalla pista utilizzata per l'atterraggio o per il decollo. Per poter pianificare un volo si deve fare riferimento a pubblicazioni aeronautiche acquistabili da diverse fonti ed oggi sempre più facilmente disponibili anche grazie all'interesse per i simulatori di volo su PC. Le informazioni aeronautiche cambiano in continuazione, ma fortunatamente i radiofari, i punti di riporto e le aerovie rimangono ragionevolmente stabili nel tempo così da permettere il riferimento a carte scadute da qualche anno con ottimi risultati.

Grazie ad un poco di esperienza ed alle solite carte di radionavigazione abbiamo allora introdotto, prima di partire, nel ricevitore GPS una serie di *waypoint* relativi alla nostra rotta. In particolare per il nostro percorso abbiamo introdotto le coordinate (ricavandole direttamente dalle carte aeronautiche) dei punti riportati in Tabella 1. Sia subito detto che un po' di esperienza ci ha fatto prevedere che la rotta si sarebbe svolta quasi sicuramente in questo modo. Tuttavia, vale la regola che un volo di linea cercherà sempre di pianificare la rotta più breve (e, dunque, ortodromica) tra il punto di partenza e quello di arrivo adattandola alla struttura. L'intensità del traffico aereo, la presenza lungo la rotta di aree regolamentate (tipicamente ad uso militare), l'esistenza di rotte preferenziali in prossimità di aeroporti ad elevata densità di traffico, possono far deviare dalla rotta ideale. Nel nostro caso il percorso tra Francoforte e Roma è quasi una linea verticale, se non per una deviazione tra Parma e Pisa che non si sarebbe potuta prevedere se non si fosse saputo che il percorso Pisa-Grosseto-Tarquinia è quello normalmente preferito per il traffico che arriva a Fiumicino dal Nord-NordOvest.

Da Francoforte a Roma

Forti della nostra pianificazione, cambiamo le unità di misura del ricevitore per adeguarci agli standard aeronautici (distanze in Miglia Nautiche, NM, ed altitudini in Piedi, Ft) e lo spegniamo in attesa del decollo. Seguendo una carta di rullaggio per l'aeroporto di Francoforte e la segnaletica esterna, notiamo che la pista di decollo sarebbe stata la 18 (il che corrisponde ad una direzione di decollo pari a circa 180 gradi, essendo l'identificazione di una pista uguale alla sua direzione espressa in decine di gradi): insomma saremmo partiti puntando direttamente verso casa.

Poco dopo il decollo accendiamo il ricevitore (il quale era stato preventivamente inizializzato presso l'aeroporto) e attiviamo la funzione Go To verso il primo punto della nostra rotta: KRH. In pochi secondi abbiamo la conferma che il nostro volo sta effettivamente puntando esattamente verso il radiofaro KRH e possiamo apprezzare la rapidità di salita del velivolo finché una ventina di minuti dopo questo non si stabilizza ad un'altitudine di 39.000 piedi. Il valore preciso non deve meravigliare: infatti i livelli di crociera sono sta-

biliti ogni 1.000 piedi di altitudine tipicamente fino a 24.000 piedi ed ogni 2.000 piedi a partire dai 25.000. Questi livelli sono detti Livelli di Volo (FL, Flight Level) e sono espressi in centinaia di piedi: il nostro volo si trovava dunque a FL390.

Per la maggior parte del tempo il percorso reale si è discostato da quello pianificato per meno di mezzo miglio nautico ed abbiamo potuto apprezzare come le virate, talvolta lievi e talvolta più marcate come per il cambio di direzione dopo Pisa, venissero anticipate in modo da mantenere la tangenza alla rotta ideale. Da questo punto di vista il nostro ricevitore ha gestito in maniera automatica e precisa il cambio di *waypoint* mantenendoci sempre aggiornati sulla distanza dal punto successivo. Una prima lieve modifica alla nostra rotta è stata riscontrata dopo Trasadingen (al confine tra Germania e Svizzera), ma si è poi comunque proseguiti verso Canne (al confine con l'Italia) per poi immediatamente notare che invece di proseguire verso Trezzo (ad Est di Milano), il nostro volo è stato autorizzato a procedere su una rotta ben più diretta in direzione di Pisa. Una volta notata la direzione (indicata anch'essa dal ricevitore) è stato banale con la funzione Go To far sì che il programma di navigazione "saltasse" i radiofari di TZO, PAR ed il punto BEROK per procedere direttamente verso il radiofaro di PIS. E' interessante notare che in cabina di pilotaggio, quando si riceve l'autorizzazione a simili scorciatoie, il pilota si può limitare ad effettuare la stessa operazione che abbiamo fatto sul nostro ricevitore, utilizzando la funzione Direct To del suo Flight Management System, per cambiare la rotta impostata e seguita dall'autopilota. Questa rotta più diretta ci porta a passare esattamente sulla verticale di Milano, momento durante il quale un'assistente di volo ci chiede chiarimenti sulla nostra posizione per poter soddisfare la curiosità di altri passeggeri colpiti dallo spettacolo sfavillante: soddisfazioni del GPS!

Dopo Pisa il nostro volo ha iniziato la discesa e la velocità si è lentamente stabilizzata sui 300 nodi, tipica per questioni di ottimizzazione delle prestazioni. Questa velocità viene di solito mantenuta sopra i 10.000 piedi, mentre al di sotto deve venire ulteriormente ridotta a 250 nodi (se non altrimenti autorizzati) per questioni di controllo del traffico aereo. Passando Grosseto veniamo autorizzati a proseguire direttamente verso il punto MIKSO per l'allineamento con la pista 16L (dove L sta per Sinistra essendoci a Fiumicino una pista parallela e, dunque, denominata 16R, o Destra) cosa che il nostro ricevitore prontamente fa notare. In condizioni di traffico più intense (il nostro volo era a tarda sera) saremmo stati soggetti a "vettoramenti radar", cioè a deviazioni dalla rotta prestabilita che il controllore di avvicinamento impone ai diversi velivoli in arrivo per poterli allineare e cadenzare con sicurezza lungo la direttrice per l'avvicinamento strumentale. In casi di alta densità di traffico saremmo potuti essere stati soggetti a dei circuiti di attesa che nel nostro caso si sarebbero effettuati sopra il radiofaro TAQ, l'ultimo prima dell'avvicinamento all'aeroporto. Grazie ad un sempre più efficiente Controllo del Traffico Aereo ed all'abilità dei controllori dei settori di avvicinamento, questa eventualità è sempre più rara e capita solo in caso di limitazioni alle piste di atterraggio oppure quando esistono condizioni meteorologiche avverse che consigliano di aumentare la separazione tra i voli in avvicinamento.

Listato I - Alcune delle sentenze NMEA prodotte dal ricevitore con la rotta di ritorno impostata - (sono evidenziate quelle relative alla descrizione della rotta)

```
$GPRMC,181734,V,,,,,,,190400,,*35
$GPRMB,V,,,,,,,,,,,,V*66
$GPGSV,2,2,07,15,11,126,00,18,14,216,00,25,25,072,00,,,,*43
$PGRME,,M,,M,,M*00
$GPGLL,,,,,181741,*5A
$PGRMZ,,,*7E
$PGRMM,WGS 84*06
$GPBOD,,T,,M,,*47
$GPRTE,2,1,c,TRACBACK,T030,T029,T028,T027,T026,T025,T024*71
$GPRTE,2,2,c,TRACBACK,T023,T022,T021,T020,T019*78
$GPWPL,4148.029,N,01215.686,E,T030*21
$GPRMC,181741,V,,,,,,,190400,,*37
$GPRMB,V,,,,,,,,,,,,V*66
$GPGGA,181742,,,,,0,00,,,M,,M,,*6F
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,,,*1E
...
$GPWPL,4158.878,N,01211.693,E,T029*24
...
$GPWPL,4205.230,N,01205.851,E,T028*2D
...
$GPWPL,4213.972,N,01153.536,E,T027*24
...
$GPWPL,4215.710,N,01153.668,E,T026*21
...
$GPWPL,4254.300,N,01056.128,E,T025*25
...
$GPWPL,4258.730,N,01051.694,E,T024*28
...
$GPWPL,4635.156,N,00838.288,E,T023*29
...
$GPWPL,4745.710,N,00825.811,E,T022*2C
...
$GPWPL,4901.359,N,00834.629,E,T021*2D
...
$GPWPL,4925.046,N,00833.283,E,T020*24
...
$GPWPL,4952.508,N,00837.846,E,T019*26
```

Una piccola sorpresa l'abbiamo avuta durante l'avvicinamento finale notando che la nostra traiettoria era scostata a sinistra di poche centinaia di metri da quella prevista per l'atterraggio strumentale: infatti in quei giorni la pista 16L di Fiumicino era chiusa per lavori di manutenzione e il nostro atterraggio è stato effettuato sulla pista 16C (C per Centrale) che altro non era che la via di raccordo subito parallela alla pista 16L. Uno scostamento di soli 250 metri chiaramente misurabile sul nostro ricevitore. Il comportamento del ricevitore in volo è stato in generale più che accettabile. In alcuni casi la geometria dei satelliti era tale da far "sganciare" il ricevitore dal calcolo tridimensionale della posizione, per passare a quello bidimensionale che dava per assunta una quota a livello del mare. Notato il fatto, abbiamo programmato il livello 2D alla quota di crociera e lo scostamento è stato minimo. Questo scostamento si è potuto apprezzare quando, ritornando in modalità 3D, la posizione saltava bruscamente di un paio di miglia nautiche. L'unico vero problema è che la perdita di segnale fa comparire il messaggio "Poor Coverage", il quale va confermato premendo il tasto Enter per poter continuare. Se non ci si accorge del messaggio, il ricevitore non riprende autonomamente la navigazione e si rischia di perdere punti preziosi soprattutto pensando ...al prossimo articolo da scrivere sull'argomento per GEOmedia.

"Post-processing" a casa

Per poter ricavare il percorso effettuato (in mancanza di un PC esterno che registrasse le varie sentenze NMEA emesse dal ricevitore), abbiamo usato la funzione di Log del ricevitore Garmin GPS III. Tale funzione memorizza il percorso effettuato dalla sua attivazione in un apposito *file* contenuto in memoria.

Tabella 1 - Navigazione pianificata tra Francoforte e Roma e programmata nel ricevitore GPS

FFM	N 50 03.3 E 008 38.3	Frankfurt - Radiofaro VOR (1)
KRH	N 48 59.6 E 008 35.1	Karlsruhe - Radiofaro VOR
DIKMI	N 48 12.2 E 008 29.7	Punto di riporto (o 'Fix')
TRA	N 47 41.5 E 008 26.3	Trasadingen - Radiofaro VOR
CANNE	N 46 10.1 E 008 52.9	Punto di riporto (o 'Fix')
TZO	N 45 33.5 E 009 30.6	Trezzo - Radiofaro VOR
PAR	N 44 49.4 E 010 17.6	Parma - Radiofaro VOR
BEROK	N 44 10.0 E 010 21.0	Punto di riporto (o 'Fix')
PIS	N 43 40.6 E 010 23.5	Pisa - Radiofaro VOR
GRO	N 42 42.3 E 011 01.5	Grosseto - Radiofaro NDB
TAQ	N 42 12.9 E 011 44.0	Tarquinia - Radiofaro VOR
MIKSO	N 42 01.4 E 012 11.1	Punto di riporto (o 'Fix') (2)
THR16L	N 41 50.7 E 012 15.7	Soglia della pista 16L di Fiumicino (3)

(1) Situato presso l'aeroporto di Francoforte ed utilizzato quale riferimento iniziale.

(2) Punto previsto per l'allineamento ideale alla pista 16L.

(3) Scelta in base alle condizioni meteorologiche che erano stabili e, dunque, facevano prevedere che la pista utilizzata di lì a poche ore sarebbe stata quella più tipicamente utilizzata.

Altri punti e radiofari sono stati introdotti tra i più rappresentativi nelle vicinanze della rotta prevista (in caso di possibili deviazioni).

Una volta a terra questo *file* è stato "chiuso" e gli è stato assegnato un nome. Durante la chiusura, la grande quantità di punti raccolti viene ridotta mediante un algoritmo interno al ricevitore che semplifica i tratti rettilinei in segmenti di retta, riducendo così il numero di punti da memorizzare. A questo punto sarebbe comodo poter "scaricare" questo file sul proprio PC per poter disegnare la rotta percorsa, se non che queste informazioni sono accessibili all'esterno solo mediante un protocollo speciale della Garmin di gran lunga più complesso di quello NMEA. Considerando l'imminenza della consegna dell'articolo per GEOmedia (e l'assenza di un programma per PC che la Garmin potrebbe anche mettere a disposizione), occorreva un'altra soluzione.

Un'altra utile funzione del Garmin GPS III è quella denominata TraceBack. Supponiamo di aver memorizzato il percorso effettuato e di voler navigare all'indietro per tornare al punto di origine. La funzione TraceBack genera da un *file* di Log, come quello appena creato, un insieme di waypoints che numera progressivamente Tnnn (T000, T001, T002 e così via) e che usa per programmare una rotta di ritorno nel ricevitore. Questi punti vengono generati ancora una volta con un algoritmo che semplifica l'andamento della rotta e che ne riduce la quantità. Per farla breve, nel nostro caso la rotta è stata semplificata in 12 punti, da T019 a T030 (considerando che i punti da T001 a T018 erano già stati usati in un'altra occasione). Quello che ci ha soddisfatto è che la maggior parte di questi punti coincidono praticamente con i radiofari sorvolati e con le principali virate effettuate durante il volo.

La convenienza di lavorare con i punti del TraceBack è che, una volta attivata la "rotta di ritorno", il ricevitore GPS inizia ad emettere delle sentenza NMEA aggiuntive che descrivono la rotta ed i punti che la compongono. Questa descrizione avviene per mezzo di sentenze NMEA facilmente interpretabili, come mostra il Listato 1. Una prima sentenza, la **GPRTE** (o GPS Route), descrive in due righe il percorso programmato nel GPS. Notiamo allora il percorso all'indietro che ci riporta dal punto di arrivo (spegnimento del ricevitore) T030, attraverso il T029, T028 e così via, al punto T019 che corrisponde all'inizio del nostro percorso cioè quando abbiamo acceso il ricevitore dopo il decollo. Una seconda sentenza, la **GPWPL** (o GPS Waypoint), mostra ognuno dei punti descritti dalla precedente, fornendone le coordinate. Tuttavia per non ritardare l'emissione delle altre sentenze NMEA, come la GPGSV, le GPGLL e quelle per la gestione di un autopilota, le trame GPWPL vengono intercalate ciascuna in qualche secondo, per cui occorre aspettare un poco prima di raccogliere tutte le informazioni necessarie. Informazioni che potrebbero essere usate da un *display* esterno per visualizzare graficamente la rotta che si intende seguire. Le sentenze GPRTE e GPWPL vengono poi ripetute in continuazione.

Tabella 2 - Navigazione pianificata tra Francoforte e Roma e programmata nel ricevitore GPS

T019 N 49 52.508 E 00837.846 - Accensione ricevitore dopo il decollo
T020 N 49 25.046 E 00833.283 - Accostata verso KRH
T021 N 49 01.359 E 00834.629 - Passaggio su KRH e virata verso TRA
T022 N 47 45.710 E 00825.811 - Passaggio su TRA e virata
T023 N 46 35.156 E 00838.288 - Virata verso CANNE e PIS
T024 N 42 58.730 E 01051.694 - Passaggio su GRO (1)
T025 N 42 54.300 E 01056.128 - Virata verso MIKSO
T026 N 42 15.710 E 01153.668 - Deviazione (2)
T027 N 42 13.972 E 01153.536 - Deviazione (2)
T028 N 42 05.230 E 01205.851 - Virata per intercettare l'asse pista
T029 N 41 58.878 E 01211.693 - Allineamento finale con la pista
T030 N 41 48.029 E 01215.686 - Spegnimento del ricevitore

(1) Provenendo da CANNE verso PIS il prolungamento della rotta coincide quasi con GRO. Per questo motivo l'algoritmo del TraceBack ha "perso" la lieve virata (o "accostata", in gergo) effettuata sopra Pisa.

(2) Questi due punti, quasi una Z molto rilassata, corrispondono probabilmente ad una perdita del segnale GPS dovuta anche al fatto che si era in rapida discesa.

Conclusione

Salvata e chiusa la registrazione del percorso effettuato (*log file*), ricostruito il percorso all'indietro con la funzione TraceBack ed attivata la rotta di ritorno, è bastato collegare il GPS ad un PC per registrare un paio di minuti di dati e ricostruire i punti salienti del nostro volo, punti il cui elenco è riportato in Tabella 2.

In definitiva l'esperienza è stata quanto meno interessante ed il tempo trascorso a bordo è, una volta tanto, volato via per davvero. La disponibilità delle funzioni Log e TraceBack si è rivelata realmente utile, sebbene la mancanza di un programma per scaricare la traccia del Log si sia fatta sentire. E' però da notare che il percorso effettuato è rimasto memorizzato nel ricevitore e, fino al suo salvataggio, è sempre stato visualizzato come una lunga fila di puntini molto spesso coincidenti con il percorso, rappresentato a linee continue, della rotta programmata prima della partenza.

In definitiva abbiamo voluto mostrare un altro uso intelligente ed educativo del GPS, che potrà introdurre qualche lettore verso l'affascinante mondo dell'aviazione civile in generale e del Controllo del Traffico Aereo in particolare.

FABRIZIO BERNARDINI

(L'autore è disponibile, tramite posta elettronica, a dare chiarimenti anche nel settore aeronautico e nel controllo del traffico aereo).

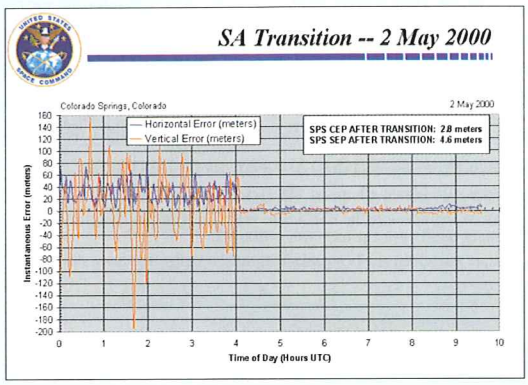
Selective Availability: addio.

Con una mossa annunciata, ma molto anticipata rispetto al previsto, il Dipartimento della Difesa Statunitense, che gestisce il sistema GPS Navstar, ha colto il mondo di sorpresa annullando il 1° maggio del 2000 la Selective Availability. Sin dalle sue origini il segnale (codice C/A) del GPS era intenzionalmente degradato, nell'ambito del servizio di posizionamento standard, al fine di non offrire ad un potenziale nemico un sistema di navigazione di elevata precisione. Solo gli utenti dei codici per i servizi di posizionamento di precisione possono ottenere prestazioni non degradate. Per questo motivo i ricevitori GPS per uso civile che, appunto, fanno uso del segnale C/A, sono stati fino ad oggi solo in grado di fornire la posizione dell'utente entro un raggio di circa un centinaio di metri, a dispetto del fatto che il sistema possa offrire di meglio.

Eliminata la Selective Availability, una variazione casuale nelle temporizzazioni del segnale, tutti i ricevitori civili offrono ora posizioni comprese entro un raggio di circa 15 metri e, in buone condizioni, anche maggiore di 5 metri. In sostanza si è dunque registrato un miglioramento pari a circa un ordine di grandezza e si è avuta la verifica di quanto il GPS, per i servizi standard, potesse offrire. Le implicazioni di questa "liberazione" sono innumerevoli e non tutte immediatamente apprezzabili. Mentre in tutto il mondo appassionati ed interessati stanno godendo dei risultati di test effettuati anche in maniera casalinga, proviamo in questo piccolo spazio a mettere a fuoco alcuni punti chiave.

Consideriamo ad esempio le tecniche DGPS (Differential GPS) che consentono per mezzo di una stazione di riferimento di aumentare la precisione del sistema in versione "originale". Lo scopo principale del DGPS era proprio quello di eliminare gli errori dovuti alla SA e di ridurre parte degli errori dovuti a cause di sistema (portando la precisione a valori compresi tra pochi e 15 metri). Con la nuova situazione i risultati ottenibili con il DGPS non verranno proporzionalmente migliorati: si potrà avere un evidente miglioramento della posizione, ma difficilmente si potrà scendere sotto il metro poichè l'errore dovuto alla propagazione nella ionosfera diventerà preponderante ora che la SA è stata eliminata.

Se si considera il panorama del mercato GPS, chi si avvarrà immediatamente delle nuove prestazioni del sistema saranno soprattutto gli integratori di sistemi che utilizzano sensori GPS come parte di sistemi più complessi. Un cruccio fondamentale in molte applicazioni è sempre stato quell'errore intorno al centinaio di metri che impediva di ricorrere al GPS in economia senza ricorrere a soluzioni differenziali. Si può tentativamente stimare che la possibilità di fornire precisioni entro poche decine di metri amplierà il mercato per le applicazioni cosiddette 'embedded' almeno del 300 percento (e questo senza voler essere troppo ottimistici).

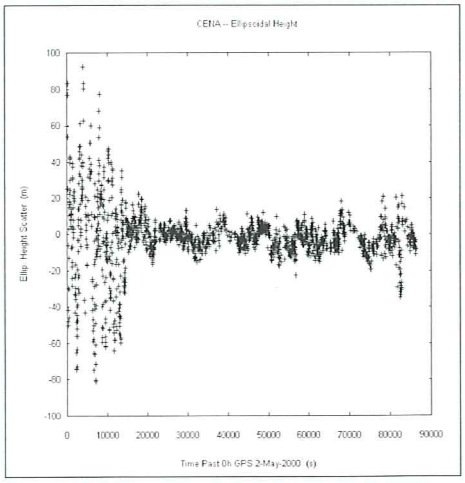


Risultati ottenuti dallo Space Command con un ricevitore Trimble SV6. E' evidente l'istante di "spegnimento" della SA anche se i risultati immediatamente seguenti sono un poco ottimistici e forse dovuti all'uso di tecniche particolari che hanno minimizzato altri errori di sistema.

Il fatto che il GPS sia più preciso, non vuol dire che in città o in presenza di ostacoli funzioni meglio. L'ostacolo principale per un effettivo uso del GPS in aree urbane ad elevata densità di ostacoli rimane un problema fondamentale per chi realizza sistemi di navigazione. Tuttavia, la disponibilità di rilevamenti di posizione più precisi permetterà ai sistemi di navigazione intelligenti (che usano anche informazioni di direzione e velocità per stimare la posizione del veicolo in condizioni per sopperire alle "mancanze" del ricevitore GPS) di fornire soluzioni di navigazione per periodi più lunghi con una buona confidenza del risultato.

In definitiva la disponibilità di un sistema GPS più preciso allo stesso costo di prima (e cioè, ricordiamolo, assolutamente nullo) permetterà di sfruttarne ancora di più le caratteristiche e di ampliarne la base di utenza e lo spettro delle applicazioni. Il fatto che il GPS sia ora preciso quanto il sistema russo GLONASS (ancora incompleto) e che sia già disponibile, contrariamente al Galileo proposto in Europa ed ancora da sviluppare (e comunque non gratuito), contribuirà a rinforzarne l'accettazione internazionale con possibili ricadute anche in altri settori lontani da quelli dell'utenza più convenzionale (come quello aereonautico, dove proprio in questi giorni il GPS è di nuovo in discussione per una serie di problemi incontrati durante la fase di accettazione dal sistema WAAS di correzione differenziale su scala continentale, per scopi di navigazione aerea).

Per terminare, ricordiamo che l'eliminazione della Selective Availability fa parte di un piano che vedrà la sostituzione progressiva dei vari satelliti componenti la costellazione, del tipo Block II e Block IIR, con i nuovi modelli Block IIF: questi offriranno anche una terza frequenza operativa oltre a nuovi sistemi di accesso per usi militari di elevatissima precisione ed affidabilità.



Risultati ottenuti da una stazione di riferimento in Alaska operante su entrambe le frequenze L1 ed L2 ed utilizzante algoritmi standard conformi alla documentazione ufficiale del sistema GPS.