

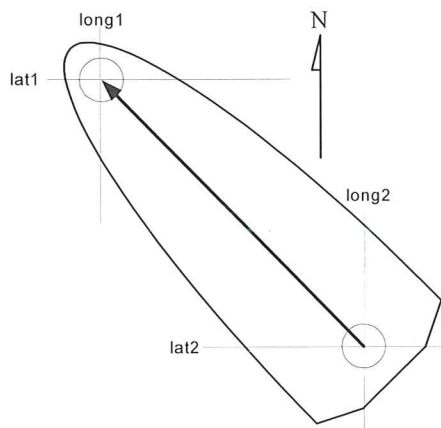


Oltre la posizione: determinare assetto e direzione con il GPS

Se esiste un settore che suscita un fascino particolare, tra quelli nei quali il GPS non è utilizzato per i soli scopi basilari di localizzazione, questo è quello della misura della direzione e dell'assetto. In quest'ambito il GPS è usato per determinare non solo l'orientamento geografico (la direzione), ma anche quello in tre dimensioni (l'assetto) rispetto a diversi sistemi di riferimento. Come ciò sia possibile con un sistema nato per la misura della posizione è descritto nel seguente articolo.

Il caso più semplice

Supponiamo di avere due ricevitori GPS posti uno a prua di una nave ed uno a poppa. È abbastanza evidente come un semplice calcolo trigonometrico possa restituire, date le posizioni misurate a prua ed a poppa, la direzione dello scafo rispetto al Nord geografico.



Un'applicazione di questo tipo, soprattutto ora che la precisione di un GPS convenzionale è aumentata di quasi un ordine di grandezza grazie alla rimozione della Selective Availability dal segnale emesso dai satelliti, è possibile a patto che la distanza tra i due punti di misura sia sufficientemente ampia da poter in parte trascurare gli errori di posizione. In verità è proprio con una tecnica simile che un ricevitore GPS convenzionale, dotato di funzioni di navigazione (e questo vuol dire praticamente qualsiasi rice-

vitore GPS di tipo commerciale per usi generali), fornisce la direzione nella quale si sta viaggiando, in base alle posizioni misurate negli istanti precedenti.

Per applicazioni di grande precisione, nelle quali è importante arrivare con buona sicurezza al grado (o anche più), questo semplice sistema soffre di diversi difetti. In primo luogo si consideri il fatto che la nave in questione sia soggetta a beccheggio e rollio sotto l'azione delle onde. Se la linea di base (quella immaginaria che congiunge i due ricevitori) non è perfettamente orizzontale, la direzione calcolata subirà degli errori, simili a quelli di una bussola che non viene tenuta perfettamente orizzontale.

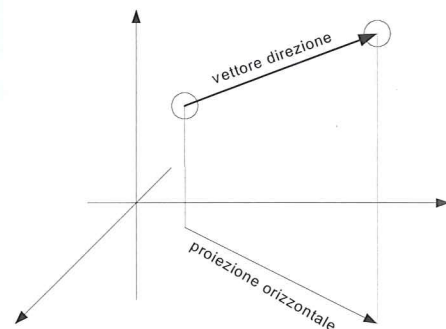
Se su una nave questi errori possono essere bassi, su un velivolo (che è sottoposto a continue variazioni di assetto), diventano talmente alti da risultare assolutamente inaccettabile che si possa usare il GPS per determinare la direzione, se non grossolanamente.

Per raggiungere precisioni maggiori e arrivare anche a misurare la direzione indipendentemente dalle variazioni di assetto, occorre usare una tecnica più raffinata. Questa tecnica coincide con quella per misurare l'assetto stesso.

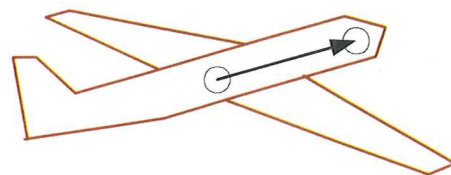
Il caso più complicato

Per evitare gli errori dovuti alle possibili inclinazioni di una nave o un aereo (o della strada se si pensa ad un

veicolo su ruote) occorre misurare oltre alla posizione geografica dei due ricevitori anche la loro altitudine in modo da avere non più due punti su un piano, ma due punti nello spazio. In questo caso è allora possibile estendere le formule trigonometriche, cui si è accennato nel paragrafo precedente, al caso tridimensionale e proiettare il "vettore" misurato (la linea di direzione nella figura) sul piano orizzontale per poi ricavare la direzione desiderata (che se rapportata ad una carta geografica deve essere sul piano).



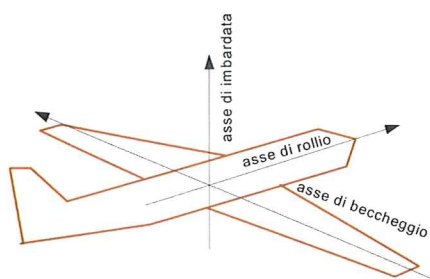
Fino a qui sembra tutto facile. Il problema è che con soli due punti siamo in grado di determinare la "direzione" di un veicolo, ma non il suo "assetto". In altre parole se usassimo due ricevitori disposti lungo la fusoliera di un aeroplano (come in figura), potremmo determinare con buona precisione la direzione in cui "guarda" il pilota (di fronte a sé), ma non potremmo sapere se le ali sono orizzontali, o meno, rispetto al suolo.



Conoscere tutti e tre i valori corrispondenti alle possibili rotazioni

intorno ai tre assi di riferimento di un veicolo, vuol dire conoscere l'assetto dello stesso.

Estendendo quanto detto finora è evidente che se ponessimo i due ricevitori lungo la linea delle ali potremmo allora misurare sia il rollio che la direzione, ma non potremmo misurare il beccheggio.



In definitiva, per poter misurare l'assetto completo di un veicolo occorrono almeno tre ricevitori posti in maniera opportuna per ridurre le fonti di errore. Ad esempio, nel caso dell'aeroplano, si potrebbe pensare di mettere due ricevitori all'estremità delle ali ed uno sulla coda (oppure sulla cabina di pilotaggio, ma questo risulta solitamente poco pratico), ed ottenere abbastanza informazioni per poter desumere sia la direzione che l'assetto con buona precisione entro le tipiche variazioni di dette quantità. Si noti che la direzione si ottiene dall'assetto sempre per mezzo di una semplice proiezione trigonometrica dei valori ottenuti.

In pratica, noti tre punti nello spazio riferiti con precisione ad una struttura fissa (l'aereo), è possibile determinare una "terna" (cioè tre valori) di angoli che ci forniscono la rotazione del velivolo rispetto ai tre assi di rotazione. Il posizionamento dei tre ricevitori, per avere la massima praticità e precisione, deve essere tale da offrire una buona relazione con il centro di gravità (di solito è anche il centro delle rotazioni) del veicolo d'interesse. In pratica i casi in cui la precisione e l'accuratezza sono importanti arrivano ad utilizzare anche quattro ricevitori per evitare perdite di precisione dovute a particolari condizioni geometriche.

Dal punto di vista del riferimento rispetto al quale si misurano le rotazioni e, dunque, gli angoli, il riferimento più tipico è quello cosiddetto della Verticale Locale, Orizzontale Locale, cioè quello definito dalla linea di un filo a piombo e da un piano ad essa ortogonale (in parole povere, il pavimento). Nel caso di un velivolo che si sposta rapidamente attorno al globo terrestre questo riferimento, ovviamente, cambia nel tempo. Ciò non sarebbe un problema se si lavorasse realmente con le coordinate geografiche e dell'altitudine, fornite dal GPS.

Il caso reale

Nei casi reali i valori che si utilizzano per ricavare assetto e direzione sono in effetti le coordinate geocentriche (riferimento ECEF, Earth Centered, Earth Fixed) che gli algoritmi dei ricevitori ricavano in prima battuta per determinare la posizione dell'utente. Questa posizione è dunque un punto nello spazio riferito al centro della Terra e a un sistema di coordinate cartesiane stabilito in corrispondenza di questo.

Come descritto nel Tutorial GPS (vd. *GEOmedia* 2/99) queste coordinate spaziali vengono convertite, in base a determinati algoritmi, in coordinate geografiche ed altitudine rispetto ad un modello della superficie terrestre selezionato dall'utente (es. WGS84). Nel caso della misura dell'assetto le formule che ci forniscono gli angoli sono molto più semplici (ed accurate!) se possono lavorare direttamente con le coordinate spaziali, e questo è il motivo per cui queste vengono preferite a quelle geografiche dei nostri esempi ai paragrafi precedenti. (Nei riferimenti, per i più curiosi, è citato un articolo di *GPS World* che descrive i passi matematici, niente più di operazioni elementari, solo che sono effettuate su terne di numeri).

Rimane però chiaro che la precisione della misura dell'assetto e della direzione dipende da quella della posizione offerta dai singoli ricevitori GPS impiegati. È allora chiaro che per ottenere precisioni accettabili senza

ricorrere a linee di base molto lunghe (a parità di tutto il resto, è abbastanza logico che la precisione in assetto è inversamente proporzionale alla distanza tra le antenne), per ridurre gli effetti dell'errore di posizione, occorre aumentare drasticamente la precisione del ricevitore. In pratica allora si usa la stessa tecnica utilizzata in campo topografico che, per mezzo di misure effettuate anche sulla fase del segnale GPS, permette di ottenere, usando uno dei ricevitori come riferimento, la posizione relativa degli altri ricevitori con precisioni teoriche dell'ordine del millimetro. In questo modo è possibile effettuare calcoli di assetto e direzione con grande precisione, allargando notevolmente le possibili applicazioni di queste tecniche. Oggigiorno è possibile arrivare, con sistemi non esotici, a precisioni dell'ordine di 0.1 gradi su tutti e tre gli assi, ed anche sulla direzione.

Le applicazioni

Visto che finora abbiamo parlato di navi, aerei e veicoli terrestri, possiamo citare come applicazione di questa tecnologia anche l'uso che si fa del GPS a bordo di veicoli spaziali. Infatti sta aumentando l'uso, nei satelliti artificiali, del GPS, oltre che per scopi di navigazione, anche per la misura dell'assetto, cosa fondamentale per un satellite che deve tenere puntate antenne e/o sensori in precise direzioni. Ovviamente in determinati casi la precisione di 0.1 gradi non è sufficiente per puntare un telescopio, ma è più che adatta per orientare un'antenna e per molti altri scopi.

Le prime applicazioni del GPS per la misura dell'assetto dei veicoli spaziali si sono avute in microsattelliti (satelliti del peso di circa 50-75 Kg) che per ragioni di economia ed anche affidabilità (a costi contenuti) hanno potuto fare a meno di utilizzare altri sensori ed eventuali giroscopi. Se si tiene poi conto che il GPS è un dispositivo passivo che non ha parti in movimento ed ha dei consumi relativamente limitati si può comprendere l'interesse al suo impiego in diverse missioni spaziali anche per scopi diversi dalla localizzazione. (Un altro



uso del GPS nello spazio, in satelliti anche di dimensioni ragguardevoli, è quello di fornire un riferimento temporale in alternativa ai generatori interni che potrebbero guastarsi).

Tornando al mondo aeronautico è poco probabile che il GPS possa essere usato per "alimentare" l'orizzonte artificiale che il pilota usa in condizioni di volo strumentale (questo perché l'aggiornamento della posizione con la quale viene poi calcolato l'assetto è troppo lento, 10 volte al secondo nel migliore dei casi, per ottenere la "fluidità" richiesta da questa applicazione decisamente critica). Invece trova sicuramente uso per i carichi utili che l'aereo potrebbe portare in missioni particolari, magari di tipo fotogrammetrico (sia convenzionale che con radar SAR), o di comunicazioni, evitando di dover "interfacciare" il carico con i sistemi di navigazione del velivolo (operazione che richiede apposite certificazioni sempre per motivi di sicurezza). Un altro fattore scomodo è la necessità di dover montare antenne (e far passare cavi) in posti difficilmente accessibili del velivolo.

Conclusioni

Per non complicare la questione, negli esempi abbiamo continuato a parlare di più ricevitori GPS. In realtà si può anche utilizzare un unico ricevitore con diverse antenne poste in posizioni strategiche (se l'applicazione lo permette). Tuttavia questa soluzione (che è quella maggiormente utilizzata) richiede alcuni accorgimenti di cui parleremo presto.

FABRIZIO BERNARDINI

(L'autore è disponibile via e-mail, fbn@aec2000.it, per eventuali chiarimenti).

RIFERIMENTI

GPS World, 9/95, A. Kleusberg, "Mathematics of Attitude Determination with GPS".

Nuove soluzioni per il controllo di Reference Station da Leica Geosystems

Leica Geosystems ha rilasciato la nuova release del software di gestione e controllo delle Reference Station.

Il software ControlStation è basato su piattaforma Windows e permette di controllare il sensore GPS, di visualizzarne i parametri e di archiviare e distribuire i dati in maniera automatica.

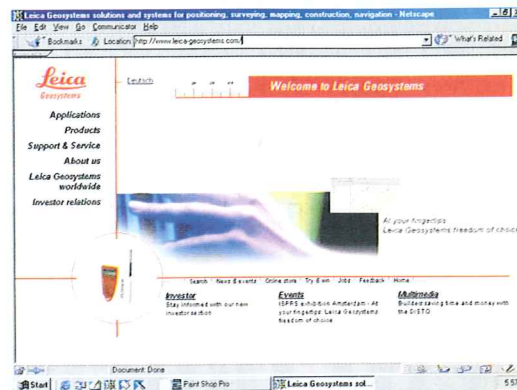
Il software consente il log dei dati verso l'Hard Disk del PC, oppure internamente sul sensore, inviandoli poi in automatico, a un intervallo prefissato, al sistema di backup.

ControlStation converte automaticamente i dati in L1 e L2 nel formato RINEX e permette di archivarli sia in formato RAW che RINEX, compatibili con standard internazionale CORS/IGS per directory e nome dei file, secondo le convenzioni.

Il sistema è provvisto di un esteso numero di funzioni, quali il display dello status dei satelliti e dei dati archiviati su PC così come, per quelli archiviati sul sensore, permette la gestione della trasmissione dei dati differenziali RTK e DGPS. Il sistema provvede inoltre a gestire ed inviare i segnali di allarme (sonoro e digitale) per la componente sensore, comunicazione e archiviazione dei dati.

ControlStation è specificamente studiato per gestire al meglio il sensore CORS 1000 o il System 500 doppia frequenza. La configurazione dell'RTK e del DGPS può essere scelta tra RTCM, CMR o il Leica Binary Format, ovviamente, permette anche l'uso di sistemi rover di altre case, mentre con i sistemi Leica può impiegare la funzione *multihertz positioning*.

(fonte: GIM International)



Aeroporto di Zurigo sotto controllo con i GPS Trimble

Trimble ha annunciato di aver acquisito, tramite Allnav GmbH, il contratto per l'installazione di una Reference Station GPS all'aeroporto di Zurigo, con la funzionalità di trasmettere le correzioni differenziali impiegando il sistema TRIMTALK 460S. I servizi differenziali serviranno a gestire una molteplice varietà di attività, quali la gestione di progetti, il supporto per le attività di costruzione e gestione, così come per il posizionamento degli aeromobili a terra. La precisione del sistema si avvarrà sia delle modalità DGPS che di quelle centimetriche RTK finalizzate a supportare eventuali sistemi *Machin Control*, molto in uso per livellare i piani delle piste durante la costruzione e/o il ripristino del manto stradale.

(fonte: redazionale)

Spectra Precision introduce un nuovo sistema GPS 3D Machine Control System

Spectra Precision, leader nei sistemi laser per le costruzioni civili e industriali, ha immesso sul mercato un nuovo sistema basato sul GPS che si avvale delle soluzioni GeoStar e BladePro 3D. Tali sistemi fanno uso del posizionamento cinematico in tempo reale, che sulla base di un DTM permette di guidare l'operatore nella livellazione del terreno tramite un semplice Light Display.

Il sistema è basato sull'avanzamento della piattaforma Blade-Pro 3D *motorgrader control system*, che consente all'utente finale di scegliere il sensore che meglio si addice all'applicazione, come GPS, Total Station, sistemi laser, ed altri sensori di pendenza.

www.spectraprecision.com

(fonte: GIM International)

Serate tra le stelle (quelle vere!)

Nella splendida cornice del belvedere del Pincio, nel centro di Roma, anche quest'anno, dal 17 al 23 luglio, si è tenuta la manifestazione che, ogni sera, ha offerto al pubblico la possibilità di conoscere l'astronomia e, come novità, di avvicinarsi all'astronautica e ai programmi spaziali.

La manifestazione *Stelle e pianeti nel cielo di Roma*, tradizionalmente organizzata dal **Gruppo Hipparcos**, ha visto quest'anno la collaborazione della **Italian Space Society (ISS)** che, in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ha dato vita alla sezione Astronautica, dedicando un terzo dello spazio espositivo alla presentazione di modelli di satelliti, artefatti dai programmi spaziali con uomini a bordo, descrizioni relative ai programmi in atto e una storia per immagini dello sviluppo delle cabine di pilotaggio dei veicoli spaziali.

La sezione Astronomica e quelle attinenti, legate alle scienze della Terra (come la sismologia), hanno come sempre costituito il fulcro dell'interesse. Il pubblico, non solo, ha potuto godere di presentazioni e conferenze, ma anche di un planetario portatile e di un'intera schiera di telescopi di vario tipo,

questi ultimi utilizzati per avvicinare la gente all'osservazione dei fenomeni astronomici e, soprattutto, per suscitare anche nei giovanissimi l'interesse verso uno degli hobby più "professionali" e ricchi di soddisfazioni. La presenza del planetario, indispensabile strumento didattico ed educativo, ha permesso di ribadire ancora una volta la tristissima situazione della nostra capitale, forse l'unica grande città al mondo a non avere un planetario pubblico!

Per quanto riguarda l'esplorazione dello spazio, oltre alla mostra cui si è accennato sopra, la Italian Space Society ha organizzato un incontro con il prof. Sergio De Iulio, presidente dell'ASI e con il dott. Cristobal Martin Rico, direttore del centro ESRIN dell'ESA. Per due sere, inoltre, il pubblico ha potuto apprezzare la chiara ed efficace presentazione di Roberto Vittori, astronauta italiano che, avendo appena terminato il training di base per i voli sullo Shuttle, è in attesa di essere assegnato ad una missione. Vittori, insieme a Paolo Nespoli, si unisce a Umberto Guidoni, rinforzando il contingente di astronauti italiani presso la NASA.

Il successo della manifestazione, che non ha lasciato tregua ai volontari, impegnati a offrire al pubblico spiegazioni e descrizioni, sottolinea la necessità di una seria politica a favore dell'educazione e della divulgazione di queste due affascinanti aree della conoscenza, non solo ricche di spunti per le nuove generazioni (spunti utili sia alla passione che alla professione), ma anche di esporre chiaramente gli incommensurabili benefici che la ricerca scientifica e tecnologica per l'esplorazione dello spazio e del cosmo hanno apportato e continuano ad apportare all'umanità.

FB

LA ISS RINGRAZIA LA REDAZIONE DI GEOMEDIA PER IL SUPPORTO FORNITO SU QUESTE PAGINE E DURANTE LA MANIFESTAZIONE.

ITALIAN SPACE SOCIETY

Società Spaziale Italiana

Sono aperte le iscrizioni !

I.S.S. si può contattare attraverso il suo Segretario Nazionale:

Paolo D'Angelo
Via Silvestri 240, 00164 Roma

oppure tramite posta elettronica all'indirizzo: iss@aec2000.it

La quota associativa è ancora fissata ad un contributo minimo di Lire 20.000.

PER ENTRARE A FAR PARTE DELLA CULTURA SPAZIALE, INSIEME AI PROFESSIONISTI ED AI PROTAGONISTI DEL SETTORE, ISCRIVETEVI SUBITO ALLA ISS!

