

## Il GPS nello spazio



*Mentre queste righe vengono scritte è possibile affacciarsi alla finestra dopo il tramonto e vedere una stella brillante che rapidamente percorre un arco di cielo. Questa stella è lo Space Shuttle Endeavour e durante la sua missione, STS-99 (la prima del nuovo millennio), il GPS viene usato in un'altra delle sue applicazioni spaziali.*

### STS99-SRTM

La 'Shuttle Radar Topography Mission' (SRTM) è un'ambiziosa missione che si propone di raccogliere i dati necessari alla creazione della più accurata mappa topografica della superficie terrestre mai ottenuta finora. La tecnologia alla base di questa missione è quella del Radar ad Apertura Sintetica (SAR) che consente di "mappare" la superficie dallo spazio con una precisione inferiore ai 20 metri e con una risoluzione di circa 30 metri (cioè di un punto ogni secondo d'arco di latitudine e longitudine). Per questioni legate al piano orbitale dello Space Shuttle la mappatura sarà eseguita solo nell'ampia fascia compresa tra i 60 gradi Nord ed i 56 gradi Sud di longitudine, ma ciò corrisponde all'80% delle terre emerse ed al 95% della popolazione del pianeta. I dati ricavati saranno riferiti ad un unico riferimento geodetico globale e troveranno infinite applicazioni sia in campo civile che militare.

Sono molti gli aspetti tecnologici innovativi che rendono possibile questa forma di prospezione dall'orbita. Se si escludono quelli inerenti allo Space Shuttle, il "cavallo da tiro" che di volta in volta viene adattato alle più diverse esigenze, troviamo in questa missione quelle relative al radar del peso di 13 tonnellate che, operante con due antenne e su due bande diverse (X e C, che si differenziano per la diversa ampiezza dell'area scandita), contemporaneamente permette di ottenere delle restituzioni interferometriche tri-dimensionali della superficie sorvolata in un singolo passaggio. Le apparecchiature del radar in banda X sono state fornite dal Centro Aerospaziale Tedesco (DLR) e dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI).



### Un radar nello spazio

Per poter separare sufficientemente l'antenna trasmittente da quella ricevente (la separazione è necessaria per aumentare il potere di risoluzione) dal vano di carico dello Shuttle (in gran parte occupato dall'antenna trasmittente in banda C), viene dispiegato un traliccio di fibra di carbonio realizzando così la più grande struttura rigida mai porta-

ta nello spazio, con una lunghezza totale di 60 metri.

Come tutte le strutture di questo tipo la rigidità non esclude il fatto che il traliccio possa in parte flettersi sostenendo alla sua estremità un peso di ben 360 chilogrammi. Ecco allora che entra in gioco un ingegnoso sistema di diodi luminosi (LED) posti sull'antenna all'estremità del traliccio. Questi LED, osservati da un apposito dispositivo posto alla base del traliccio, permettono di determinare in ogni istante la posizione e l'allineamento dell'antenna. Un astronauta a bordo della navetta è in grado di inviare comandi ad appositi motori capaci di correggere il disallineamento dell'antenna esterna.

Ma il traliccio può anche subire modifiche alla sua lunghezza e, sebbene questa non sia regolabile, è indispensabile conoscerne esattamente il valore in ogni istante per trarre il massimo dai dati raccolti. Per la misura della lunghezza del traliccio è stato usato allora un telemetro laser di tipo commerciale, adattato all'uso spaziale. Il raggio laser del telemetro viene puntato verso un apposito riflettore posto all'estremità del traliccio ed i valori misurati sono continuamente registrati.

*Il particolare aspetto geodetico della missione SRTM susciterà sicuramente curiosità nei lettori di GEOmedia e richiede qualche approfondimento. La necessità di una mappatura 3D su scala globale è necessaria poiché contrariamente a quanto si possa pensare non tutta la superficie del pianeta è stata ancora accuratamente "digitalizzata". Gli Stati Uniti, l'Australia, la Nuova Zelanda e buona parte dell'Europa sono mappate a livello di 30 metri, ma per il resto del mondo, sia per problemi di risorse o sia per il particolare clima, la copertura è lungi dall'essere completa. Altri tipi di mappatura da satellite non forniscono risultati sufficientemente precisi per via delle tecniche impiegate (soprattutto la necessità di un doppio passaggio con una diversa angolazione, con tutti gli errori del caso). Tra i partner della missione SRTM troviamo dunque il JPL (Jet Propulsion Laboratory), con una lunga storia di applicazioni dei radar SAR a bordo di satelliti e dello Shuttle, il NIMA (National Imagery and Mapping Agency)*



*per il Dipartimento della Difesa ed il DLR (Centro Spaziale Tedesco) in collaborazione con l'ASI. Il NIMA è l'ente incaricato della restituzione dei dati, che verranno messi a disposizione sia per scopi militari che civili. Tra le applicazioni civili del nuovo modello tridimensionale del nostro pianeta troviamo, tra l'altro, la realizzazione di mappe digitali per l'aviazione civile, nell'intento di ridurre l'occorrenza di impatti con il suolo, la realizzazione di cartografia terrestre più accurata, lo studio dell'ambiente in generale. In particolare si può riflettere sull'impatto che immagini tridimensionali possono avere nell'ambito della geologia, della vulcanologia, dell'idrologia, ed in altre scienze correlate. E per accedere ai dati non occorrerà aspettare anni: infatti durante il corso della missione diverse immagini sono state elaborate a terra praticamente in tempo reale e sono già state messe a disposizione del pubblico e degli esperti tramite Internet. E' sufficiente visualizzare una di queste prospettive in 3D per rendersi conto delle potenzialità di una base dati cartografica tridimensionale globale e delle sue applicazioni.*

Risolto il problema di mantenere l'antenna esterna allineata, rimane quello fondamentale di correlare le osservazioni del radar SAR con la posizione istantanea della navetta spaziale e con l'assetto di questa rispetto alla superficie terrestre. Sebbene lo Space Shuttle sia dotato di un sistema autonomo di navigazione inerziale e sia anche continuamente monitorato dai radar di terra, il posizionamento ottenibile, per quanto ampiamente sufficiente per scopi di navigazione spaziale, non lo è per gli scopi di questa missione. I progettisti sono allora ricorsi a due ricevitori GPS e quattro antenne per riferire costantemente la posizione delle due antenne, quella trasmittente nel vano di carico e quella esterna all'estremità del traliccio alla costellazione di satelliti GPS. Le misure rilevate dai ricevitori di bordo verranno poi correlate con quelle rilevate dalle stazioni di monitoraggio GPS a terra per determinare la posizione dello Shuttle con elevata precisione.

Anche nel caso dell'assetto del sistema di antenna non sono sufficienti i dati dei sistemi di bordo dello Shuttle. Per risolvere il problema, il radar è stato dotato di un sistema basato su giroscopi e sensori stellari che risulta essere il più preciso finora inviato nello spazio.

Complessivamente la posizione della navetta sarà nota con un'accuratezza pari ad un metro, la lunghezza del traliccio con quella di un millimetro e l'orientamento dell'antenna radar con quella di un solo secondo d'arco. Tale è infatti la precisione richiesta affinché la missione SRTM possa fornire i dati richiesti.

### Altri usi del GPS nello spazio

Ma quali sono i problemi relativi all'uso del GPS nello spazio? Da un punto di vista puramente tecnico, tenendo conto che tutte le missioni spaziali abitate si svolgono a meno di 1000 km dalla superficie terrestre, e dunque ben al di sotto dell'altitudine orbitale dei satelliti GPS-Navstar, il problema principale è quello della velocità relativa tra i satelliti della costellazione ed il veicolo che ospita il ricevitore. Velocità relative dell'ordine delle decine di migliaia di km all'ora provocano uno spostamento

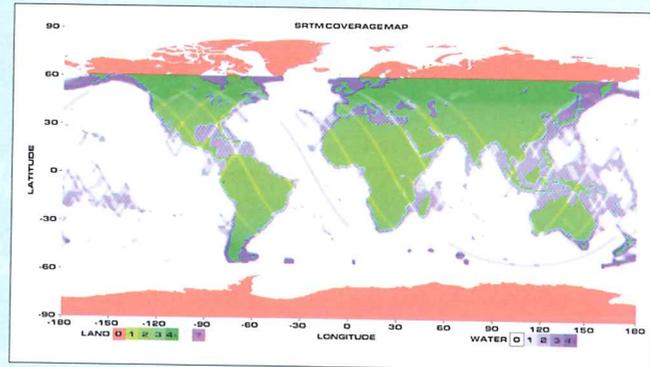
apparente delle frequenze ricevute, spostamento che però qualunque moderno correlatore (il circuito che si sincronizza sul singolo satellite GPS per riceverne i dati e calcolarne la distanza) dovrebbe essere in grado di compensare. Ed infatti ricevitori GPS di tipo commerciale sono stati già usati su satelliti di piccole dimensioni con ottimi risultati.

La posizione dell'antenna può essere invece un fattore critico poiché il veicolo spaziale potrebbe schermare la ricezione di satelliti utili al miglioramento della precisione. L'uso di più antenne risolve certo il problema se lo spazio ne rende facile l'installazione.

Un problema invece pratico e ben noto a chi desidera usare il GPS in piccole missioni scientifiche a basso costo è dato dal fatto che *i ricevitori commerciali sono programmati in maniera tale da limitarne l'uso oltre una certa quota ed entro una certa velocità (di solito inferiore ai 1000 km/h). Queste limitazioni sono state imposte dal Ministero della Difesa americano allo scopo di prevenire l'impiego di ricevitori commerciali per l'ipotetica realizzazione di armi, quali missili da crociera, da parte di male intenzionati.* Questa limitazione può essere aggirata ottenendo le necessarie autorizzazioni.

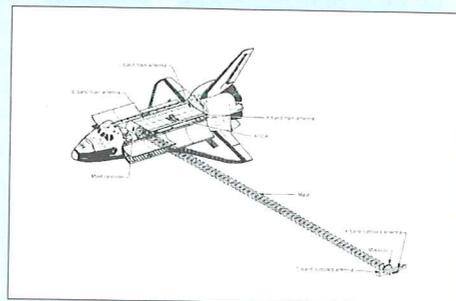
Considerando che il GPS e lo Space Shuttle hanno sostanzialmente la stessa età può allora apparire strano che quest'ultimo non usi il GPS come sistema primario di navigazione. In verità sin dalla sua concezione lo Shuttle prevede le antenne necessarie alla ricezione GPS ed i ritardi della sua introduzione furono sicuramente dovuti al tardo raggiungimento della copertura globale da parte della costellazione GPS e dalla necessità di validarne l'uso in maniera completa anche per quanto riguarda le applicazioni spaziali. D'altro canto, pure nel mondo aeronautico civile il GPS sta entrando solo ora in maniera preponderante, ma è ancora lontano dal diventare il sistema di navigazione di base per una serie di ragioni (vedi ad

esempio GEOmedia 1/98, "Il GPS in volo"). Le ultime missioni dello Space Shuttle, inclusa quella del presente articolo, hanno condotto una serie di valutazioni del sistema GPS. In questa missione in particolare un ricevitore GPS militare viene usato per raccogliere dati di prestazione durante le tre fasi principali di volo (ascesa, orbita e rientro). Questo GPS è interfacciato direttamente ai sistemi di bordo, ma non gode di ridondanza. I dati ricevuti dal GPS verranno però incorporati nel sistema di navigazione dello Shuttle durante la fase orbitale e durante la prima porzione del rientro nell'atmosfera. La prima applicazione operativa del GPS a bordo dello Shuttle avrà luogo quando i ricevitori di bordo verranno usati per aggiornare lo stato di volo dell'Orbiter durante le manovre di avvicinamento ed atterraggio andando così a sostituire il sistema TACAN (un sistema di navigazione militare analogo al VOR/DME



Riepilogo della copertura effettuata al termine della missione con l'indicazione del numero di passaggi per "strisciata".

usato nell'aeronautica civile) anch'esso in fase di parziale decommissionamento. Questa funzione sarà particolarmente utile nel caso in cui lo Shuttle debba compiere un atterraggio di emer-



Elementi principali del carico utile SRTM nella sua configurazione operativa una volta raggiunta l'orbita.

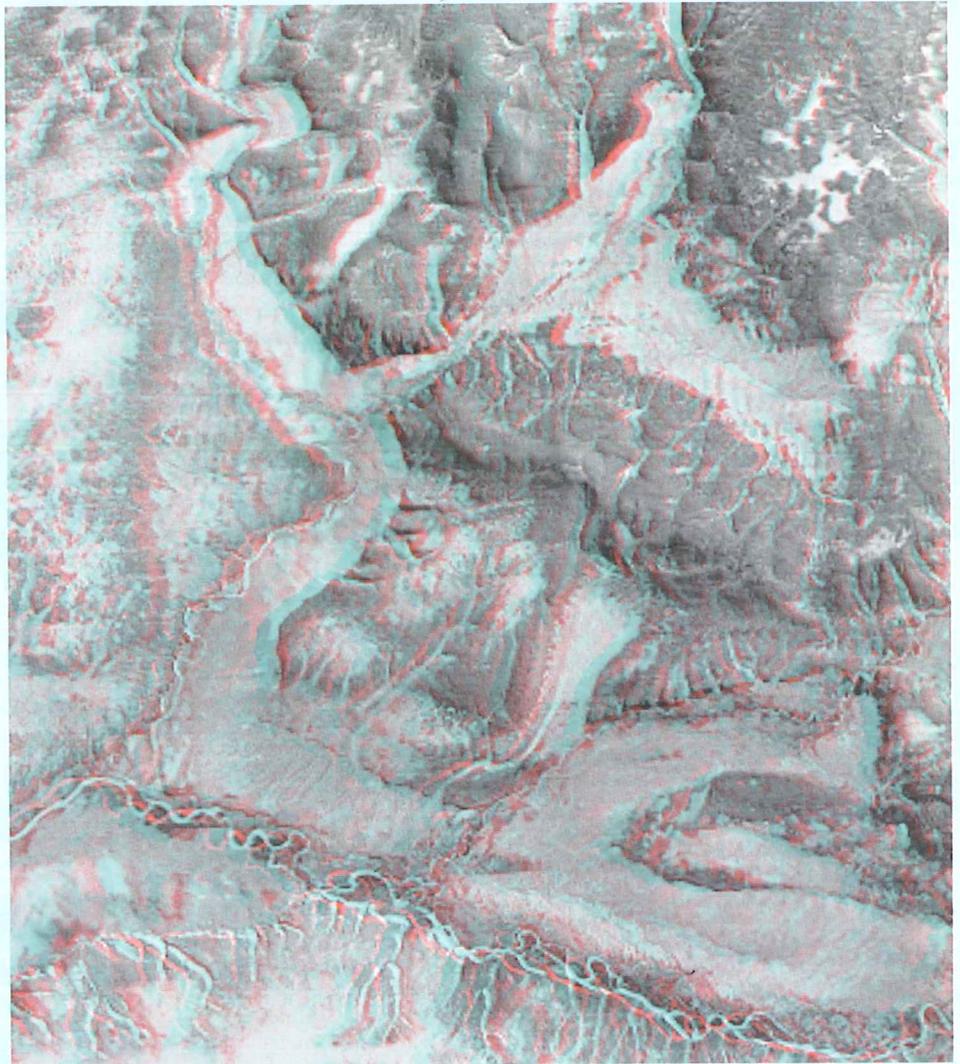


*Elaborazione bidimensionale dei dati radar relativi all'area urbana di Pasadena (California) con faglie visibili sulle zone montuose e pianure alluvionali tra le quali quella centrale in cui ha sede proprio il JPL (area 41x29 Km). Dati resi disponibili in tempo reale durante il corso della missione. (Immagine cortesia del JPL).*

genza al di fuori degli Stati Uniti, evenienza possibile nel caso di problemi durante la fase di ascesa.

Il GPS ha però trovato ampio uso nello spazio sempre a bordo della navetta, ma sui moduli di altri veicoli recuperabili quali la piattaforma Spartan, usata per raccogliere dati in maniera autonoma dopo essere stata rilasciata dallo Shuttle, e destinata ad essere riportata a terra nell'ambito della stessa missione. In questo caso il GPS non è stato usato solo per determinare la posizione precisa della piattaforma ma, utilizzando ricevitori particolari e disponendo quattro antenne ad una certa distanza l'una dall'altra, è servito quale riferimento per determinare l'assetto, cioè l'orientamento, della piattaforma stessa. Questa applicazione del GPS non è nuova neanche a terra ed esistono applicazioni in questo senso per scopi di posizionamento e di misura dell'assetto (ad esempio nella fotogrammetria da aereo).

Il GPS è stato utilizzato ampiamente dal Giappone per mettere a punto un sistema di avvicinamento ed aggancio automatico nello spazio collaudato di recente mediante una coppia di mini satelliti realizzati allo scopo. A bordo di piccole missioni scientifiche, i cosiddetti microsattelliti, il GPS sta diventando un ausilio indispensabile per automatizzare funzioni di raccolta dati quali l'azionamento di sistemi di rilevamento



*Anaglifo (visibile mediante occhiali con lenti rosse e blu per poter godere del notevole effetto tridimensionale) di una porzione della penisola di Camciatca resa in tre dimensioni per meglio apprezzare la morfologia del terreno. Dati resi disponibili in tempo reale durante il corso della missione. (Immagine cortesia del JPL).*

di immagini all'atto del passaggio in prossimità dei bersagli desiderati e programmati anticipatamente. Applicazioni in questo senso sono state sviluppate dalla prolifera Università del Surrey e dalla Surrey Satellites Ltd per i loro satelliti UoSAT.

Se sullo Space Shuttle il GPS non è ancora stato del tutto integrato, questo non è vero per la Stazione Spaziale Internazionale in corso di realizzazione. A bordo della ISS, il GPS fornirà la posizione aggiornata della stazione in ogni istante e permetterà di pianificare le osservazioni della Terra e di puntare la strumentazione apposita verso il bersaglio giusto ed al momento giusto. Inoltre grazie al GPS sarà disponibile a bordo

un riferimento temporale di elevata precisione indispensabile sia per scopi operativi che scientifici.

In definitiva, le applicazioni del GPS nello spazio non mancheranno e sicuramente l'utilizzo del sistema anche in orbita terrestre ispirerà nuove ed interessanti applicazioni.

FABRIZIO BERNARDINI

**RIFERIMENTI:**

- NASA - STS99 Shuttle Press Kit
- WSN World Spaceflight News n.19/20
- <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/>
- <http://spaceflight.nasa.gov/>
- <http://srtm.die.unifi.it/>