

"Tutorial" GPS (prima parte)

Come già annunciato nel precedente numero, pubblichiamo al seguito la prima parte del "tutorial" sul GPS.

Tale scelta si rende necessaria, per tener fede alla politica editoriale di GEOmedia, che vuole fare della divulgazione il suo compito primario. Inoltre la diffusione della rivista in ambienti non squisitamente tecnici ci pone il problema di affrontare il GPS per gradi.

Nel ringraziare Trimble Italia per aver fornito parte del materiale di base, rivolgiamo un caloroso invito di collaborazione alle altre aziende, nel rendere disponibile altro materiale ed esperienze, che potranno essere portati alla attenzione dei nostri lettori.

Introduzione

Abituati a godere di un'innovazione tecnologica, dal momento in cui essa raggiunge il mercato perdiamo di vista il percorso del progresso che ne ha consentito la realizzazione oppure, come nel caso del GPS, le dimensioni dell'infrastruttura che ci permette di usare piccoli ricevitori per conoscere istantaneamente la nostra posizione. E' allora necessario nel descrivere sistemi così complessi discutere anche dell'interazione tra le diverse parti per poter apprezzare quanto ci viene offerto addirittura gratuitamente.

Il Sistema di Posizionamento Globale, GPS/NAVSTAR, deve le sue origini al lontano 1973 ed alle esperienze effettuate con il satellite Transit del 1964 e nel corso del progetto Timation. La sigla NAVSTAR (NAVigation System using Timing And Ranging) nasconde in essa il principio fondamentale di funzionamento: quello di un sistema basato sulla misura del tempo e della distanza per determinare la posizione desiderata.

Se in linea di principio il funzionamento del GPS è facilmente comprensibile, sia per quanto riguarda il rilevamento trigonometrico della posizione di un utente in uno spazio tridimensionale, che per la misura della distanza istantanea da un satellite in movimento, è più difficile trasferire la dimensione della complessità del sistema, complessità indotta soprattutto dalle entità delle precisioni in gioco. Tali complessità concorrono poi, con le diverse fonti di errore esterne al sistema, alla definizione di diversi parametri che potranno usarsi per definire la "bontà" di un rilevamento o l'affidabilità della misura. Ciò non impedisce tuttavia di trattare il GPS in maniera schematica come ci accingiamo a fare in più puntate che hanno inizio con questo numero.

Nota: Il sistema GPS/NAVSTAR non è l'unico esistente. Operativo è anche il sistema russo GLONASS ed allo studio sono sistemi integrativi al GPS, come quelli condotti nell'ambito dell'iniziativa EGNOS della Comunità Europea. Questa serie discuterà solo il funzionamento del sistema GPS/NAVSTAR.

Commento alle illustrazioni a cura di Fabrizio Bernardini

Cos'è il GPS?

Un sistema super accurato

- Sviluppato e mantenuto dal Dip. Difesa USA
- Basato sui satelliti
- Approvato dal congresso USA grazie all'idea che sarebbero seguite altre applicazioni civili

C'era una volta... e adesso

LORAN (Triangulation)

- Posizionamento continuo
- Accurato entro 300 metri
- Copertura limitata
- Lat/Long

TRANSIT (Doppler)

- 16 punti al giorno
- Precisione submetrica
- In circa 3 giorni
- Copertura globale
- Lat/Long/Altitudine

GPS

- Posizionamento continuo
- Copertura globale
- Lat/Long/Altitudine
- Prec. centimetrica in pochi secondi

Quanto è preciso?

Dipende:

- Dipende da alcune variabili:
 - Tempo impiegato per le misure
 - Progettazione del ricevitore
 - Posizionamento relativo tra i satelliti
- da 15 a 100 metri con GPS non differenziale
- Da sub-metrico a 5 metri con GPS differenziale
- Precisioni sub-centimetriche con prodotti topografici
- Il governo USA può degradare (e lo fa) la precisione

Il rilevamento di posizione

La **costellazione** dei satelliti GPS/NAVSTAR è composta da 21 veicoli, di cui 3 di riserva posti in orbite medio/alte con lo scopo di garantire che almeno 4 satelliti siano sempre visibili da qualsiasi punto del globo terrestre. La costellazione, resa completamente operativa dal 17 Luglio 1995, costituisce il **Segmento Spaziale** dell'infrastruttura del GPS. Una volta completata, la costellazione è ben lungi dall'essere abbandonata a se stessa. Infatti non solo i satelliti necessitano di essere rimpiazzati dopo un certo periodo di permanenza in orbita terrestre (vuoi per esaurimento dei propellenti che controllano l'assetto, vuoi per degrado di sensori o per avaria dei componenti), ma la costellazione stessa viene aggiornata tecnologicamente immettendo in orbita satelliti di nuova concezione dotati di funzionalità aggiuntive.

Al Segmento Spaziale si aggiunge il **Segmento di Controllo** basato su quattro stazioni remote ed un centro principale (Master Control Station). Il Segmento di Controllo, oltre ad assicurare il funzionamento del sistema si occupa di calibrare gli orologi atomici a bordo dei satelliti e verifica con elevata precisione i parametri orbitali di ogni veicolo. Come tutti i sistemi satellitari anche il GPS richiede un costante monitoraggio dello stato di ognuno dei satelliti che compongono la costellazione ed una buona parte dell'infrastruttura di terra è dunque dedicata a tale funzione.

L'intero sistema è gestito dall'**Aeronautica Militare Statunitense** per conto del Ministero della Difesa degli Stati Uniti. L'origine militare del GPS, ed alcune scelte effettuate per garantirne l'impiego in situazioni belliche, caratterizzano il sistema in maniera peculiare e sono alla base di alcune considerazioni contrarie all'uso del GPS come esclusivo sistema di navigazione, ad esempio, per l'aeronautica civile (vedi Geomedia 1/98).

La caratteristica basilare del GPS è quella di fornire dei punti di riferimento globali per il calcolo trigonometrico della posizione di un utente. Questi punti di riferimento sono in realtà in continuo movimento, e ad alta velocità, essendo essi proprio i

satelliti la cui posizione viene resa nota ad ogni istante con elevata precisione. Con un procedimento trigonometrico noto come **trilaterazione**, il ricevitore di terra misura la propria distanza dai satelliti in visibilità in quel momento e calcola la propria posizione nello spazio.

È possibile in alcuni casi usare un numero di satelliti ridotto. Infatti in applicazioni per le quali l'altitudine sul livello del mare è nota (ad esempio nelle applicazioni nautiche), si potrebbe fare a meno di un satellite per conoscere la propria posizione. Tuttavia tali tecniche sono sicuramente in disuso grazie anche all'avanzamento tecnologico che permette di integrare anche in un piccolo ricevitore palmare (dunque portatile) la possibilità di inseguire 6, 10 o persino 12 satelliti contemporaneamente. Questa ridondanza di rilevamenti permette al ricevitore sia di scegliere quelli in posizione geometrica più favorevole (due rilevamenti di satelliti approssimativamente nella stessa zona del cielo sono poco utili alla precisione del calcolo della posizione), sia di integrare più dati per ottenere un **punto** (o "fix") più preciso. Inoltre in zone con ostacoli naturali od artificiali, la ridondanza di rilevamento permette di sopperire rapidamente alla mancanza di portata ottica di alcuni dei satelliti in vista dell'utente.

Grazie all'opera del Segmento di Controllo ed alla precisione con cui l'intero sistema è dapprima stato studiato, e poi è mantenuto in funzionamento, è possibile con un economico ricevitore raggiungere precisioni dapprima impensabili. Tecniche particolari, ed apparati d'utente più complessi, permettono poi di aggirare le limitazioni (quelle naturali e quelle indotte appositamente) del sistema per arrivare a fornire le eccezionali precisioni centimetriche proprie delle applicazioni topografiche.

Se la trigonometria ci suggerisce che bastano tre misure di distanza per determinare la propria posizione nello spazio, (una quarta è inutile per via della tipica relazione geometrica tra utente e satelliti utilizzati) non dobbiamo dimenticare che la misura del tempo gioca un ruolo fondamentale nel determinare tale distanza. Tale misura di distanza poi, risente di diversi altri fattori che nel alterano l'accuratezza. Questi fattori ed il problema della definizione del tempo sono argomenti che tratteremo nel prossimo numero.

Dove sono i satelliti?

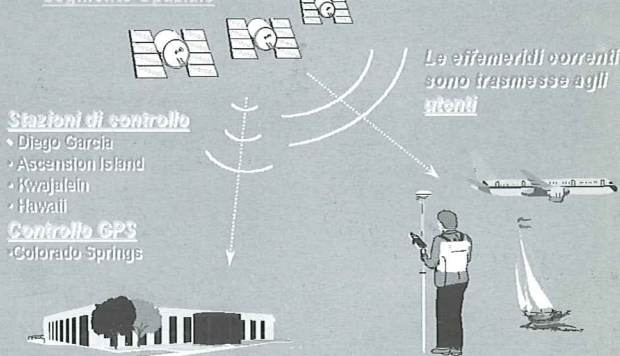
Dopo tutto, stanno a 20.000 km di quota!

- **I vantaggi di un'orbita alta**
 - Orbite molto stabili
 - Nessuna resistenza atmosferica
 - Migliore sopravvivenza
 - Copertura migliore
- **Controllati da Dip.to della Difesa USA (DoD)**
 - Il DoD trasmette le correzioni orbitali ai satelliti
- **I satelliti ci trasmettono le correzioni**
 - Messaggi di "Status"



Dove sono i satelliti?: Effemeridi

Segmento Spaziale

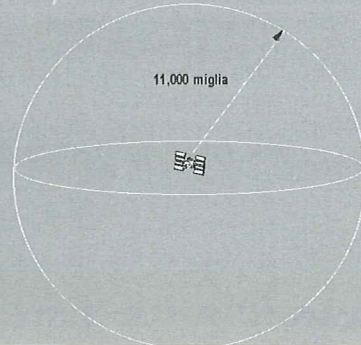


Il GPS in 5 passi

- 1 Basato sulla Trilaterazione
 - 2 Distanza dai satelliti usando la velocità della luce
 - 3 4 satelliti risolvono per X,Y,Z,t
 - 4 I satelliti ci dicono dove sono
 - 5 Correzioni Troposferica & Ionosferica
- 

Trilaterazione

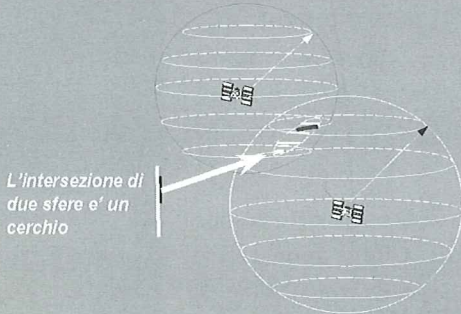
Una misura costringe la nostra posizione sulla superficie di una sfera



Noi siamo da qualche parte sulla superficie di questa sfera.

Trilaterazione

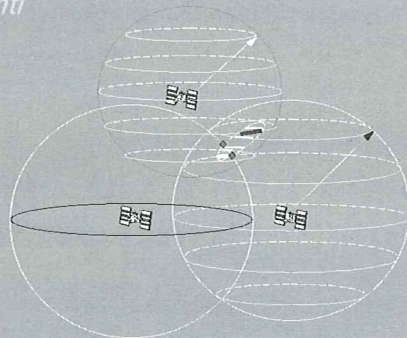
Una seconda misura restringe le possibilità all'intersezione tra due sfere



L'intersezione di due sfere è un cerchio

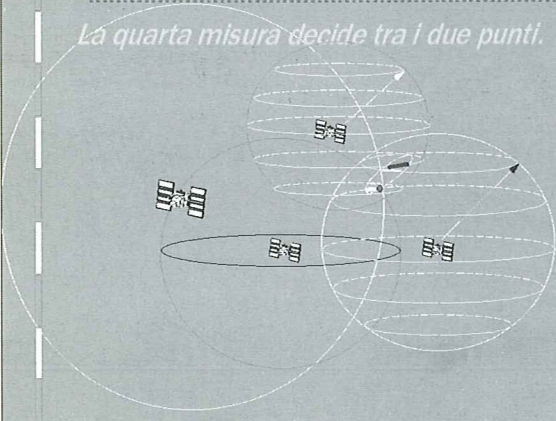
Trilaterazione

La terza misura riduce l'incertezza a solo due punti



Trilaterazione

La quarta misura decide tra i due punti.



Trilaterazione

In pratica 3 misure sono sufficienti perché

- Possiamo scartare uno dei due punti in quanto darebbe una soluzione ridicola
 - Nello spazio esterno
 - O in movimento ad altissima velocità
- Ma abbiamo bisogno della quarta misura per eliminare gli errori di clock