

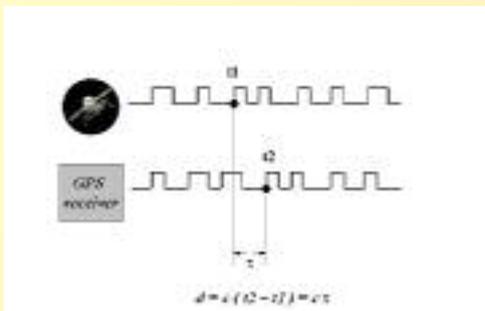
Sincronizzazioni di tempo per la Radioastronomia – i metodi

Il GPS serve per navigare, ma non solo

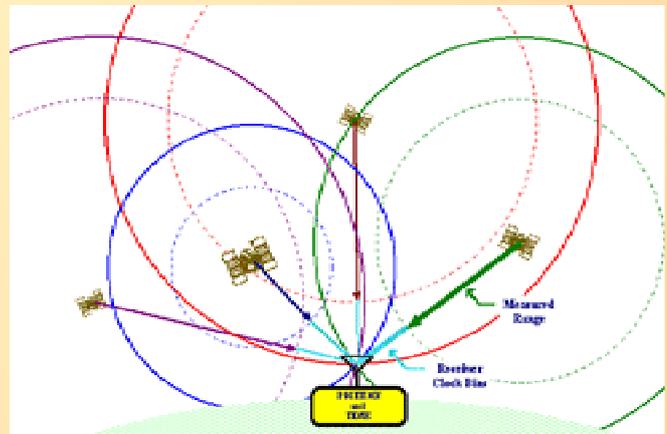
Utilizza posizioni note dei satelliti nello spazio per determinare posizioni incognite sulla terra, ovvero fornisce le coordinate come Latitudine, Longitudine e quota (soluzione in 3 Dimensioni).

Le grandezze misurate nella realtà sono i singoli *tempi di volo* che impiegano i segnali radio inviati dai satelliti per raggiungere l'antenna del ricevitore. Per risolvere l'incertezza sul tempo locale (orologio del ricevitore), si richiedono n+1 satelliti per avere una soluzione di localizzazione ad n dimensioni (4 sat per 3D, 3 sat per 2D).

La localizzazione è quindi ottenuta tramite misure di differenze di tempo che, moltiplicate per la **velocità della luce c** (la costante universale di propagazione di tutte le onde elettromagnetiche), diventano distanze spaziali ($d = c (t_2 - t_1) = c \tau$).



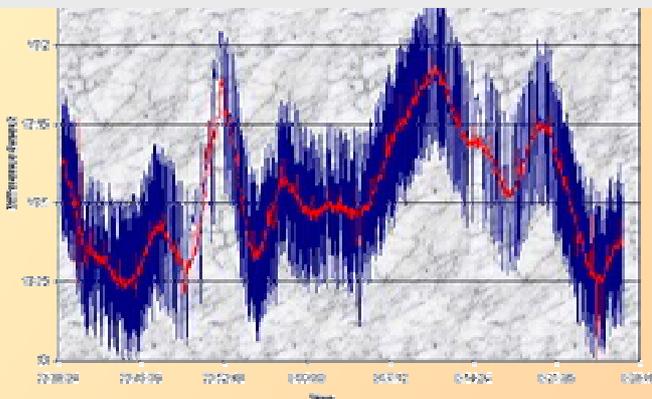
Il ricevitore misura la differenza temporale (o ritardo) fra l'istante di emissione t_1 del segnale da parte del satellite e l'istante t_2 della sua ricezione come massimo nella funzione di cross-correlazione fra i due segnali. L'incertezza di misura è legata a molti parametri, anche variabili, del sistema GPS.



Per ogni distanza, misurata con la sua incertezza dal ricevitore rispetto ad un satellite, si individua una corona sferica. Il punto di intersezione fra tre (o più) corone sferiche individua univocamente una piccola zona nello spazio e nel tempo.

Il GPS quindi può anche essere utilizzato per **trasferire sincronizzazioni temporali** fra stazioni sparse su tutta la superficie terrestre, come le stazioni di radioastronomia VLBI. Infatti la soluzione di localizzazione implica che anche **l'orologio locale del ricevitore GPS sia sincronizzato** con la scala di tempo GPS, che a sua volta è mantenuta agganciata a quella del Tempo Coordinato Universale (UTC).

Dalla incertezza massima di alcuni metri, dichiarata per tutto il sistema, è facile rendersi conto che le differenze di tempo di volo fra i vari satelliti vanno stimate entro **poche decine di nanosecondi**.



Poiché $\Delta d = c \Delta \tau$,
se ad esempio $\Delta d \sim 3 \text{ m}$,
allora $\Delta \tau = 10 \text{ ns}$

Serie di misure di confronto fra la scala di tempo generata a partire dal campione atomico Maser-H della parabola VLBI di Medicina e quella ricevuta dal nostro ricevitore GPS.
La scala verticale vale 50ns per divisione.

Per saperne di più:

- Sul GPS: D. Wells, "Guide to GPS positioning", Fredericton, NB; Canadian GPS Associates, 1987
R.B.Hangley, "The GPS error budget", GPS WORLD, March 1997, 51-56
Peter H. Dana "Global Positioning System Overview", <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps.html>