# Cenni sul sistema di geolocalizzazione GPS

**Aligi BANDINELLI**
aligi.bandinelli@gmail.com

Attualmente è universalmente diffuso, per la geolocalizzazione di un punto sulla superficie terrestre, il sistema di rilevamento GPS (Global Positioning System), attraverso strumenti dedicati, come il Garmin ETR, ETREX, Edge o simili, oppure attraverso una delle molte applicazioni per smartphone, a cominciare da Google Maps.

In realtà con il termine GPS si dovrebbe indicare solo il sistema di posizionamento americano, inizialmente introdotto per scopi militari, ma utilizzato oggi ampiamente per usi civili. Oltre a questo sistema infatti, ne esistono altri: il sistema satellitare russo (GLONASS) diventato pienamente operativo nel 2011, quello europeo (GALILEO) pienamente operativo dal 2020 e quelli cinese e indiano che coprono per ora zone più limitate. L'insieme di tutti i sistemi di posizionamento satellitari prende il nome di GNSS (Global Navigation Satellite System).

Il funzionamento del sistema è estremamente complesso, ma per gli scopi della presente nota, e limitandoci al sistema GPS, può essere riassunto nei seguenti punti:

- Si compone di un sistema di 24 satelliti posizionati in orbite geostazionarie intorno alla Terra, ed equipaggiati con orologi atomici ad altissima precisione: essi derivano approssimativamente 1 secondo ogni 30.000 anni. Sono disposti su sei piani orbitali, ognuno ospitante 4 satelliti, e complessivamente Il sistema garantisce che in ogni momento e da qualsiasi punto sulla terra siano visibili almeno 6 satelliti. Questi satelliti trasmettono i segnali che sono captati dai ricevitori GPS;
- Esiste poi una rete a terra, costituita da una stazione principale e 4 ausiliarie, con il compito di controllare l'affidabilità dei dati trasmessi dai satelliti, mantenere il sincronismo degli orologi a bordo e la costanza della loro orbita;
- Il ricevitore, che dispone di un suo orologio interno, elabora i segnali ricevuti da almeno tre diversi satelliti (Fig. 1), che gli permettono di rilevare le rispettive distanze, e da queste ricavare latitudine, longitudine e altezza del punto in cui si trova.

Il principio teorico della determinazione della distanza tra ricevitore e satellite è relativamente semplice, anche se la sua realizzazione pratica è invece molto complessa.
I segnali radio trasmessi contengono informazioni sulla posizione esatta del satellite e l'ora in cui il segnale è stato trasmesso. Quando il dispositivo GPS a terra riceve questo segnale, confronta l'ora dell'invio del segnale con l'ora del suo orologio interno: dalla differenza tra l'ora del segnale inviato dal satellite e l'ora del segnale ricevuto dal dispositivo, il ricevitore può calcolare la distanza dalla quale proviene il segnale.
La distanza da un satellite però non è sufficiente, dato che questa è la stessa su tutta la superficie di una sfera che ha per centro il satellite e raggio pari alla distanza misurata.

Riferiamoci per esempio alla situazione schematizzata nella figura 1, in cui vediamo un ricevitore sulla terra che riceve i segnali da diversi satelliti.
Immaginiamo che il ricevitore analizzi inizialmente il segnale ricevuto dal satellite 1. Esso saprà di trovarsi sulla circonferenza verde ma non potrà sapere in che punto. Nemmeno la ricezione

del satellite 2 sarà sufficiente, perché il ricevitore potrebbe trovarsi in uno o nell'altro dei due punti di intersezione tra le circonferenze verde e rossa.

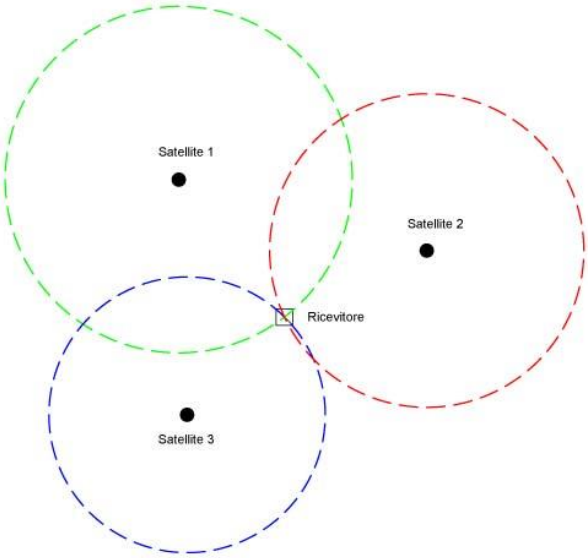


Fig. 1

Solo aggiungendo la distanza da un terzo satellite esso può finalmente stabilire che si trova all'incrocio delle tre circonferenze verde, rossa e blu.

Questo procedimento è detto trilaterazione e andrebbe benissimo se l'orologio interno del ricevitore GPS fosse perfetto e sincronizzato con quelli dei satelliti. Poiché non è possibile sapere a priori se questo è vero, il ricevitore analizza anche i segnali che arrivano da un quarto satellite e se tutti i segnali ricevuti non si intersecano nello stesso punto, il ricevitore sa che c'è un errore di misura del tempo con il suo orologio interno. Pertanto, tramite un algoritmo, corregge l'orologio interno fino a quando non trova il punto di intersezione dei quattro satelliti. In definitiva quindi, per sapere il punto in cui si trova, il ricevitore deve essere in grado di ricevere come minimo 4 satelliti.

Come si è detto la progettazione del sistema GPS è tale da garantire una visione contemporanea di almeno 6 satelliti da ogni punto della terra. Ma in certi casi gli ostacoli naturali costituiti dalla conformazione del terreno, da foreste, montagne o altri fattori, possono impedire la ricezione dei segnali da alcuni di essi, determinando una minore precisione o addirittura l'impossibilità di determinare la posizione dello strumento ricevitore. Per questo motivo i migliori ricevitori sono ora in grado di leggere anche i dati ricevuti da altri sistemi del GNSS, come il russo Glonass o l'europeo Galileo.

Se dal punto in cui si trova il ricevitore è possibile ricevere il segnale di 5 o 6 satelliti, lo stesso procedimento descritto viene eseguito con tutti i segnali, permettendo così l'individuazione del punto con una maggiore precisione. Gli strumenti di buona qualità indicano anche la precisione con cui il punto è stato determinato.

*Pubblicato il 22 luglio 2025*
*©Aligi Bandinelli*