

## Sistema Gps

Sistema di posizionamento satellitare Gps Navstar

### 1. Introduzione

I sistemi di posizionamento satellitare (per usi militari e civili) non sono un'invenzione recentissima.

Il primo sistema in uso, chiamato TRANSIT (statunitense), è diventato operativo nel 1964; sono poi seguiti altri sistemi, tra cui l'ARGOS (nato da una collaborazione USA-Francia), operativo dal 1978, il sistema COSPAS-SARSAT, utilizzato principalmente per il soccorso in mare e il sistema di posizionamento tattico militare GLONASS (russo). Questi sistemi sono nati soprattutto per uso militare o per uso di ricerca, ma - successivamente - sono stati (in parte) declassificati e destinati ad uso civile.

Al momento è in gestazione il sistema di posizionamento satellitare europeo GALILEO, che dovrebbe diventare completamente operativo per l'anno 2008. GALILEO sarà un sistema di posizionamento destinato ad un uso esclusivamente civile e sarà amministrato dai Governi e dall'industria aerospaziale ed elettronica europea.

Il più famoso sistema di posizionamento satellitare è, comunque, il NAVSTAR GPS (**NAV**igation **S**atellite **T**ime **A**nd **R**anging - **G**lobal **P**ositioning **S**ystem), chiamato - per brevità - GPS.



### 2. La struttura del sistema NAVSTAR GPS

La nascita del progetto GPS risale al 1973 ed è stata promossa dal Dipartimento della Difesa americano, essendo il GPS un sistema nato esclusivamente per scopi militari. Il sistema GPS è composto da tre segmenti (i documenti tecnici li chiamano così):

- I satelliti
- Il sistema di controllo a terra
- Gli utenti

#### 2.1 I satelliti

La costellazione di satelliti GPS è composta da 24 satelliti, 18 operativi e 6 di riserva (in realtà i satelliti operativi in orbita possono essere fino a 32)

Il numero massimo di 32 satelliti è legato alla posizione dei satelliti nelle orbite e al tipo di codifica di trasmissione dei dati.

I satelliti sono disposti su sei orbite, inclinate di 55° rispetto all'equatore.

Su ogni orbita sono quindi disposti 3 satelliti operativi e un satellite di riserva (4 satelliti x 6 orbite = 24 satelliti)

I satelliti orbitano ad un'altezza operativa di 20183 Km da terra (in realtà l'altezza varia da 18000 a 22000 Km) e il loro periodo di rotazione è pari esattamente alla metà del giorno siderale (12 ore).

In realtà la durata del giorno siderale non corrisponde esattamente alla durata del giorno misurato secondo il Tempo Internazionale Coordinato (UTC) e quindi, nell'arco delle 24 ore (misurate dai nostri orologi) i satelliti compiono due orbite non completamente intere.

Ciò significa che, ogni giorno, ad una determinata ora, in un determinato punto della Terra, non saranno visibili sempre gli stessi satelliti, con la stessa disposizione nello spazio.

I satelliti sono stati concepiti per avere una vita operativa di 7 anni; a 20 anni circa dai primi lanci sono ancora operativi alcuni vecchi satelliti, ecco perché i satelliti utilizzabili possono essere più di 24.

**Il sistema GPS è diventato completamente operativo nel 1994, quando sono diventati funzionanti i 24 satelliti previsti dalle specifiche di sistema;** esso viene mantenuto in ordine con il lancio di nuovi satelliti che sostituiscono i vecchi, guasti od obsoleti. Attualmente siamo arrivati alla terza generazione (Block III) satellitare.

Ogni satellite porta a bordo:

- Un orologio atomico di estrema precisione (che è alla base del sistema, come vedremo).
- Un computer di controllo.
- Un sistema di trasmissione radio ad onde ultracorte.
- Un sistema di controllo di assetto.

#### 2.2 Il sistema di controllo a terra

**Il sistema GPS richiede l'esistenza di una serie di centrali di controllo a terra. La master station si trova nel Colorado (USA);** le altre stazioni si trovano sparse lungo l'equatore, in modo da potersi collegare con tutti i satelliti in orbita. Tutte le stazioni di controllo sono collegate tra loro via radio.

I compiti delle stazioni di controllo sono:

- Tenere sincronizzati tra loro gli orologi atomici dei satelliti.
- Tenere sotto controllo le orbite dei satelliti.
- Controllare lo "stato di salute" (guasti, malfunzionamenti) dei satelliti.

La sincronizzazione degli orologi atomici dei satelliti consiste esclusivamente nel controllare quali sono le differenze temporali tra gli orologi dei vari satelliti (ad es: annotare che l'orologio del satellite 1 ha un ritardo di 2,1 miliardesimi di secondo rispetto a quello del satellite 3 etc.)

Le orbite dei satelliti sono periodicamente controllate, in quanto è fondamentale per il funzionamento del sistema che le orbite siano esattamente conosciute e trasmesse all'utente a terra.

Se l'orbita di progetto del satellite varia (a causa delle attrazioni della luna, a causa del vento solare o per altri motivi..), la stazione di controllo invia un segnale di correzione al satellite, che mette in moto i suoi motori di assetto e si riporta nell'orbita giusta.

I satelliti possono guastarsi o avere malfunzionamenti; per assicurare un funzionamento "certo" del sistema, le stazioni di controllo monitorano lo "stato di salute" dei satelliti ed escludono dal sistema (temporaneamente o per sempre) i satelliti che mostrano malfunzionamenti.

### **2.3 Il segmento utente**

Il terzo segmento del sistema è il segmento utente, che è rappresentato dal ricevitore di posizione dell'utilizzatore (= apparecchio GPS portatile o fisso), completo di antenna. Essendo il GPS un sistema che basa il suo funzionamento sulla misura del tempo, il ricevitore dell'Utente sarà collegato ad un'antenna (di piccole dimensioni) e avrà al suo interno un orologio preciso (ovviamente) , un computer di elaborazione (il segnale radio ha bisogno di una decodifica particolare per essere utilizzato) e un semplice ricevitore radio per il segnale trasmesso dai satelliti.

Il sistema di trasmissione radio dei satelliti GPS è un sistema militare e quindi il tipo di modulazione del segnale è una modulazione a spettro diffuso (Spread Spectrum Modulation).

Questo tipo di modulazione fa sì che il segnale trasmesso si confonda con il rumore di fondo elettromagnetico e quindi sia difficilmente captabile da chi non possieda gli apparati appositi e sia difficilmente disturbabile.

### **3. Il funzionamento del GPS**

Il funzionamento del sistema GPS è (relativamente) semplice e si basa sulla misura del tempo di percorrenza del segnale trasmesso dall'antenna del satellite fino all'antenna del ricevitore Utente a terra.

**Innanzitutto ogni satellite ha un proprio nome (chiamato: PRN).**

Il "nome" (= la sequenza in codice che caratterizza ogni satellite) è unico ed inconfondibile e ogni satellite può portare uno solo dei 32 "nomi" consentiti dal sistema. I "nomi" (codici di identificazione) sono sempre gli stessi per i satelliti in orbita e ogniqualevolta un satellite esce definitivamente dalla costellazione al termine della sua vita utile, il satellite che viene messo in orbita in sostituzione "eredita" il suo nome. Ogni satellite trasmette a terra un messaggio, codificato tramite il suo "nome" ; questo messaggio, chiamato almanacco contiene i dati relativi alle orbite dei satelliti (effemeridi) ed altri dati caratterizzanti il satellite (tempo della settimana GPS, stato del satellite ecc.).

Ricordiamo qui che ogni satellite ha, a bordo, un accuratissimo orologio atomico, sincronizzato agli orologi di tutti gli altri satelliti tramite i segnali elaborati dai centri di controllo a terra.

Il ricevitore GPS (qualsiasi ricevitore GPS) ha - al suo interno - un orologio preciso (non così preciso come un orologio atomico, in quanto è un comune orologio elettronico al quarzo).

Riuscendo a sincronizzare l'orologio atomico di un satellite con l'orologio contenuto all'interno del ricevitore GPS ottengo che:

il ritardo di sincronizzazione tra l'orologio del satellite e l'orologio del ricevitore GPS mi dà il tempo di percorrenza del segnale dall'antenna del satellite all'antenna del ricevitore GPS a terra.

Moltiplicando questo tempo per la velocità delle onde elettromagnetiche e della luce nel vuoto (la costante c della famosa equazione di Einstein :  $E=mc^2$ ) che all'incirca è uguale a 300000 Km/sec, ottengo la distanza del satellite dal ricevitore a terra.

Non tutto il percorso delle onde radio si compie nel vuoto; gli ultimi chilometri si

compiono nella ionosfera e nella troposfera. Ciò è causa di un errore, che comunque è prevedibile e modellizzabile.

Se io conosco anche i dati dell'orbita del satellite (e cioè conosco in maniera approssimata in quale punto dello spazio si trova il satellite), io posso ricavare la posizione esatta dell'antenna del mio ricevitore GPS rispetto al centro di massa della Terra (tutti i satelliti orbitano intorno al centro di massa della Terra).

Con una semplice operazione trigonometrica (compiuta dal computer interno ad ogni ricevitore GPS) è possibile spostare il posizionamento dal centro alla superficie della Terra.

**Questa misura, riferita ad un solo satellite, mi darebbe un errore di posizionamento grossolano, pari a qualche centinaio di chilometri; se però io ripeto la misura su piu' satelliti (almeno tre per un posizionamento su latitudine e longitudine, almeno quattro se voglio conoscere anche la quota del punto in cui mi trovo) ottengo la mia posizione con un errore di circa una decina di metri.**

Come faccio a sincronizzare gli orologi dei satelliti con l'orologio del ricevitore GPS ? L'operazione viene compiuta con i seguenti passi:

- Il computer interno al ricevitore GPS genera di continuo delle copie dei "nomi" dei satelliti.
- Il segnale ricevuto dallo spazio viene captato dall'antenna del ricevitore GPS, "ripulito" e fatto passare in un blocco funzionale (interno al ricevitore GPS), chiamato autocorrelatore.
- L'autocorrelatore confronta i "nomi" dei satelliti generati dal computer interno del ricevitore GPS con i "nomi" dei satelliti captati dall'antenna del ricevitore stesso. Quando due dei nomi coincidono (= sono costituiti dallo stesso blocco di codice) il computer del ricevitore GPS dice all'orologio interno di marcare il tempo.
- Il tempo marcato dall'orologio del ricevitore (= il tempo impiegato dall'autocorrelatore per riconoscere che i due codici - quello satellitare e quello generato dal ricevitore - sono uguali) indica che è stata effettuata una sincronizzazione tra l'orologio del satellite e l'orologio del ricevitore ed equivale al tempo di percorrenza del segnale dall'antenna del satellite all'antenna del ricevitore a terra.

#### **4. Applicazioni del sistema NAVSTAR GPS**

##### **4.1 Misura del tempo**

Dato che la determinazione del posizionamento tramite GPS avviene tramite sincronizzazione di orologi, è naturale che uno degli usi del GPS sia quello della misura del tempo.

**Ogni ricevitore GPS (anche quelli del costo di poche centinaia di migliaia di Lire) quando è "agganciato" con la costellazione satellitare, si trasforma in un orologio accuratissimo, con la precisione di qualche centinaio di milionesimo di secondo.**

I GPS sono impiegati pertanto nella temporizzazione e nella sincronizzazione di reti di trasmettitori (radio, TV o di telefonia cellulare), nella sincronizzazione di reti di computer, nella sincronizzazione di servizi cittadini, quali, ad es. gli impianti di semafori.

##### **4.2 Posizionamento di veicoli o persone**

Il sistema GPS è stato concepito essenzialmente per il posizionamento di veicoli e persone per scopi militari tattici.

E' naturale che questa funzione possa essere trasportata nell'uso civile, dal momento che l'uso del sistema è stato reso piu' agevole abolendo, dal 2 Maggio 2000, il disturbo (S.A. o Selective Availability = Disponibilità Selettiva) che rendeva volutamente inaccurato il segnale di posizionamento trasmesso in chiaro.

Il risultato è stato il proliferare di sistemi di guida veicolare automobilistica.

Il GPS può essere però anche utilizzato per il posizionamento e la guida di aeroplani e di barche o navi, come pure per la guida di persone in terreni sconosciuti (senza trascurare moto, biciclette, gommoni, aerei ultraleggeri ed ogni mezzo di trasporto...).

##### **4.3 Misurazioni geodetiche e topografiche**

Il GPS può essere usato con profitto per ogni tipo di misurazioni geodetiche, dalla misura della deriva dei continenti, all'altezza dei monti..

Proficuo è anche il suo uso in topografia e nel rilievo ambientale in generale.

L'utilizzo del sistema GPS in questo tipo di applicazioni impone di correggere l'errore cospicuo di posizionamento (che abbiamo visto essere pari a circa 10 m) con tecniche particolari di DGPS (= GPS Differenziale) che riducono l'errore di posizionamento ad alcuni centimetri o, addirittura, ad alcuni millimetri.

##### **4.4 Tracciamento di veicoli o di persone**

Una applicazione che sta prendendo sempre piu' piede è quella del tracciamento di veicoli o persone tramite GPS a scopo di soccorso, di antifurto o antirapina o a scopi di controllo a distanza di flotte di veicoli o di convogli ferroviari.

Questa tecnica implica l'utilizzo del GPS insieme ad un sistema di trasmissione (radio o

Questa tecnica implica l'utilizzo del GPS insieme ad un sistema di trasmissione (radio o telefono cellulare).

Il segnale di posizionamento GPS, ricevuto dal mezzo mobile, viene trasmesso (tramite GSM, ad es.) ad una centrale operativa che visualizza la posizione del mezzo su un PC dotato di cartografia elettronica.

Tipico esempio di questa tecnologia è il sistema VIASAT.

Applicazioni del sistema di tracciamento GPS si trovano anche nelle flotte di mezzi pubblici (autobus, ad es.).

#### **4.5 Usi scientifici e usi vari**

Nell'ambito delle applicazioni scientifiche i ricevitori GPS possono essere usati, in unione a sistemi di trasmissione o acquisizione dati, per monitorare le migrazioni di grossi mammiferi selvatici, per misurare il moto delle correnti marine e dei venti ecc.

Il GPS può anche essere usato per divertimento: esiste una "caccia al tesoro" internazionale, guidata tramite Internet, i cui concorrenti debbono trovare oggetti nascosti dei quali si conoscono le coordinate del nascondiglio.