

# Sistema di Posizionamento Globale



Satellite GPS



Ricevitore GPS per uso civile in mare

Il **Sistema di Posizionamento Globale** (in inglese: **Global Positioning System**, abbreviato **GPS**, a sua volta abbreviazione di **NAVSTAR GPS**, [acronimo](#) di **NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System** o di **NAVigation Signal Timing And Ranging Global Position System**) è un [sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile](#) che, attraverso una [rete satellitare dedicata](#) di [satelliti artificiali](#) in [orbita](#), fornisce ad un [terminale mobile](#) o [ricevitore GPS](#) informazioni sulle sue [coordinate geografiche](#) ed [orario](#), in ogni condizione [meteorologica](#), ovunque sulla [Terra](#) o nelle sue immediate vicinanze ove vi sia un contatto privo di ostacoli con almeno quattro satelliti del sistema. La localizzazione avviene tramite la [trasmissione](#) di un [segnale radio](#) da parte di ciascun satellite e l'[elaborazione](#) dei segnali ricevuti da parte del ricevitore.

Il sistema GPS è gestito dal governo degli [Stati Uniti d'America](#) ed è liberamente accessibile da chiunque sia dotato di un ricevitore GPS. Il suo grado attuale di [accuratezza](#) è dell'ordine dei [metri](#), in dipendenza dalle condizioni meteorologiche, dalla disponibilità e dalla posizione dei satelliti rispetto al ricevitore, dalla qualità e dal tipo di ricevitore, dagli effetti di [radiopropagazione](#) del [segnale radio](#) in [ionosfera](#) e [troposfera](#) (es. [riflessione](#)) e dagli effetti della [relatività](#).

# Storia del GPS

Il GPS è stato creato in sostituzione del precedente sistema, il [Transit](#).

Il progetto GPS è stato sviluppato nel [1973](#) per superare i limiti dei precedenti sistemi di navigazione<sup>[3]</sup>, integrando idee di diversi sistemi precedenti, tra cui una serie di studi classificati degli [anni sessanta](#). Il GPS è stato creato e realizzato dal [Dipartimento della Difesa statunitense](#) (USDOD) ed originariamente disponeva di 24 satelliti. Il sistema è diventato pienamente operativo nel [1994](#).

Nel [1991](#) gli [USA](#) aprirono al mondo il servizio con il nome **SPS** ([Standard Positioning System](#)) per usi civili, con specifiche differenziate da quello riservato all'uso delle forze militari USA denominato **PPS** ([Precision Positioning System](#)). Il segnale civile era intenzionalmente degradato attraverso la [Selective Availability](#) (**SA**), che introduceva errori intenzionali nei segnali satellitari allo scopo di ridurre l'[accuratezza](#) della rilevazione, consentendo precisioni dell'ordine di 100–150 m. Tale degradazione del segnale è stata disabilitata dal mese di maggio [2000](#), grazie a un decreto del [presidente degli Stati Uniti Bill Clinton](#), mettendo così a disposizione degli usi civili la precisione attuale di circa 10–20 m (anche se tra i due sistemi permangono delle differenze, si veda più avanti). Nei modelli per uso civile devono essere presenti alcune limitazioni: massimo 18 km per l'[altitudine](#) e 515 m/s per la velocità, per impedirne il montaggio su [missili](#). Questi limiti possono essere superati ma non contemporaneamente.

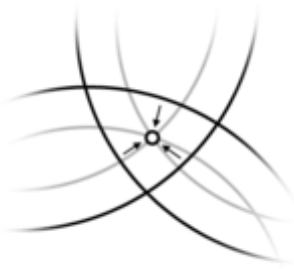
## Il sistema

Il sistema di posizionamento si compone di tre segmenti: il segmento spaziale (*space segment*), il segmento di controllo (*control segment*) ed il segmento utente (*user segment*). L'[Aeronautica militare degli Stati Uniti](#) sviluppa, gestisce ed opera il segmento spaziale ed il segmento di controllo.

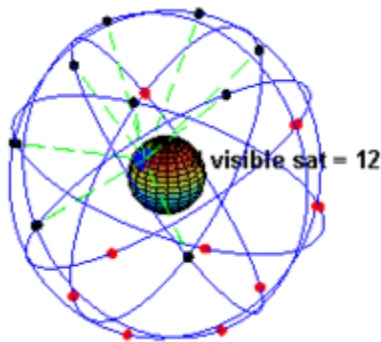
Il segmento spaziale comprende da 24 a 32 satelliti. Il segmento di controllo si compone di una stazione di controllo principale, una stazione di controllo alternativa, varie antenne dedicate e condivise e stazioni di monitoraggio. Il segmento utente infine è composto dai ricevitori GPS.

Attualmente sono in orbita 31 satelliti attivi nella [costellazione](#) GPS (più alcuni satelliti dismessi, alcuni dei quali riattivabili in caso di necessità). I satelliti supplementari migliorano la [precisione](#) del sistema permettendo misurazioni [ridondanti](#). Al crescere del numero di satelliti, la costellazione è stata modificata secondo uno schema non uniforme che si è dimostrato maggiormente affidabile in caso di guasti contemporanei di più satelliti.

## Principio di funzionamento



Intersecando tre sfere il cui raggio è la distanza dal satellite (che conosciamo) con la superficie terrestre si può individuare un punto su di essa



Animazione della costellazione di satelliti del GPS durante il movimento di un ricevitore a terra

Il principio di funzionamento si basa su un metodo di posizionamento sferico ([trilaterazione](#)), che parte dalla misura del tempo impiegato da un [segnale radio](#) a percorrere la distanza satellite-ricevitore.

Poiché il ricevitore non conosce quando è stato trasmesso il segnale dal satellite, per il calcolo della differenza dei tempi il segnale inviato dal satellite è di tipo orario, grazie all'[orologio atomico](#) presente sul satellite: il ricevitore calcola l'esatta distanza di propagazione dal satellite a partire dalla differenza (dell'ordine dei microsecondi) tra l'orario pervenuto e quello del proprio orologio sincronizzato con quello a bordo del satellite, tenendo conto della velocità di propagazione del segnale.

L'orologio a bordo dei ricevitori GPS è, però, molto meno sofisticato di quello a bordo dei satelliti e deve essere corretto frequentemente non essendo altrettanto accurato sul lungo periodo. In particolare la sincronizzazione di tale orologio avviene all'accensione del dispositivo ricevente utilizzando l'informazione che arriva dal quarto satellite venendo così continuamente aggiornata.

Se il ricevitore avesse anch'esso un *orologio atomico al cesio* perfettamente sincronizzato con quello dei satelliti sarebbero sufficienti le informazioni fornite da 3 satelliti, ma nella realtà non è così e dunque il ricevitore deve risolvere un sistema di 4 incognite ([latitudine](#), [longitudine](#), [altitudine](#) e [tempo](#)) e per riuscirci necessita dunque di 4 [equazioni](#).

Ciascun satellite emette su due canali: L1, l'unico disponibile al servizio SPS (per uso civile), e L2 per l'uso esclusivo per il servizio PPS (uso militare). Le frequenze [portanti](#) sono di 1575,42MHz e

di 1227,6MHz rispettivamente, derivate da un unico [oscillatore](#) ad alta stabilità di [clock](#) pari a 10,23MHz che viene moltiplicato per 154 e 120 per ottenere la frequenza delle due portanti. Negli ultimi 5-10 anni alcuni modelli di ricevitori GPS per uso civile in campo ingegneristico hanno la possibilità di usufruire del secondo canale L2 permettendo così di raggiungere un margine di precisione centimetrico.

Lo scopo della doppia frequenza è quello di eliminare l'errore dovuto alla [rifrazione atmosferica](#). Su queste frequenze portanti, [modulate in fase](#), viene modulato il messaggio di navigazione che ha una [velocità di trasmissione](#) pari a 50 [bit per secondo](#) con una modulazione numerica di [tipo binario](#) (0;1), contenente:

- tempo della trasmissione del satellite (*satellite time-of-transmission*);
- effemeridi satellite (*satellite ephemeris*);
- grado di funzionalità del satellite (*satellite (SIS) health*);
- correzione relativistica dell'orologio satellitare (*satellite clock correction*);
- effetti di ritardo del segnale dovuti alla [ionosfera](#) (*ionospheric delay effects*);
- correlazione con il [tempo coordinato universale](#) (UTC) come specificato dallo [United States Naval Observatory](#) (USNO);
- stato della costellazione (*constellation status*).

La funzione del ricevitore di bordo è prima di tutto quella di identificare il satellite attraverso la [banca dati](#) di codici che quest'ultimo ha in suo possesso; infatti ogni satellite ha un codice e il ricevitore lo identifica grazie a quest'ultimo. L'altra funzione importante del ricevitore è quella di calcolare il  $\Delta t$ , ovvero il tempo impiegato dal segnale per arrivare dal satellite al ricevitore. Esso viene ricavato dalla misura dello slittamento necessario ad adattare la sequenza dei [bit](#) ricevuta dal satellite a quella identica replicata dal ricevitore di bordo.

Ogni satellite trasmette l'almanacco (parametri orbitali approssimati) dell'intera costellazione, ma esclusivamente le effemeridi relative a sé stesso. La parte relativa alle effemeridi dura 18 [secondi](#) e viene ripetuta ogni 30 secondi. Per scaricare completamente l'almanacco dell'intera costellazione sono necessari invece 12,5 [minuti](#).

In tal modo il ricevitore GPS, mentre effettua il conteggio [Doppler](#), riceve i parametri dell'orbita da cui deriva la posizione del satellite: viene così a disporre di tutti gli elementi necessari a definire nello spazio la superficie di posizione.

## Il segmento spaziale



Un satellite GPS non lanciato esposto a Museo dello Spazio di [San Diego](#)

Dal [2010](#) il sistema è costituito da una costellazione di 31 satelliti NAVSTAR (*navigation satellite timing and ranging*), disposti su sei piani orbitali con una inclinazione di 55° sul piano equatoriale. Seguono un'orbita praticamente circolare (con [eccentricità](#) massima tollerata di 0,03) con raggio di circa 26 560 km viaggiando in 11 h 58 min 2 s, o metà [giorno siderale](#). I satelliti, osservati da terra, ripetono lo stesso percorso nel cielo dopo un [giorno sidereo](#).

Ciascun piano orbitale ha almeno 4 satelliti, e i piani sono disposti in modo tale che ogni utilizzatore sulla terra possa ricevere i segnali di almeno 5 satelliti. Ogni satellite, a seconda della versione, possiede un certo numero di orologi atomici (al [cesio](#) o al [rubidio](#)).

In orbita vi sono un minimo di 24 satelliti per la trasmissione di dati GPS, più 3 di scorta per garantire copertura globale del servizio. Ciascun satellite dispone di razzi a idrazina per effettuare le correzioni di orbita e di [pannelli solari fotovoltaici](#) per la produzione di energia elettrica uniti a una batteria per garantire l'energia per le operazioni anche quando il sole è [eclissato](#).

Le generazioni che si sono susseguite sono denominate:

- **Block I:** i primi 11 satelliti del sistema, in orbita tra il [1978](#) ed il [1985](#), prodotti da [Rockwell International](#), erano in programma per una missione media di 4,5 anni ed una durata di vita di 5 anni, ma la loro vita media è salita a 8,76 anni, il più longevo restò in attività per 10 anni. Il loro compito principale era quello di convalidare il concetto di GPS. Oggi nessun satellite di questa generazione è ancora in uso;
- **Block II:** i satelliti di questa generazione sono i primi satelliti operativi GPS. Molti miglioramenti sono stati fatti per questi satelliti rispetto alla versione precedente, soprattutto per quanto riguarda la loro autonomia. Essi sono in grado di rimanere 14 giorni senza contatto con il *segmento di terra*, mantenendo una sufficiente precisione. Nove satelliti sono stati lanciati nel [1989](#) e nel [1990](#). Anche se si è preventivata una vita operativa di 7,5 anni, la maggior parte di loro rimase in funzione per oltre 10 anni. Dal 2010, non è più attivo alcun satellite Block II;
- **Block IIA:** vennero lanciati 19 satelliti di questo tipo tra il [1990](#) ed il [1997](#) e rappresentano un ulteriore sviluppo di satelliti Block II dall'originale. Essi sono stati in grado di operare in modalità degradata per il comparto civile. Sono dotati di due [orologi atomici](#) al [cesio](#) e due orologi al [rubidio](#). Hanno segnato, nel 1993, l'inizio della fase operativa del GPS. Nel 2010 sono attivi 11 satelliti della generazione IIA;
- **Block IIR:** i satelliti Block IIR sono dotati di maggiore autonomia, costruiti dalla [Lockheed Martin](#) e messi in orbita tra il [1997](#) e il [2009](#), possono scambiarsi messaggi senza nessun contatto con la Terra, consentendo agli operatori di sistema di comunicare con i satelliti che non sono accessibili in comunicazione diretta. Sono dotati di tre orologi atomici al [rubidio](#). Ventuno dei satelliti di questo blocco sono stati lanciati il 17 agosto 2009 e venti sono ancora attivi. Gli ultimi otto sono nominati con l'acronimo IIR-M perché emettono un nuovo codice (L2C) per uso civile e un nuovo codice militare (M). Il satellite IIR-M7 ha portato a bordo un emettitore sperimentale in grado di trasmettere sulla frequenza di 1176,45 MHz, chiamata L5, che sarà adottata dai satelliti del Blocco F.<sup>[8]</sup> I segnali L1 ed L2 saranno inutilizzabili a causa di interferenze tra questi segnali ed il segnale L5;
- **Block IIF:** i satelliti del blocco IIF (*Follow-On*) sono costruiti dalla [Boeing](#) e ne sono previsti 12 esemplari. Il primo della serie è stato lanciato nel maggio 2010<sup>[11]</sup> ed il lancio di altri satelliti verrà effettuato gradualmente fino al [2014](#).
- **Block III:** i satelliti di questa serie sono ancora in fase di sviluppo e sono destinati a sostenere il sistema GPS almeno fino al [2030](#). I primi studi sono stati avviati nel novembre 2000 e, nel maggio 2008, [Lockheed Martin](#) è stata scelta per realizzare 32 satelliti. Una prima serie consiste di otto satelliti (**Block IIIA**) che sarà lanciata a partire dal 2014.

## Il segmento di controllo



Un'operatrice dell'Aeronautica statunitense nel centro di controllo della base aerea di [Schriever](#) in [Colorado](#)



Stazione di controllo a terra utilizzata dal 1984 al 2007, in mostra allo [Air Force Space & Missile Museum](#)

Il segmento di controllo è composto da:

1. una stazione di controllo principale (*master control station*);
2. una stazione di controllo principale alternativa (*alternate master control station*);
3. quattro [antenne](#) terrestri dedicate;
4. sei stazioni di controllo dedicate;

La stazione di controllo principale può accedere anche alle antenne della rete di controllo satellitare dell'Aeronautica degli Stati Uniti (AFSCN) per ottenere capacità di comando e controllo aggiuntive, e alle stazioni di controllo della NGA ([National Geospatial-Intelligence Agency](#)). Le traiettorie dei satelliti vengono rilevate da apposite stazioni dell'Aeronautica nelle [Hawaii](#), su [Kwajalein](#), nell'[isola dell'Ascensione](#), nell'isola di [Diego Garcia](#), a [Colorado Springs](#) ed a [Cape Canaveral](#), assieme alle stazioni dell'NGA condivise, in [Inghilterra](#), [Argentina](#), [Ecuador](#), [Bahrain](#), [Australia](#) e [Washington DC](#).

Le informazioni di tracciamento vengono inviate alla stazione di controllo principale, allo *Air Force Space Command* nella base aerea di [Schriever](#), a 25 km da Colorado Springs, che è gestito dal [2nd Space Operations Squadron](#) (2° Squadrone operazioni spaziali) dell'Aeronautica. Quindi il Comando contatta regolarmente ogni satellite GPS per i necessari aggiornamenti con le antenne dedicate o condivise (le antenne dedicate sono a Kwajalein, nell'isola dell'Ascensione, a Diego Garcia, ed a Cape Canaveral).

Questi aggiornamenti servono a sincronizzare gli orologi atomici a bordo dei satelliti a pochi [nanosecondi](#) l'uno dall'altro, e ad aggiornare le [effemeridi](#) del modello orbitale interno. Gli



aggiornamenti sono creati da un [filtro di Kalman](#) che utilizza i dati delle stazioni di controllo a terra, le informazioni della [meteorologia spaziale](#) e vari altri parametri.

Le manovre satellitari non sono accurate per gli standard GPS. Così durante il cambiamento dell'orbita di un satellite, il satellite viene messo fuori servizio (*unhealthy*), in modo che non venga utilizzato da un ricevitore. Poi, una volta terminata la manovra, l'orbita può essere controllata ed acquisita da terra ed il satellite rimesso in servizio con le nuove effemeridi.

### Stazioni di tracciamento e centro di calcolo

Il tracciamento dei satelliti comprende tutte quelle operazioni atte a determinare i parametri dell'orbita. A ciò provvedono 5 stazioni principali, site nei pressi dell'equatore, dette appunto di tracciamento (*main tracking stations*), ed in particolare a [Colorado Springs](#), [Diego Garcia](#), [Hawaii](#), [l'isola di Ascensione](#) e [Kwajalein](#). Colorado Springs è anche sede del centro di calcolo. Ogni volta che ciascun satellite nel suo moto orbitale sorvola il territorio [americano](#) le stazioni di tracciamento ne registrano i dati [doppler](#) che vengono avviati al centro di calcolo e qui valorizzati per la determinazione dei parametri orbitali. Per risolvere questo problema è stato necessario venire in possesso di un fedele [modello matematico](#) del [campo gravitazionale terrestre](#). La costruzione di questo modello è stato uno dei problemi di più ardua soluzione nello sviluppo del progetto Transit da cui è derivato l'attuale [Navstar](#). I risultati di questa indagine sul campo gravitazionale terrestre, che sono di vasta portata dal punto di vista [geodetico](#), possono riassumersi in un'immagine del globo nella quale vengono riportate le linee di eguale scostamento del [geoide](#) (LMM) dall'[ellissoide](#) di riferimento APL.

### Stazioni di soccorso

I parametri orbitali di ciascun satellite, appena determinati presso il centro di calcolo, sono riuniti in un [messaggio](#) che viene inoltrato al satellite interessato mediante una delle stazioni di soccorso. Il satellite registra i parametri ricevuti nella sua [memoria](#) e li irradia agli utenti.

### Il segmento utente: il ricevitore GPS



Ricevitori GPS prodotti da [Trimble](#), [Garmin](#) e [Leica](#) (da sinistra a destra).

Il segmento utente è composto dalle centinaia di migliaia di ricevitori militari che usano il PPS e le decine di milioni di ricevitori degli utenti civili, commerciali e scientifici che fanno uso del SPS. In generale i ricevitori si compongono di una antenna, un microprocessore e una sorgente di tempo (come un oscillatore al quarzo o un [TCXO](#)). Possono anche includere un display per fornire le informazione all'utente.

Un ricevitore viene spesso descritto dal numero di canali di cui dispone che indica il numero di satelliti che è in grado di monitorare simultaneamente. Il numero di canali è stato incrementato

progressivamente nel tempo. Tipicamente un moderno ricevitore commerciale dispone di un numero di canali compreso tra 20 e 32 anche se sono disponibili ricevitori con un numero maggiore.

Esistono in commercio ricevitori GPS ("esterni"), interfacciabili mediante porta [USB](#) o [connessioni senza fili](#) come il [Bluetooth](#), che consentono di realizzare navigatori GPS su vari dispositivi: [palmari](#), [PC](#), [computer portatili](#) e, se dotati di sufficiente [memoria](#), anche [telefoni cellulari](#). Per la navigazione esistono [software](#) appositi, [proprietary](#) o [open source](#) che utilizzano una [cartografia](#), che può essere anch'essa pubblica o proprietaria. I dati di navigazione vengono generalmente forniti a PC o altri device attraverso il protocollo [NMEA 0183](#). Nonostante il protocollo sia ufficialmente definito dalla National Marine Electronics Association (NMEA), sono disponibili molte informazioni pubbliche che hanno permesso lo sviluppo di vari strumenti software (anche open source) senza violare proprietà intellettuali. Esistono anche protocolli proprietari come SiRF o MTK o UBX specifici del produttore.

Sempre più spesso i ricevitori GPS sono integrati all'interno smartphone, PDA, Tablet PC, orologi<sup>1</sup> e vari oggetti di uso consumer adatti all'uso in mobilità.

## GPS e teoria della relatività

Gli orologi a bordo dei satelliti vengono corretti per gli effetti della [teoria della relatività](#) che porta a un anticipo del tempo sui satelliti. L'osservazione di tale anticipo è considerata una verifica della teoria di Einstein in un'applicazione al mondo reale. L'effetto relativistico rilevato corrisponde a quello atteso in teoria, nei limiti di accuratezza della misura. L'anticipo è l'effetto combinato di due fattori: la velocità relativa di spostamento rispetto a terra rallenta il tempo sul satellite di circa 7 microsecondi al giorno, mentre il potenziale gravitazionale, minore sull'orbita del satellite rispetto a terra, lo accelera di 45 microsecondi. Pertanto, il bilancio è che il tempo sul satellite anticipa di circa 38 microsecondi al giorno. Per ovviare alla differenza tra orologi a bordo e a terra, gli orologi sul satellite sono corretti per via elettronica. Senza queste correzioni, il sistema GPS genera errori di posizione dell'ordine dei chilometri su un giorno di utilizzo, e non il livello centimetrico a cui il sistema realmente riesce ad arrivare.. Va notato che per raggiungere i livelli di precisione indicati, occorre tenere in conto altri errori di tempo sui satelliti rispetto a terra, non solo quelli di origine relativistica. Ne esistono altri, legati alla propagazione di segnale in atmosfera o ai ritardi dell'elettronica di bordo. Mentre gli errori relativistici sono compensati, un'efficace compensazione di quelli atmosferici o elettronici è più complessa.

## Analisi ed origine degli errori

L'analisi degli errori per il Global Positioning System è un processo complesso, che deve tenere in conto molte variabili. Innanzitutto occorre distinguere tra l'analisi del segmento di terra e quello spaziale. Un'altra importante distinzione è tra errori relativi all'orbitografia dei satelliti, di timing, errori legati alla propagazione dei segnali verso terra e quelli determinati dall'elettronica. Gli errori dovuti all'elettronica, come per esempio i ritardi di tempo, sono in genere gestiti tramite la taratura e i test diretti sull'hardware. Un limite a questa gestione deriva dall'eventuale degradazione dell'hardware nel tempo, che il lancio in orbita o l'esposizione a raggi cosmici e vento solare può causare. Gli errori legati alla propagazione del segnale sono in prevalenza legata al ritardo di propagazione, che ha come variabile fondamentale il tasso di elettroni liberi in atmosfera. Questo parametro a sua volta dipende nuovamente dal vento solare e dai raggi cosmici. Così, l'attività solare può influenzare direttamente la qualità del segnale e delle prestazioni del GPS. Gli errori di orbitografia (per esempio, causati dagli errori delle [effemeridi](#)) sono gestiti con un continuo monitor di tutta la costellazione satellitare dal segmento di terra. Gli errori di timing, oltre a quelli cui si è accennato, sono in gran parte imputabili agli orologi di bordo, ai loro comportamenti stocastici, a



eventuali anomalie. Per ridurli, nel corso dell'evoluzione del sistema sono state adottate contromisure diverse. Innanzitutto a bordo esiste una ridondanza di orologi, ovvero tre-quattro orologi sono presenti, in modo che, oltre a rispondere ai problemi di guasto totale di un orologio, l'insieme possa garantire un timing più accurato. In secondo luogo, il miglioramento delle tecniche di controllo da terra, e migliori performance degli orologi stessi, hanno costituito degli elementi importanti per il monitor degli errori. Fino al 2000 la precisione del GPS per usi civili era intenzionalmente degradata per decisione del governo statunitense ([Selective Availability](#)).

## Aumento della precisione

Le caratteristiche chiave del sistema GPS (accuratezza, integrità, disponibilità) possono essere incrementate grazie all'uso di sistemi di GNSS Augmentation. Tali sistemi possono basarsi su satelliti geostazionari ([Satellite Based Augmentation Systems](#)) come il [WAAS](#) (statunitense) o l'[EGNOS](#) (europeo), oppure su collegamenti radio terrestri per distribuire agli utenti le informazioni correttive da applicare durante il calcolo della posizione. Nel caso di collegamenti radio terrestri ci si riferisce a sistemi [Ground-based augmentation system](#) (GBAS). La modalità DGPS-IP sfrutta invece la rete [Internet](#) per l'invio di informazioni di correzione.

## Applicazioni



Scheda GPS per [palmare](#).



Ricevitore GPS Bluetooth per [smartphone](#) e computer.

Le applicazioni più comuni di un sistema di posizionamento e navigazione satellitare GPS sono la [navigazione assistita](#) sia passiva cioè con semplice rilevazione delle coordinate geografiche, sia attiva cioè con la possibilità, a partire dalla posizione locale, di ricevere indicazioni stradali con l'aiuto di un opportuno [algoritmo](#), che sulla base ad una mappa stradale, presente in [memoria](#) sul dispositivo, calcola il percorso stradale più breve per giungere ad una certa destinazione reimpostata o semplicemente seguire determinate rotte aeree e nautiche nella [navigazione aerea](#) e [marittima](#). Altre importanti applicazioni sono in caso di emergenza/soccorso ovvero segnalazioni incidenti,

infortuni, incendi e come radionavigazione nelle tipiche attività sportive all'aria aperta (es. [trekking](#), [alpinismo](#), [cicloturismo](#), [podismo](#) ecc...).

## Il GPS nell'utilizzo quotidiano

I moderni ricevitori GPS hanno raggiunto dei costi molto contenuti ed il [navigatore satellitare](#) personale è divenuto un oggetto di uso comune. Il mercato offre soluzioni a basso costo, per tutti gli impieghi, che si rivelano efficaci non soltanto per la navigazione satellitare in sé, ma anche per usi civili, per il controllo dei servizi mobili e per il controllo del territorio.

Esistono varie soluzioni:

- **integrate:** sono dispositivi portatili *all-in-one* che incorporano un ricevitore GPS, uno schermo [LCD](#), un [altoparlante](#), un [processore](#) che esegue le istruzioni, date solitamente da un [sistema operativo](#) proprietario, uno [slot](#) per [schede di memoria](#) ove memorizzare la [cartografia](#);
- **ibride:** sono dispositivi portatili ([personal computer](#), palmari, [smartphone](#)) che, nati per scopi diversi, sono resi adatti alla navigazione satellitare attraverso un ricevitore GPS integrato oppure con il collegamento di un ricevitore GPS esterno ([Bluetooth](#) o via cavo) e l'adozione di un software dedicato in grado di gestire la cartografia.

## Il GPS su dispositivi mobili

Con la diffusione dei sistemi GPS, ed il conseguente abbattimento dei costi dei ricevitori, molti produttori di [telefoni cellulari/smartphone](#) hanno cercato di inserire un modulo GPS all'interno dei loro prodotti, aprendosi quindi al nuovo mercato dei servizi (anche sul [web](#)) basati sul posizionamento (o LBS, [location based services](#)). Tuttavia, la relativa lentezza con cui un terminale GPS acquisisce la propria posizione al momento dell'accensione (in media, tra i 45 e i 90 secondi), dovuta alla necessità di ricercare i satelliti in vista, ed il conseguente notevole impegno di risorse [hardware](#) ed energetiche, ha frenato in un primo momento questo tipo di abbinamento. Negli ultimi anni, però, è stato introdotto in questo tipo di telefoni il sistema [Assisted GPS](#), detto anche "A-GPS", con cui è possibile ovviare a tali problemi: si fanno pervenire al terminale GPS, attraverso la rete di [telefonia mobile](#), le informazioni sui satelliti visibili dalla [cella radio](#) a cui l'utente è agganciato. In questo modo un telefono A-GPS può in pochi secondi ricavare la propria posizione iniziale, in quanto si assume che i satelliti in vista dalla cella siano gli stessi visibili dai terminali sotto la sua copertura radio. Tale sistema è molto utile anche come servizio d'emergenza, ad esempio per localizzare mezzi o persone ferite in seguito ad un incidente.

## Il GPS nelle applicazioni topografiche

Il GPS viene utilizzato anche frequentemente per scopi [topografici/cartografici](#). In Italia esiste una rete di punti determinati dall'[IGM](#) chiamata [IGM95](#), determinati con la precisione [planimetrica](#) di 2 cm e [altimetrica](#) di 4 cm.

Solitamente per le applicazioni topografiche si usa un altro metodo per determinare la propria posizione con sufficiente precisione (la precisione di 10 metri, conseguibile nei normali ricevitori, è inaccettabile in topografia), ovvero la misura di fase dell'onda [portante](#) L1 e la risoluzione del numero delle ambiguità. Con metodi piuttosto complessi si arriva a una precisione anche di 2 ppm, ovvero 1 millimetro su un chilometro.

## Il GPS nella sincronizzazione degli orologi terrestri

Il sistema GPS si presta ottimamente alla sincronizzazione di precisione degli orologi terrestri accoppiati ad un ricevitore GPS grazie alla presenza degli orologi atomici presenti sui satelliti e al segnale orario trasmesso da questi verso Terra, e la tal cosa è effettivamente fatta in diverse situazioni di interesse.

## Sistemi alternativi

Oltre al GPS, attualmente sono in uso o in fase di sviluppo altri sistemi. Il [russo](#) *Global Navigation Satellite System* ([GLONASS](#)) è stato impiegato solamente dai [militari russi](#) e sovietici, fino a quando è stato reso pienamente disponibile anche ai civili nel [2007](#). Alcuni moderni smartphone, come l'iPhone 4S, il [Samsung Galaxy S3](#) ed il [Samsung Galaxy Ace 2](#), presentano un'antenna in grado di ricevere sia i segnali GPS sia i segnali GLONASS. La [Cina](#) ha realizzato il [Sistema di posizionamento Beidou](#), per uso civile esteso a tutta l'Asia, ed il [Sistema di navigazione COMPASS](#) (il cui completamento è previsto per il [2020](#)).

L'[India](#) ha pianificato il sistema di navigazione regionale [IRNSS](#), previsto nel 2012, che coprirà India ed [Oceano Indiano](#).

L'[Unione europea](#) ha in progetto il completamento di una propria rete di [satelliti](#), il [Sistema di posizionamento Galileo](#), per scopi civili e militari. Il sistema Galileo è un sistema *duale*, cioè nato per compiti sia civili che militari. Questo progetto ha un'evidente valenza strategica in quanto la rete statunitense è proprietà dei soli [Stati Uniti d'America](#) ed è gestita da autorità militari, che, in particolari condizioni, potrebbero decidere discrezionalmente e unilateralmente di ridurre la precisione o bloccare selettivamente l'accesso al sistema: la condivisione dell'investimento e della proprietà da parte degli stati utilizzatori garantisce continuità, accessibilità e interoperabilità del servizio europeo.