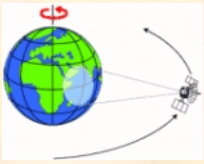
Sistema di Loalizzazione GPS

Fabio Alessandrelli

Tipi di satelliti artificiali

I moderni satelliti per uso civile possono essere:

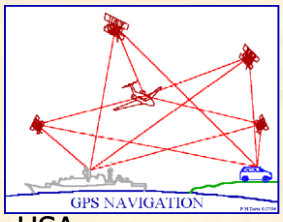
- Geostazionari:
  - Orbita fissa equatoriale a 35.700 km
  - Posizione apparentemente fissa
  - Es. Eutelsat, Intelsat, Astra, Inmarsat



Tipi di Satelliti artificiali

- Geostazionari
  - L'equilibrio delle forze di gravità e centrifuga si ottiene con una velocità angolare pari a quella della terra
  - Copertura locale e fissa
- Orbita bassa
  - Velocità angolare superiore a quella della terra
  - Copre larghe superfici terrestri in poco tempo (sorge, tramonta)
  - Costellazioni di satelliti (quando uno tramonta almeno uno sorge)
  - Usati per GPS, meteorologia, TLC, militari, ecc.
- Orbita polare
  - Per coperture "globali" (osservazioni della terra, dell'atmosfera, delle acque, ecc)

Che cos'è il GPS



Sistema di localizzazione preciso

- Denominato NAVSTAR (NAVigation Satellite Timing And Ranging)
- Sviluppato e manutenuto dal Dip. Difesa USA
- Basato sull'utilizzo di satelliti
- Congresso USA approva l'uso anche per applicazioni civili
  - Navigazione terrestre, area e marittima
  - Navigazione spaziale
  - Geodesia, Topografia, Idrografia
  - Gestione flotte di veicoli, ecc

Il GPS in 5 passi

1. Basato sulla Trilaterazione
   - Misurando la distanza da diversi satelliti è possibile calcolare la propria posizione
2. Distanze dai satelliti usando la velocità della luce
1. Bastano 4 satelliti per risolvere per X, Y, Z e t (il sistema garantisce in ogni punto del globo la ricezione da almeno 6 satelliti)
1. I satelliti dicono chi sono (e dove sono)
1. La Correzioni degli errori

La Trilaterazione

Un esempio TERRA TERRA…

Trilaterazione piana: un esempio

Trilaterazione piana: un esempio

Conoscendo una sola distanza da un punto noto (Genova):

- Si individua un cerchio (insieme dei punti equi-distanti dal "centro")

Trilaterazione piana: un esempio

Conoscendo 2 distanze da punti noti (Genova e Livorno):

- Si individuano 2 punti (ambiguità nella quasi totalità dei casi)

Trilaterazione piana: un esempio (in teoria)

Conoscendo 3 distanze da punti noti (Genova, Livorno e Bastia):

- Si individua un unico punto in cui le tre condizioni vengono soddisfatte
- Condizione teorica

Trilaterazione piana: un esempio (in pratica)

In pratica, nella stima delle distanze (raggi), si può avere un errore in difetto:

- Non tutte le circon-ferenze si intersecano fra loro

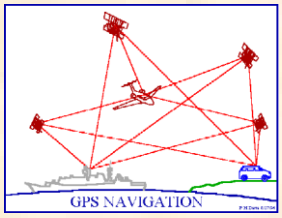
Trilaterazione piana: un esempio (in pratica)

Oppure in eccesso:

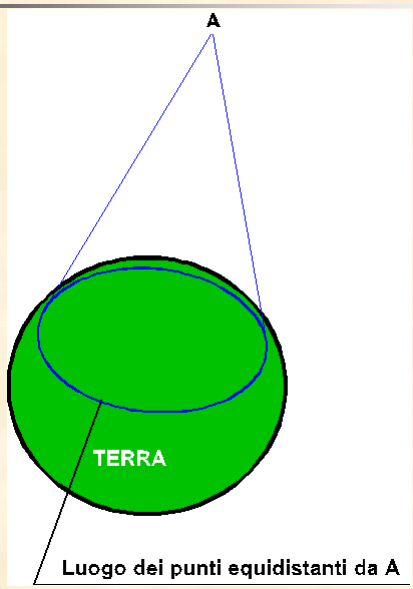
- Le circonferenze si intersecano formando un triangolo (area di indecisione)

GPS (Global Positioning System)

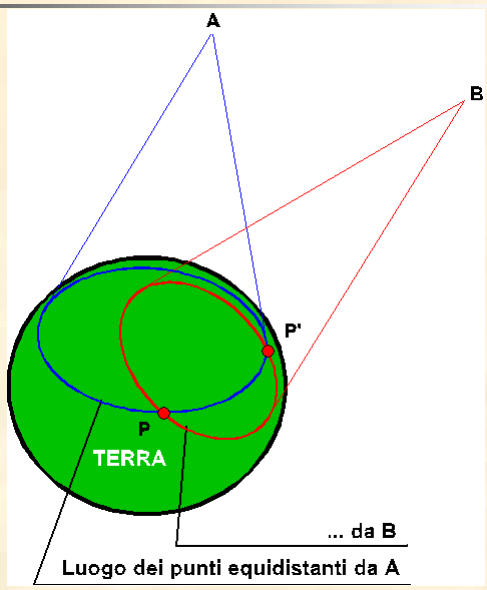
- La triangolazione spaziale che consente di conoscere il punto in cui ci troviamo sulla terra
- E' un'estensione di quella bidimensionale piana
- Si misura la distanza con alcuni satelliti artificiali in orbita attorno alla terra la cui posizione è nota



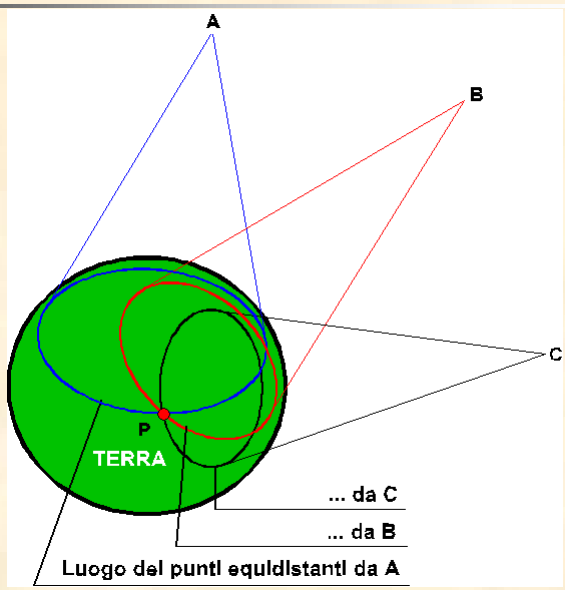
Triangolazione Tridimensionale



Triangolazione Tridimensionale

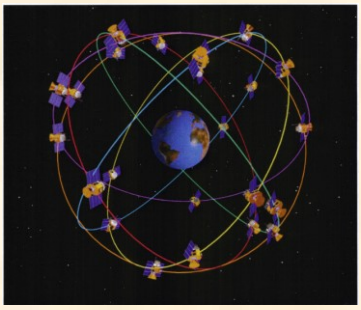


Triangolazione Tridimensionale



Il GPS – Principali dati tecnici

- 24 satelliti (+3 di scorta) ruotanti su 6 piani inclinati di multipli di 55° rispetto al piano dell'equatore
- Raggio dell'orbita 26.560 Km
- Periodo dell'orbita 11h 58m
- Velocità orbitale 4 Km/s



Come si misura la distanza dai satelliti

- Si misura il ritardo tra l'ora locale e l'ora trasmessa dal satellite
- I segnali radioelettrici viaggiano alla velocità della luce
  - 300.000 Km/s
  - In un milionesimo di secondo compie 300 m
- Per ottenere latitudine, longitudine e altitudine, basterebbe la misura del ritardo da almeno 3 satelliti
  - Ma per risolvere anche per «T» ne occorrono almeno 4 (vedere oltre)

Occorrono orologi precisi per misurare il tempo

- L'intero sistema si basa su orologi precisi
  - I satelliti hanno orologi atomici a bordo
  - Precisi ma costosi
- I ricevitori a terra hanno orologi commerciali
  - Il segreto è nella misura supplementare con il quarto satellite che correggere l'orologio del ricevitore di terra

Bisogna essere sicuri che il ricevitore ed il satellite siano perfettamente sincronizzati

Tipi di Ricevitori GPS

- Navigazione
  - *Basso costo*
- Navigazione di Precisione
  - *Differenziale sul Codice*
- Navigazione di Alta Precisione
  - *Differenziale sul Codice misurato con l'aiuto della Fase della Portante*
- Geo-topografici
  - *Differenziali sulla Fase*

Errori di misura

Errori Strumentali

- Deriva del clock del ricevitore (rimosso con le operazioni di differenziazione)
- Errore nella ricostruzione delle portanti L1 e L2
- Rumorosità dei circuiti analogici
- Errore di quantizzazione
- Errore di misura della fase della portante e della fase del codice PRN

GPS: quanto è preciso ?

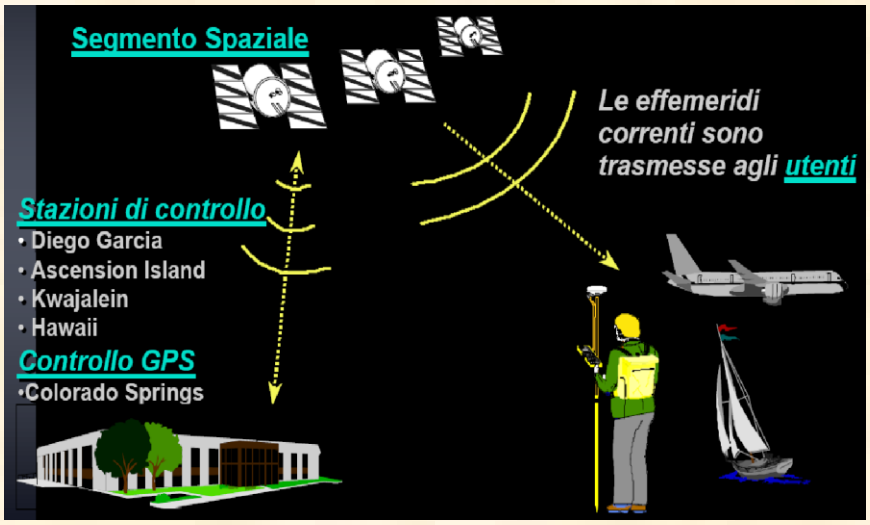
Dipende da alcune variabili:

- Tempo impiegato nella misura
- Tipo di ricevitori utilizzati
- Algoritmo di correzione applicato alle misure
- Degrado inserito dagli Stati Uniti

In pratica:

- Da 30 a 100 metri per i ricevitori commerciali
- Da 1 a 5 metri per ricevitori differenziali (DGPS)
- Precisione < 1cm per i sistemi geo-topografici

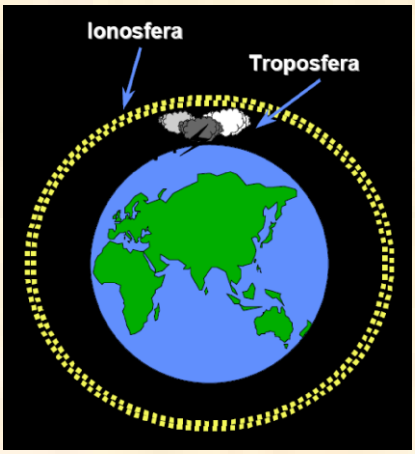
Dove sono i satelliti ? - Effemeridi



Correzioni Atmosferiche

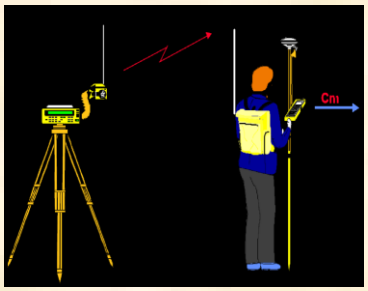
Il ritardo di propagazione iono-troposferico deve essere stimato

- I segnali sono ritardati dalla ionosfera e dalla troposfera
- I ricevitori fanno una stima delle correzioni per compensare questi ritardi



Tecniche di rilievo cinematiche

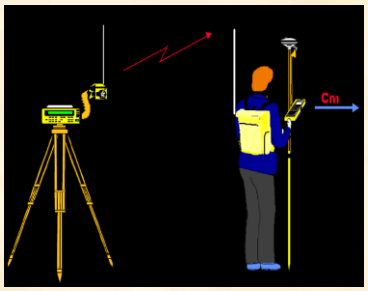
- I tipo cinematico differenziale prevede:
  - stazionamento fisso di un ricevitore base
  - il movimento del secondo ricevitore (rover)
- Vengono registrati continuamente i dati relativi ai punti via via occupati dal ricevitore rover.



40° 23' 27.2258 N
12° 02' 15.1553 E

Tecniche di rilievo cinematiche

- L'inizializzazione si realizzata con una sessione (alcuni minuti) di misura col metodo statico
- L'inizializzazione consente al ricevitore fisso di acquisire una quantità di misure sufficiente a valutare l'ambiguità di ciascun satellite agganciato



40° 23' 27.2258 N
12° 02' 15.1553 E

Tecniche di rilievo cinematiche

- Sono utilizzate per eseguire il rilievo di dettaglio dei particolari del terreno
  - Ambito catastale per l'aggiornamento delle mappe
- La presenza di ostacoli ne limita l'adozione nelle aree urbane

Rilievo cinematico continuo

- Durante il movimento del rover il sistema GPS fornisce in modo continuo, istante per istante, le varie posizioni che assume l'antenna.

Rilievo cinematico stop-and-go

- È il metodo più utilizzato in ambito topografico.
- Un secondo ricevitore (rover) si sposta via via sui punti da rilevare facendovi stazione per pochi secondi
- Durante questa sosta può salvare le informazioni connesse al punto per poi passare speditamente al punto successivo

Rilievo cinematico stop-and-go

- Nel rilievo cinematico stop-and-go la misura si riferisce a punti reali (quelli sui quali si esegue la breve sosta)
- Mentre in quello cinematico continuo le determinazioni si riferiscono a determinati istanti temporali.