

Rilievo G.P.S. in campo topografico

Il sistema GPS

Il sistema **GPS**, acronimo di **Global Positioning System**, consente la localizzazione di entità sulla superficie terrestre, facendo riferimento alla posizione di satelliti in orbita intorno alla Terra.

Fu introdotto inizialmente soltanto per scopi militari dall'esercito americano, che tuttora lo gestisce, ma è oggi ampiamente utilizzato anche per scopi civili.

Con il termine GPS si indica propriamente si indica soltanto il sistema di posizionamento americano, ma esiste anche un sistema di posizionamento satellitare russo (**GLONASS**).

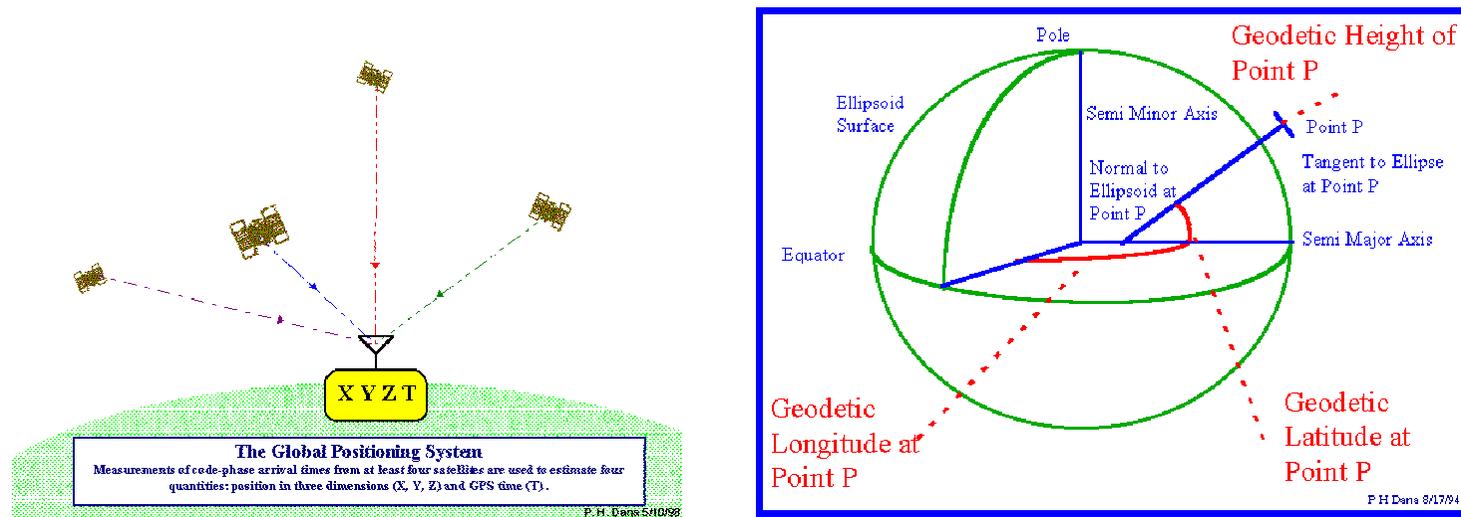
E' in corso di realizzazione anche un sistema europeo, denominato **GALILEO**, che entrato in funzione a partire dal 2013.

Esiste inoltre un sistema cinese, anch'esso in corso di sviluppo (COMPASS).

L'insieme dei di diversi sistemi di posizionamento satellitare prende il nome di **Global Navigation Satellite System** (GNSS).

Il sistema GPS

Obiettivo del sistema GPS, e di tutti i sistemi GNSS, è quello di determinare in tempo reale, la posizione di un osservatore rispetto a un sistema di riferimento geocentrico (sistema WGS84, quota misurata come altezza sull'ellissoide).



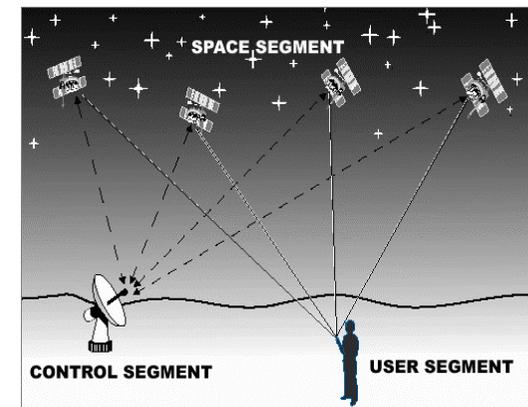
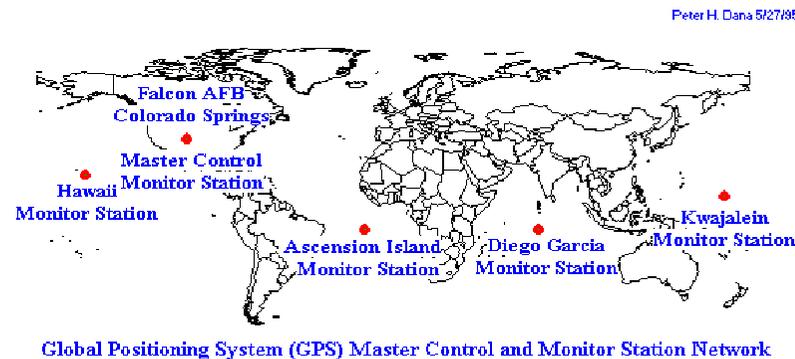
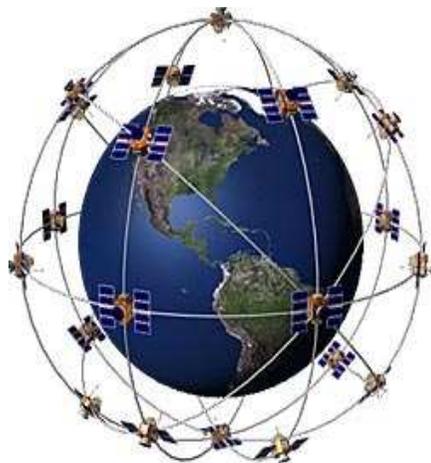
L'informazione sulla posizione è ottenibile istante per istante da un sistema di satelliti in orbita attorno alla terra.

Appositi strumenti (ricevitori GPS) sono in grado di captare il segnale radio emesso dai satelliti e di determinare la posizione dell'osservatore.

Il sistema GPS

Il funzionamento del sistema GPS, l'unico che attualmente è pienamente in funzione, si basa sull'interazione delle tre parti fondamentali in cui è articolato il sistema (segmenti):

1. **Segmento spaziale** (*Space Segment*): 24 satelliti (trasmettitori)
2. **Segmento di controllo** (*Control Segment*): 5 stazioni di controllo a terra
3. **Segmento utente** (*User Segment*): ricevitore GPS

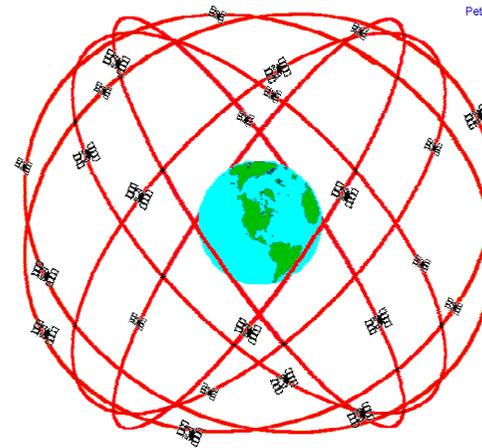
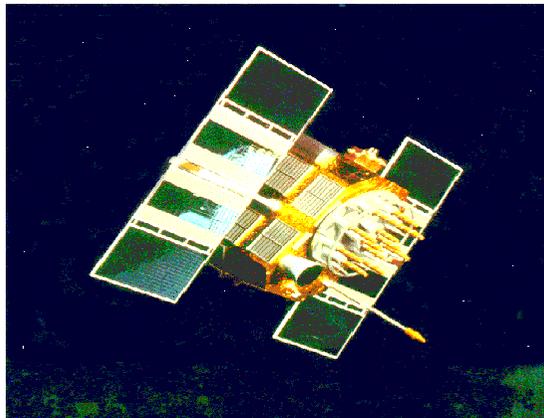


Segmento spaziale

Il segmento Space consiste di almeno 24 satelliti (trasmettitori) in orbita geostazionaria attorno alla Terra, equipaggiati con orologi di elevata precisione e stabilità (orologi atomici) sincronizzati. Attualmente ci sono 31 satelliti attivi.

Caratteristiche dei satelliti:

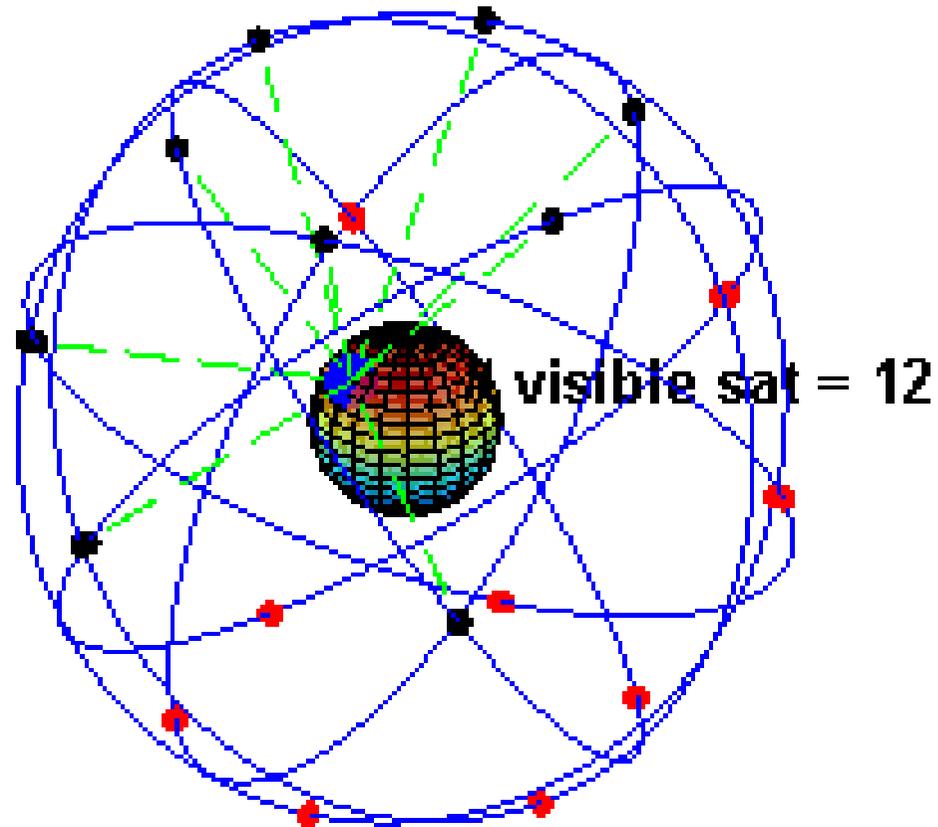
- Orbite geostazionarie circolari di 20200 km di raggio (disposti su 6 piani orbitali inclinati di 55°, con almeno 4 satelliti ciascuno) con periodi di rivoluzione di 12 ore;
- Distribuzione dei satelliti tale da garantire la visibilità di almeno 6 satelliti in qualsiasi momento e da qualsiasi parte del pianeta.
- Equipaggiamento con orologi atomici al cesio ad elevata precisione (errore di un nanosecondo ogni 3 ore circa)
- Invio continuo di un segnale radio che contiene dati di “tempo” e di “posizione”, su due diverse bande.



Peter H. Dana 9/22/98

GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

Segmento spaziale



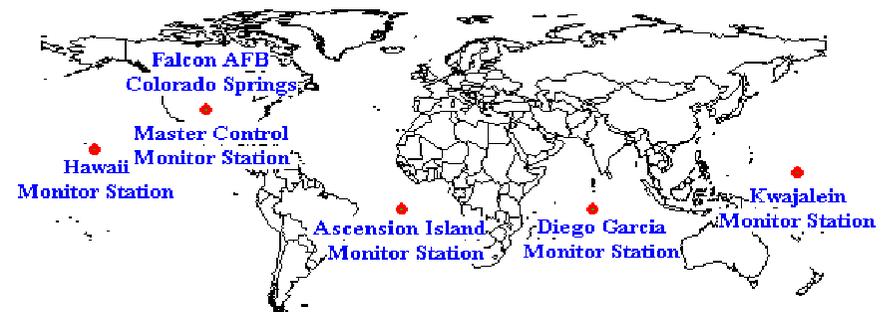
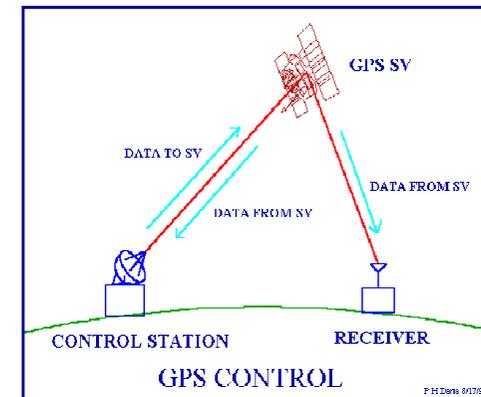
Segmento di controllo

Il segmento di controllo (Control Segment) è composto da una stazione principale e 4 stazioni secondarie di controllo a terra, che ha la funzione di verificare continuamente l'affidabilità dei dati trasmessi dai satelliti.

Le stazioni ricevono e trasmettono ai satelliti i parametri necessari per la correzione dell'orbita di ciascun satellite (effemeridi). Tali parametri sono calcolati a terra dalle stazioni di controllo per poter essere ritrasmessi agli utenti.

Il segmento di controllo è composto da 5 stazioni ospitate da basi militari USA:

- centro di controllo che presiede al governo del sistema (*Master Control Station*) a Colorado Springs (USA);
- 4 stazioni di monitoraggio (Monitor Stations), disposte in modo da garantire che ogni satellite sia “visibile” da almeno una stazione in ogni momento :
 - isole Hawaii (Oceano Pacifico),
 - isola di Ascensione (Oceano Atlantico),
 - Diego Garcia (Oceano Indiano),
 - atollo di Kwajalein (Oceano Pacifico).



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

Segmento utente

Il Segmento Utente (User Segment) consiste nel ricevitore GPS, che in base ai dati ricevuti effettua il calcolo della posizione sul globo terrestre.

Ogni ricevitore GPS è equipaggiato con:

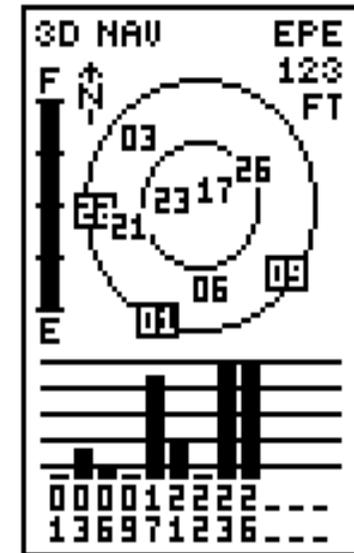
- antenna, in grado di captare il segnale radio trasmesso dai satelliti;
- processore dei dati ricevuti dai satelliti
- orologio ad alta precisione.

Componenti opzionali sono:

- display per la visualizzazione e gestione dei dati
- sistema di interfacciamento con PC (in tempo reale o a posteriori)
- dispositivi per il collegamento con altri ricevitori necessari per la correzione differenziale.

La determinazione della posizione da parte del ricevitore sul calcolo della distanza dell'osservatore da almeno 4 satelliti contemporaneamente basato sulla valutazione del tempo di ricezione del segnale emesso dai satelliti.

Esistono diversi tipi di ricevitori, che si distinguono sulla base delle precisioni ottenibili e per le applicazioni.



Posizionamento

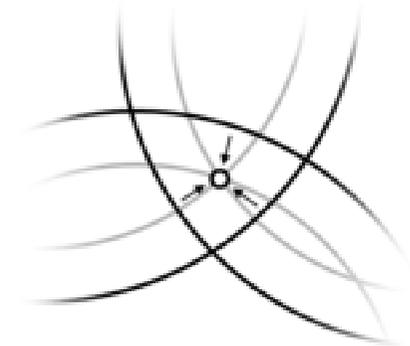
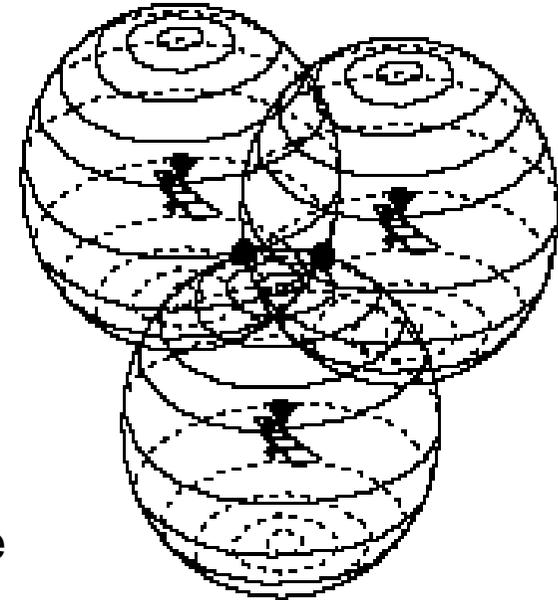
Il principio di funzionamento del GPS si basa sulla determinazione della distanza dell'osservatore da almeno tre satelliti, la cui posizione nello spazio è nota con precisione (**trilaterazione**).

La distanza dal primo satellite individua la posizione del ricevitore sulla superficie di una sfera centrata sul satellite stesso.

La determinazione della seconda distanza consente il posizionamento sul cerchio di intersezione tra le due sfere.

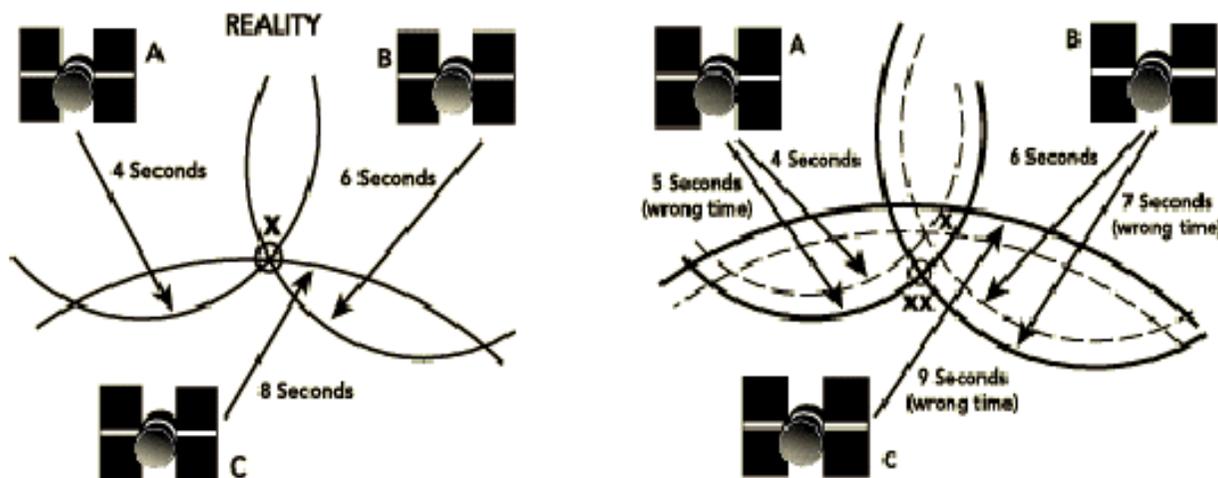
La terza distanza permette di individuare due punti in corrispondenza delle intersezioni del cerchio con la sfera centrata sul terzo satellite. Delle due soluzioni viene considerata quella vicina alla superficie terrestre.

La posizione così ottenuta è una posizione relativa allo spazio individuato dai tre satelliti e riferita ad un sistema di coordinate denominato ECEF (Earth Centered, Earth Fixed). Per avere un riferimento di posizione più convenzionale, altitudine sul livello del mare e coordinate geografiche relative all'ellissoide di riferimento ottimale per la zona del globo in cui ci si trova, il ricevitore dovrà effettuare opportune conversioni di coordinate.



Posizionamento

Il ricevitore GPS è in grado di calcolare, per ciascuno dei satelliti visibili, il tempo intercorso dall'istante di trasmissione del segnale a quello di ricezione (tempo di volo). Dato che la velocità di propagazione del segnale è pari a quella della luce ($c = 300.000 \text{ km/s}$), il ricevitore è in grado di risalire alla sua distanza da ciascun satellite. Ne consegue che è necessario sapere con precisione l'istante di tempo in cui il segnale viene trasmesso e misurare l'istante d'arrivo del segnale al ricevitore mediante l'uso di orologi estremamente precisi ed esattamente sincronizzati. Non potendo disporre di orologi ad altissima precisione anche a bordo dei ricevitori, per risolvere l'ambiguità nella determinazione della posizione ottenuta per trilaterazione (distanze, o meglio pseudo-distanze, da tre satelliti), si utilizza una quarta misura che indica di quanto l'orologio del ricevitore deriva rispetto a quelli di riferimento dei satelliti nello spazio.



Posizionamento

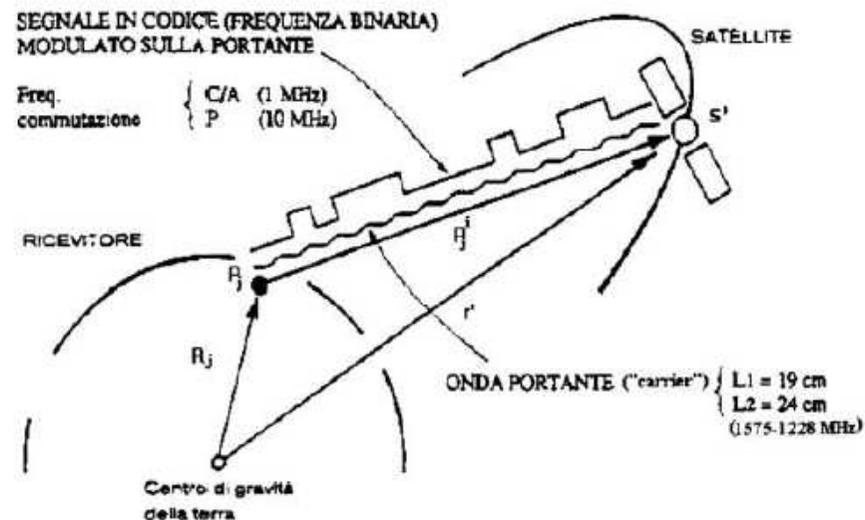
Ricapitolando, la determinazione della posizione di un punto si basa sulla determinazione di 4 valori:

- terna di coordinate (x, y, z) , punto nello spazio che può essere determinato in maniera univoca come l'intersezione di tre superfici sferiche sulla base delle pseudo-distanze (pseudo-range) da tre satelliti;
- tempo (t) , indicazione dell'impresione dell'orologio del ricevitore e quelli atomici dei satelliti.

La determinazione delle pseudo-distanze avviene misurando lo sfasamento tra il segnale emesso da ciascun satellite e ricevuto dall'utente e un segnale identico e sincronizzato generato dal ricevitore.

Sulla base delle caratteristiche del segnale, possono essere effettuati diversi tipi di misure con precisioni diverse:

- misure di codice
- misure di fase.



Segnale GPS

Il segnale GPS ha tre componenti che servono per effettuare diversi tipi di posizionamento.

1. Ciascun satellite tra quelli visibili al ricevitore invia un proprio segnale su due frequenze (componente portante):

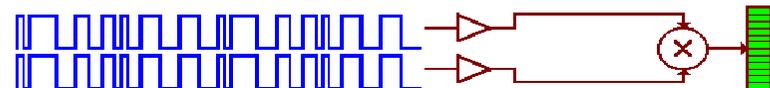
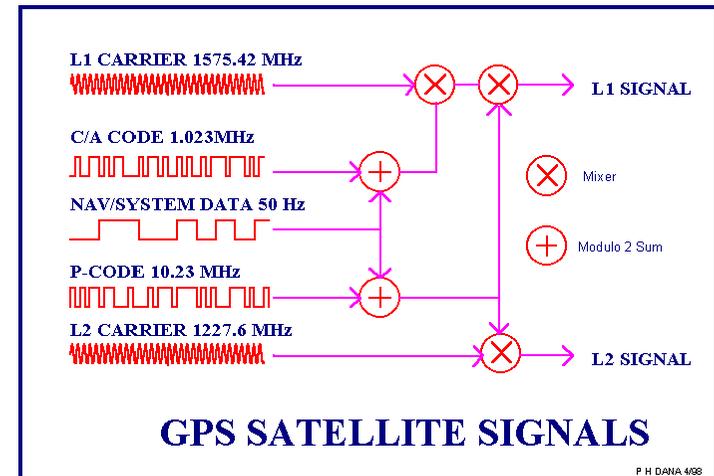
L1 = 1575.42 MHz

L2 = 1227.60 MHz

2. Attraverso la modulazione di ampiezza, vengono generati anche diversi codici (**componente impulsiva**):

- **codice C/A** (Coarse acquisition), modula la sola portante L1
- **codice P** (Precision), modula entrambe le portanti ed è riservato ad usi militari (criptato prende il nome di codice Y).

3. Ogni satellite anche un **messaggio D** che trasmette importanti informazioni, quali le effemeridi dei satelliti (parametri orbitali), stato di salute, precisione degli orologi (componente messaggio).

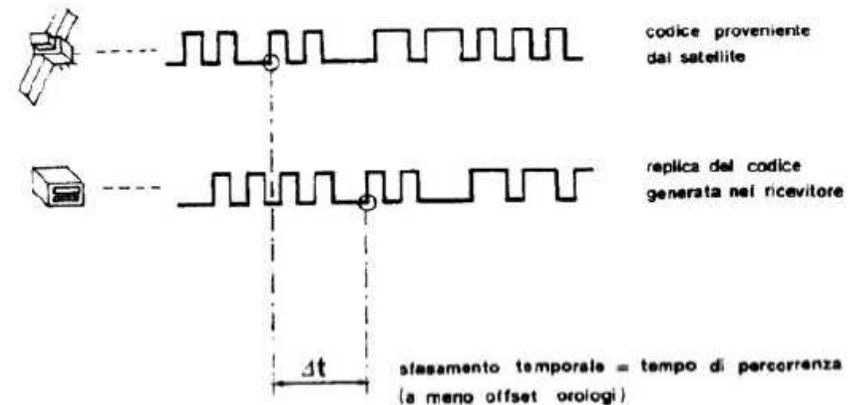


Misure GPS

In base alle diverse componenti del segnale, possono essere effettuati diversi tipi di misure con diversa precisione:

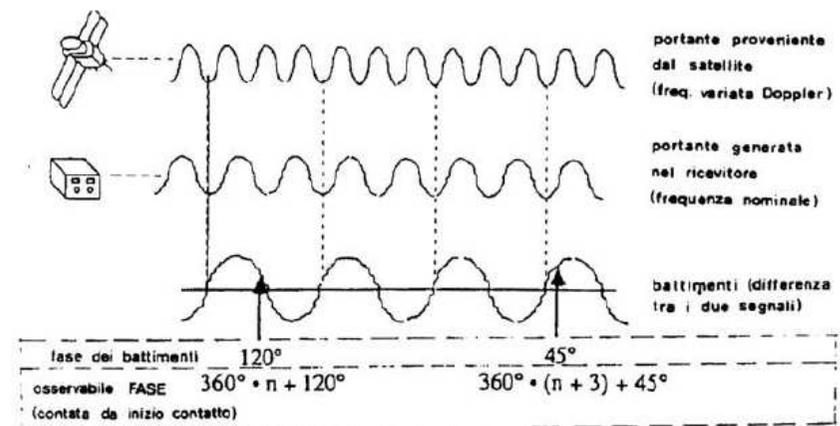
- **misure di codice:**

Utilizzano la componente impulsiva (codice C/A o codice P se disponibile).
Si basano sulla misura del “tempo di volo” e sulla correlazione tra il segnale emesso dai satelliti e quello generato dal ricevitore.



- **misure di fase**

Utilizzano la componente portante nelle frequenze L1 e L2.
Si basano sulla misura delle differenze di fase tra il segnale emesso dai satelliti e quello generato dal ricevitore.



Ricevitori GPS

Le tre tipologie di ricevitori vengono utilizzate in diversi ambiti applicativi:

- **Ricevitori per misure di codice:**

- Rilevano una sola parte del segnale (modulazione di ampiezza); codice C/A.
- Applicazioni: escursionismo, orienteering.
- Precisione tipica: +/- 5 m
- Costo ridotto

- **Ricevitori a ricezione di fase, singola frequenza:**

- Rilevano una delle due frequenze L1 e L2.
- Applicazioni: topografia, cartografia, posizionamenti di precisione
- Precisione tipica: metrica/submetrica
- Costo elevato

- **Ricevitori a ricezione di fase, doppia frequenza:**

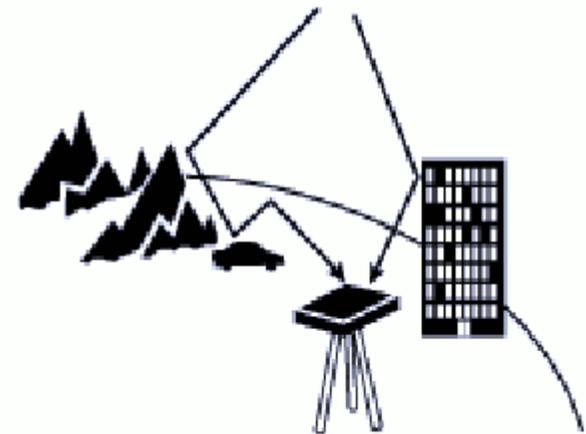
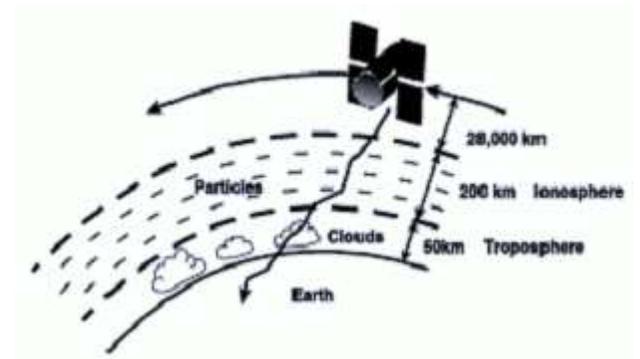
- Rilevano entrambe le frequenze L1 e L2.
- Posizionamenti di precisione
- Precisione tipica: centimetrica
- Costo molto elevato



Errori nelle misure GPS

La precisione del calcolo del tempo di volo è influenzata da tre tipologie di errori:

- **Errori accidentali** ($\approx 1\%$ della lunghezza d'onda)
- **Errori sistematici (BIAS):**
 - Errori di orologio (satellite e/o ricevitore): 1m
 - Errori d'orbita: 1m
 - Errori di rifrazione (ionosferica e troposferica): 10m
- **Errori di osservazione:**
 - Percorsi “multipath” (il segnale satellitare è deviato da ostacoli sul percorso: non trascurabile in ambiente urbano): 0.5m
 - Elettronica del ricevitore
 - Interferenze elettromagnetiche
 - Posizione e geometria dei satelliti rispetto all'osservatore

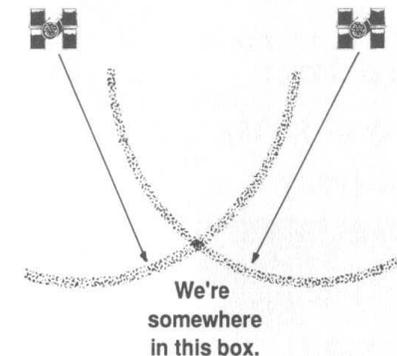
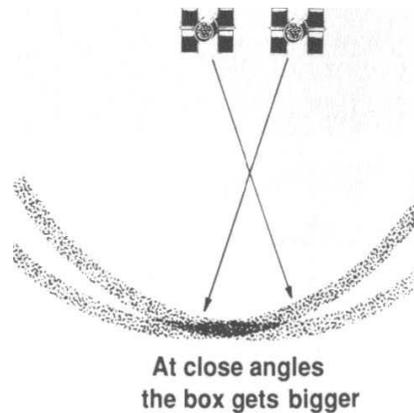
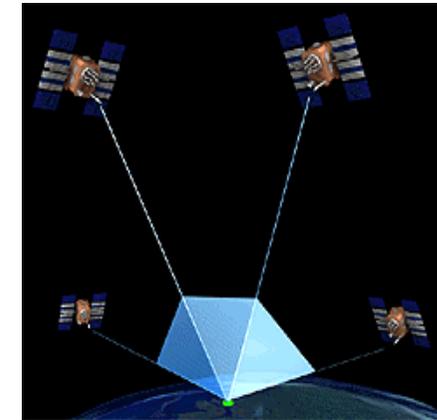
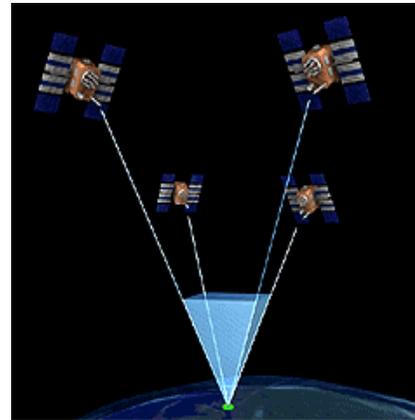


Errori nelle misure GPS

Uno degli elementi che influenzano maggiormente la precisione della misura è la configurazione dei satelliti (altezza sull'orizzonte) e la loro visibilità.

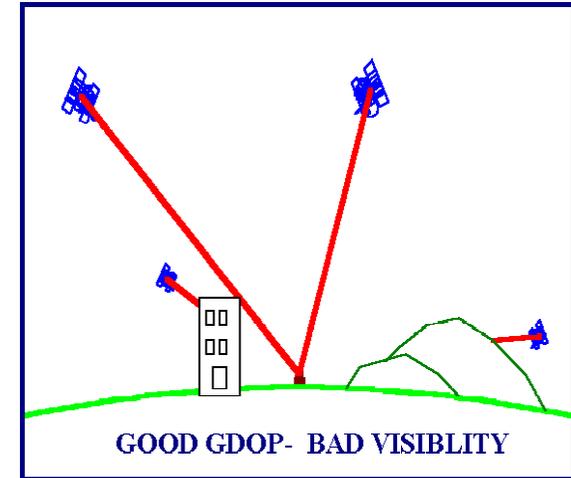
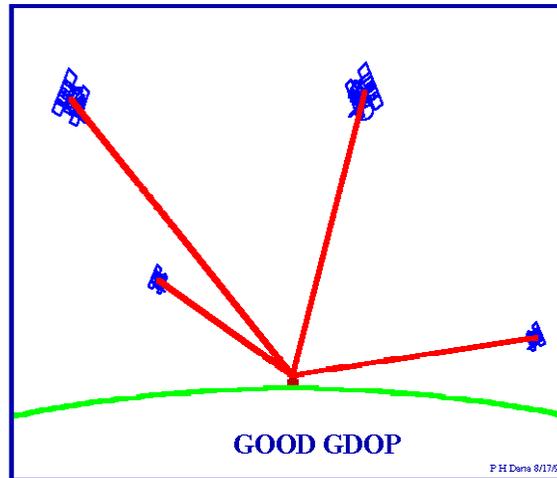
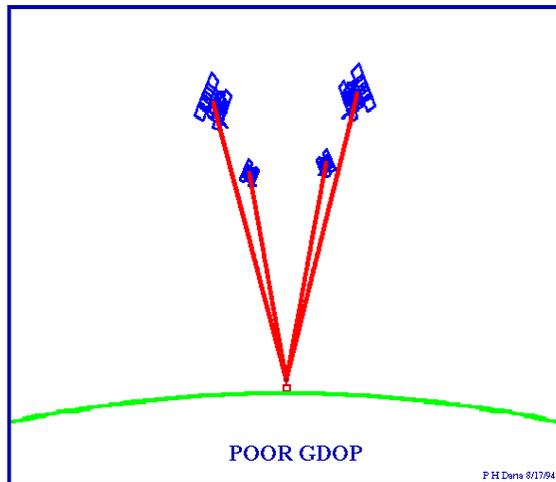
Il parametro **GDOP** (Geometric Dilution Of Precision) dà un'indicazione della distribuzione dei satelliti attorno al ricevitore. Può essere scomposto in 4 componenti:

- **PDOP** (*positioning*)
- **HDOP** (*horizontal*)
- **VDOP** (*vertical*)
- **TDOP** (*time*)



Note la posizione e l'ora nella quale si dovrà svolgere il rilievo, è possibile prevedere la configurazione dei parametri GDOP, e di conseguenza pianificare un rilievo in modo da minimizzarli nella finestra oraria di acquisizione.

Errori nelle misure GPS

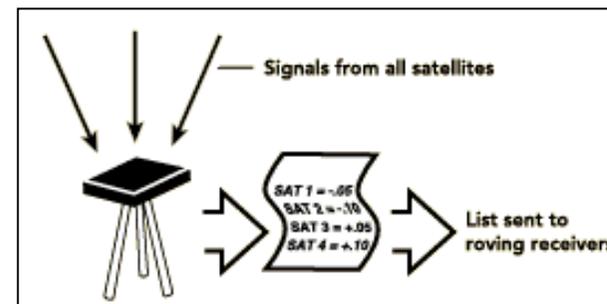
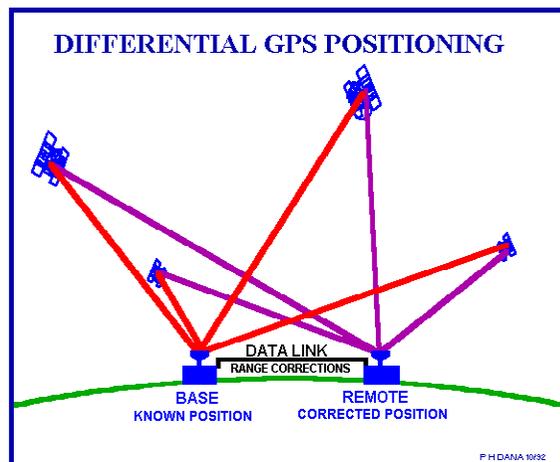


Correzione differenziale

Quasi tutti gli errori (ad eccezione di quelli dovuti a percorsi multipath) possono essere eliminate utilizzando un secondo ricevitore GPS su postazione fissa la cui posizione sia nota.

Istante per istante la stazione fissa (detta **master**) calcola gli errori di codice e fase, confrontando il dato di posizione ricevuto dai satelliti con la propria posizione nota. Gli scarti calcolati per la stazione fissa vengono utilizzati per correggere gli errori di misura del ricevitore mobile (detto **rover**).

La correzione può avvenire in **tempo reale** (RTK, cioè real time kinematic) o in un secondo momento (post-processing), utilizzando i dati storici delle variazioni di codice e fase (rilievo **statico**) registrati dal ricevitore master. Il miglioramento della precisione è notevole, purché la distanza tra i due ricevitori non sia elevata.



Correzione differenziale

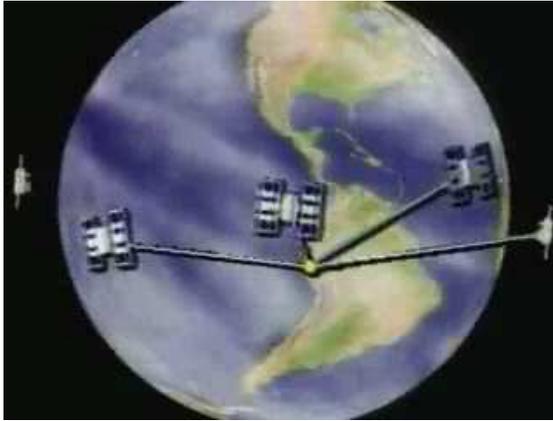
La stazione master che consente il calcolo delle misure di correzione può essere:

- **temporanea**, quando si tratta di un ricevitore mobile analogo a quello utilizzato per le misure, che viene collocato in corrispondenza di un punto di coordinate note (ad es. vertice trigonometrico);
- **permanente**, se si tratta di una postazione ricevente fissa (di solito installata presso un ente pubblico o di ricerca) che acquisisce in modo continuo dati di posizione GPS.

I dati di correzione acquisiti dalle stazioni master possono essere trasmessi in tempo reale al ricevitore rover tramite radio o GSM (protocollo RTCM) oppure archiviati in appositi formati di scambio (RINEX) e utilizzati successivamente per la correzione.

L'insieme di più **stazioni permanenti** collegate tra loro prende il nome di **rete di posizionamento GPS** e consente di potenziare ulteriormente la funzione delle stazioni permanenti ai fini della correzione differenziale: i dati di correzione provenienti dalle singole stazioni vengono gestiti in modo unitario per assicurare una copertura completa e omogenea del territorio.





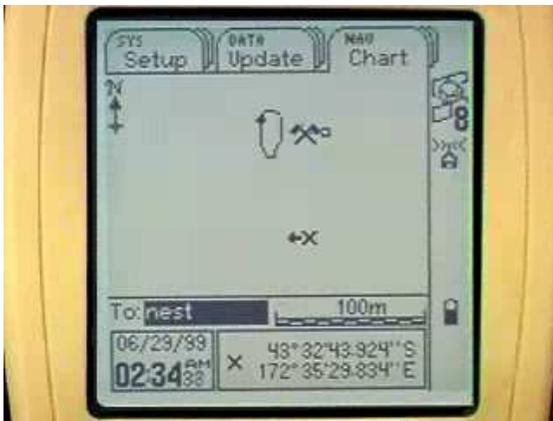
Uso del GPS

Il ricevitore GPS è in grado di acquisire la posizione di singoli punti nello spazio (waypoints) o di percorsi, cioè di sequenze di punti (routes).

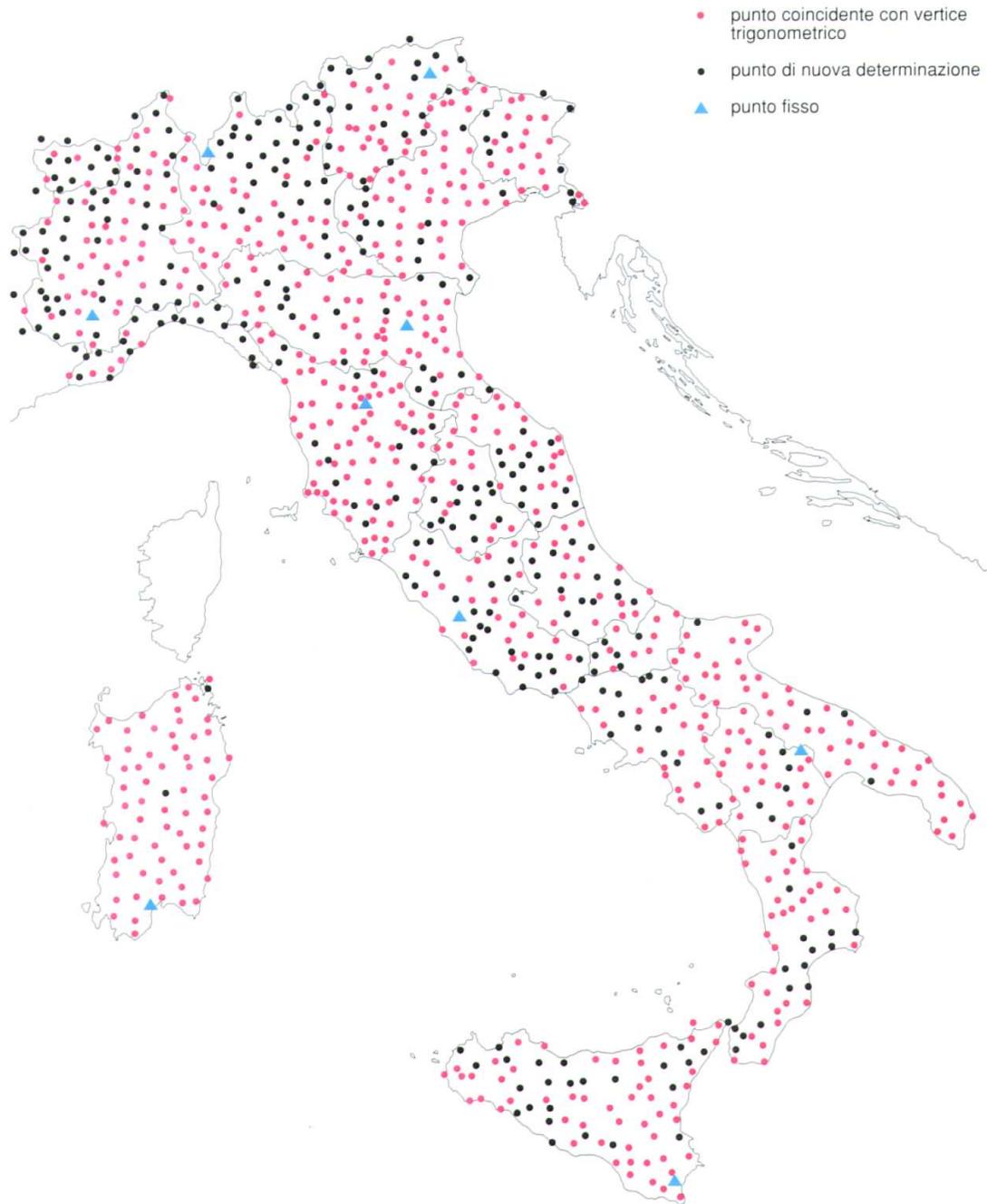


Il ricevitore registra insieme alla posizione (coordinate) dei punti una serie di informazioni associate, ad esempio un codice identificativo utile a collegare ulteriori dati.

Successivamente alle operazioni in campagna, i dati acquisiti con il ricevitore possono essere scaricati tramite un PC e processati in ambiente GIS.



E' possibile inoltre effettuare operazioni di post-processamento, per migliorare la posizione delle coordinate tramite la tecnica della correzione differenziale.



Rete IGM95

L'IGM ha costruito una nuova rete geodetica di inquadramento dei lavori topografici e cartografici, nel Datum WGS84, basata su misurazioni GPS di elevata precisione. Tali punti, di cui si possono acquistare le monografie, consentono di effettuare rilievi con DGPS per ottenere localizzazioni con elevata precisione. Inoltre, in corrispondenza di quei punti che già appartenevano alla rete trigonometrica del Datum Roma40, vengono calcolati i coefficienti per trasformare le coordinate dal Datum Nazionale al Datum WGS84 e viceversa.

GPS (USA) e GLONASS (Russia)

SATELLITI

Satelliti

Satelliti per piano

Inclinazione/raggio/periodo dell'orbita

GPS

24 su 6 piani orbitali

4 con distanze differenti

55°/ 26.560 Km/ 11h 58m

Glonass

24 su 3 piani orbitali

8 ugualmente distanziati

64.8°/ 25.510 Km/ 11h 15m

CODICE C/A (L1)

Code rate/Chip length

Selective Availability

1,023 MHz/ 293 m

sì

0,511 MHz/ 587 m

No

CODICE P

Code rate/Chip length

Selective Availability

Crittografia del segnale

Separazione del segnale

Frequenze portanti

10,23 MHz/ 29,3 m

sì

sì

CDMA

1575,42 MHz(K tra -7 e 24)

1227,60 MHz(K tra -7 e 24)

5,11 MHz/58,7 m

No

No

FDMA

1602 + Kx0,5625 MHz

1246 - Kx0,4375 MHz

ALMANACCO

Durata

Capacità

Riferimento orario

GPS

12,5 m

37500 bit

UTC (US Naval Observatory)

Glonass

2,5 m

7500 bit

UTC (SU, Russia)

3 Metodi di rilevamento

- **STATICO (STATICO RAPIDO o FASTSTATIC)**
 - (post processato)
 - Statico impiegato per: controllo geodetico; rilevamento di alta precisione.
 - Rapido Statico impiegato per: progettazione; controllo secondario...
 - **CINEMATICO POST PROCESSATO**
 - Rilevamento topografico;
 - Fotogrammetria; GIS.
 - **CINEMATICO RTK (REAL TIME KINEMATIC)**
 - Rilevamento topografico;
 - Tracciamento di strutture;
 - Rilevamento catastale;
 - Controllo fotogrammetrico.
-

I 3 metodi sono accomunati dalla stessa esigenza di accuratezza, che è di livello CENTIMERICO (2-3 cm)

In tutti i 3 casi è necessario risolvere l'ambiguità intera di fase.

L'ambiguità intera

DI = Parte frazionaria di una lunghezza d'onda

N = Ambiguità intera



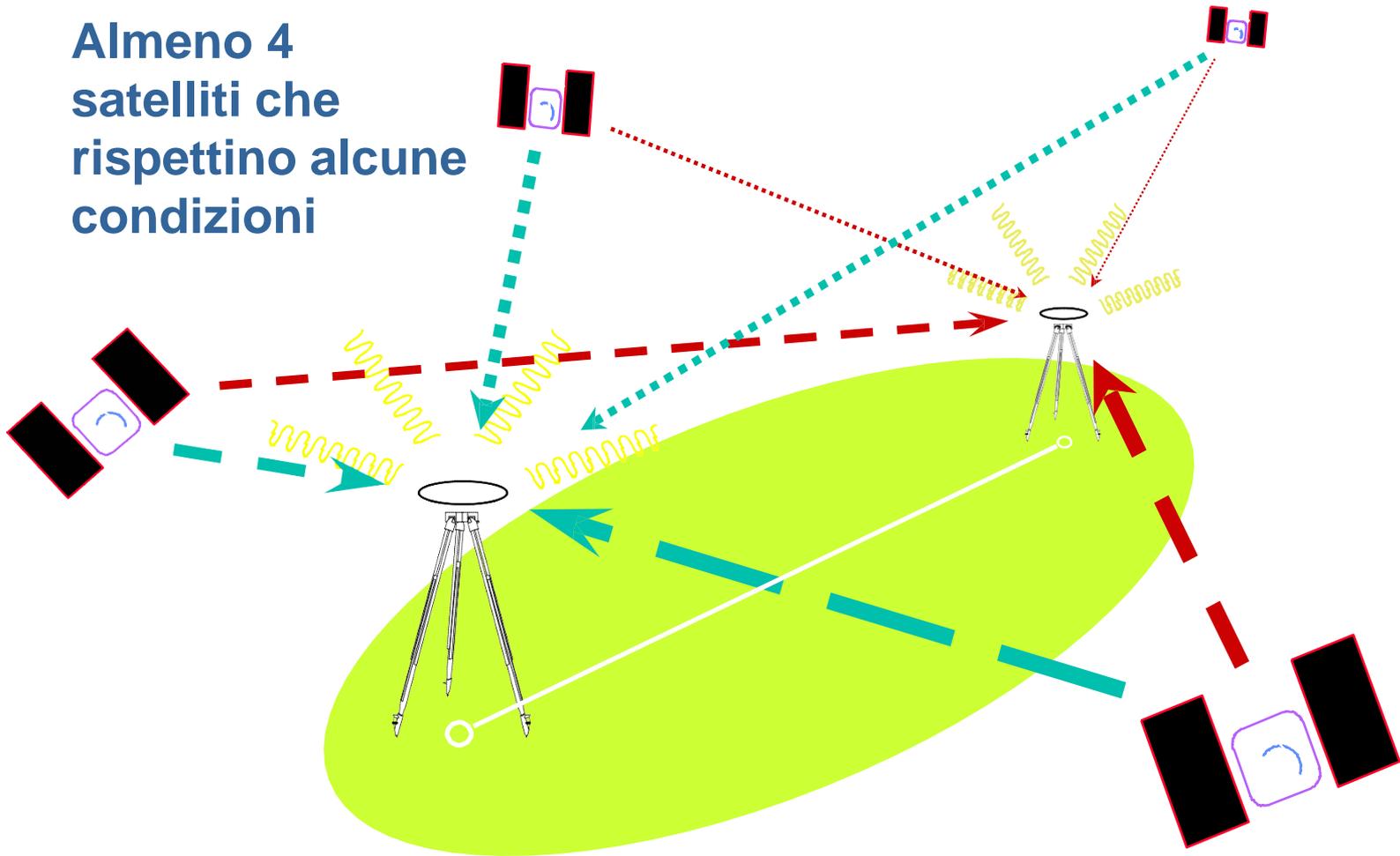
La risoluzione dell'ambiguità intera di fase consente posizionamento di livello centimetrico

Risolvere l'ambiguità di fase è lo scopo dell'INIZIALIZZAZIONE

Rilevamento statico

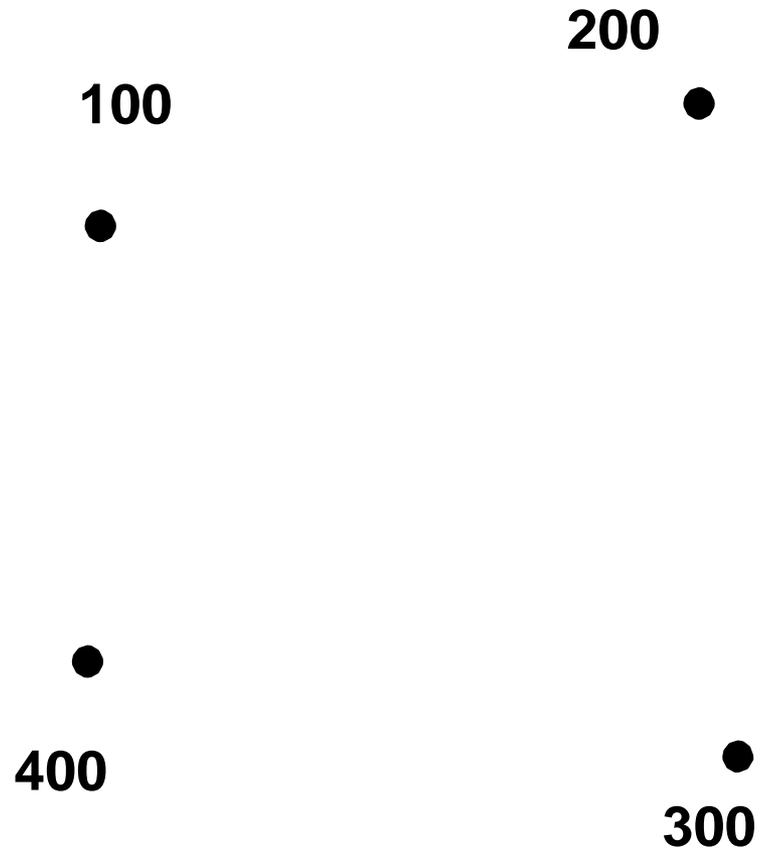
Requisiti per il rilievo statico

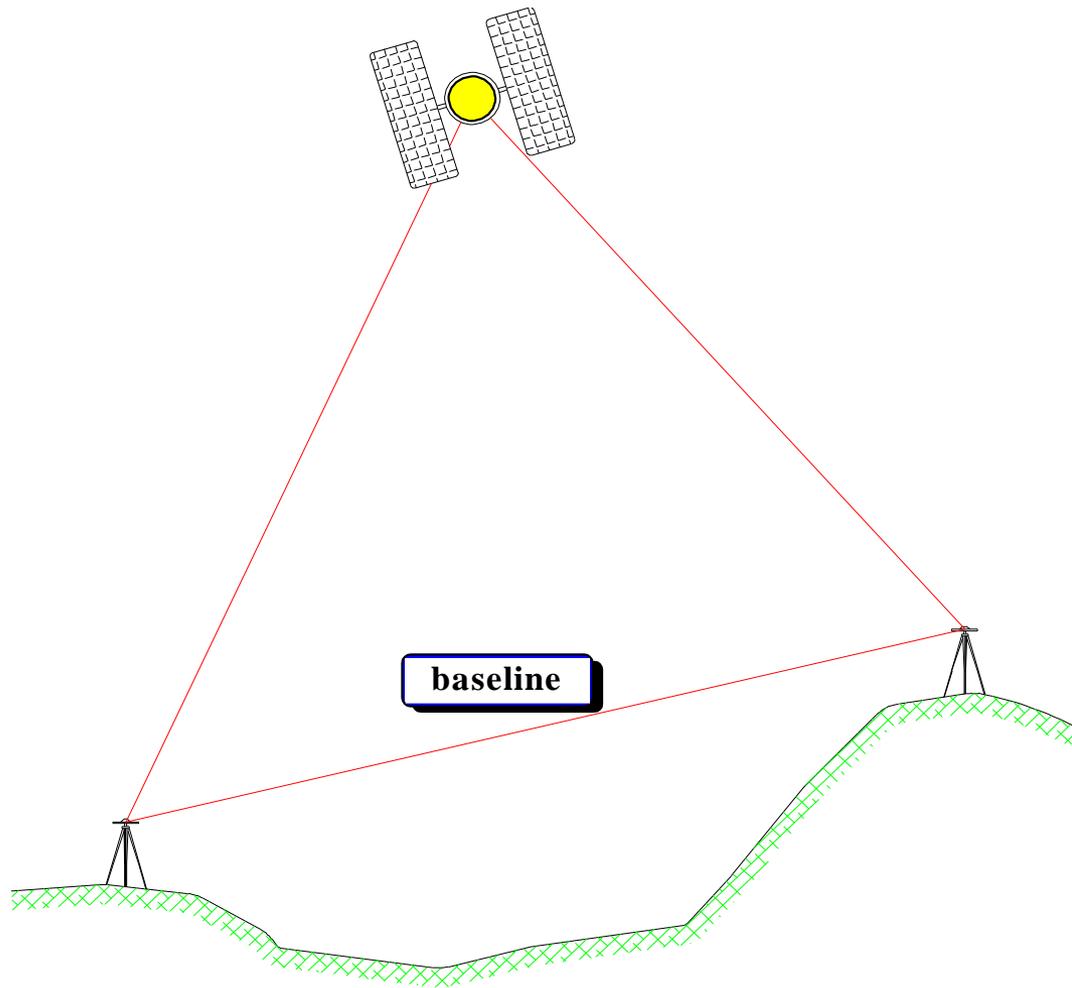
Almeno 4 satelliti che rispettino alcune condizioni



Si desidera conoscere la posizione di 4 vertici

- Almeno un vertice di coord note
- Scelta dei vertici con buona visuale a sud
- Planning prima della misura
- Evitare il rischio di zone esposte al rischio di multipath





Rilevamento statico

- L'ambiguità intera di fase viene risolta nel software di elaborazione
 - Il tempo di occupazione è fondamentale per risolvere l'ambiguità intera di fase
 - I tempi di occupazione dipendono dal tipo dal ricevitore, dalla lunghezza della baseline, dalla geometria satellitare e da eventuali sorgenti di multipath.
-

Rilevamento cinematico in tempo reale

RTK - DGPS

Componenti del sistema RTK

GPS Antenna

Controller

Ricevitore

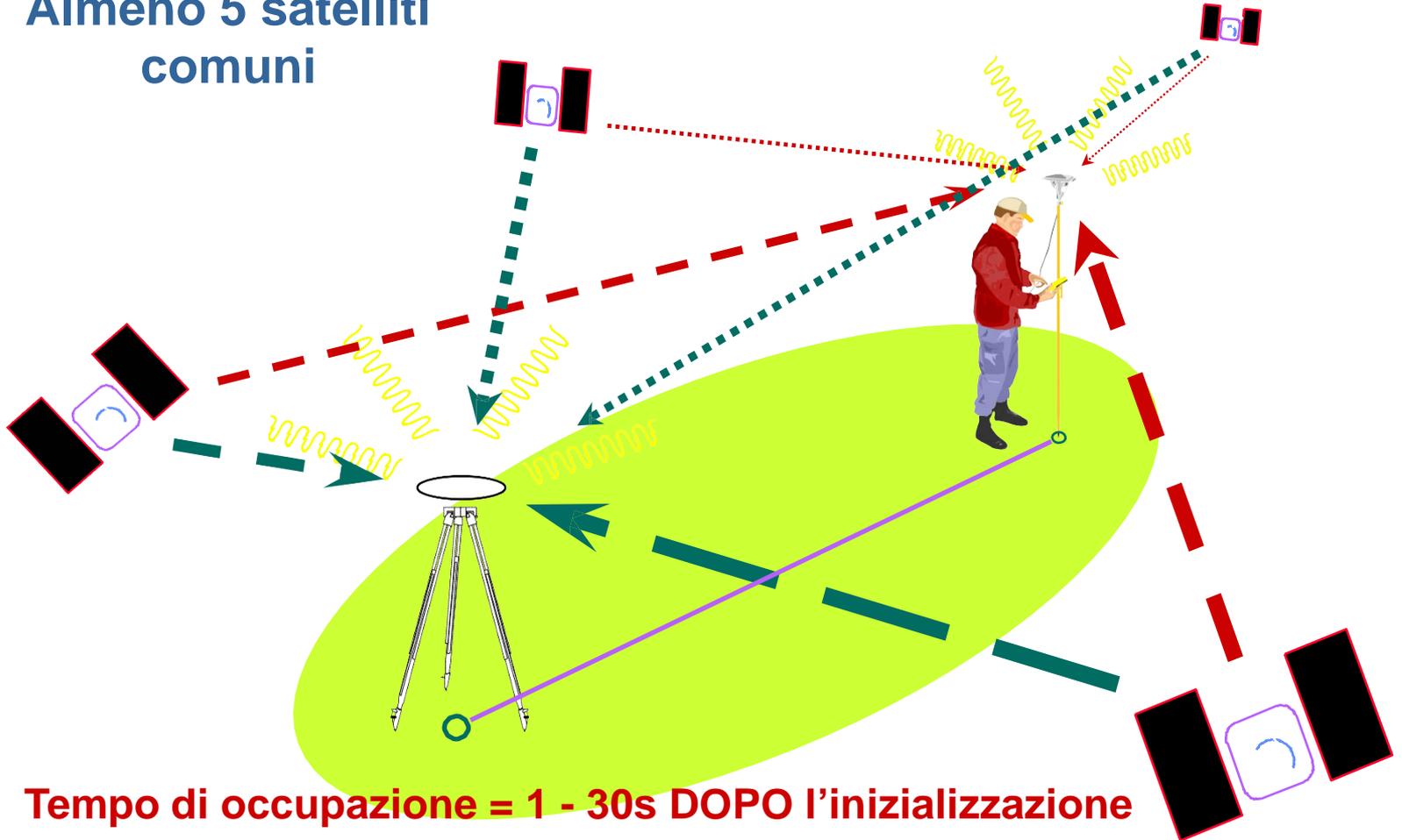


- Tutti i componenti devono essere presenti per entrambe le stazioni (base e mobile)

- GSM/GPRS
- Modem o Radio Modem
 - +
- Antenna

Requisiti Real Time Kinematic

Almeno 5 satelliti comuni



Tempo di occupazione = 1 - 30s DOPO l'inizializzazione

ATTENZIONI OPERATIVE

- **Struttura a stazione base (master) e ricevitore mobile (rover)**
 - **La stazione base può essere composta da una staz permanente**
 - **E' necessaria la comunicazione tra i 2 ricevitori**
 - **In fase di misura viene ricevuta la correzione diff. dal rover**
 - **Si registrano le coordinate calcolate in tempo reale dal rover**
 - **Sono possibili errori grossolani nel calcolo della posizione**
-

ATTENZIONI OPERATIVE

- **Il segnale di correzione differenziale RTCM deve essere opportunamente selezionato**
 - **Attenzione a non confondere il tempo di inizializzazione dai tempi di collegamento propri della telefonia mobile**
 - **Alcuni operatori che lavorano i roaming sono sconsigliati**
 - **Attenzione alla quota strumentale**
 - **Applicare correttamente i parametri di trasformazione per muoversi nel DATUM corretto**
 - **Effettuare sempre verifiche sul campo**
-

Rilevamento RTK

- **Baseline inferiori a 10 km (single base) a meno che si operi con un segnale proveniente da servizi di rete su base regionale**
 - **E' necessaria l'inizializzazione prima di acquisire dati.**
 - **Dopo l'inizializzazione l'accuratezza è centimetrica.**
 - **In caso di perdita di inizializzazione, è necessario riguadagnarla prima di proseguire**
-

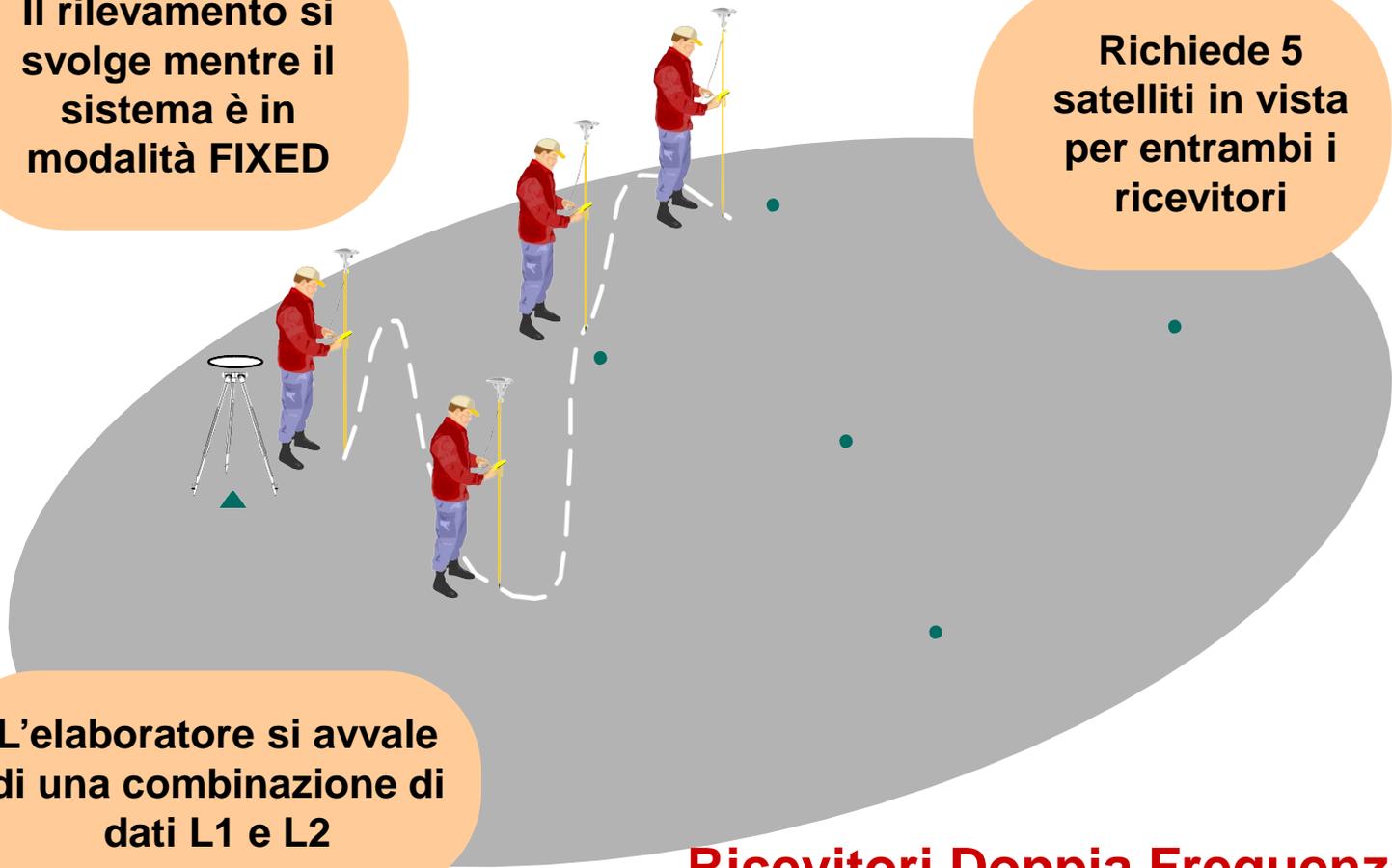
Inizializzazione RT On-The-Fly

Il rilevamento si svolge mentre il sistema è in modalità FIXED

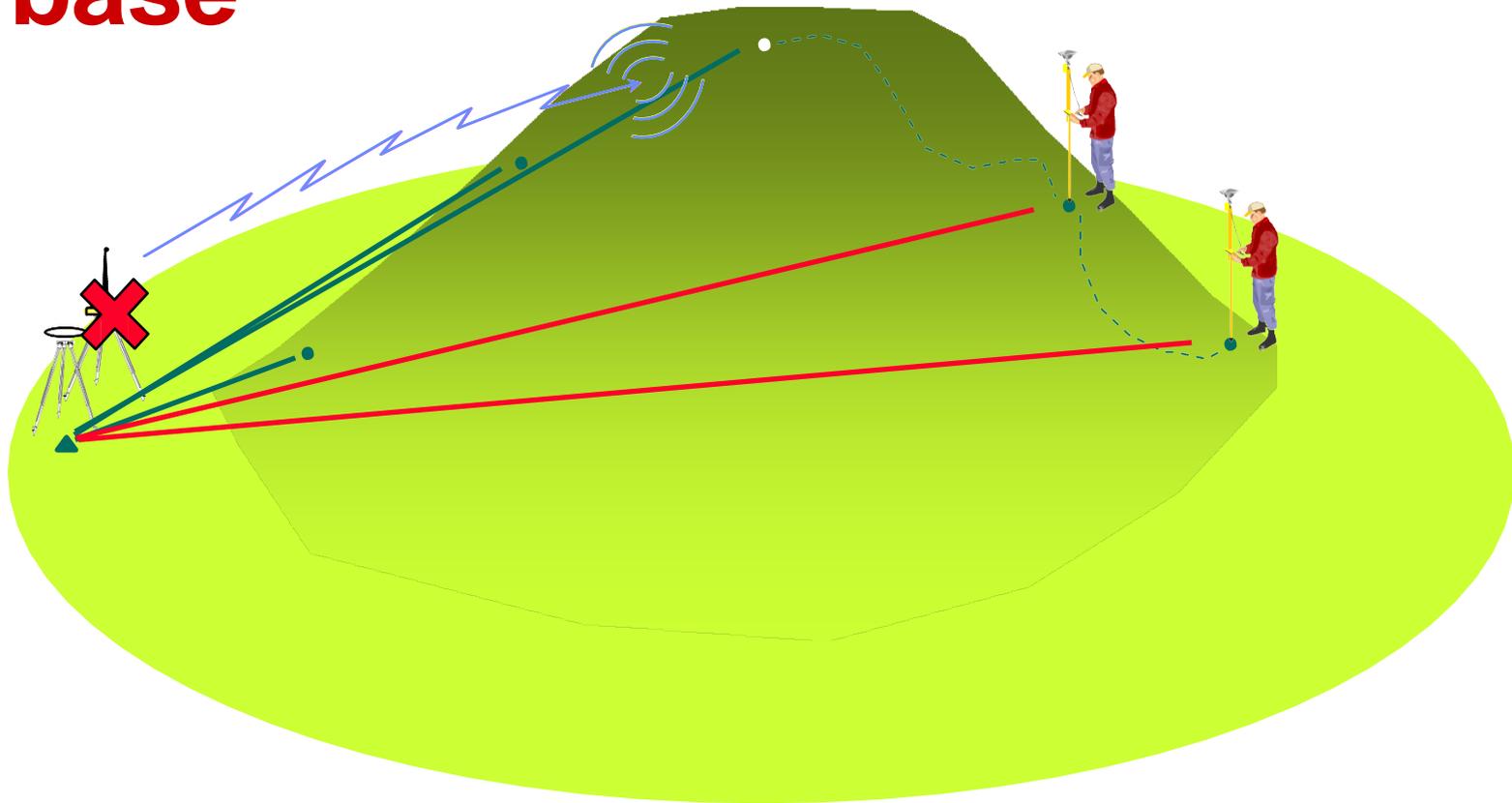
Richiede 5 satelliti in vista per entrambi i ricevitori

L'elaboratore si avvale di una combinazione di dati L1 e L2

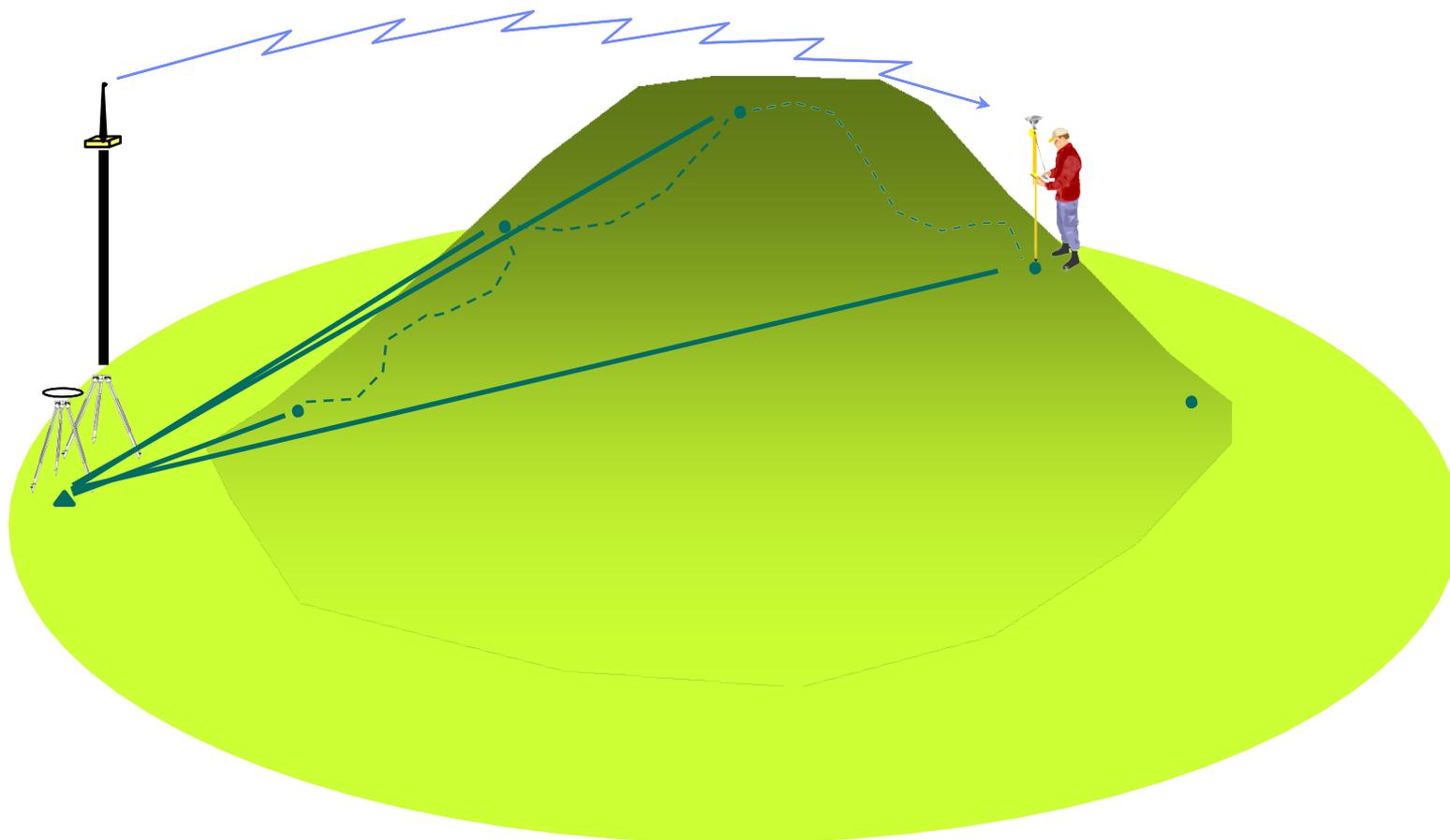
Ricevitori Doppia Frequenza



Caso critico: perdita di comunicazione radio con la base

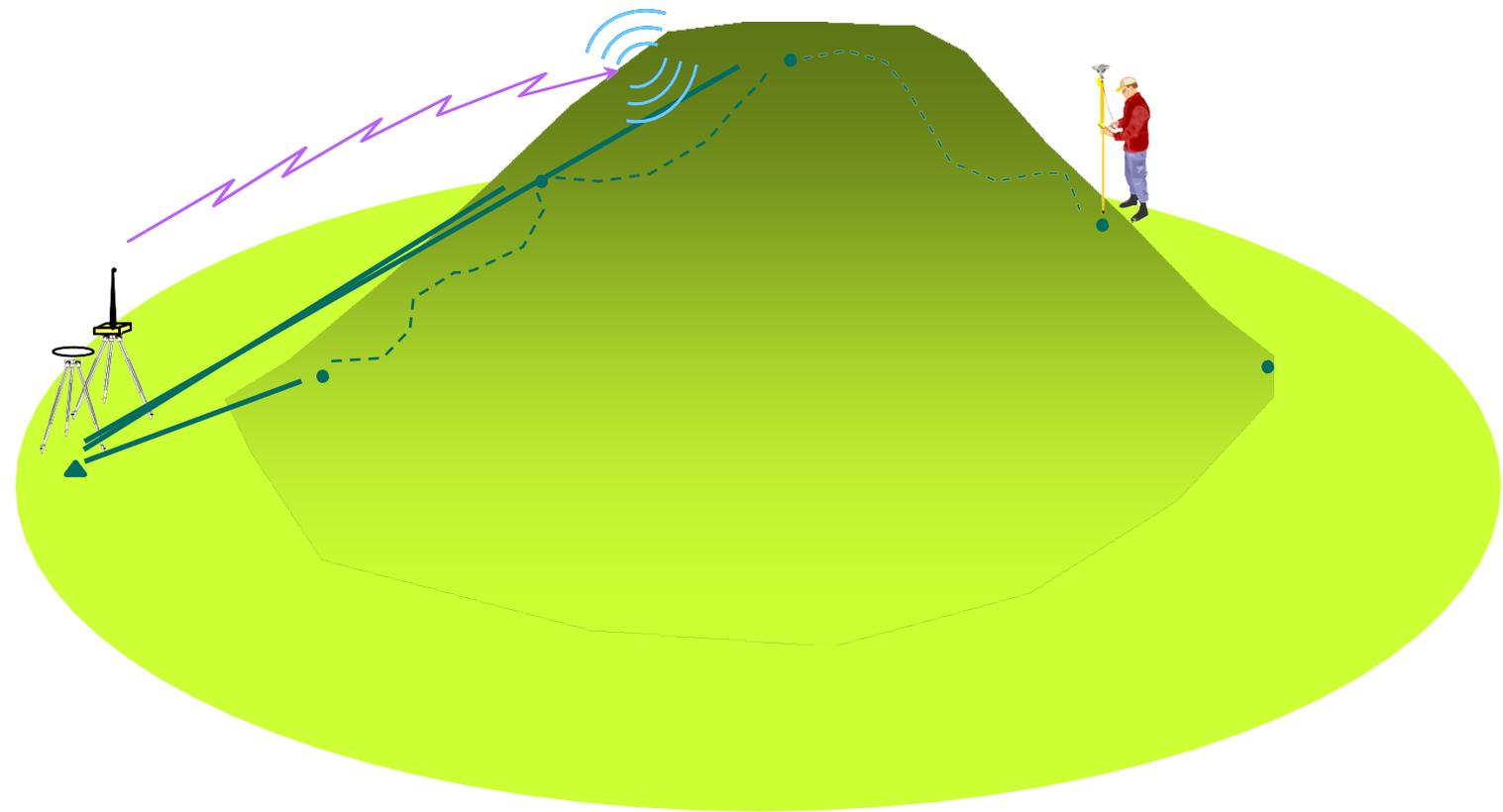


Soluzione 1: Alzare l'antenna Radio



Soluzione 3:

Passare alla modalità mista che consente l'acquisizione contemporanea dei dati per post-processamento (PPK)



Soluzione 4: Usare un collegamento alternativo

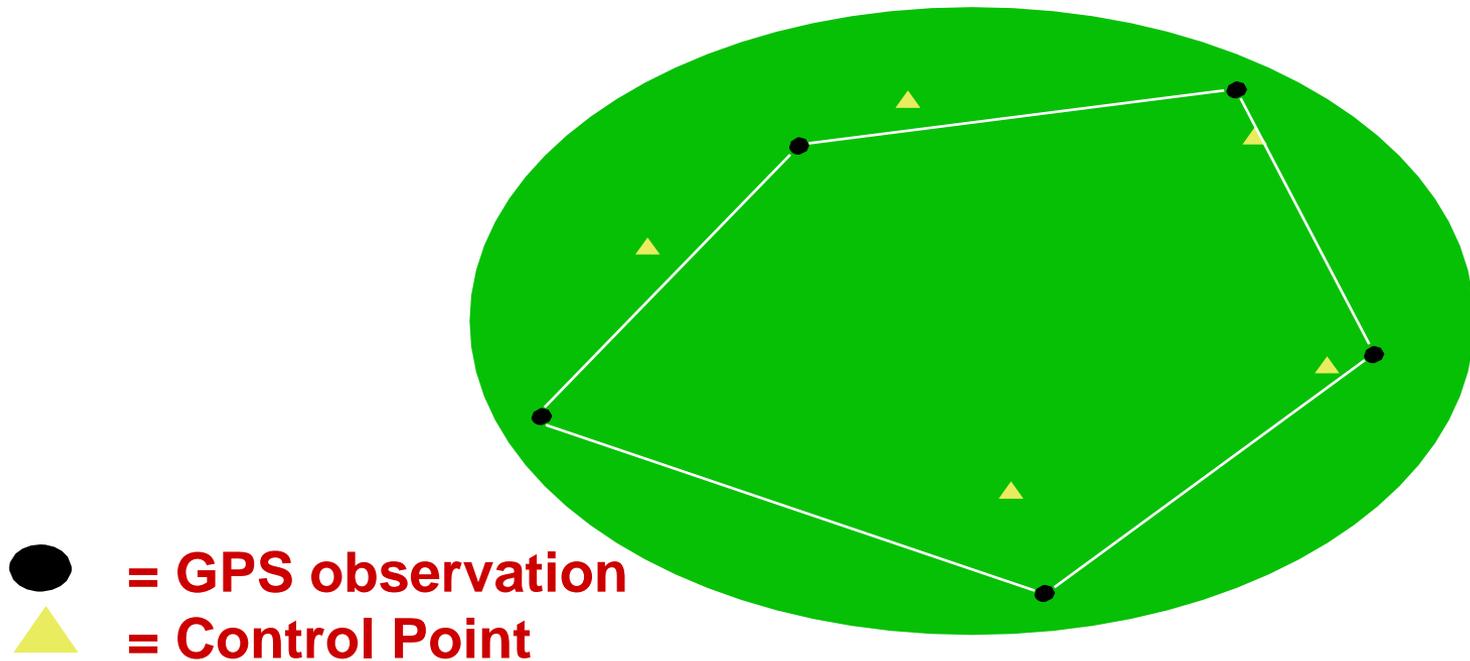
- **Telefonico GSM / GPRS**
 - **Via Internet (Ntrip o direttamente su IP)**
 - **Collegarsi ai servizi di posizionamento regionali !!**
-

Metodo della calibrazione al fine di agganciarsi a sistemi di riferimento locale

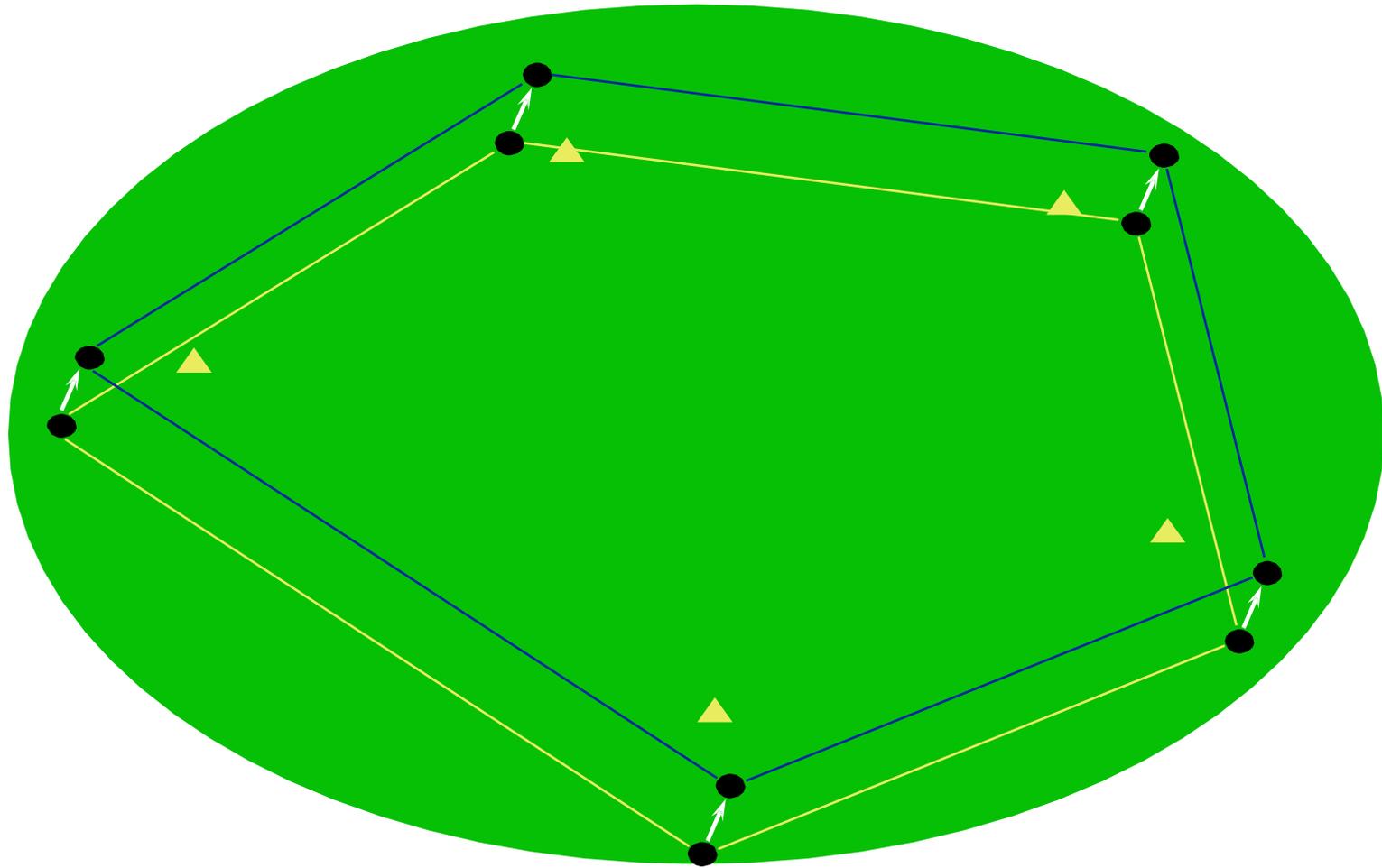
- **Sistema della calibrazione**
 - Il ricevitore o il software richiedono di inserire le coordinate di almeno 4 vertici noti nel sistema locale
 - **- Viene calcolata la trasformazione con variazione di scala e con gli scarti della trasformazione**
-

Calibrazione Planimetrica

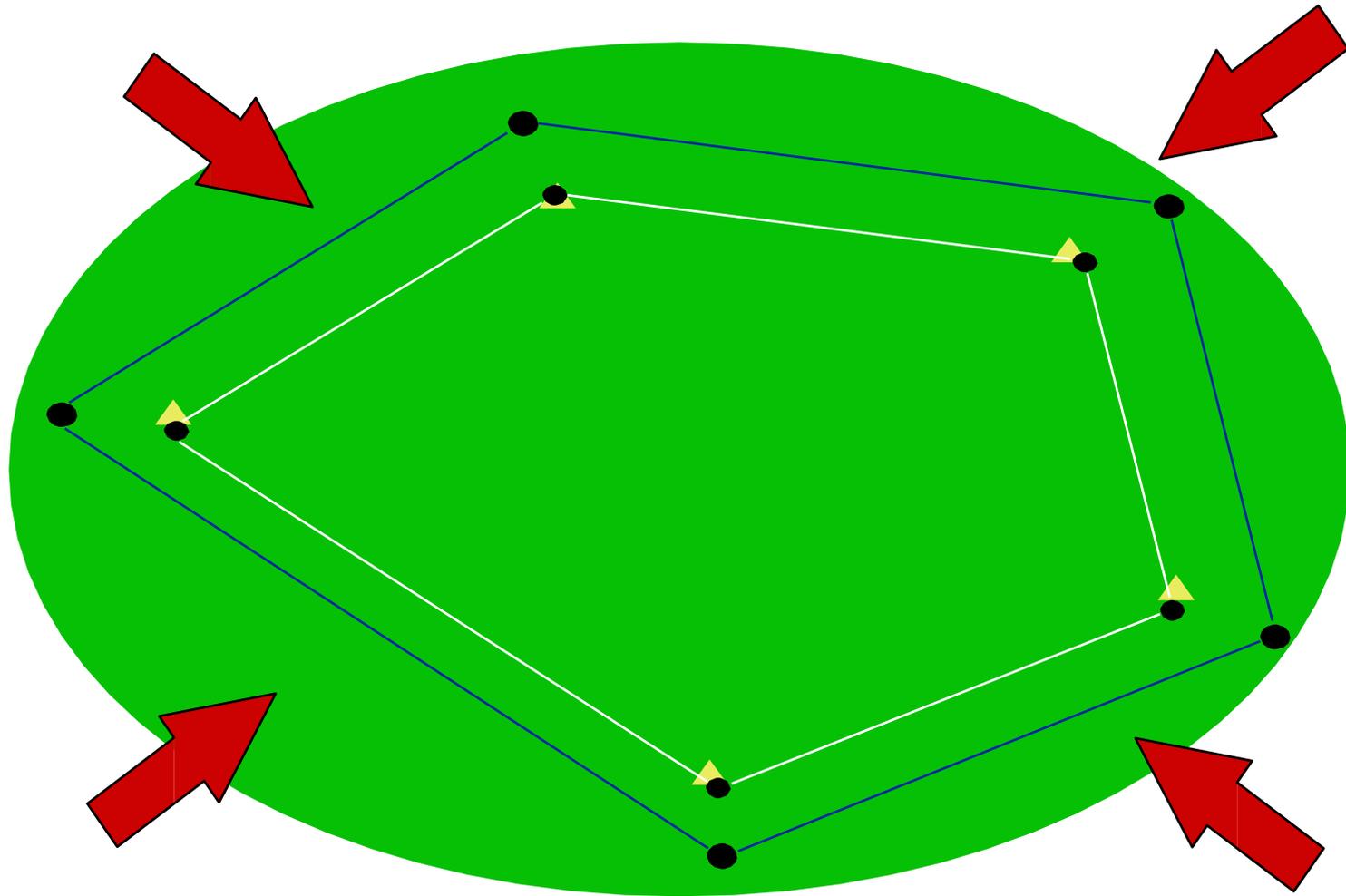
- Almeno 3 vertici di controllo
 - 5 punti raccomandati



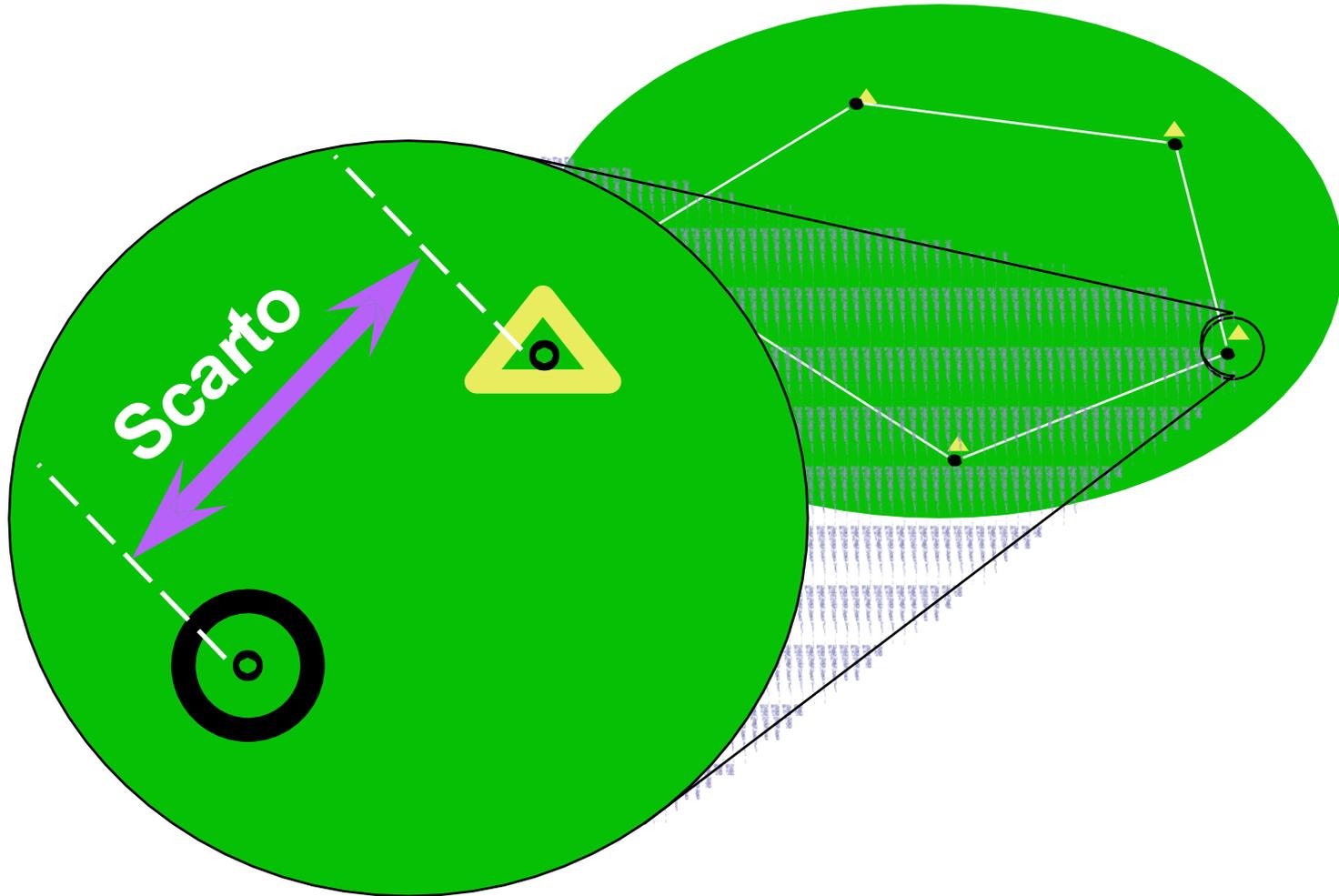
Traslazione



Scala



Scarti



ESEMPIO PRATICO DI RILIEVO

Ricognizione preliminare

Dopo aver consultato tutto il materiale cartaceo, informatico e la cartografia a grande scala fornita dalla stazione appaltante, si è proceduto, come accennato in premessa, al sopralluogo del sito da rilevare, dove si è constatato:

- che l'utilizzo della stazione totale, data la morfologia del terreno, ha comportato l'effettuazione di un **elevato numero di stazioni**;
- che si è resa necessaria la realizzazione di una poligonale per battere i 2 capi saldi, utili per la rototraslazione, posti all'interno dello stabilimento e distanti **circa 2 km dall'oggetto del rilievo**;
- che, per una fedele restituzione grafica, vista la presenza di numerose vasche, è stato necessario rilevare **oltre 1.000 punti** del terreno;
- che, per l'economicità in termini di tempo, l'utilizzo di strumentazione GPS ha garantito una maggiore produttività;
- che **l'area investigata** bene si è prestata all'utilizzo di strumentazione GPS in quanto era **priva della vegetazione che avrebbe potuto interferire** con il corretto funzionamento del ricevitore;
- che **non vi fossero ostacoli stabili**, che impedissero la ricezione dei segnali satellitari, aventi **un'elevazione a 15° dell'orizzonte dell'antenna**.
- Esaminata sotto tutti gli aspetti la situazione, si è fatta la scelta di eseguire il rilievo plano-altimetrico di tutta l'area con Sistemi di Posizionamento Satellitari.

Programmazione del rilevamento

- Come per l'esecuzione di un qualsiasi lavoro di rilevamento geo-topografico, anche per l'esecuzione di un rilevamento GPS è sempre necessaria un'accurata preliminare programmazione delle operazioni di campagna.
- Per l'ottenimento di buoni risultati, è molto importante che, oltre all'accertamento della disponibilità di un adeguato numero di satelliti, sia presa in considerazione anche la configurazione della costellazione al momento delle osservazioni.

Programmazione del rilevamento

- La maggiore o minore precisione geometrica dei risultati che possono attendersi, in funzione del numero e della dislocazione dei satelliti sull'orizzonte durante l'esecuzione delle osservazioni, viene di norma espressa da un valore numerico, distinto da sigle diverse a seconda dei criteri utilizzati per definirlo.
- Con questo parametro viene indicato il decremento della precisione geometrica (*Geometric Dilution Of Precision o GDOP*) in funzione della configurazione dei satelliti. Di conseguenza, tanto più piccolo è il valore di questo parametro, tanto minore è la diminuzione della precisione e, conseguentemente, tanto maggiore l'attendibilità dei risultati dal punto di vista geometrico

Programmazione del rilevamento

- Come avviene per una qualsiasi determinazione geotopografica di posizione, a seconda di come i satelliti sono dislocati nello spazio rispetto al punto da determinare, il decremento della precisione può interessare in modo analogo tutte e tre le coordinate (X, Y, Z) oppure influire maggiormente sulla sola determinazione planimetrica (X, Y) o sulla sola determinazione altimetrica (Z).
- Esso può infine influire in modo particolare sulla determinazione del tempo (T) di percorrenza del segnale, quindi sul calcolo della correzione dell'eventuale mancanza di sincronismo fra l'orologio del ricevitore e quello del satellite.

Programmazione del rilevamento

- PDOP – Diluizione della precisione della posizione. Rappresenta l'indice della degradazione della posizione in senso tridimensionale.
- VDOP – Diluizione della precisione in verticale. Rappresenta l'indice della degradazione dell'accuratezza nella direzione verticale.
- HDOP – Diluizione della precisione in orizzontale. Rappresenta l'indice della degradazione dell'accuratezza nella direzione orizzontale. Questo fattore dipende unicamente dalla distribuzione in azimuth ed in altezza dei satelliti utilizzati per fare il punto nave (luogo di posizione).
- TDOP – Diluizione della precisione del tempo. Rappresenta l'indice della degradazione dell'accuratezza nella determinazione del tempo.
- Il dato DOP più utile è il PDOP, che fornisce un'indicazione sulla qualità della determinazione di posizione nel suo complesso.
- Nell'esecuzione del rilievo si è fatto riferimento in particolare al GDOP e al PDOP; questi parametri, di norma consigliati per un valore minore di 7, sono stati mantenuti entro il limite di 4.

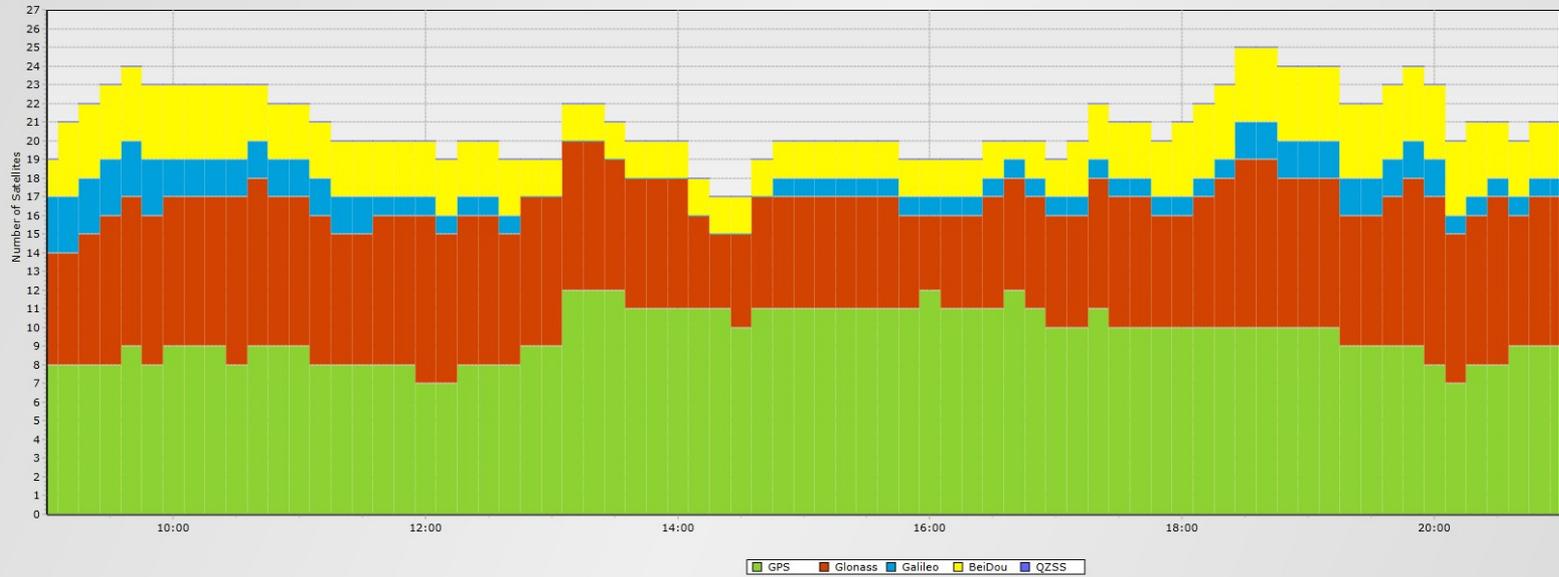
Programmazione del rilevamento

Al fine di ottimizzare l'esito del rilievo, sono disponibili specifici programmi che consentono all'operatore di pianificare il lavoro individuando i periodi di tempo ottimali in cui è possibile attendersi i valori di PDOP e GDOP più adeguati, sia in relazione alla località che alla data programmata per l'esecuzione del rilievo.

Qui di seguito si riportano le indicazioni in proposito fornite dal programma Mission Planning, utilizzato nella pianificazione della sessione di rilevamento della regione *"Tanca Mossa"*.

<http://www.spectraprecision.com/fra/support/gnss-planning.html>

Number of Satellites



26/09/2015 09:00:00

Location: N 40,3532°; E 9,0005°; 0m
Satellite System(s): GPS; Glonass; Galileo; BeiDou; QZSS
Local Time: 26/09/2015 09:00 - 21:00 (UTC+1)
Cutoff: 10°
Time Zone: (UTC+1.00) Amsterdam, Berlino, Berna, Roma, Stoccolma, Vienna

Liste di controllo

- La prima operazione in assoluto che la squadra dei topografi dovrà compiere prima dello spostamento sul sito è la verifica puntuale della lista dell'equipaggiamento necessario all'esecuzione delle operazioni; ciò evita spiacevoli sorprese e conseguenti perdite di tempo in campagna.
- La lista di controllo, adottata per il rilievo oggetto del presente studio, ha compreso il seguente equipaggiamento:

Liste di controllo

- Ricevitore.
- • Antenna.
- • Batteria.
- • Batteria di riserva e caricabatteria.
- • Asta porta antenna.
- • Bipede.
- • Controller
- • Carta e matite (libretti di campagna).
- • Picchetti, vernice, chiodi e martello.
- • Piano Operativo di Sicurezza, numeri telefonici di emergenza.
- • DPI indicati nel Piano Operativo di Sicurezza.

Istallazione della Stazione GPS

Raggiunto il sito da rilevare, la prima operazione effettuata è stata l'istallazione della stazione mobile GPS o Rover, che si può riassumere nelle seguenti fasi:

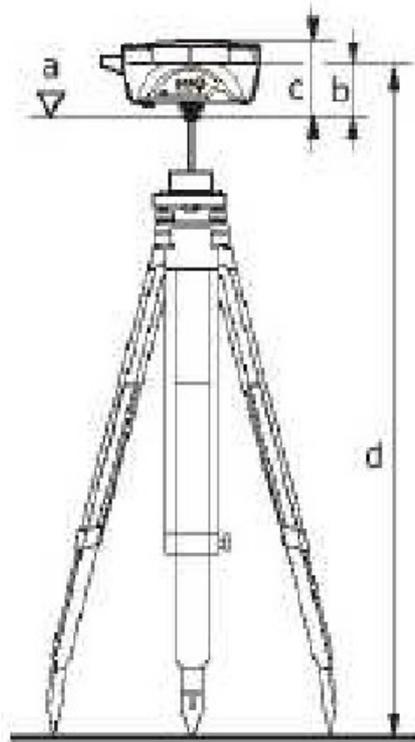
- avvitamento dell'antenna sull'asta porta antenna
- Fissaggio del controller alla sull'asta;
- Accensione del GPS;
- Accensione del controller ;

Effettuati tutti i collegamenti, è stato acceso il ricevitore ed il palmare e, quindi, avviato il programma Carlson è stata aperta la connessione

Misura dell'altezza dell'antenna

Innanzitutto occorre tenere presente che il punto, di cui la procedura GPS determina la posizione spaziale, corrisponde al centro di fase dell'antenna e che, per una sua corretta determinazione, è indispensabile la conoscenza dell'altezza dell'antenna sul punto da rilevare. Nella situazione in argomento, l'antenna è stata montata su un'asta porta-antenna GPS fissa dell'altezza di m 2.50 e, quindi, mantenuta costante durante tutta la fase di acquisizione dati e degli spostamenti. Per assicurare la corretta misura dell'altezza si è fatto riferimento al manuale di istruzione del ricevitore, poiché le modalità di misura sono suscettibili di variazione in funzione del tipo di antenna

Misura dell'altezza dell'antenna



- a) Piano di Riferimento Meccanico MRP
- b) Offset del centro di fase verticale per L1
- c) Offset del centro di fase verticale per L2
- d) Lettura dell'altezza verticale**

Offset verticale = -0.061

Figura 14 - Lettura dell'altezza dell'antenna