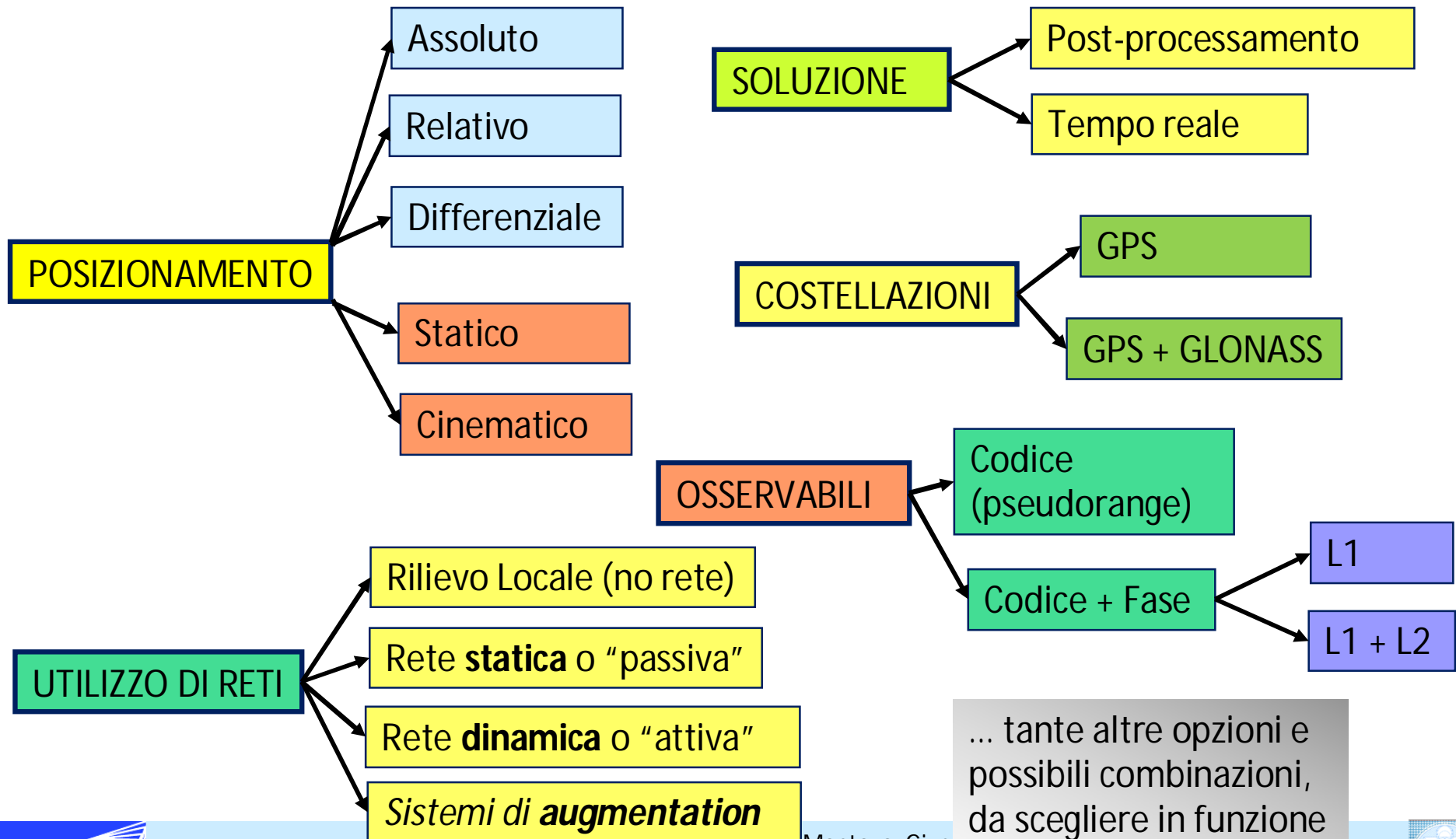


3) METODOLOGIE DEL POSIZIONAMENTO GNSS

Una tecnologia, tante scelte possibili:

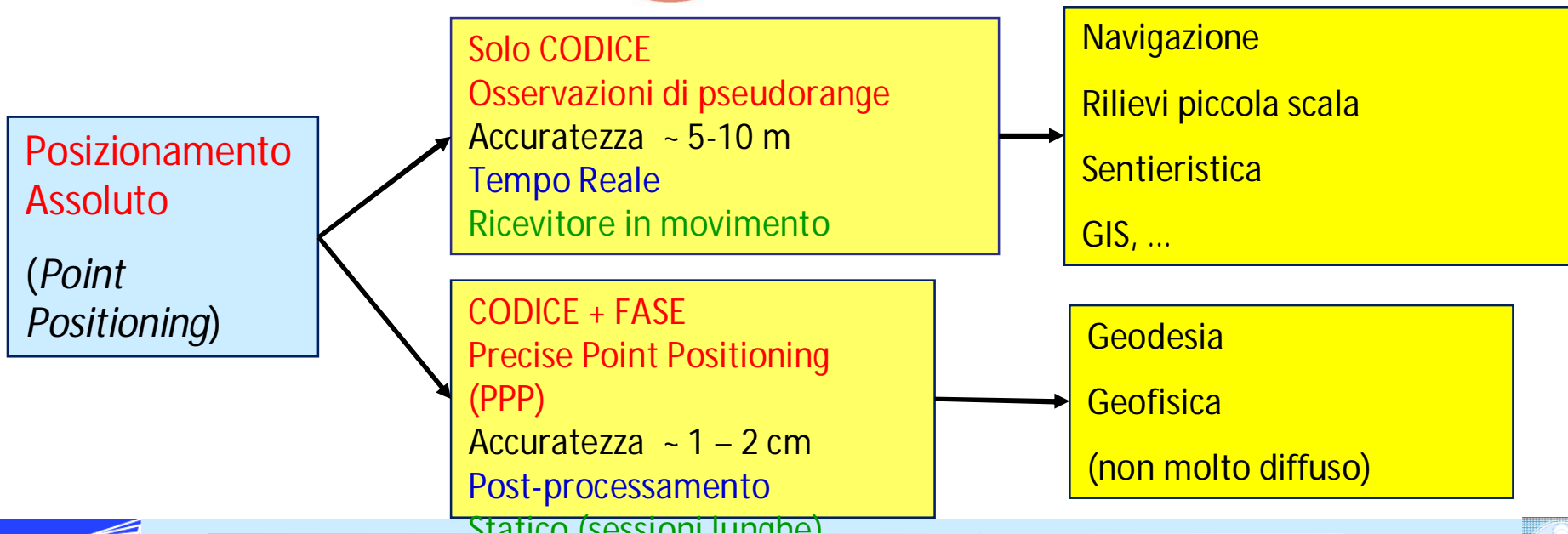
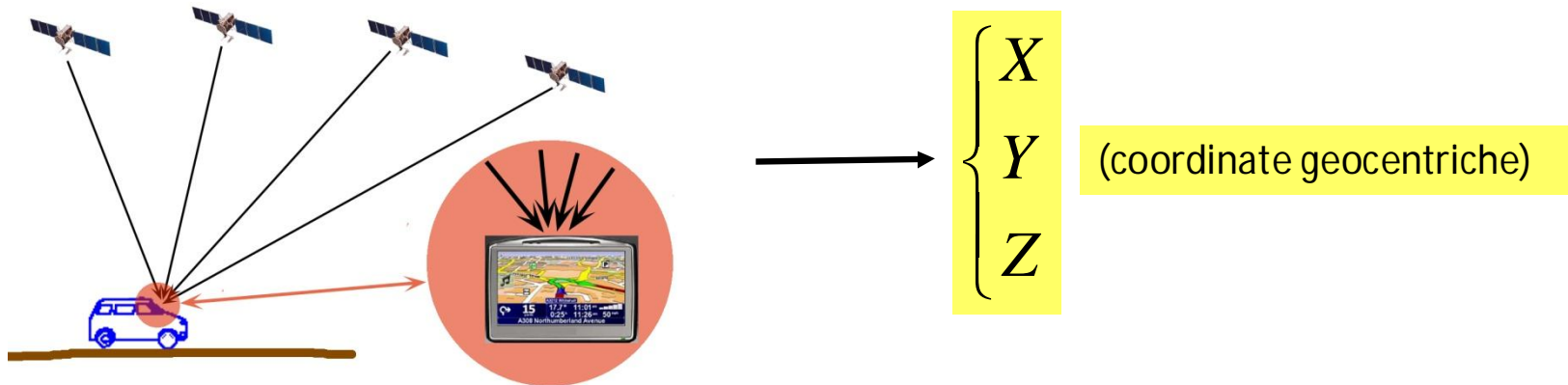


... tante altre opzioni e possibili combinazioni, da scegliere in funzione dell'applicazione ...



Posizionamento Assoluto

Per POSIZIONAMENTO **ASSOLUTO** si intende quello eseguito con **un solo ricevitore** basandosi solo sui segnali ricevuti dai satelliti GNSS



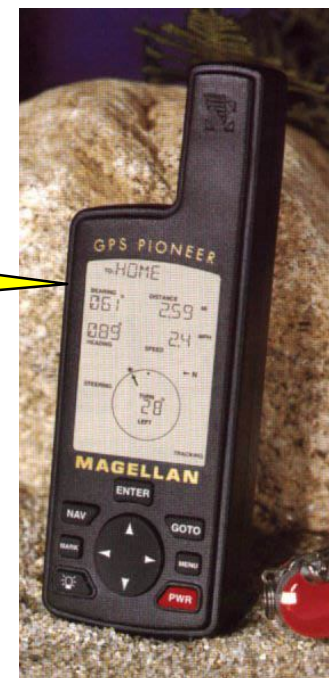
Equipaggiamento per Posizionamento Assoluto

Per il posizionamento assoluto mediante *pseudorange* è sufficiente **un ricevitore** dei tipi più semplici:



Navigatore satellitare per auto (attenzione: non tutti forniscono le coordinate)

Ricevitore palmare

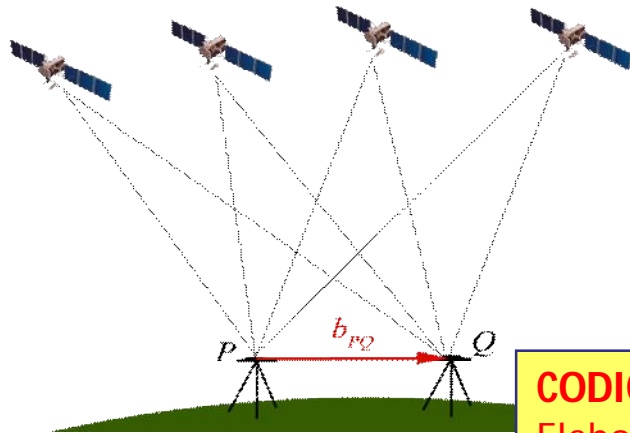


Ricevitori più evoluti sono in grado di acquisire anche messaggi di augmentation (EGNOS) e a volte la fase L1 permettendo di "lisciare" le misure di codice. Con entrambe le opzioni si può migliorare l'accuratezza fino a raggiungere 1-2 metri

Per il PPP (tecnica poco utilizzata) è necessario un ricevitore geodetico a doppia frequenza

Posizionamento Relativo

Per POSIZIONAMENTO **RELATIVO** si intende quello eseguito con **due o più ricevitori** determinandone la *posizione relativa* ovvero le *differenze di coordinate (baseline)*



$$\begin{cases} \Delta X = X_2 - X_1 \\ \Delta Y = Y_2 - Y_1 \\ \Delta Z = Z_2 - Z_1 \end{cases} \quad \text{(vettore di base o baseline)}$$

Posizionamento Relativo
(Relative Positioning)

CODICE + FASE
Elaborazione delle Doppie Differenze (DD)
Accuratezza ~ 1 cm
Post-processamento
Statico (sessioni lunghe)
Statico Rapido < 20 km

Reti geodetiche
Cartografia
Topografia, Catasto
Monitoraggio frane

CODICE + FASE
Elaborazione delle Doppie Differenze (DD)
Accuratezza ~ 1-2 cm
Post-processamento
Cinematico (1 ricevitore fisso, 1 mobile)

Tracciati voli fotogrammetrici (TA assistita da GNSS – fotogrammetria diretta)
Cinematica mezzi mobili
Catasto Strade

Equipaggiamento per Posizionamento Relativo

Per il posizionamento relativo mediante misure di codice + fase è necessario disporre di **$n \geq 2$ ricevitori geodetici a singola o doppia frequenza**

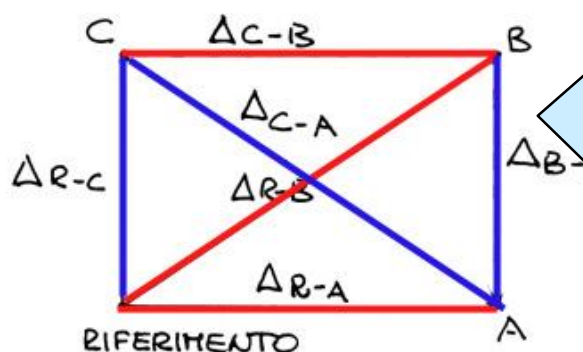
È necessario anche il software per il **post-processamento**



I ricevitori **a doppia frequenza** sono i più efficienti e versatili e permettono anche di utilizzare al meglio le tecniche RTK-NRTK



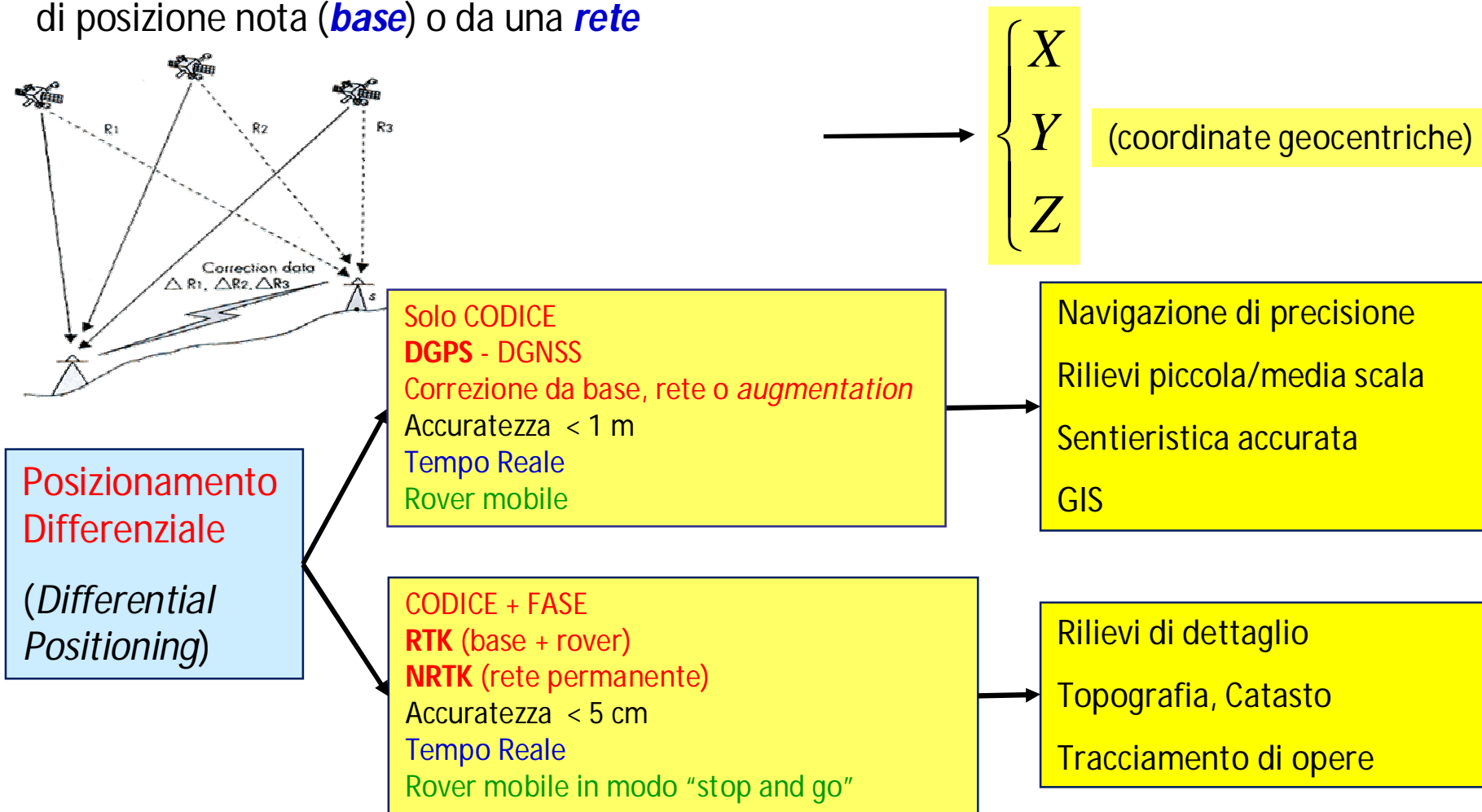
I ricevitori **monofrequenza** (solo L1) costano meno ma hanno notevoli limitazioni nell'impiego: Baselines < 10 km ca., necessità di sessioni più lunghe, minore efficienza nello statico rapido, RTK e NRTK praticamente impossibili



Disponendo di **3 o più ricevitori** si riducono notevolmente i tempi di esecuzione delle reti perché in ogni sessione si determinano più *baselines*

Posizionamento Differenziale

Per POSIZIONAMENTO **DIFFERENZIALE** si intende quello eseguito con un ricevitore mobile (**rover**) che oltre ai satelliti GNSS riceve anche un **messaggio di correzione** da una stazione di posizione nota (**base**) o da una **rete**



Equipaggiamento per Posizionamento Differenziale (DGPS)

Per il posizionamento differenziale **DGPS** (solo codice) è sufficiente **un ricevitore di tipo palmare evoluto**, in grado di ricevere la correzione DGPS da una rete permanente o da una infrastruttura di augmentation (EGNOS, Omnistar, ...)



L'accuratezza può raggiungere anche valori < 1 metro utilizzando correzioni di rete (NDGNSS)

Equipaggiamento per Posizionamento Differenziale (RTK)

Per il posizionamento differenziale **RTK** (codice + fase) si utilizza una **coppia** di ricevitori geodetici a doppia frequenza, in **configurazione base-rover**, collegati tra di loro mediante radio-modem di norma integrati nei ricevitori stessi e spesso integrati da un *controller* palmare in cui si trova il software per il calcolo e l'archiviazione delle soluzioni.

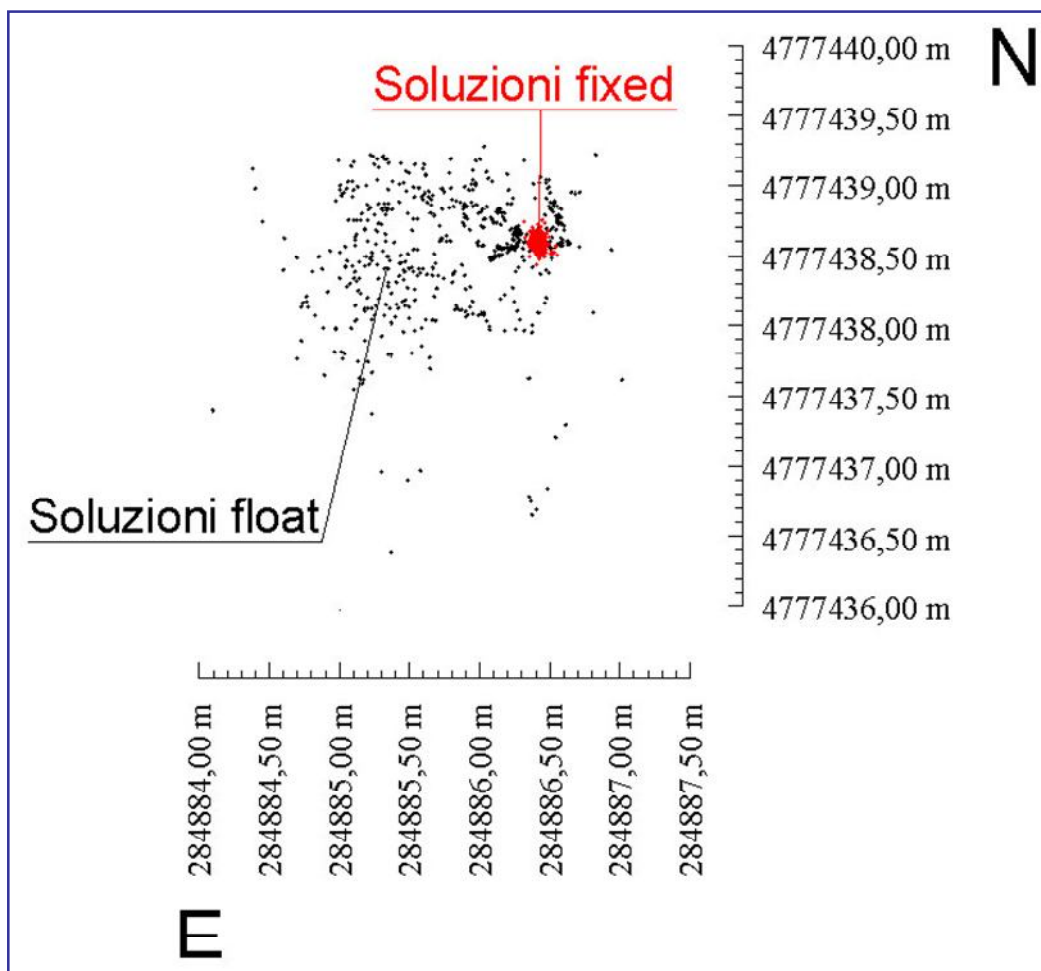


Equipaggiamento per Posizionamento Differenziale (NRTK)



Per il posizionamento differenziale **NRTK** (codice + fase), con correzione proveniente da una rete, si utilizza **un ricevitore geodetico a doppia frequenza**, configurato come rover, e un **modem telefonico GSM/GPRS** (spesso integrato nel ricevitore o nel controller) che invia alla rete la posizione in formato NMEA ed acquisisce la correzione dalla rete in formato RTCM o CMR (v. oltre per dettagli sui formati)

L'importanza del fissaggio dell'ambiguità nelle misure di fase



Questo grafico, relativo a un test eseguito in modalità **NRTK**, mostra come sia determinante ottenere una soluzione di tipo **FIXED**, con le ambiguità della misura di fase fissate su valori interi

Le soluzioni **FLOAT** non hanno precisione né accuratezza accettabile per i lavori topografici → vanno scartate

La stessa cosa vale anche nel posizionamento relativo (statico o cinematico post-processato) e in generale in tutte le tecniche GNSS che utilizzano la **FASE**

Post-Processamento vs. Tempo Reale

METODOLOGIE

POST-PROCESSAMENTO

PRO:

Ridondanza osservazioni → verifica qualità risultati

Accuratezza elevata → applicazioni "esigenti" come monitoraggio, ...

I ricevitori non devono comunicare tra loro → assenza di costi e problemi di comunicazione

CONTRO:

Tempi di esecuzione lunghi

Elaborazione in ufficio

Soluzione non immediata → esito misure si conosce dopo elaborazione

TEMPO REALE

PRO:

Tempi di esecuzione brevi

No elaborazione in ufficio

Immediatezza delle soluzioni → esito misure si conosce subito

Accuratezza soddisfacente, adeguata per molte applicazioni

CONTRO:

Ridondanza bassa → risultati non sempre sicuri (ma con le reti va meglio)

Possibilità di problemi nelle comunicazioni base-rover o rete-rover

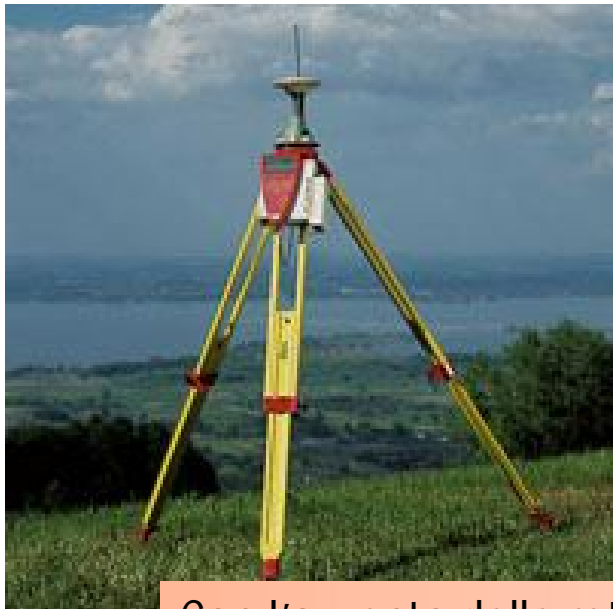
Costi per il collegamento telefonico se si utilizza GSM-GPRS

Costi per i servizi delle reti dinamiche

4) POSIZIONAMENTO GNSS CON RETI STATICHE

Le reti GNSS **statiche** o “**passive**” sono reti geodetiche simili a quelle tradizionali pre-GNSS, costituite da **punti materializzati** sul terreno o su manufatti, con la differenza che i punti sono scelti in funzione dell’**accessibilità** e **visibilità dei satelliti** anziché della **intervisibilità** come nelle vecchie reti trigonometriche

La misura di queste reti è saltuaria: ogni soluzione, costituita dalle sole **coordinate** dei vertici, resta valida per anni, da cui il termine “statiche”



Con l’avvento delle reti dinamiche alcuni mettono in discussione l’utilità delle reti statiche. Esse tuttavia restano a disposizione “gratis” per decenni e svincolano l’utente dalla funzionalità o meno della rete dinamica ...

Reti GNSS Statiche in Italia: IGM95



La rete statica GNSS fondamentale in Italia è la **IGM95**, realizzata tra il 1992 e il 1997 e comprendente oggi oltre 2000 punti (interdistanza media ca. 20 km)

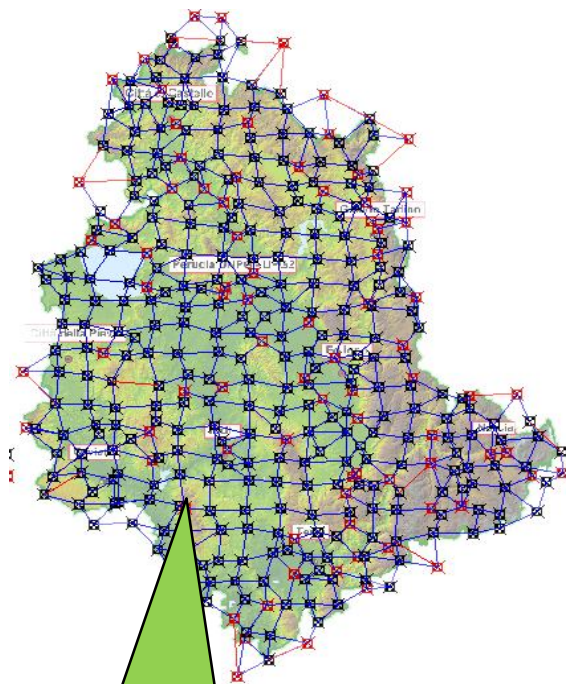
Le monografie dei vertici (in vendita all'IGM) riportano le coordinate ϕ , ω , h nel datum **ETRF89 (1989.0)**, praticamente coincidente con il WGS84, e nel precedente datum nazionale **Roma 40**

Nel sito IGM è disponibile una utility online che fornisce le variazioni di coordinate per passare a **ETRF2000 (2008.0)**, datum coerente con la nuova rete RDN

I vertici con denominazione **XXX70Y** sono collegati a linee di livellazione IGM per cui ne è nota anche la **quota ortometrica** con elevata accuratezza. Per gli altri la quota viene stimata con il modello ITALGEO

Reti GNSS Statiche in Italia: raffittimenti regionali

Numerose regioni italiane hanno realizzato **raffittimenti** della rete fondamentale IGM95 portando l'interdistanza tra i vertici a ca. 7 km (intesa Stato-Regioni) e mantenendone l'accuratezza media pari a ca. 5 cm



Umbria (2006): ca. 300 nuovi vertici di cui 60 collegati a livellazione. Distribuiti gratuitamente dalla Regione Umbria Datum **ETRF89 (1989.0)** e **Roma 40**

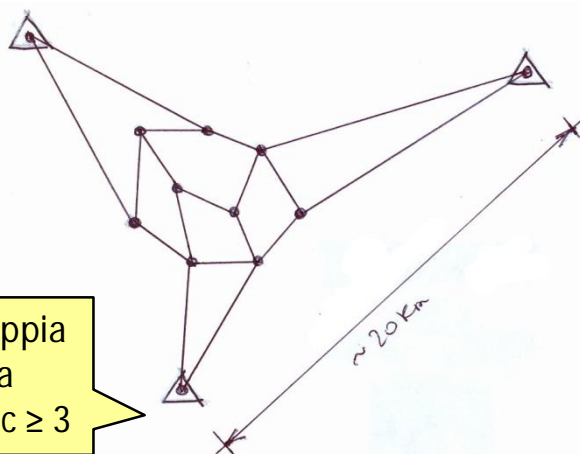


I vertici di raffittimento della Regione Lombardia vengono distribuiti dall'IGM come IGM95 e sono in tutto e per tutto equivalenti ad essi

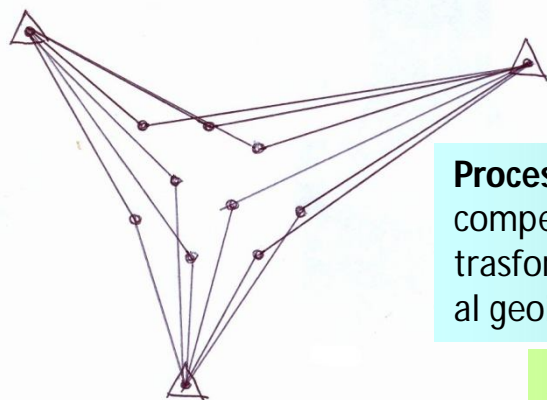
Reti statiche: Tecniche in Post-Processamento

La tecnica utilizzata è quella del **posizionamento relativo post-processato (GNSS statico)** con $N \geq 2$ ricevitori geodetici, determinando baselines di collegamento alla rete, preferibilmente con schemi ridondanti

A) Sola rete IGM95

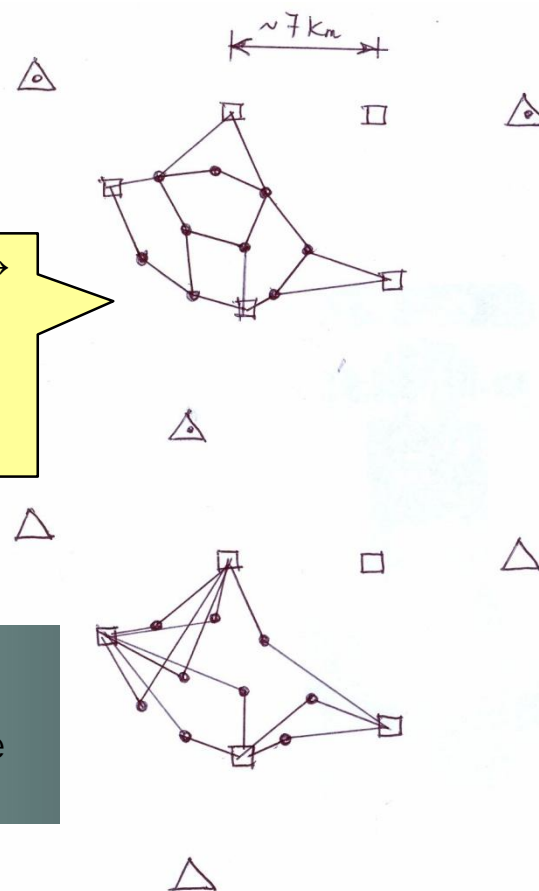


Ricevitori doppia
frequenza
Convieni $N_{ric} \geq 3$



Baselines più corte →
sessioni più brevi,
anche ric.
monofrequenza
Convieni $N_{ric} \geq 3$

B) IGM95 + raffittimento regionale



Processamento: calcolo baselines,
compensazione rete, eventuale
trasformazione datum, riduzione quote
al geode

Accuratezza: $\approx 2-3 \text{ cm}$

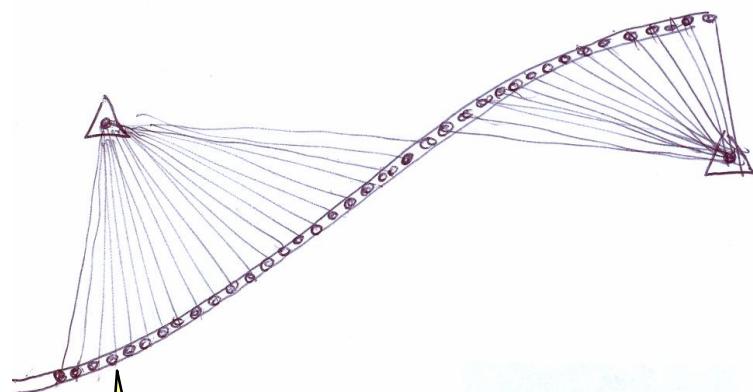
Applicazioni: appoggi aerofotogrammetria, cartografia, tracciamento opere

Reti GNSS

Reti statiche: Tecniche in Post-Processamento - 2

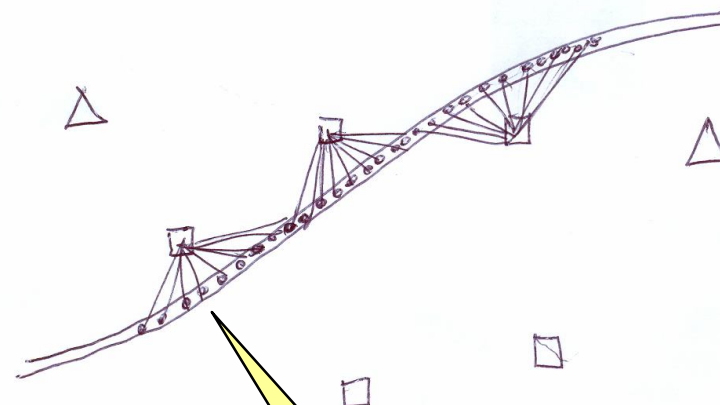
Con appoggio a una rete statica possono essere eseguiti anche **rilievi GNSS cinematici** post-processati

A) Sola rete IGM95



soluzione fixed non sempre possibile

B) IGM95 + raffittimento regionale



Minore distanza → soluzione fixed più facile da ottenere

Processamento: calcolo tracciati, eventuale trasformazione datum, riduzione quote al geoide

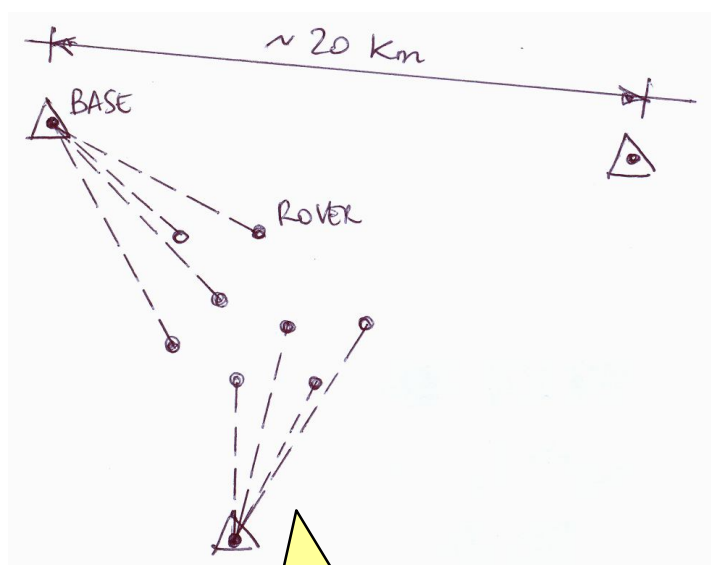
Accuratezza: $\approx 3 - 5$ cm

Applicazioni: voli fotogrammetrici (determinazione centri di presa - 1 Hz), catasto strade, studio moto veicoli

Reti statiche: Tecniche in Tempo Reale

La tecnica è quella del **posizionamento RTK base-rover** con **2** ricevitori geodetici (base + rover) collegati tra loro via **radio modem** o **modem GSM**

A) Sola rete IGM95

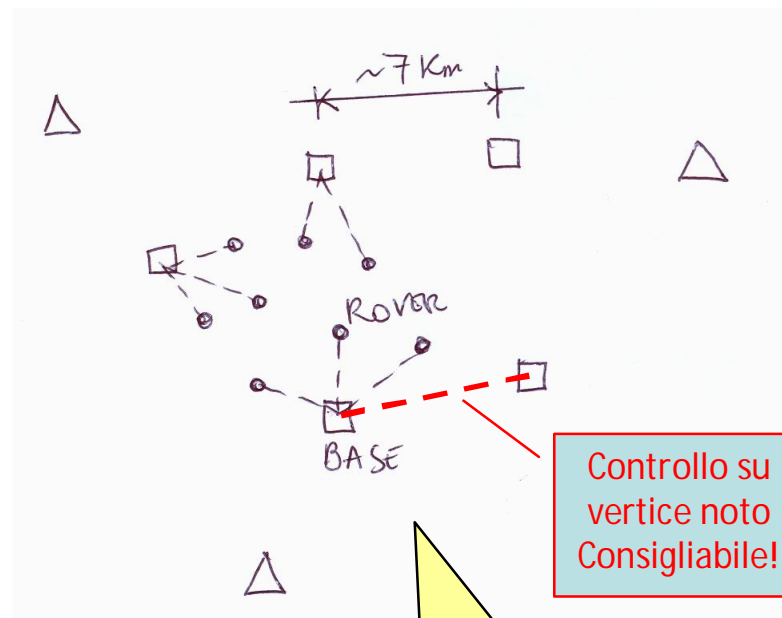


Collegamento radio
difficoltoso (può essere
necessario GSM), soluzione
fixed non sempre possibile

Processamento: solo archiviazione
dati, eventuale trasformazione datum,
riduzione quote al geoido

Accuratezza: $\approx 3-5$ cm

B) IGM95 + raffittimento regionale



Collegamento radio
migliore, soluzione fixed più
facile da ottenere perché la
distanza è minore

5) POSIZIONAMENTO GNSS CON RETI DINAMICHE

Le **Reti Dinamiche** sono costituite da **Stazioni GNSS Permanenti**

Una **stazione permanente GNSS** (acronimo **SP** o **CORS** = **C**ontinuously **O**perating **R**eference **S**tation) è una struttura preposta all'acquisizione, immagazzinamento e trattamento di dati di codice e di fase derivanti da costellazioni satellitari, in funzione 24 ore su 24 per 365 giorni l'anno



Installazione tipo (Regione Umbria):

- **Antenna choke-ring** (calibrazione assoluta)
- **Ricevitore GNSS** collegato alla rete (ethernet - IP)
- **Server locale** per controllo e archiviazione dati (secondo IP per collegamento alla rete)
- **Orologio atomico** esterno (rubidio)
- **Stazione meteo** interfacciata al ricevitore

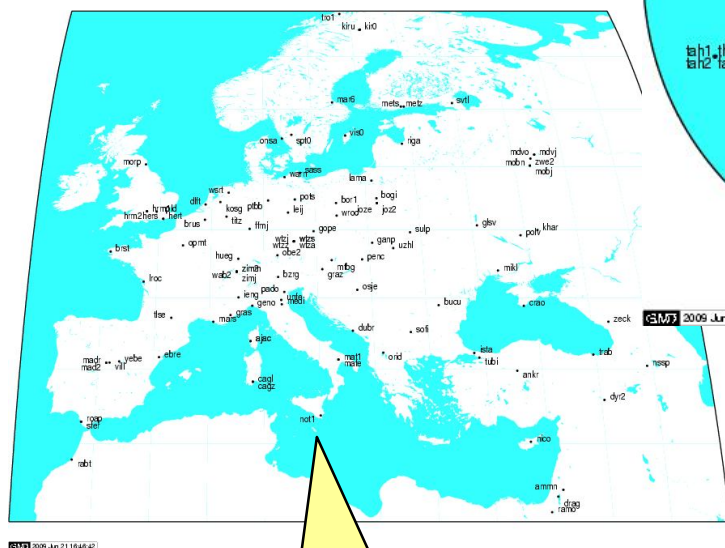
Ogni stazione è connessa con il **centro di controllo** della rete tramite rete informatica (o modem GPRS se in luogo isolato), ed invia al centro di controllo i dati acquisiti, con continuità se la rete (quasi sempre) eroga **servizi in tempo reale**, a cadenza oraria o altro se la rete eroga solo **servizi in post-processamento**

Reti GNSS dinamiche globali: la rete IGS

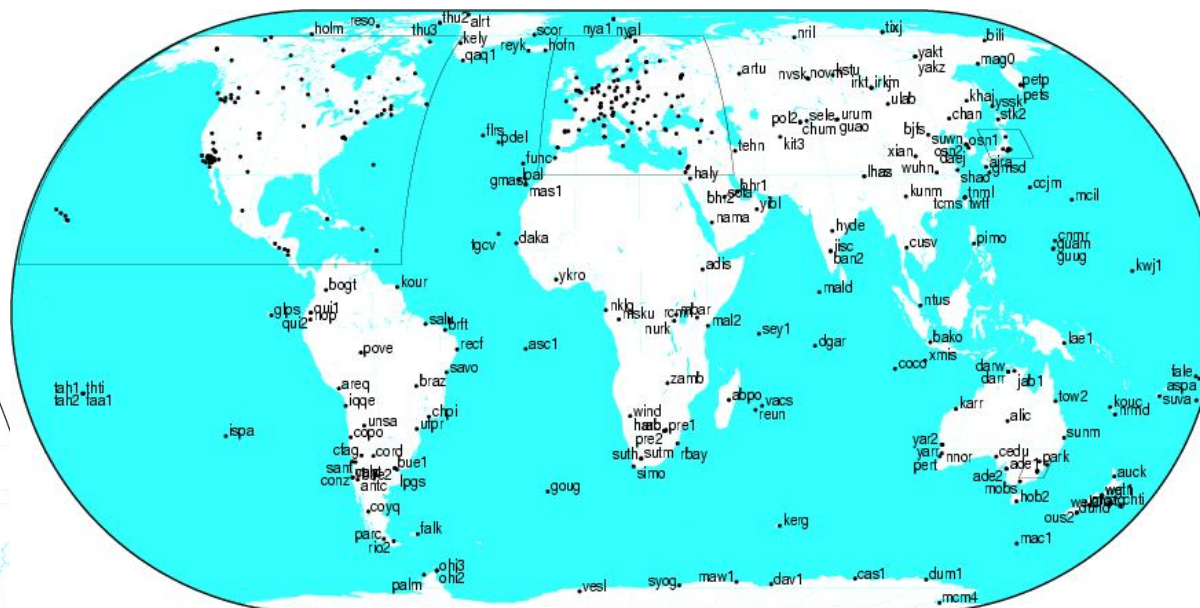
L'**IGS** (International **GNSS** Service) è una federazione internazionale di oltre 200 enti di ricerca civili con lo scopo di produrre dati e standard della più alta qualità nel settore del GNSS a supporto di scienza e tecnica.

I principali prodotti dell'IGS sono:

- La rete dinamica globale IGS
- Effemeridi precise IGS
- Parametri rotazione terrestre
- Correzioni orologi ...



Poche stazioni in Italia centrale (alcune sono in "lista di attesa")



L'utilizzo della rete IGS avviene essenzialmente in ambito scientifico. I prodotti sono disponibili gratuitamente nel sito web del *Central Bureau IGS*:

<http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>

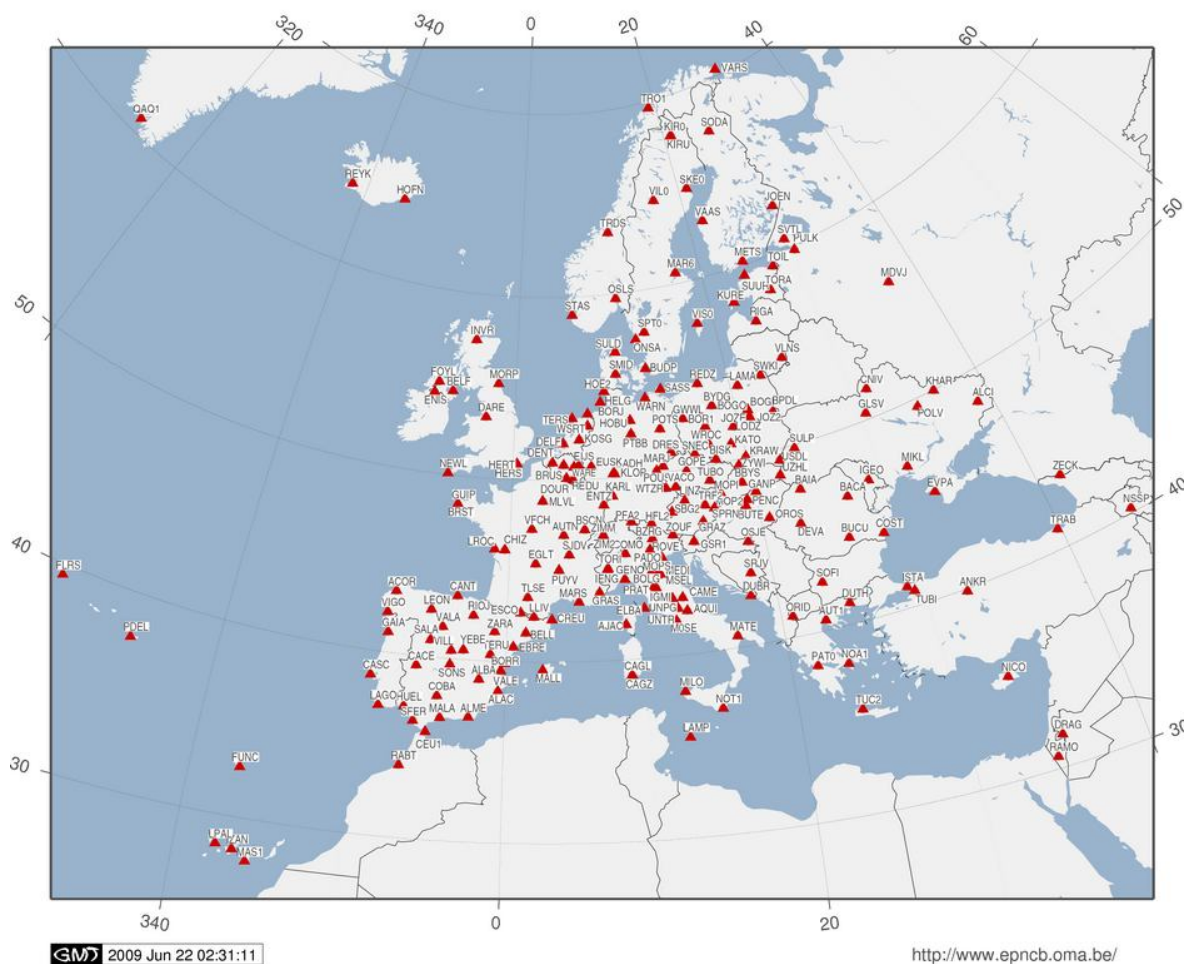
e/o in siti di altri enti di ricerca collegati:

- Files RINEX a 30" delle SP IGS (utilizzabili per post-processamento)
- Effemeridi precise (le ultra-rapide sono utilizzabili in tempo reale)

Reti GNSS dinamiche globali: la rete EPN

La rete **EPN** (EUREF Permanent Network) è la rete di SP GNSS gestita dall'EUREF, di cui si è già parlato

EUREF Permanent Tracking Network



Anche per la rete EPN l'utilizzo è essenzialmente scientifico.

I prodotti sono disponibili gratuitamente nel sito web del central bureau EPN: <http://www.epncb.oma.be/>

- Files RINEX a 30" orari delle SP EPN (utilizzabili per **post-processamento**)
- Correzioni RTCM di codice e fase in **tempo reale** trasmesse mediante stream Ntrip (v. seguito) per circa la metà delle stazioni EPN (includendo ad es. Perugia e Terni)

Reti GNSS dinamiche globali: Tempo Reale con stazioni EPN

From 2002 to 2007, the [EUREF-IP Pilot Project](#) stimulated and developed the necessary tools for EPN stations to make available their data in real-time. Today, the real-time data flow has become an integral part of the routine EPN data flow : 104 EPN stations are using the [Ntrip software](#) to stream their GNSS data through the internet. These real-time data, usually in [RTCM](#) format, are uploaded from the EPN stations to [broadcasters](#) from where they are distributed using the principle of internet radio.

Below you can find details on the **EPN stations providing GNSS data** through the Internet following an open data policy. For more details on the EPN real-time activities, please consult the [White Paper on Real-Time GNSS in Routine EPN Operations](#).

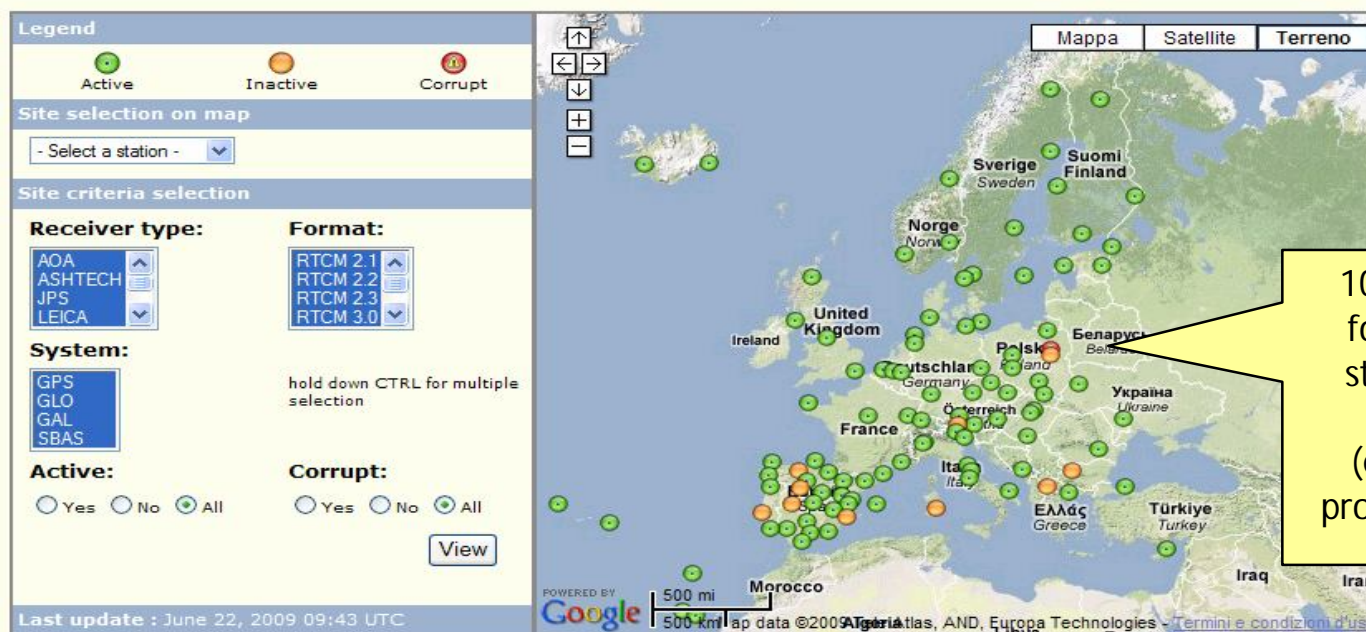
Participating GNSS Stations

All EPN stations streaming real-time data should follow guidelines specified in [Guidelines for EPN Stations and Operational Centres](#). Depending on the station, the data are made available in different formats: [RTCM](#), [SOC](#) or the receiver propriety format (RPF or RAW). **Operation details for each station are available from [here](#).**

Stations wishing to join the EUREF-IP network should apply to become an EPN station, follow the [Procedure for Becoming an EPN Station](#) and register through http://igs.bkg.bund.de/index_ntrip_prov.htm.

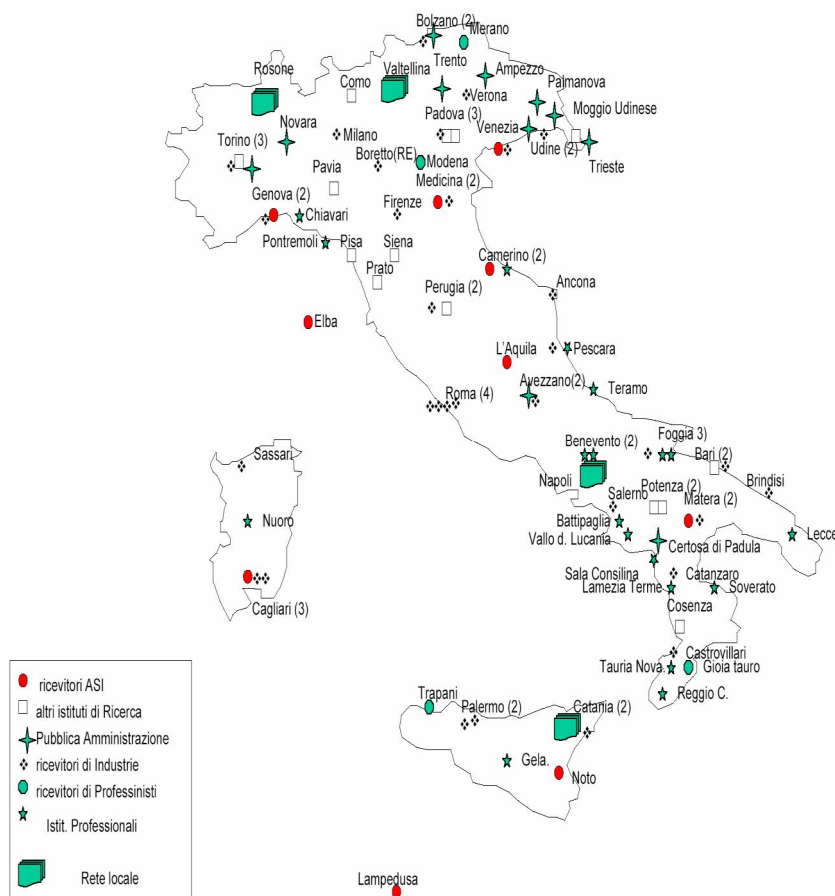
Users

To receive the EPN real-time GNSS data streams, free Ntrip client software (available for several platforms) can be downloaded from [here](#) after completing the [user registration](#). Authorization (user-ID and password) will be provided by BKG which operates the main (regional) EPN (or EUREF-IP) Broadcaster.



Reti GNSS dinamiche in Italia: la rete ASI

L' **ASI** (**A**genzia **S**paziale **I**taliana) è stato il primo ente in Italia a organizzare (anni 1990) una rete di stazioni permanenti, la maggior parte delle quali tuttora in funzione, con prevalente interesse scientifico (geodinamica)



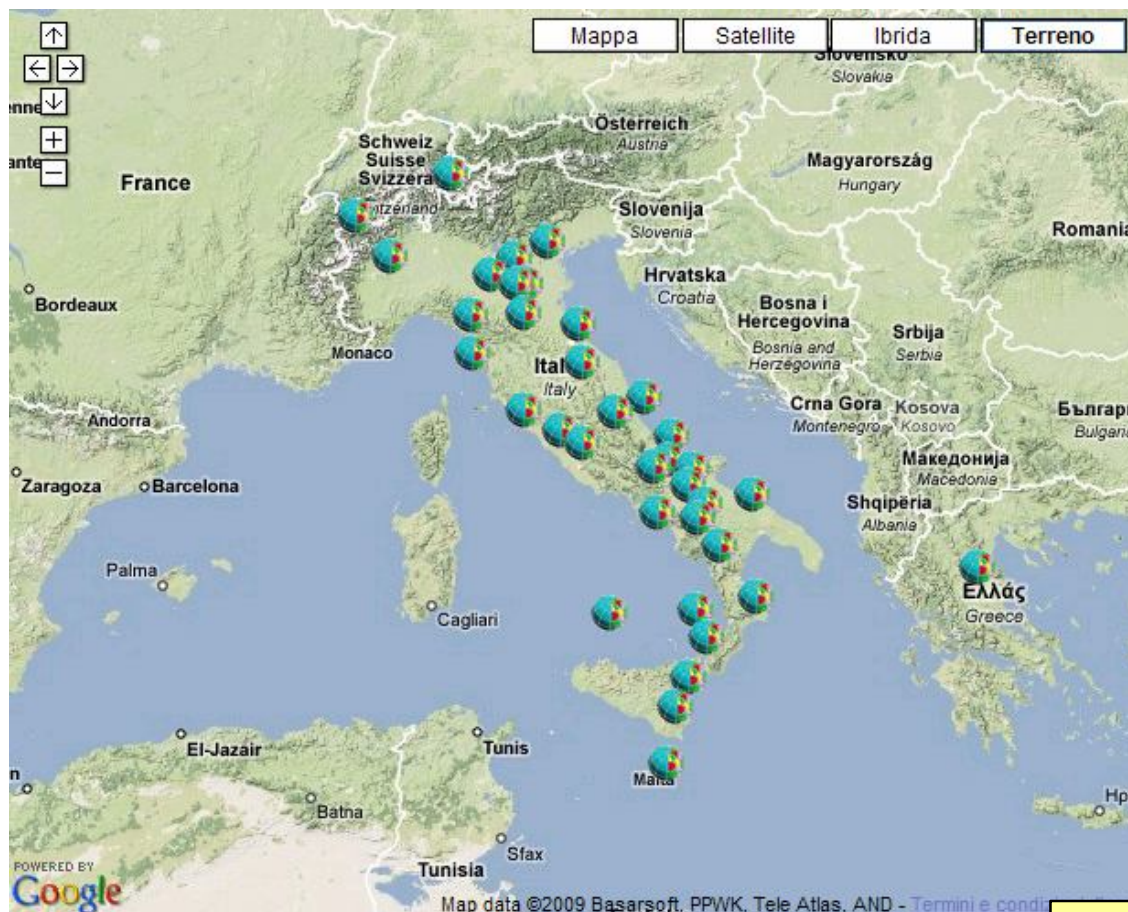
Per le stazioni della rete ASI il server **GEODAF** del Centro di Geodesia Spaziale ASI di Matera distribuisce tuttora pubblicamente i files RINEX a 30" delle proprie SP GNSS (utilizzabili per **post-processamento**) nel sito:

<ftp://geodaf.mt.asi.it/>



Reti GNSS dinamiche in Italia: la rete RING dell'INGV

L' **INGV** (Istituto Nazionale di **G**eofisica e **V**ulcanologia) ha realizzato per scopi scientifici (geodinamica) la rete GNSS permanente **RING** (Rete **I**ntegrata **N**azionale **G**PS) che comprende anche altri sensori (sismometri e accelerometri) e copre quasi tutta l'Italia con 35 stazioni



La rete RING mette a disposizione pubblicamente i files RINEX a 30" orari delle proprie SP (utilizzabili per **post-processamento**) nel sito:

<http://ring.gm.ingv.it/data.php>



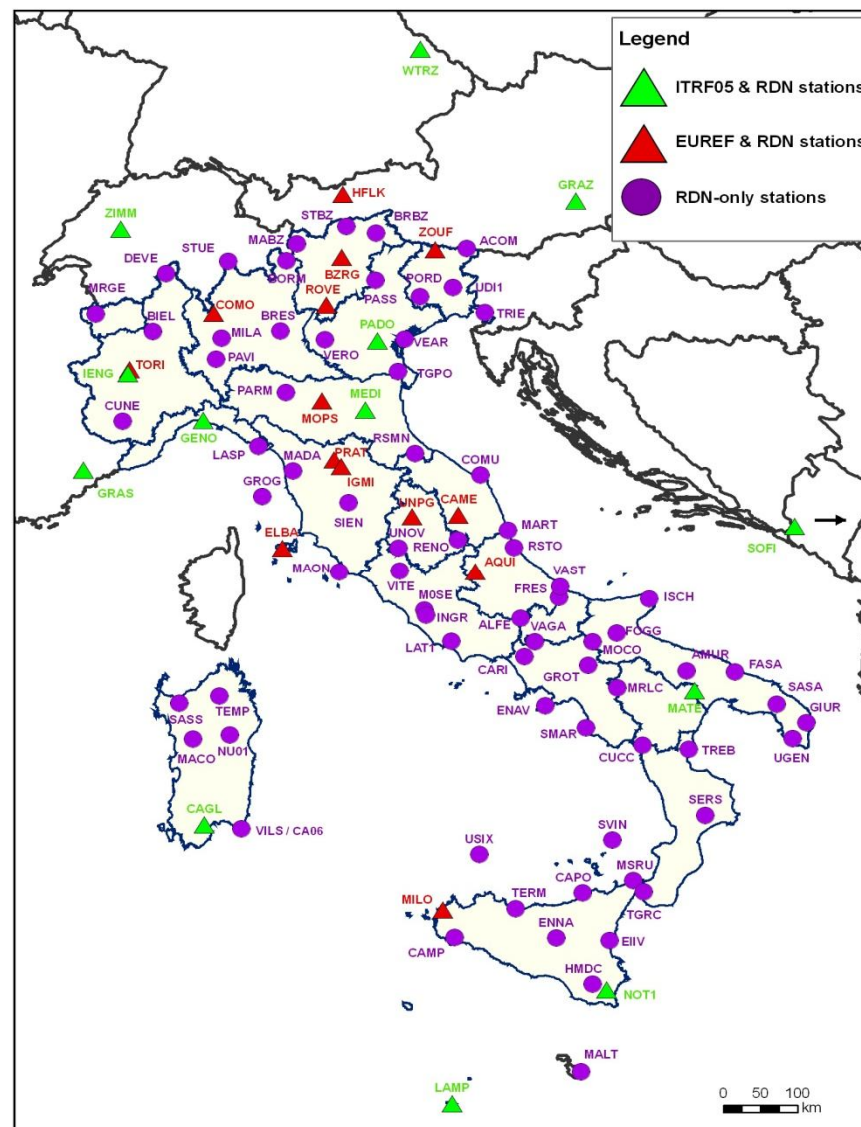
Caratteristica di questa rete è la materializzazione eseguita direttamente al suolo

Reti GNSS dinamiche in Italia: la rete RDN !

Abbiamo già parlato nella sezione relativa ai datum di **RDN**, la nuova **Rete Dinamica Nazionale** istituita dall'IGM con il concorso di varie Sedi Universitarie che ne hanno effettuato il calcolo in modo indipendente trovando risultati in ottimo accordo (v. Atti Convegno EUREF Firenze 2009).

Questa rete non eroga al momento "servizi di posizionamento" in Post-Processamento né in Tempo Reale, ma eroga un "servizio" ancora più essenziale che è a monte di tutto: la **realizzazione** in modo **univoco** per l'Italia di un **datum** moderno che si identifica con **ETRF2000 (2008.0)**

Con il tempo, si potrebbe pensare alla fornitura di **servizi di posizionamento** anche da parte di questa rete, a livello scientifico. Probabilmente la cosa nascerà da sé quando il calcolo di RDN diventerà una routine ripetuta a cadenza regolare (per ora si tratta di un primo calcolo "una tantum")



Reti GNSS dinamiche in Italia: GPSLombardia



La Lombardia, tramite il consorzio IREALP e con la consulenza scientifica del Politecnico di Milano, è stata la prima regione italiana a realizzare una rete di stazioni permanenti non solo a scopi scientifici ma soprattutto per erogare ai tecnici e alle amministrazioni pubbliche **servizi di posizionamento** in **post-processamento** e in **tempo reale**



15 stazioni
Ricevitori Topcon
GPS+GLONASS doppia
frequenza – Software
Geo++

Servizi offerti a pagamento attraverso il sito
<http://www.gpslombardia.it>

POST-PROCESSAMENTO:

- Files **RINEX** (latenza max 1 ora) con varie opzioni per durata, intervallo di campionamento e compattazione
- Coordinate delle stazioni nei datum IGS05 (2009.0), ETRF2000(2008.0)/RDN – in precedenza nei datum IGS05 (2008.0) ed ETRF89(1989.0)/IGM95

TEMPO REALE:

- Correzioni **DGPS** (solo codice)
 - Correzioni **NRTK** (codice + fase)
- Collegamento **GSM** o Internet (**Ntrip**)
Servizi RT erogati nel **datum IGS05(2009.0)** con *parametri* e *tool online* per convertire a ETRF2000 o ETRF89



Reti GNSS dinamiche in Italia: GPSLombardia (2)

Certificato delle misure

Certificato delle misure

GPSLombardia, propone ai propri utenti un nuovo servizio.
Da oggi e' infatti possibile richiedere un certificato su carta intestata indicante data, ora e localita' delle misure.

Questo documento potra' essere utilizzato in allegato alle proprie misure, a certificazione dell'utilizzo di GPSLombardia per la realizzazione del proprio rilievo GPS.

Per maggiori informazioni, [contatta GPSLOMBARDIA](#)

Esempio



Visualizzazione delle misure su cartografia ufficiale della Regione Lombardia (CTR 10.000, DTM20, CT10) o su cartografia fornita dall'utente)

Esempio

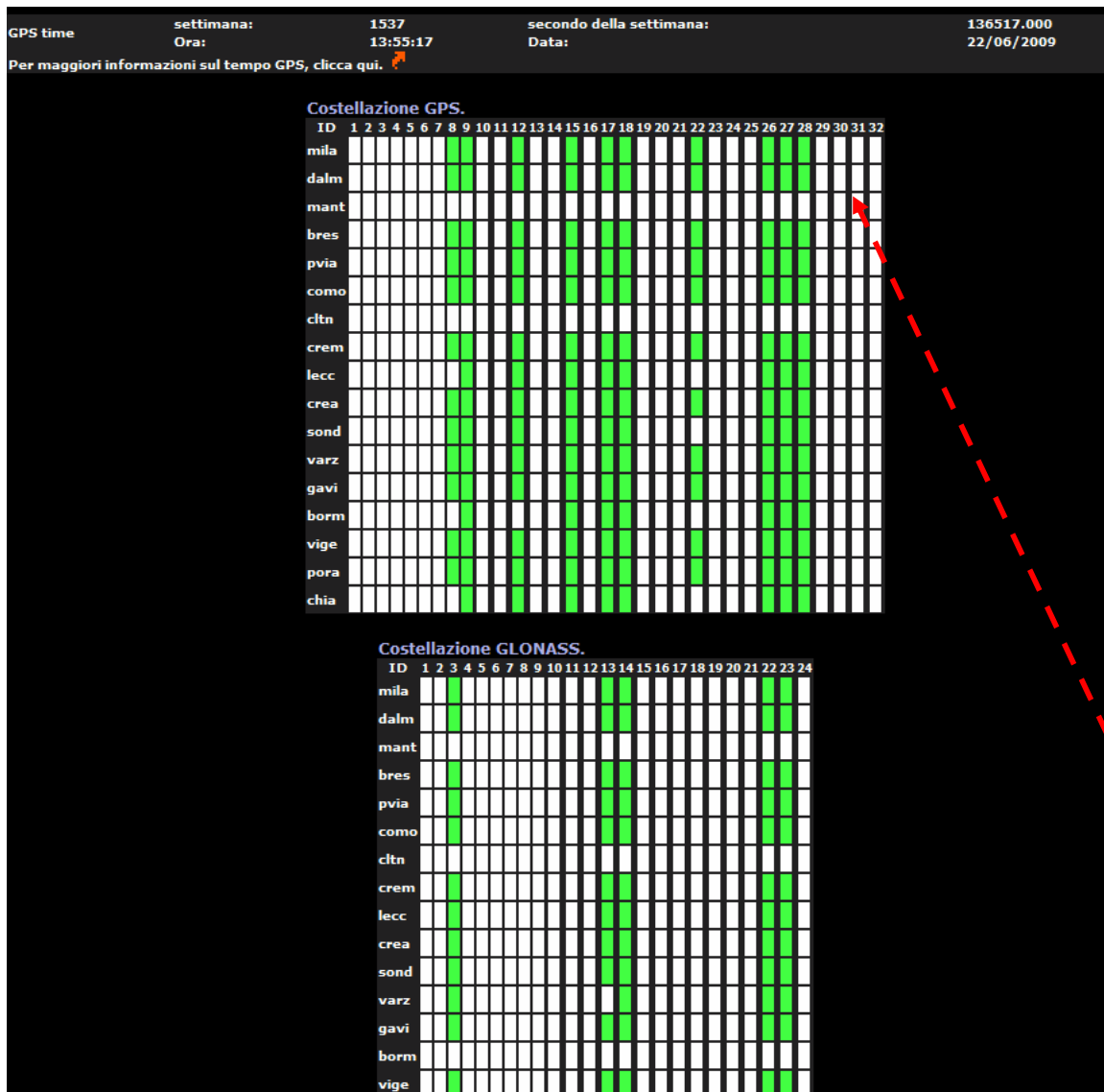
Time	Lat	Long	Quota
95111.800	46.3825180630	10.3606753120	1317.7210
95116.200	46.3825187450	10.3606751420	1317.6590
95117.400	46.3825189920	10.3606752500	1317.6220
95120.400	46.3825192300	10.3606757280	1317.5780
95123.600	46.3825173120	10.3606751320	1317.8570
95126.800	46.3825163170	10.3606749270	1318.0760
95129.400	46.3825278850	10.3606758230	1319.3580
95132.600	46.3825232530	10.3606735780	1320.1770
95135.400	46.3825217230	10.3606733850	1320.6220
95138.800	46.3825169350	10.3606708170	1321.7260
95141.400	46.3825165870	10.3606651170	1321.4940
95144.800	46.3825231770	10.3606654030	1320.7260
95147.800	46.3825246030	10.3606668280	1320.3700

Tabella indicante data, ora e luogo della misura.



GPSLOMBARDIA offre ora agli utenti anche un servizio di **certificazione** (documentazione su carta intestata) della data e orario di misura e del fatto che è stata utilizzata questa rete

Reti GNSS dinamiche in Italia: GPSLombardia (3)



Molto utile anche la schermata sullo **stato della rete**

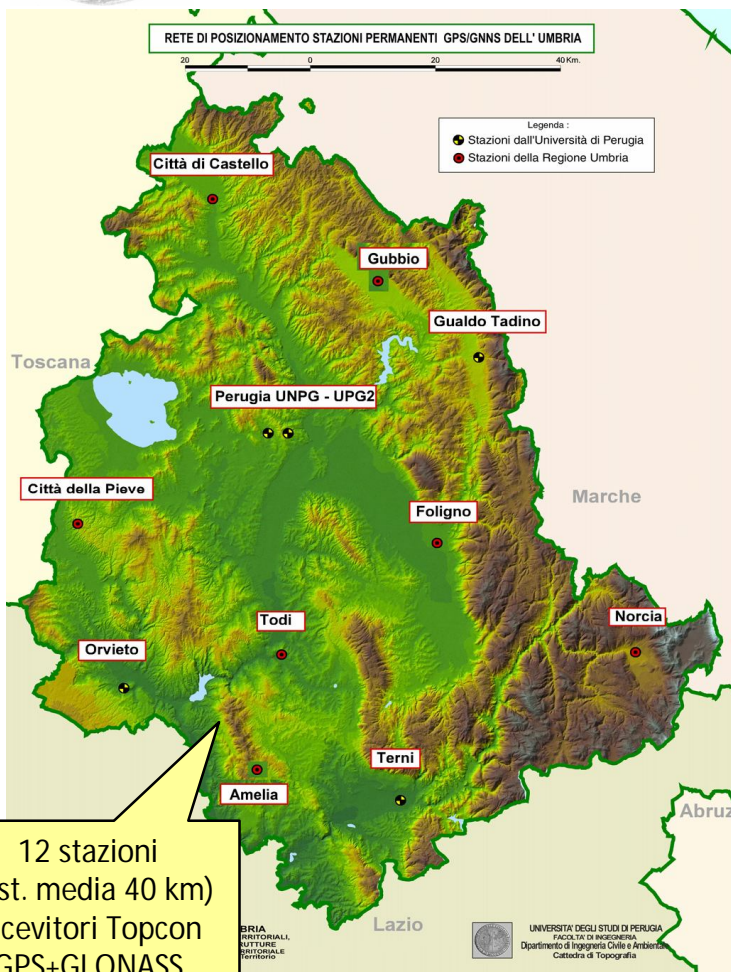
Il rettangolo verde indica che quella stazione sta ricevendo e fissando le ambiguità di un dato satellite GPS o GLONASS

Una fila di rettangoli bianchi indica che la stazione non sta ricevendo (Mantova!!)

Reti GNSS dinamiche in Italia: GPSUmbria



Molte altre Regioni italiane hanno realizzato negli ultimi anni reti GNSS a scopo di erogazione di servizi di posizionamento. Si cita qui **GPSUmbria** perché l'Università di Perugia ha lavorato direttamente alla sua realizzazione, insieme alla Regione



Servizi offerti attraverso il sito web

<http://www.gpsumbria.it>

POST-PROCESSAMENTO:

- Files **RINEX** (latenza max 1 ora), intervallo di campionamento 1-5-30 secondi, compattati Hatanaka
- Files **RINEX VIRTUALI** con ubicazione definita dall'utente
- **RINEX meteo** per le stazioni dotate di centralina meteo
- Monografie delle stazioni con coordinate nei datum ETRF89(1989.0)/IGM95, Roma40, ED50

TEMPO REALE:

- Correzioni **DGPS** (solo codice)
- Correzioni **NRTK** (codice + fase)

Correzioni fornite mediante Internet (**Ntrip**)
Servizi RT erogati nel **datum ETRF89(1989.0)**



Reti GNSS dinamiche in Italia: GPSUmbria (2)

Stazione Permanente: FOLIGNO - (REFO)

Tipo Campionamento: 5 s

Dati Gps del 22-06-2009 - (173)

<< Giugno2009 >>

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

*Sfondo Verde: gg con dati

Tipo File:

Dalle ore (hh:mm:ss):

Alle ore (hh:mm:ss):

Elenco file dati del 22-06-2009

00:00:00 - 00:59:59 - REFO173a.09d.Z	154.05 KB
00:00:00 - 00:59:59 - REFO173a.09G.Z	2.49 KB
00:00:00 - 00:59:59 - REFO173a.09N.Z	6.15 KB
00:00:00 - 00:59:59 - REFO173a.09S.Z	3.87 KB
01:00:00 - 01:59:59 - REFO173b.09d.Z	121.11 KB
01:00:00 - 01:59:59 - REFO173b.09G.Z	1.87 KB
01:00:00 - 01:59:59 - REFO173b.09N.Z	3.01 KB
01:00:00 - 01:59:59 - REFO173b.09S.Z	3.6 KB
02:00:00 - 02:59:59 - REFO173c.09d.Z	124.4 KB
02:00:00 - 02:59:59 - REFO173c.09G.Z	1.68 KB
02:00:00 - 02:59:59 - REFO173c.09N.Z	5.06 KB
02:00:00 - 02:59:59 - REFO173c.09S.Z	3.46 KB
03:00:00 - 03:59:59 - REFO173d.09d.Z	140.48 KB
03:00:00 - 03:59:59 - REFO173d.09G.Z	2.32 KB
03:00:00 - 03:59:59 - REFO173d.09N.Z	3 KB
03:00:00 - 03:59:59 - REFO173d.09S.Z	3.57 KB
04:00:00 - 04:59:59 - REFO173e.09d.Z	130.27 KB
04:00:00 - 04:59:59 - REFO173e.09G.Z	2.42 KB
04:00:00 - 04:59:59 - REFO173e.09N.Z	4.52 KB
04:00:00 - 04:59:59 - REFO173e.09S.Z	3.67 KB

*Per il download dei dati cliccare sui file prescelto

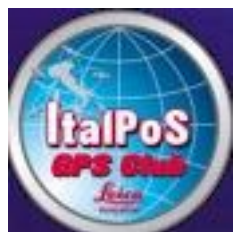
Interfaccia per
distribuzione dati
in post-processing

E' possibile scaricare insieme ai files RINEX (compatti) dei dati anche i **report** generati in automatico dal software di controllo TEQC

I files a 30 s sono giornalieri, quelli a 5s e ad 1s sono orari

La distribuzione dei files per post-processamento e anche dei servizi real-time è tuttora **gratuita** (fase sperimentale-promozionale), ma i servizi (esclusi i files a 30 s per PP) diventeranno a pagamento nei prossimi mesi con il passaggio dalla fase sperimentale a quella di servizio

Reti GNSS dinamiche in Italia: SmartNet ItalPOS



E' una rete realizzata da privati con *Leica Geosystems Italia* allo scopo di erogare **servizi di posizionamento su tutto il territorio nazionale**



Servizi offerti attraverso il sito web <http://www.italpos.it/>

POST-PROCESSAMENTO:

- Files **RINEX** gratuiti a 30s, a intervalli di campionamento inferiori per gli abbonati
- Coordinate delle stazioni nel datum ETRF89/IGM95

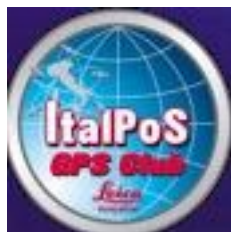
TEMPO REALE:

- Correzioni **RTK** (codice + fase) dalla stazione più vicina (nearest) gratuite
- Correzioni di area (**NRTK**) per gli abbonati
- Correzioni fornite mediante Internet (**Ntrip**)

Servizi RT erogati attualmente nel **datum ETRF89/IGM95**

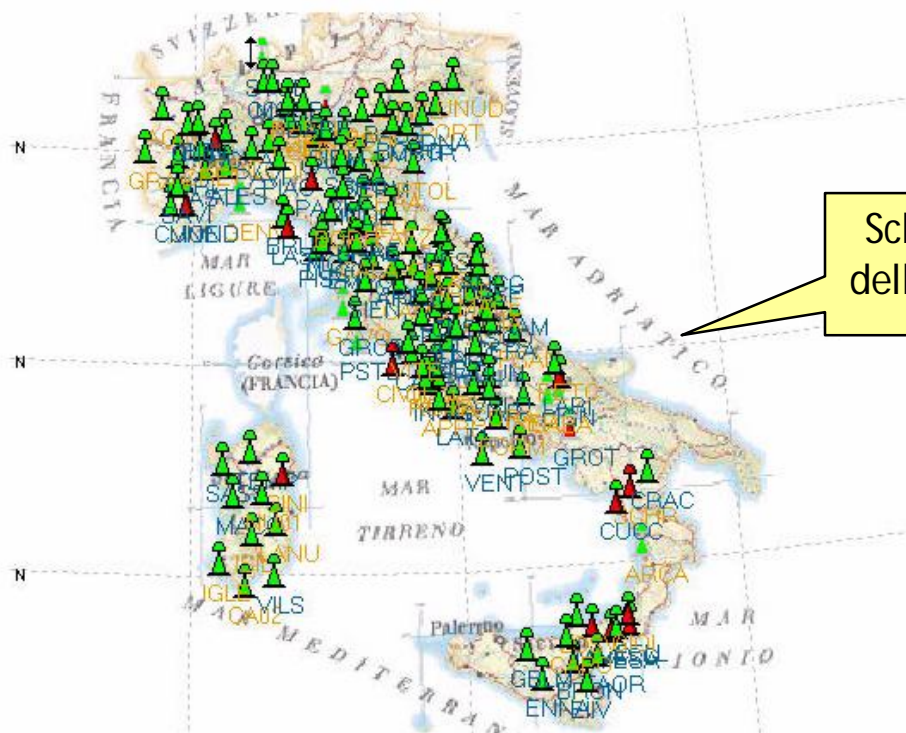


Reti GNSS dinamiche in Italia: SmartNet ItalPOS (2)



Stato in tempo reale della rete SmartNet ItalPos

Ultimo aggiornamento 22 June 2009 17:08:08



Schermata con lo stato della rete in tempo reale

simbolo	stato della stazione permanente
	La stazione e' attiva
	La stazione e' attiva ma non vengono trasmesse correzioni real time
	La stazione non e' attiva

Lo stato in tempo reale della rete SmartNet e' aggiornato ogni 30 secondi, l'assenza di aggiornamento o di informazioni relative allo stato non indicano problemi sulla rete ma esclusivamente l'assenza di aggiornamenti.

Reti GNSS dinamiche in Italia: LabTopo

La rete LabTopo è stata realizzata dal 2004 dal Laboratorio di Topografia e Fotogrammetria del DICA (Università di Perugia) con il concorso di altre sedi universitarie, istituti scolastici, associazioni di professionisti e ditte private (tutti convenzionati con UniPG a costo zero) per fornire un servizio gratuito di posizionamento.



21 stazioni
Ricevitori GPS+GLONASS
doppia frequenza

Servizi offerti attraverso il sito web
<http://labtopo.ing.unipg.it>

POST-PROCESSAMENTO:

- Files **RINEX** (latenza max 1 ora), intervallo di campionamento 1-5-30 secondi, compattati Hatanaka
- **RINEX meteo** per le stazioni dotate di centralina meteo
- Monografie delle stazioni con coordinate nei datum ETRF89/IGM95, Roma40, ED50

Non vengono erogati per ora servizi di posizionamento in tempo reale

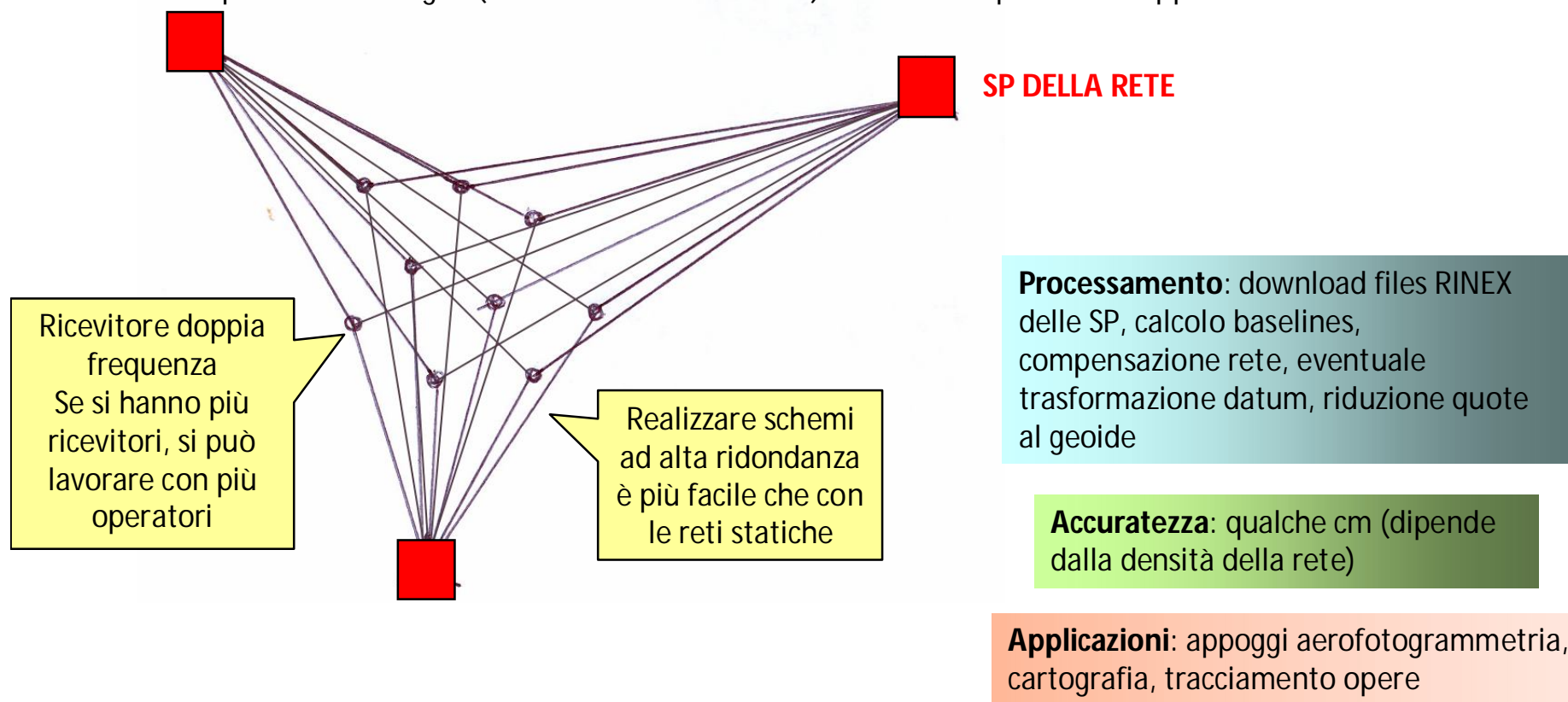


Reti dinamiche: Tecniche in Post-Processamento

Tecnica del **posizionamento relativo post-processato (GNSS statico)**: è possibile determinare baselines di collegamento alle stazioni della rete, preferibilmente con schemi ridondanti.

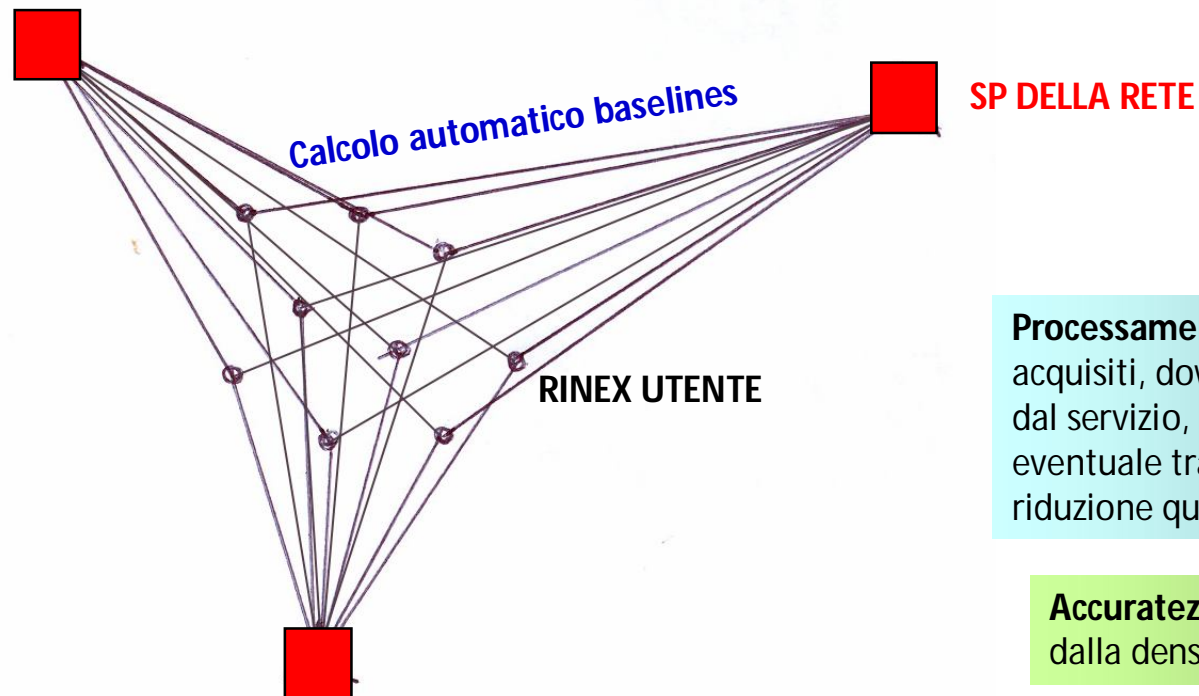
A differenza delle reti statiche, qui è sufficiente disporre di **un solo ricevitore**.

I dati acquisiti dalle stazioni permanenti vengono scaricati dal sito della rete (files RINEX). I files a 30 secondi sono utilizzabili per sessioni lunghe (orientativamente > 1 ora). Per sessioni più brevi è opportuno lavorare con files a 5 s



Reti dinamiche: Tecniche in Post-Processamento (2)

Alcune reti forniscono un **servizio di calcolo automatico** in post-processamento delle **baselines** tra siti dove ha eseguito misure l'utente (files RINEX) e SP della rete



Processamento: upload files RINEX acquisiti, download baselines calcolate dal servizio, compensazione rete, eventuale trasformazione datum, riduzione quote al geoide

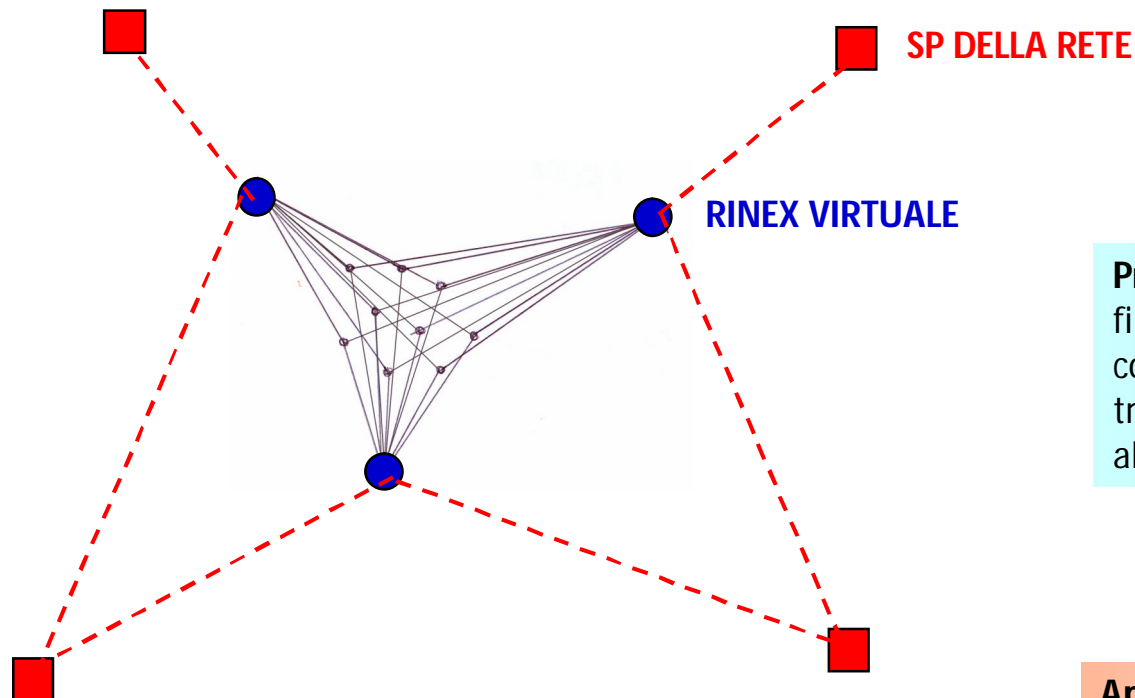
Accuratezza: qualche cm (dipende dalla densità della rete)

Applicazioni: appoggi aerofotogrammetria, cartografia, tracciamento opere

Reti dinamiche: Tecniche in Post-Processamento (3)

Lo schema precedente fa riferimento a un collegamento diretto alla rete, che implica in genere baselines piuttosto lunghe → necessità di sessioni di notevole durata.

Tra i servizi in post-processamento che una rete può fornire c'è la creazione di files **RINEX VIRTUALI** corrispondenti a **stazioni fittizie** in posizione **scelta dall'operatore** (**vicina** al luogo del rilievo). In questo modo si riduce notevolmente la lunghezza delle baselines → sessioni più brevi, soluzione più agevole, migliore accuratezza, possibilità di utilizzare anche ricevitori monofrequenza



Processamento: richiesta e download files RINEX VIRTUALI, calcolo baselines, compensazione rete, eventuale trasformazione datum, riduzione quote al geoide

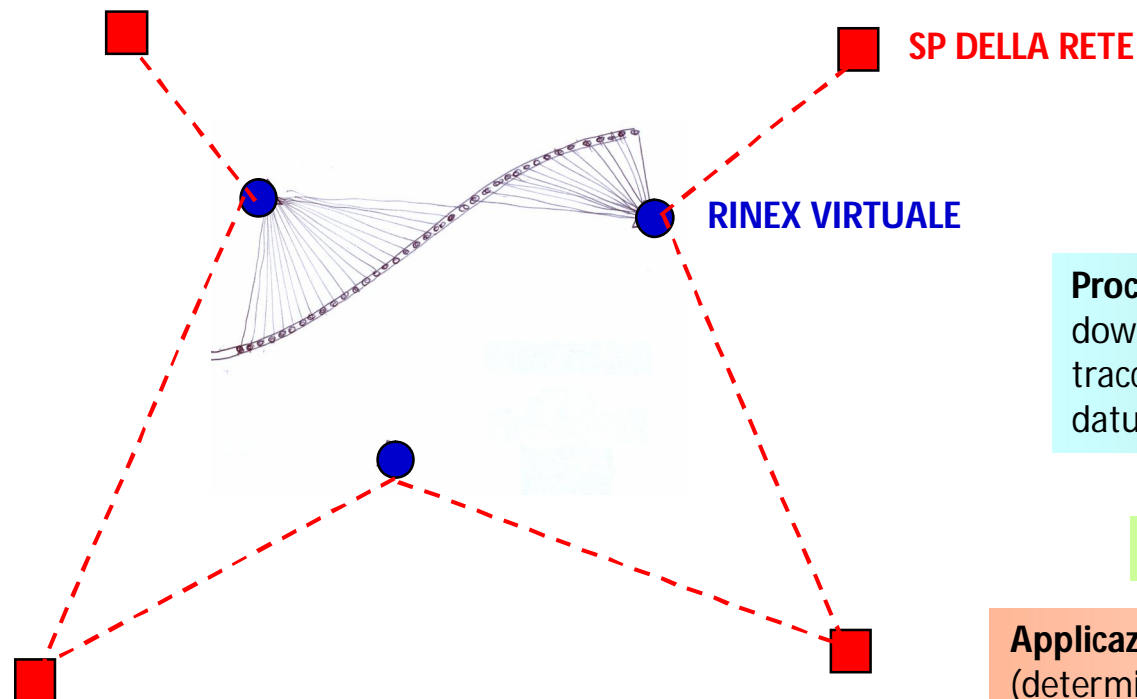
Accuratezza: pochi cm

Applicazioni: appoggi aerofotogrammetria, cartografia, tracciamento opere

Reti dinamiche: Tecniche in Post-Processamento (4)

I files **RINEX VIRTUALI** sono molto adatti al rilevamento di **tracciati** di veicoli in modalità **cinematica** post-processata.

La distanza del tracciato dalla stazione fissa è infatti un elemento critico per il fissaggio delle ambiguità e quindi l'accuratezza del tracciato: avere stazioni (fittizie) vicine è molto utile



Processamento: richiesta e download RINEX VIRTUALI, calcolo tracciati, eventuale trasformazione datum, riduzione quote al geoido

Accuratezza: $\approx 3 - 5$ cm

Applicazioni: voli fotogrammetrici (determinazione centri di presa), catasto strade, studio moto veicoli

Nota sul formato RINEX

```

2.10 OBSERVATION DATA M (MIXED) RINEX VERSION / TYPE
TPS2RIN 1.40 UNPG 09-JUN-06 11:02 PGM / RUN BY / DATE
build Feb 4 2004 (c) Topcon Positioning Systems COMMENT
LABTOPO COMMENT
D:\Geopro\MEGASE~1\geodata\working\UNPG_2~1.JPS COMMENT
UNPG MARKER NAME
12752M001 MARKER NUMBER
UNIV-PERUGIA OBSERVER / AGENCY
8PIZ6XG550G TPS ODYSSEY_E 2.5 Feb,21,2005 REC # / TYPE / VERS
RRA00115 JPSREGANT_DD_E ANT # / TYPE
4555144.7658 997821.8064 4337432.8864 APPROX POSITION XYZ
0.1000 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N
2006 1 1 WAVELENGTH FACT L1/2
2006 6 9 8 0 0.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS
5.000 2006 6 9 8 59 55.0000000 GPS TIME OF LAST OBS
14 INTERVAL
14 LEAP SECONDS
7 C1 P1 P2 L1 L2 D1 D2 # OF SATELLITES
G 1 720 720 720 720 720 720 720 # / TYPES OF OBSERV
G11 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
G13 551 528 526 551 526 551 526 PRN / # OF OBS
G14 360 351 351 360 351 360 351 PRN / # OF OBS
G17 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
G19 479 479 479 479 479 479 479 PRN / # OF OBS
G20 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
G23 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
G24 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
R 6 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
R 7 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
R 8 677 674 674 677 674 674 673 PRN / # OF OBS
R21 720 719 719 720 719 718 718 PRN / # OF OBS
R22 720 720 720 720 720 720 720 PRN / # OF OBS
SE TPS f81e702c COMMENT
END OF HEADER
06 6 9 8 0 0.0000000 0 12G 1G11G14G17G19G20G23G24R 6R 7R21R22
21200486.034 21200485.5444 21200489.2584 111409321.038 8 86812470.61546
-975.676 -760.265
20151513.593 20151513.2204 20151515.2214 105896912.276 8 82517084.40546
-353.643 -275.565
23898223.308 23898221.8894 23898226.2184 125585982.946 5 97859222.93841
-3161.654 -2463.629
23142653.555 23142653.3654 23142656.0164 121615453.788 6 94765300.07643
2390.067 1862.399
23617108.588 23617108.2084 23617110.5814 124108718.341 6 96708082.93943
-3631.738 -2829.923

```

Per maggiori informazioni si consulti la brochure online:
<ftp://epncb.oma.be/pub/data/format/rinex300.pdf>

Ogni produttore di ricevitori GNSS ha un formato proprio (**binario**), per i files acquisiti, detti **raw data**.

Il **RINEX (Receiver INdependent EXchange)** è un formato di scambio unificato in formato testo (ASCII). La versione attuale è RINEX 3.00. È possibile convertire raw data in RINEX e viceversa.

La massima lunghezza della linea (record) è di 80 caratteri. Attualmente sono definiti tre tipi di files RINEX: Osservazioni, Navigazione e Meteo

Ogni file è composto da una testata (**header**) a cui fanno seguito tutte le informazioni in chiaro

Esiste un formato **RINEX compatto** o CRINEX definito da **Hatanaka**, utilizzabile con le utility di conversione **crx2rnx.exe** (scompattatore) e **rnx2crx.exe** (compattatore)

Reti dinamiche: Tecniche in Tempo Reale

Tecnica **DGPS a rete** o **NDGPS**: L'utente trasmette al centro di controllo **la propria posizione** tramite il messaggio NMEA e gli viene inviata una correzione personalizzata **di solo codice (DGPS)**.

Tale correzione può essere quella relativa alla stazione della rete più vicina all'utente (NEAREST) oppure, mediante un opportuno software di rete in tempo reale, una correzione calcolata tenendo conto di tutte le stazioni della rete nell'area in oggetto.

L'accuratezza ottenibile è < 1 m, in alcuni casi si riduce a pochi decimetri



Per utilizzare questa tecnica è sufficiente 1 solo economico ricevitore di tipo "entry level" purché in grado di ricevere la correzione RTCM di codice

Processamento: solo archiviazione dati, eventuale trasformazione datum, riduzione quote al geoide

Accuratezza: $\approx 0.5 - 1$ m

Applicazioni: navigazione di precisione, cartografia a piccola scala, GIS, ...

Reti dinamiche: Tecniche in Tempo Reale

Tecnica **NRTK (Network RTK)**: L'utente trasmette al centro di controllo della rete la propria posizione mediante un **messaggio NMEA** e gli viene inviata una correzione personalizzata di codice e fase in formato unificato **RTCM** (o *formati proprietari* diffusi come il compatto **CMR**).

Tale correzione viene calcolata da un opportuno **software di rete in tempo reale** tenendo conto delle stazioni della rete ricadenti nell'area dell'utente.

Vantaggi rispetto all'RTK da stazione singola (base-rover): il fissaggio delle ambiguità è più rapido che con il semplice RTK, le coordinate ottenute sono più attendibili e accurate in quanto viene coinvolta tutta la rete e quindi la ridondanza è maggiore. Inoltre il sistema di riferimento essendo definito da tutta la rete è più stabile e sicuro che nel semplice RTK.



E' necessario disporre di un "**kit rover NRTK**" costituito da un **ricevitore geodetico a doppia frequenza**, configurato come rover, e un **modem telefonico GSM/GPRS** (spesso integrato nel ricevitore o nel controller) per la trasmissione del messaggio NMEA e la ricezione delle correzioni RTCM (o CMR, ...)

Processamento: solo archiviazione dati, eventuale trasformazione datum, riduzione quote al geode

Accuratezza: $\approx 2-5$ cm

Applicazioni: appoggi aerofotogrammetria, cartografia, tracciamento opere, Catasto



Nota sul formato NMEA

NMEA (National Marine Electronics Association)

La NMEA (ente USA) ha definito un formato unificato (**NMEA 0183**, detto brevemente formato NMEA) internazionalmente accettato per comunicare posizioni GPS/GNSS. Viene utilizzato dall'utente di una rete GNSS per comunicare al centro di controllo della rete la propria posizione per ricevere una correzione personalizzata.

Le parti più importanti del messaggio NMEA sono:

GGA (informazioni sulla posizione ottenuta mediante i satelliti GNSS). Esempio di stringa GGA:

```
$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47
```

Dove: 123519 orario 12:35:19 UTC

4807.038,N Latitudine 48° 07.038' N

01131.000,E Longitudine 11° 31.000' E

1 qualità della soluzione : 0 = invalid 1 = GPS fix (SPS) 2 = DGPS fix 3 = PPS fix 4 = Real Time Kinematic 5 = Float RTK

08 Numero satelliti tracciati

0.9 HDOP

545.4,M Altezza ortometrica, Metri

46.9,M ondulazione geoidica

*47 checksum (parametro di controllo integrità), inizia sempre con *

GSA (altre informazioni su satelliti ricevuti e DOP)

```
$GPGSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1*39
```



Nota sul formato RTCM

RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)

La RTCM (istituzione governativa USA) attraverso il suo *special committee* che si occupa di sistemi satellitari differenziali (**SC-104**) ha emanato i formati standard internazionalmente accettati per i messaggi di correzione GPS/GNSS, sia per solo codice che per codice + fase. Via via sono stati introdotti aggiornamenti a tale formato in funzione della evoluzione della tecnologia:

RTCM 2.0 – prima versione, consentiva solo correzioni di codice (DGPS), accuratezza metrica

RTCM 2.1 e 2.2 – consentivano anche correzioni di fase (RTK)

RTCM 2.3 – emanato nel 2001, supporta GLONASS, supporta FKP, è ancora molto utilizzato in quanto compatibile con quasi tutti i ricevitori, anche quelli più datati

RTCM 3.0 – emanato nel 2004 come nuovo standard caratterizzato da maggior efficienza e versatilità rispetto al precedente. Vantaggi rispetto ai precedenti: richiede una minor larghezza di banda nella trasmissione, ha una migliore integrità, è predisposto per GALILEO e GPS modernizzato.

RTCM 3.1 – versione più recente di RTCM 3, supporta tutti i tipi di network RTK (VRS, FKP, MAX, ecc.) e correzioni d'orbita da utilizzare in tempo reale. **Permette anche di inviare parametri di trasformazione di datum in modo che l'utente ottenga le coordinate nel datum della cartografia su cui sta lavorando anziché nel datum della rete, evitando di dover eseguire trasformazioni a posteriori**

RTCM è il formato standard, ed è di gran lunga il più diffuso. Va però ricordato che esistono altri **formati "proprietary"** definiti da singole ditte, come il **CMR** della Trimble che è però adottabile anche con altre marche di ricevitori e rispetto a RTCM ha il vantaggio di una notevole compattezza che riduce il flusso dei dati, rendendolo vantaggioso ad es. quando si usano radio modem

Nota sul formato RTCM (2)

L' erogazione delle correzioni mediante il messaggio RTCM può avvenire in due diverse modalità:

- La prima (messaggi **RTCM 18 e 19**), si basa sull'invio da parte della stazione fissa alla stazione mobile di **tutte le informazioni di codice e di fase** tipicamente acquisite dal ricevitore master (raw data);
- La seconda, (messaggi **RTCM 20 e 21**), consiste nel trasferire dal ricevitore fisso a quello mobile **unicamente informazioni di correzione**. In questo caso, note le coordinate della stazione master, il rover riceve la differenza (*correzione*) tra la distanza satellite/ricevitore registrata e la distanza satellite/ricevitore teorica calcolata in base alla posizione nota del master e alla posizione del satellite ottenuta dalle effemeridi trasmesse.

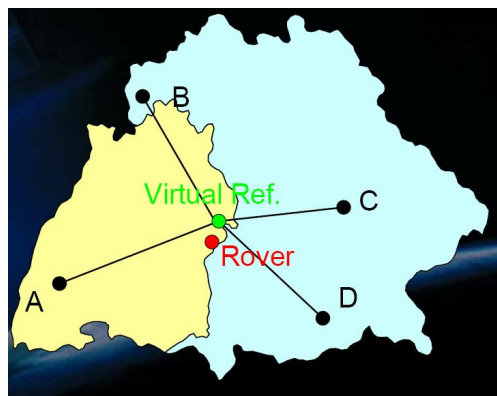
L'uso di messaggi tipo 20 e 21 al posto dei messaggi 18 e 19 comporta dei vantaggi tra cui:

- Il flusso dei dati trasmessi si riduce notevolmente, con minori problemi relativi all'efficienza della trasmissione
- minore dipendenza dal tempo delle correzioni rispetto al caso dei raw data (le correzioni variano più lentamente dei raw data e quindi sono più stabili)

Modalità delle correzioni NRTK

1) VRS (Virtual Reference Station)

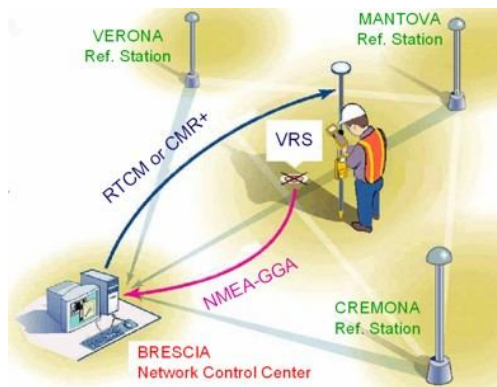
L'utente trasmette al centro di controllo la propria posizione (con un messaggio NMEA) e gli viene inviata in formato RTCM una **correzione personalizzata** corrispondente a una **stazione virtuale** che dista pochi km (di solito circa 4 km) dall'area del rilievo. La correzione viene calcolata dal centro di controllo interpolando i dati delle stazioni circostanti alla zona dell'utente. E' necessario disporre di una comunicazione bidirezionale tra utente e centro di controllo (→ NMEA, ← RTCM)



Per questa come per le altre modalità NRTK è necessario che al centro di controllo sia in funzione un **software di rete** il cui modulo principale acquisisce i dati da tutte le stazioni della rete e li **elabora in continuo** calcolando ambiguità e bias nelle stazioni della rete sempre aggiornati. Le coordinate sono vincolate stocasticamente su una soluzione pre-calcolata.

Un secondo modulo del software provvede a **generare la correzione VRS** per **ciascun** utente e ad inviargliela in formato RTCM. **L'utente opera come se ricevesse la correzione da una stazione reale in modalità base-rover** (si può usare lo stesso software usato per il semplice RTK da una sola stazione). È un approccio ideato proprio per poter utilizzare ricevitori e standard (RTCM 2.3) non recentissimi.

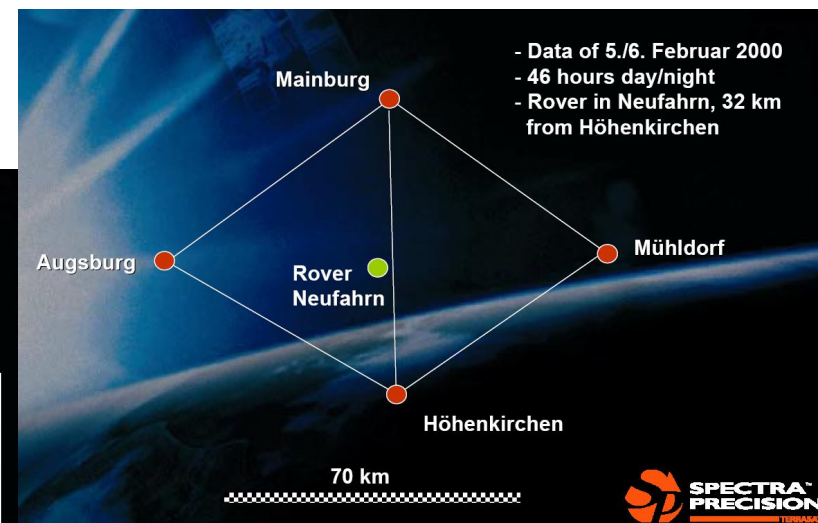
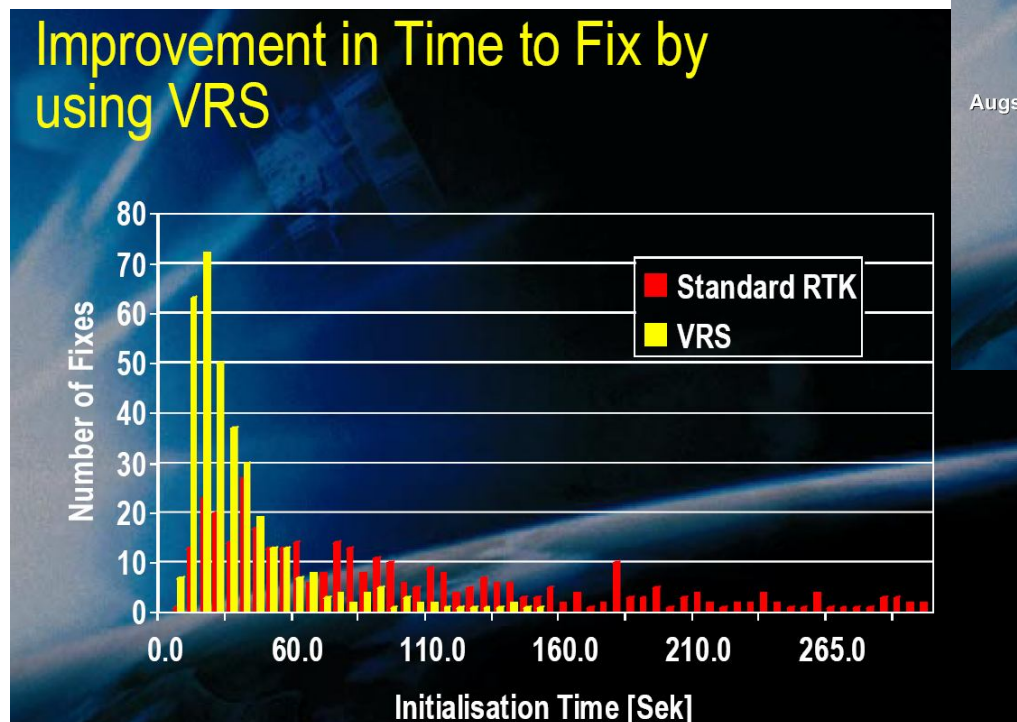
L'interpolazione eseguita riguarda le *orbite* ed il *bias troposferico* (che insieme costituiscono la parte geometrica della correzione, dell'ordine di 2 ppm) e soprattutto il *bias ionosferico* (circa 15 ppm). Il software di rete sulla base dei dati di tutte le stazioni esegue una **mappatura di ione- e troposfera** nella regione coperta dalla rete e su tale mappatura interpola le correzioni per l'utente



Modalità delle correzioni NRTK (2)

Benefici della tecnica VRS

Improvement in Time to Fix by using VRS



Questo grafico (da Landau, Terrasat) relativo a una delle prime reti realizzate con l'approccio VRS in Germania, mostra come utilizzando l'approccio VRS il **tempo per ottenere una soluzione fixed** cali drasticamente rispetto all'utilizzo di una singola stazione della stessa rete in modalità RTK standard. La maggior parte delle soluzioni fixed con il VRS sono state ottenute entro 1 minuto

Modalità delle correzioni NRTK (3)

2) FKP (Flachen Korrektur Parameter) = Parametri di Correzione d'Area

In modo analogo all'approccio VRS, l'utente trasmette al centro di controllo la propria posizione (con un messaggio NMEA) e gli viene inviata in formato RTCM una **correzione personalizzata** calcolata interpolando i dati delle stazioni della rete. E' necessario disporre di una comunicazione **bidirezionale** tra utente e centro di controllo (\leftarrow NMEA, \rightarrow RTCM)

E' possibile anche utilizzare l'approccio FKP **senza trasmissione del messaggio NMEA**, poiché lo stesso rover può utilizzare i parametri FKP per il calcolo della correzione nella sua posizione. In questo caso è sufficiente una comunicazione **unidirezionale** (centro di controllo \rightarrow RTCM utente) e il carico computazionale sul centro di controllo si riduce molto.

Per la rappresentazione degli errori di posizione è usato un **modello di interpolazione lineare** riferito ad una superficie parallela all'ellissoide WGS84 all'altezza della stazione di riferimento. Le coordinate del rover sono riferite a questa superficie, e sono usate per derivare gli errori che dipendono dalla distanza con le seguenti espressioni:

$$\delta r_0 = 6.37 (N_0 (\varphi - \varphi_R) + E_0 (\lambda - \lambda_R) \cos(\varphi_R)) \quad (6.4)$$

$$\delta r_1 = 6.37 H (N_1 (\varphi - \varphi_R) + E_1 (\lambda - \lambda_R) \cos(\varphi_R)) \quad (6.5)$$

dove

N_0 sono FKP nella direzione nord-sud per il segnale geometrico in ppm;

E_0 sono FKP nella direzione est-ovest per il segnale geometrico in ppm;

N_1 sono FKP nella direzione nord-sud per il segnale ionosferico in ppm;

E_1 sono FKP nella direzione est-ovest per il segnale ionosferico in ppm;

φ_R e λ_R sono le coordinate geografiche della stazione di riferimento nel datum WGS84;

$$H = 1 + 16(0.53 - E/\pi)^3;$$

E angolo di elevazione del satellite in radianti;

δr_0 sono gli errori dipendenti dalla distanza per il segnale geometrico in m;

δr_1 sono gli errori dipendenti dalla distanza per il segnale ionosferico in m.

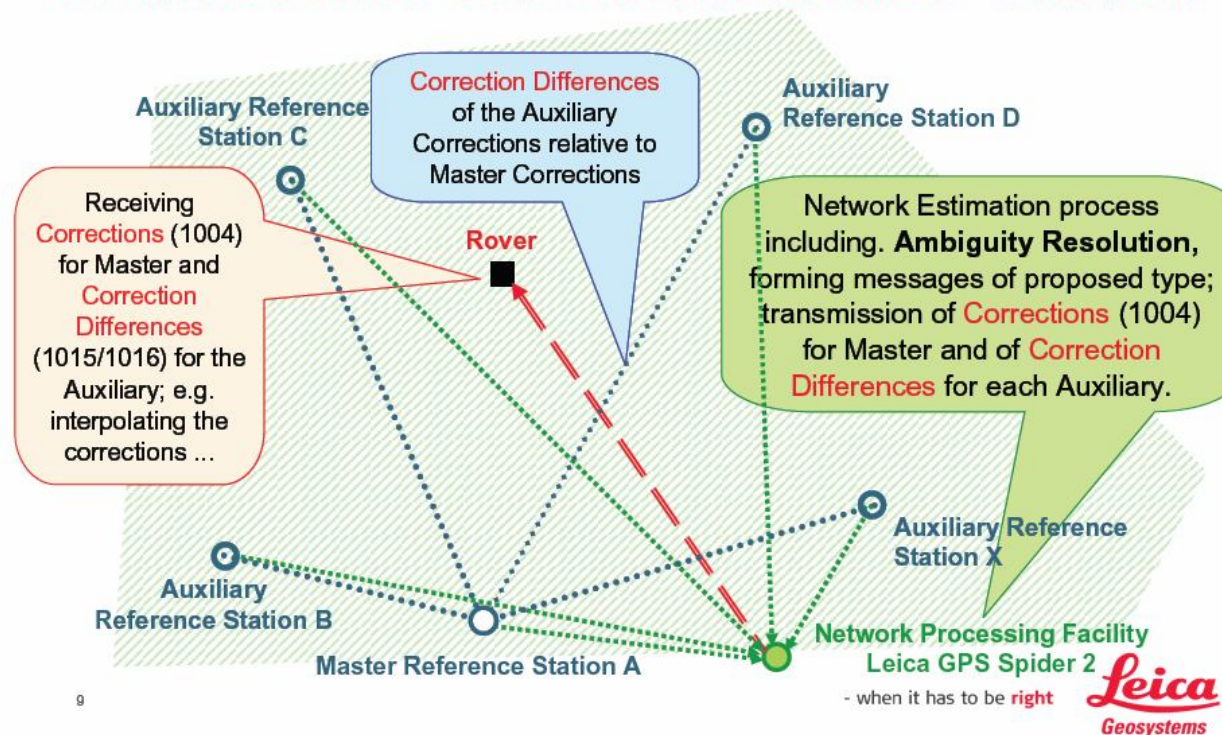
Modalità delle correzioni NRTK (4)

3) MAC o MAX (Master-Auxiliary Correction Differences)

Il centro di controllo invia al rover le *correzioni* di una stazione **master** e le *differenze* (rispetto alla stazione master) delle correzioni di alcune stazioni **ausiliarie**. Le stazioni vengono scelte in base alla **cella** della rete dove si trova l'utente. Le informazioni vengono "impacchettate" in modo compatto. **Non è il centro di controllo della rete bensì il software del ricevitore rover a elaborare i dati ricevuti, nella maniera ritenuta più opportuna.** E' l'approccio più flessibile fra i tre attuali, in quanto non utilizza modelli predefiniti ma lascia libertà all'utente. Richiede RTCM 3.0, nel cui sviluppo si è tenuto conto di questa modalità, e può funzionare anche con comunicazione unidirezionale (per determinare la *cella* ci sono metodi alternativi all'invio di un messaggio NMEA).

MAC Network RTK Transmission Concept

1 Master Reference Station + Several Auxiliary Reference Stations = 1 Network Cell



IMAX

È una variante di MAX (*Individualized MAX*) in cui all'utente viene inviata una correzione **personalizzata** simile concettualmente a VRS. Funziona anche con RTCM 2.3

Trasmissione delle correzioni al rover

Il centro di controllo di una rete permanente GNSS può inviare le correzioni RTCM (o CMR) al rover utilizzando diverse infrastrutture. Tralasciando i radio modem, utilizzati solo a breve distanza nella tecnica base-rover, le possibilità sono due:

Modem GSM

La stazione master e il rover comunicano attraverso due modem GSM (la stazione master di norma è dotata di un *router* che consente accessi multipli)

Vantaggi: buona affidabilità del collegamento diretto

Svantaggi: costo telefono, numero collegamenti limitato (= numero modem o capienza router nella stazione master), aree non coperte da GSM

Internet (protocollo Ntrip)

La stazione master è dotata di un *Ntrip server* e di un *Ntrip caster* (v. oltre) mediante i quali invia le correzioni su **Internet**. Il rover è connesso o incorpora un telefono UMTS o GPRS con installato un software *Ntrip client* mediante cui **accede a Internet** e preleva la correzione dal *caster*

Vantaggi: semplicità di gestione, ottima affidabilità del collegamento, numero molto elevato di collegamenti contemporanei

Svantaggi: costo telefono e collegamento web, aree non coperte



Il Protocollo Ntrip

Ntrip (Networked transmission of RTCM via internet protocol)

è il nome di un *protocollo unificato* per la diffusione di dati GNSS (correzioni di codice e fase in formato **RTCM**) che è stato elaborato al **BKG** (ufficio cartografico della Repubblica Federale Tedesca, Francoforte) in accordo con la statunitense **RTCM** e dal 2004 viene accettato in tutto il mondo come standard.

La diffusione delle correzioni avviene mediante trasmissione continua del flusso di dati (*data stream*) in modo del tutto **simile a una Internet Radio** che trasmetta audio digitale (l'idea è nata da queste)

I principali **componenti software** di un sistema di diffusione Ntrip sono 3:

Ntrip server: è il modulo che trascrive nel protocollo Ntrip i dati RTCM provenienti da un ricevitore (o dal centro di controllo di una rete) e li invia al *caster*

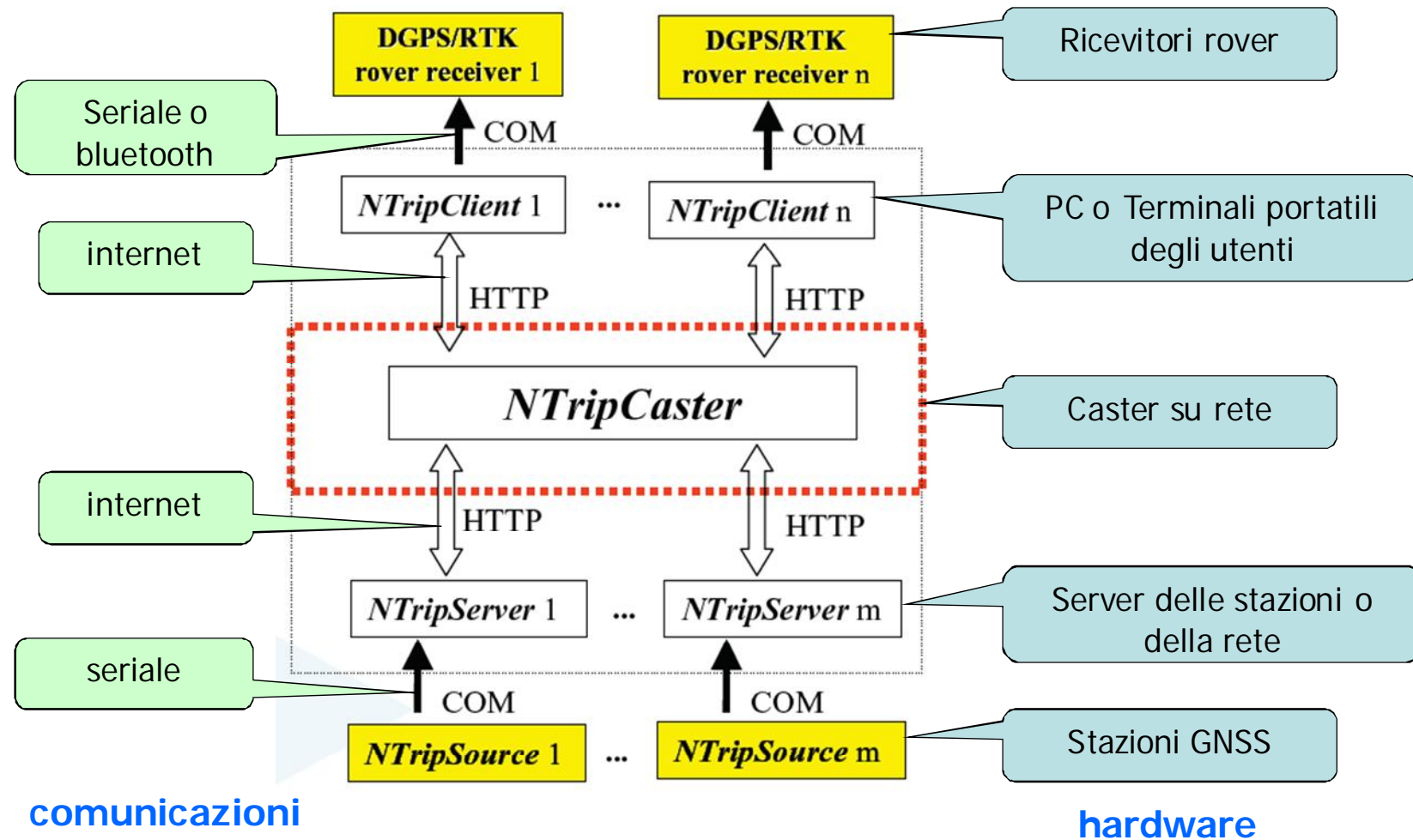
Ntrip caster: abbreviazione di *broadcaster* (=trasmettitore), è il modulo del tutto analogo a una Internet Radio che riceve il flusso di dati da uno o più Ntrip server e lo "trasmette" via Internet

Ntrip client: modulo software dell'utente, che si collega al caster e riceve la correzione passandola al software del rover che calcola la soluzione NRTK (coordinate rover)

Per quanto riguarda l'**hardware**, il *server* è ubicato in un PC nel centro di controllo della stazione o della rete, il *caster* può trovarsi in un qualsiasi computer della rete che sia sempre acceso, e il *client* viene installato nel ricevitore (o controller o terminale UMTS o GPRS) dell'utente finale

Il Protocollo Ntrip (2)

Schema dell'architettura di un sistema basato su Ntrip:



Servizi in tempo reale: la scelta del datum

Nell'erogazione di servizi in tempo reale da parte di una rete di SP GNSS, va definito quale datum utilizzare per:

- a) Il **calcolo** in tempo reale della rete
- b) Le **correzioni** da inviare agli utenti → le **coordinate** che gli utenti ottengono

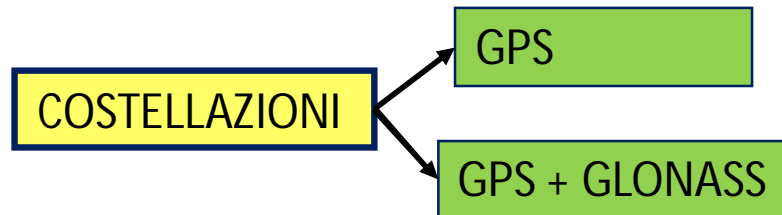
Sono possibili diverse opzioni:

1) Utilizzare sia per a) che per b) il datum **ITRS** nella sua realizzazione più recente (ad es. IGS05 derivante da soluzioni settimanali), con coordinate riferite all'attualità. È l'approccio più rigoroso: il datum della rete, quello delle effemeridi IGS (nel calcolo vengono usate le ultra-rapide) e quello delle correzioni coincidono. Richiede però all'utente l'esecuzione di trasformazioni di datum per operare in ETRF89 o ETRF2000. Utilizzato da GPSLOMBARDIA che fornisce parametri e tool di trasformazione.

2) Utilizzare per a) il datum **ITRS** nella sua realizzazione più recente (ad es. IGS05 derivante da soluzioni settimanali), con coordinate riferite all'attualità, e inviare all'utente correzioni in modo che questo possa ottenere direttamente coordinate trasformate (ad es. ETRF89 o ETRF2000). Si può fare in due modi: inviando i parametri di trasformazione attraverso il messaggio (opzione prevista da RTCM 3.1) oppure mediante software di rete che permettono di inviare correzioni già trasformate (es. modulo *Geotrans* di Geo++ GNSMART)

3) Utilizzare sia per a) che per b) il datum finale di lavoro (ad es. ETRF89 o ETRF2000). È un approccio meno rigoroso dei precedenti perché si perde la congruenza tra rete ed effemeridi IGS, ma si riesce comunque a effettuare posizionamenti, con il vantaggio che l'utente può operare con qualsiasi tipo di ricevitore e non deve effettuare trasformazioni di datum. Utilizzato per ora da GPSUMBRIA

Posizionamenti NRTK: alcuni aspetti pratici



L'utilizzo di GLONASS aumenta il numero di satelliti disponibili, ma in certi casi si è visto che può rendere più difficoltoso il fissaggio dell'ambiguità.

Il consiglio che si può dare è:

- in zone prive di ostacoli, con visibilità ottimale del cielo, utilizzare solo GPS
- in zone con presenza di ostruzioni che riducono la visibilità, utilizzare GPS+GLONASS

Posizionamenti NRTK: alcuni aspetti pratici

Il passato: tanti "pezzi" ...



Il presente:
ALL-IN-ONE

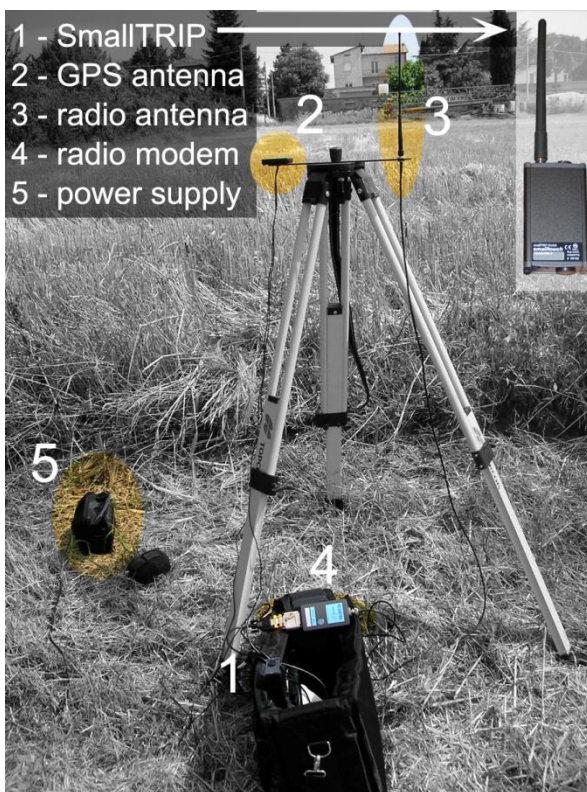
Un **kit rover per NRTK** è un sistema complesso che comprende:

- antenna GNSS
- ricevitore GNSS
- eventuale controller del ricevitore
- modem GSM-GPRS per il collegamento alla rete e ricevimento della correzione

Le connessioni tra tutti questi componenti (cavo seriale, bluetooth, ...) sono spesso un fattore critico che può causare malfunzionamenti del sistema. Basta che salti un anello della catena ...

Si consiglia ove possibile di utilizzare le **apparecchiature di ultima generazione** che **incorporano** molte delle funzionalità in pochi elementi, eliminando il più possibile la necessità di connessioni

Posizionamenti NRTK: alcuni aspetti pratici



Un fattore critico (forse il principale) del posizionamento NRTK è la necessità di **ricevere con continuità il flusso del messaggio RTCM** di correzione.

A questo scopo è essenziale la **qualità della ricezione GSM**, sia che si operi a collegamento diretto sia mediante accesso a Internet e Ntrip.

Un accessorio che può venire in aiuto è lo **SMALLTRIP +GPS** (costo approssimativo ~ 1000 €). Si tratta di un dispositivo che include:

- un ricevitore GPS di base (solo codice), che determina una posizione approssimata
- un modem GSM/GPRS, che invia al centro di controllo lo NMEA e riceve lo RTCM
- una interfaccia con un radio modem che ridistribuisce la correzione al (o ai) rover

Vantaggi:

- Posizionamento in un punto dove il segnale GSM è forte e stabile
- Unisce i vantaggi del NRTK con la semplicità e sicurezza di uso del radio-modem
- Possibilità di utilizzare contemporaneamente più rover con altrettanti operatori (in una zona ristretta) con una sola SIM e un solo abbonamento al servizio di rete

Tabella di riepilogo dei servizi offerti dalle reti GNSS dinamiche

Tipologia	Servizio	Elaborazioni richieste all'utente	Ricevitori utente e hardware accessorio	Infrastruttura di comunicazione	Accuratezza raggiungibile nel posizionamento (valori di massima)	Applicazioni tipiche
POST-PROCESSAMENTO	Fornitura files acquisiti dalle stazioni (osservazione, navigazione, report qualità, meteo, ...) a vari intervalli di campionamento	Calcolo in post-processamento, eventuali operazioni sui files (unione, decimazione, ...)	Ricevitori geodetici a doppia frequenza (o monofrequenza solo in prossimità delle stazioni)	Internet per download files	centimetrica o subcentimetrica (dipende da caratteristiche hardware e software, durata sessioni, ridondanza, ...)	Impiego generale per posizionamenti di precisione in modalità statica e rilievo di tracciati in cinematico.
	Fornitura files RINEX virtuali generati in funzione della posizione dell'utente all'intervallo di campionamento richiesto	Calcolo in post-processamento, eventuali operazioni sui files (unione, decimazione, ...)	Ricevitori geodetici a doppia frequenza o monofrequenza	Internet per invio propria posizione, richiesta files e download files	centimetrica o subcentimetrica (dipende da caratteristiche hardware e software, durata sessioni, ridondanza, ...)	Esecuzione di reti locali, rilievo cinematico di tracciati, impiego di ricevitori monofrequenza su basi corte
	Servizio di calcolo in post-processamento (automatico o manuale)	Valutazione e verifica dei risultati ricevuti, eventuali trasformazioni di datum	Ricevitori geodetici a doppia frequenza o monofrequenza	Internet per invio propri dati e download soluzione	centimetrica o subcentimetrica (dipende da caratteristiche hardware e software, durata sessioni, ridondanza, ...)	Impiego generale per posizionamenti in modalità statica ed eventualmente anche rilievo di tracciati in cinematico.
	Fornitura di altri dati e informazioni: monografie e coordinate stazioni, parametri di trasformazione di datum, ecc.	Consultazione e utilizzo dei dati per il calcoli di cui ai punti precedenti	----	Internet per consultazione e download	----	Impiego generale per posizionamenti in modalità statica e rilievo di tracciati in cinematico.
TEMPO REALE	DGPS (invio correzione di solo codice)	Analisi e verifica dei risultati, eventuali trasformazioni di datum	Ricevitori palmari solo codice, ricevitori tipo GIS con interfaccia grafica. Dispositivo di telecomunicazione per ricevimento correzioni	Internet (Ntrip), telefonia GSM, radio, satellite per telecomunicazioni	metrica o submetrica (dipende da caratteristiche ricevitore e correzione)	Navigazione di precisione, rilevamento GIS, catasto stradale, tutte le applicazioni per cui un'accuratezza metrica o submetrica è sufficiente
	RTK (invio correzione di codice e fase da una sola stazione)	Analisi e verifica dei risultati, eventuali trasformazioni di datum	Ricevitori geodetici doppia frequenza. Dispositivo di telecomunicazione per ricevimento correzioni	Internet (Ntrip), telefonia GSM, radio	alcuni cm (utilizzo limitato a circa 20 km di distanza max da una stazione permanente)	Rilevamento di dettaglio, determinazione di punti d'appoggio, tracciamento di opere
	NRTK (invio correzione di codice e fase calcolata dai dati di più stazioni della rete e in base alla posizione dell'utente)	Analisi e verifica dei risultati, eventuali trasformazioni di datum	Ricevitori geodetici doppia frequenza. Dispositivo di telecomunicazione per ricevimento correzioni	Internet (Ntrip), telefonia GSM	alcuni cm in qualunque posizione nell'area coperta dalla rete	Rilevamento di dettaglio, determinazione di punti d'appoggio, tracciamento di opere
	Fornitura di altri dati e informazioni: status della rete, parametri di trasformazione di datum, ecc.	Consultazione e utilizzo dei dati per il calcoli di cui ai punti precedenti	----	Internet per consultazione e download	----	Tutti i casi precedenti

A Vostra disposizione per chiarimenti, collaborazioni, ricerche,



Prof. Ing. Aurelio Stoppini

DICA, Università degli Studi di Perugia
Via G. Duranti 93 – 06125 Perugia

E mail : stopp@unipg.it

Tel. 075 5853767 – Fax 075 5853756