

POSSIBILITÀ E PROSPETTIVE DI APPLICAZIONE DELLE RETI REGIONALI DI STAZIONI PERMANENTI NELLO STUDIO LOCALE DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO

Guido FASTELLINI*, Fabio RADICIONI*, Aurelio STOPPINI*

* Università degli Studi di Perugia, D.I.C.A., Via G.Duranti 93 - 06125 Perugia
Tel. 075/5853765 - Fax 075/5853756 - E-mail topos@unipg.it

Riassunto

Il DICA (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) dell'Università di Perugia coordina attualmente due reti regionali di stazioni permanenti GNSS. Le due reti forniscono servizi di posizionamento ad una utenza che attualmente è costituita prevalentemente da enti cartografici, tecnici e ditte del settore rilevamento. Oltre che per applicazioni cartografiche, ingegneristiche e catastali, i dati e i servizi messi a disposizione da reti regionali di questo tipo rivestono un notevole potenziale anche per lo studio e il monitoraggio locale di fenomeni geodinamici e deformazioni crostali. Nel caso specifico, queste applicazioni rivestono particolare interesse in quanto l'area coperta (Umbria e parte dell'Italia centrale) è caratterizzata da una rilevante attività sismica.

Nel presente articolo viene brevemente descritto lo stato attuale delle due reti in quanto a distribuzione delle stazioni, dati e servizi di posizionamento disponibili a diversi livelli di accuratezza. Sono quindi presentate e discusse alcune possibilità e prospettive di impiego delle reti regionali GNSS nello studio della geodinamica locale, mostrando in particolare i risultati di un test sperimentale effettuato su movimenti simulati per mezzo di un dispositivo meccanico.

Il presente lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto interuniversitario di ricerca PRIN 2006 del MIUR coordinato dal Professor Fernando Sansò del Politecnico di Milano.

Abstract

The DICA (Department of Civil and Environmental Engineering) of Perugia University currently operates two regional GNSS permanent stations networks. These networks supply positioning services to users comprising mapping agencies, technicians and companies of the surveying sector. Beside mapping, engineering and cadastral applications, such kind of regional networks also possess a strong potential for the study and local monitoring of geodynamical phenomena and crustal deformations. In the specific case, such applications are particularly interesting because the covered area (Umbria and part of central Italy) is characterized by a relevant seismic activity.

In the present paper, both networks are briefly described, as for stations location, data availability, and performances in terms of positioning services at different accuracy levels. Some possibilities and perspectives of application of regional GNSS networks on local geodynamics with different approaches are then presented and discussed, showing in particular the results of an experimental test performed on displacements simulated by means of a mechanical device.

The present work has been carried out in the frame of the inter-university research program PRIN 2006 of the MIUR, coordinated by Professor Fernando Sansò of the Milan Polytechnic.

1. Introduzione

Le reti regionali di stazioni permanenti GNSS si stanno rapidamente diffondendo in Italia e nel resto del mondo nella maggior parte dei paesi tecnicamente avanzati, coprendo il territorio con stazioni che raggiungono in molti casi una notevole densità, e offrendo all'utenza un vasto spettro di

servizi di posizionamento.

La elevata concentrazione di stazioni in aree limitate e la notevole accuratezza nel posizionamento resa possibile dalle reti costituiscono elementi di grande interesse per lo studio di fenomeni geodinamici come deformazioni crostali regionali e studio dell'attività sismica, sia negli effetti che nelle eventuali previsioni.

Il DICA (Dipartimento di Ingegneria civile e Ambientale) dell'Università di Perugia coordina attualmente due reti di stazioni permanenti GNSS: la rete GPSUMBRIA (rete regionale istituita dalla Regione Umbria e dall'Università di Perugia, che offre servizi di posizionamento in post-processamento e in tempo reale) e la rete LABTOPO (comprendente stazioni permanenti di Università, scuole e altri soggetti pubblici e privati, su un'area più vasta della precedente, attualmente solo per post-processamento). Le stazioni di entrambe le reti, specialmente la prima, sono piuttosto dense, raggiungendo in alcune zone un'interdistanza media di circa 40 km.

La materializzazione dei siti è stabile, realizzata secondo le specifiche EUREF-IGS. Due stazioni umbre sono inserite nella rete permanente EUREF EPN e nella rete in tempo reale EUREF-IP. Tutti i dati sono sottoposti a un quotidiano controllo di qualità. I files acquisiti sono archiviati in modo ordinato ed efficiente, e posti a disposizione della comunità scientifica mediante siti web (v. par. 2). Sino ad ora le due reti citate, come altre simili in Italia, sono state utilizzate prevalentemente per applicazioni di cartografia, progettazione e tracciamento di opere di ingegneria e catasto. Si ritiene tuttavia che reti di questo genere rivestano un notevole potenziale anche per lo studio in ambito regionale e locale delle deformazioni del suolo e più in generale della crosta terrestre, e della sismicità, in aggiunta e in sinergia con reti e altri sistemi di sensori realizzati espressamente per questi ultimi scopi.

E' pertanto nostra intenzione di migliorare nel tempo la funzionalità di entrambe le reti sopra citate in funzione anche delle applicazioni geofisiche, implementando appropriate procedure di analisi e componenti software e hardware in tale direzione. Si tratta come noto di finalità condivise, oltre che dalla comunità scientifica, anche da recenti indirizzi dell'attività degli Enti cartografici e territoriali in Italia.

La possibilità più immediata e consueta di utilizzo dei dati delle reti è quella di procedere al calcolo di soluzioni a rete post-processate con cadenza variabile (settimanale, giornaliera, oraria, ...). Tale calcolo può essere standardizzato ed eseguito in maniera automatica, ottenendo serie temporali di posizioni di elevata affidabilità, nel datum che si ritiene più opportuno (in genere ITRF). Un primo approccio consiste quindi nell'approfondire l'analisi di tali serie temporali di coordinate.

Ulteriori potenzialità derivano dalla disponibilità (tra le reti citate, solo per GPSUMBRIA) di dati e servizi in tempo reale. Un approccio qui ipotizzato è quello di utilizzare il software di rete in tempo reale, che procede a un calcolo continuo della rete, rendendo disponibili serie temporali di coordinate a intervalli di tempo ridottissimi. Per l'utilizzo di tali soluzioni con finalità di controllo deformazioni vanno però opportunamente rimodulati i parametri di vincolo dei punti da controllare. In tale ottica è stato eseguito un test sperimentale montando, in uno dei vertici della rete GPSUMBRIA, un'antenna posta su un dispositivo mobile a slitta, e valutando la risposta in tempo reale a movimenti impressi di alcuni centimetri.

2. Stato attuale delle reti GNSS operate dal DICA

Oltre a quanto riferito nell'introduzione, si riassumono brevemente di seguito altre caratteristiche delle due reti citate, nella loro attuale configurazione.

La rete GPSUMBRIA è la rete GNSS ufficiale della Regione Umbria, realizzata con il concorso e il coordinamento dell'Università degli Studi di Perugia. Comprende attualmente 10 stazioni, che coprono l'intero territorio regionale; è prevista la realizzazione di altre stazioni per migliorare la copertura locale in alcune aree a confine. Informazioni e dati possono essere reperiti nel sito web <http://www.gpsumbria.it/>.

La rete LABTOPO è stata istituita dal DICA per scopi di ricerca, mettendo insieme e coordinando

una serie di stazioni permanenti (attualmente 20) di Università, Istituti scolastici, Enti pubblici e soggetti privati. Copre, anche se non con densità uniforme, una vasta area dell'Italia centrale. Informazioni e dati su <http://labtopo.ing.unipg.it/labtopo/index.php>.

Tutte le stazioni sono dotate di ricevitori GPS-GLONASS Topcon. Le stazioni di GPSUMBRIA sono tutte dotate di antenne choke-ring calibrate individualmente, orologio al rubidio e (per oltre la metà dei siti) di stazione meteo.

I dati per post-processing di entrambe le reti vengono distribuiti sotto forma di files RINEX orari o giornalieri a intervalli di campionamento di 30, 5 e 1 secondo. I servizi di posizionamento in tempo reale (disponibili solo per la rete GPSUMBRIA) sono forniti solo a utenti registrati, in forma gratuita nella presente fase “sperimentale-promozionale” in attesa che il servizio raggiunga la struttura istituzionale definitiva.

Le funzionalità in tempo reale di GPSUMBRIA sono ottenute mediante il software GNSMART della Geo++[®]. Le correzioni di fase sono distribuite agli utenti in modalità VRS o FKP a scelta, nello standard RTCM 2.3 (tipi 18, 19 o 20, 21). Gli utilizzatori possono ottenere le correzioni mediante connessione diretta a un modem GSM oppure (approccio preferito e più utilizzato) attraverso internet tramite il caster Ntrip predisposto presso il centro di controllo di GPSUMBRIA.

Il software GNSMART effettua, mediante il modulo GNNET (fig. 1) un calcolo continuo della rete, che oltre alle sue funzioni primarie (determinazione delle ambiguità ed altri biases) costituisce un potente strumento di analisi e controllo della rete.

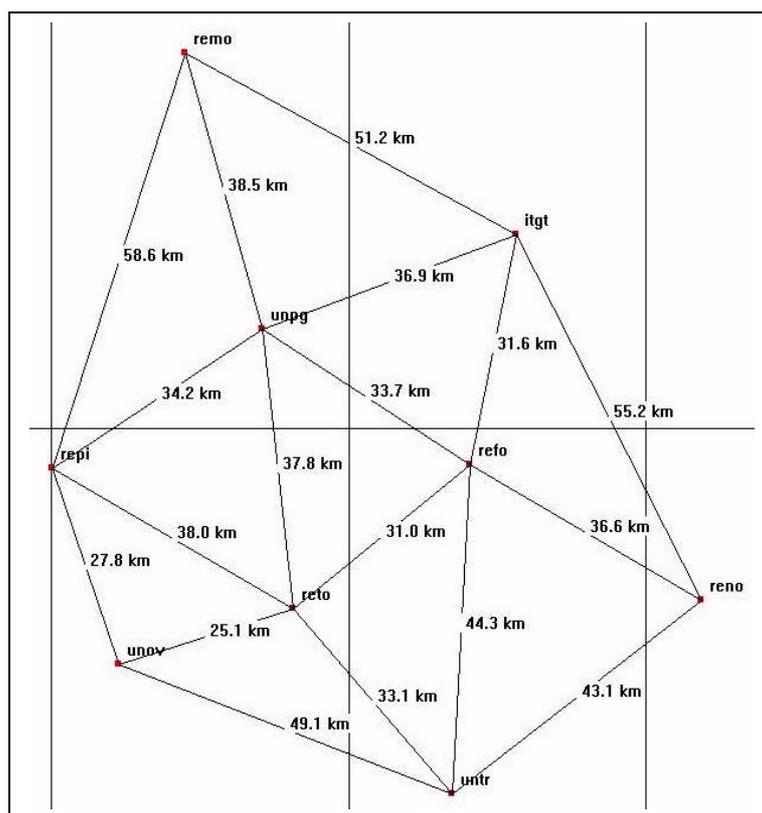


Fig. 1 – Schermata di GNNET con il grafo della rete GPSUMBRIA

3. Analisi delle serie temporali di coordinate

Un approccio che può essere definito “classico” nell'utilizzazione a fini geodinamici dei dati di reti GNSS permanenti è quello di analizzare serie temporali (ad es. settimanali o giornaliere) di coordinate delle stazioni derivanti da soluzioni in post-processamento.

Per le stazioni appartenenti alla rete EPN (nel caso in oggetto, Perugia e Terni) analisi di questo tipo vengono eseguite dalla stessa EUREF. Ai fini delle deformazioni crostali locali sono di particolare

interesse le serie temporali calcolate in ETRS (fig. 2), che rispetto alle elaborazioni in ITRS rimuovono le componenti di movimento d'insieme della zolla continentale europea.

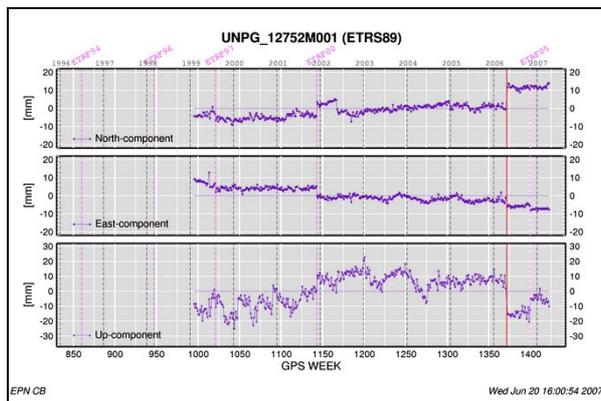


Fig. 2 – Serie temporali EUREF relative alla stazione UNPG (Perugia) in ETRS89

Presso il centro di controllo di GPSUMBRIA è stata messa a punto una procedura automatica per il calcolo di soluzioni giornaliere della rete che utilizza BPE (modulo di processamento automatico del software Bernese 5.0). I grafici di fig. 3 mostrano a titolo di esempio i risultati di una delle analisi eseguite, relativa a 24 giorni consecutivi per la stazione UNPG nel datum ITRF00.

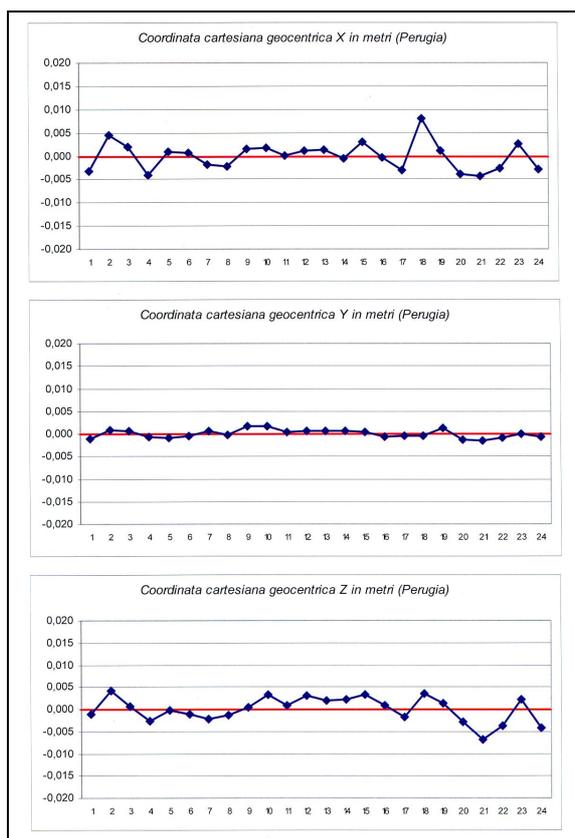


Fig. 3 – Serie temporali per la stazione UNPG ottenute con BPE (Bernese 5.0)

Le variazioni di coordinate geocentriche nei grafici sono limitate a un range di ± 1 cm. Una rotazione d'assi dal sistema geocentrico a quello locale (e, n, h) mostra facilmente che tali variazioni sono per lo più legate alla componente altimetrica. La maggior parte di queste variazioni è costituita da rumore, che deve essere rimosso attraverso appropriati algoritmi di filtraggio e liscio, in fase di implementazione. Per una efficace analisi delle deformazioni in ambito strettamente locale è inoltre da prevedere il calcolo delle coordinate in un datum locale specifico per l'area in oggetto.

4. Utilizzo del software di rete in tempo reale: un test con deformazioni simulate

Una possibilità che è stata presa in considerazione per il monitoraggio automatico di siti è quella di utilizzare dati derivati dal software di rete in tempo reale (nel caso in oggetto GNNET di GNSMART, v. par. 2). Tale software effettua un calcolo continuo della rete, ed è possibile registrare le soluzioni a un intervallo stabilito su uno specifico log file. Nella sua normale configurazione, tuttavia, questo tipo di software necessita di coordinate vincolate stocasticamente in modo molto stretto per la maggior parte delle stazioni.

Per verificare l'applicabilità di tali procedure anche le monitoraggio, è stato effettuato un esperimento nella rete GPSUMBRIA, includendo temporaneamente nella rete una stazione ausiliaria (UPG2) le cui coordinate sono state parzialmente svincolate in planimetria (fig. 4).

```
stat.opt for gnnnet processing
# introduced as fiducial points
-RGNREF,reno,0.001,0.001,0.003
-RGNREF,untr,0.001,0.001,0.001
-RGNREF,rep1,0.001,0.001,0.001
-RGNREF,reto,0.001,0.001,0.001
-RGNREF,unpg,0.001,0.001,0.001
-RGNREF,unov,0.001,0.001,0.001
-RGNREF,itgt,0.001,0.001,0.001
-RGNREF,upg2,0.06,0.06,0.005
-RGNREF,remo,0.001,0.001,0.001
```

Fig. 4 – Estratto dal file di opzioni di GNNET per la rete GPSUMBRIA. I valori numerici dopo il nome di ciascuna stazione indicano il vincolo stocastico per le coordinate n , e , h espresso in metri

Nel sito UPG2 è stato posto un ricevitore identico agli altri della rete, con antenna choke-ring montata su un dispositivo meccanico a slitta mediante il quale possono essere impressi movimenti planimetrici di alcuni centimetri in due direzioni ortogonali, misurati su una scala millimetrica a nonio con sensibilità di 0.1 mm (fig. 5). La slitta è stata orientata secondo le direzioni nord ed est, e partendo da una posizione iniziale corrispondente alle letture zero su entrambe le scale, sono stati imposti all'antenna movimenti planimetrici progressivi con incrementi di 1 cm separati l'uno dall'altro da una pausa di alcune ore, nel seguente ordine: 1 cm N; 1 cm N; 1 cm W; 1 cm W.



Fig. 5 – Antenna choke-ring montata su slitta nel sito UPG2; a destra, particolare della slitta bidirezionale

I grafici in figura 6 mostrano il confronto tra spostamenti impressi (riconoscibili dall'andamento a scalini) e le posizioni determinate da GNNET; valori in metri, in ascissa il tempo GPS in secondi. Si nota come gli spostamenti siano stati di fatto rilevati, anche se con un'approssimazione di alcuni millimetri e un consistente ritardo temporale: la soluzione GNNET ha mostrato una sorta di "inerzia" nel seguire i movimenti impressi.

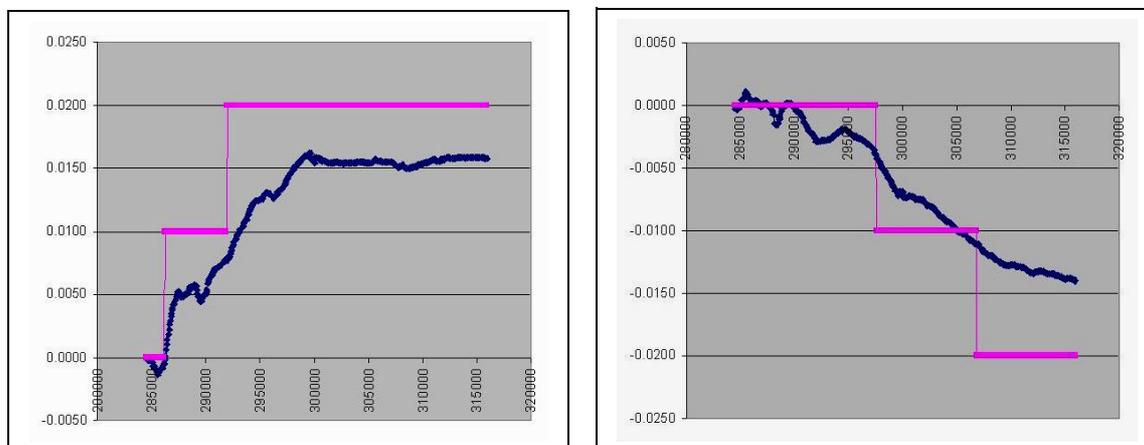


Fig. 6 – Spostamenti impressi e spostamenti rilevati dal software GNNET; a sinistra la componente nord, a destra la componente est

5. Conclusioni e sviluppi futuri

Oltre a quelle accennate, esistono altre possibilità per utilizzare stazioni e reti permanenti GNSS ai fini del monitoraggio di aree regionali. Sistemi di rilevamento di deformazioni basati su algoritmi sequenziali come Hydra[®] o 3D Tracker[®] offrono ad esempio sensibilità sub-centimetriche in tempo reale, e sono stati testati con successo anche presso questo Dipartimento (Radicioni, 2000). Un altro approccio ipotizzabile è quello di utilizzare il flusso di dati RTCM provenienti dalla rete per ottenere soluzioni NRTK nei punti di controllo.

In ogni caso, la rilevanza dei dati acquisiti e registrati da una rete regionale di stazioni permanenti GNSS ai fini dello studio di fenomeni geodinamici locali è ben evidente. Esistono numerosi possibili approcci per la detezione e l'analisi delle deformazioni, ed è nostra intenzione testare i più promettenti di essi per l'istituzione di un servizio locale di controllo delle deformazioni.

6. Bibliografia

Radicioni F. (2000): Testing a real-time GPS system for quasi-static deformation monitoring of ground surface and large structures. In: Proc. of Millennium Meeting Poland-Italy, Krakow, Poland, June 28 - July 2, 2000. Special Issue of Reports On Geodesy, Institut of Geodesy and Geodetic Astronomy of Warsaw University of Technology, Chief Editor Janusz Sledzinski.

Altamimi Z. and LeGrand J. (2004): Dense European velocity field and EPN ETRS89 positions and velocities. Bratislava, Slovakia, June 2-5 2004, EUREF Publication No. 14, Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 35, pp. 60-63.

Kenyeres A. (2006): New Products at the EPN Time Series Special Project: Status Report. In: Proc. Of Riga EUREF Meeting, Latvia, June 14-17 2006, EUREF Publication No. 16.