OTTIMIZZAZIONE DEI SERVIZI DI POSIZIONAMENTO FORNITI DA RETI PERMANENTI GNSS SU SCALA REGIONALE

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

L'esperienza accumulata al DICA nella realizzazione e gestione pluriennale di reti di stazioni permanenti GNSS consente di formulare una serie di criteri di validità generale per l'ottimizzazione sia dell'installazione e organizzazione delle reti, sia delle modalità di erogazione e fruizione dei servizi di posizionamento.

L'articolo presenta una sintesi delle modifiche e miglioramenti via via apportati alle attrezzature e procedure di gestione delle reti per raggiungere la configurazione attuale, e i risultati di alcuni tra i numerosi test eseguiti in diverse modalità di posizionamento e condizioni sperimentali, utilizzando diverse infrastrutture di comunicazione (connessione GSM, caster Ntrip).

Il presente lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto interuniversitario di ricerca PRIN 2004 del MIUR coordinato dal Professor Sansò del Politecnico di Milano.

Abstract

The experience accumulated at DICA in the realization and multi-year management of GNSS permanent stations networks permits to formulate a series of general criteria for the optimization of the network installation and organization, and the modalities of distribution and fruition of the positioning services.

The paper presents a synthesis of the modifications and improvements gradually applied to equipment and management procedures of the networks in order to reach the actual configuration, and the results of some among the numerous tests carried out in various positioning modes and experimental conditions, using different communication infrastructures (GSM connection, Ntrip caster).

The present work has been carried out in the frame of the inter-universitary research program PRIN 2004 of the MIUR, coordinated by Professor Sansò of the Milan Polytechnic.

1. Introduzione

Il Laboratorio di Topografia del DICA, in collaborazione con la Regione Umbria ed altri soggetti istituzionali e privati, ha realizzato e gestisce attualmente due reti di stazioni permanenti GNSS su scala regionale. La prima è la rete della Regione Umbria (http://www.gpsumbria.it/), presentata alla conferenza ASITA 2005, la cui gestione è temporaneamente affidata allo stesso DICA. Una seconda rete denominata LabTopo (http://labtopo.ing.unipg.it) ne costituisce un ampliamento a scopi scientifici e sperimentali, comprendente attualmente 21 stazioni ed esteso a buona parte dell'Italia centrale. Le reti forniscono servizi di posizionamento sia in post-processamento sia, in fase sperimentale per il 2006, in tempo reale a rete (NRTK) con correzioni inviate via GSM o NTRIP caster.

Le principali problematiche che attualmente si presentano possono essere sinteticamente riassunte come segue:

- ottimizzare e semplificare la gestione, manutenzione e operatività della rete regionale, in vista dell'affidamento permanente del servizio a una struttura ad esso dedicata;
- affinare e rafforzare l'inquadramento geodetico plano-altimetrico delle reti sia nel datum

ITRS che in quello nazionale ETRS-IGM95 per migliorare la stabilità del sistema NRTK;
- sulla base di un'estesa sperimentazione, ottimizzare i servizi di posizionamento offerti, con particolare riferimento a quelli in tempo reale, in funzione delle diverse applicazioni che vanno da quelle scientifiche a quelle cartografiche, catastali e della protezione civile.

La gestione delle reti ha posto con cadenza praticamente quotidiana nuovi problemi, legati sia all'hardware che al software ma soprattutto (per le applicazioni in tempo reale) alle infrastrutture di comunicazione. Queste situazioni sono state via via affrontate e risolte, permettendo in ogni caso di accumulare preziosa esperienza e pervenendo a una notevole razionalizzazione del funzionamento della rete e a una maggiore efficienza del servizio.
Per l'inquadramento geodetico delle reti viene utilizzato il software Bernese 5.0. L'inquadramento è stato eseguito sia nel datum ITRS-IGb00, con coordinate delle stazioni di riferimento assunte mediante interpolazione di serie di soluzioni settimanali su lungo periodo, sia nel sistema ETRS-IGM95 mediante i dati della rete geodetica umbra di raffittimento e altre misure di collegamento alla rete IGM95.
Allo scopo di testare e verificare la corretta operatività dei servizi di posizionamento in tempo reale, sono stati effettuati numerosi test di posizionamento in varie modalità, seguendo i protocolli sperimentali concordati nell'ambito del gruppo di ricerca PRIN-COFIN 2004. E' stata testata la funzionalità della rete e del software NRTK installato (GNSMART 1.12 della Geo++) in modalità VRS e FKP, in varie zone dell'area coperta e a diverse distanze dalle stazioni, ed effettuate prove di acquisizione e posizionamento di lunga durata su vertici noti.

2. Ottimizzazione delle installazioni e delle procedure

I test eseguiti nella prima fase della sperimentazione delle modalità in tempo reale (NRTK) hanno mostrato che per il corretto funzionamento della procedura risulta essenziale ridurre le latenze nelle comunicazioni tra stazioni della rete e centro di controllo. In tale ottica si è provveduto via via a migliorare le connessioni e le caratteristiche dell'hardware. Un possibile collo di bottiglia è risultato essere la presenza di dispositivi com server in alcune delle stazioni. La semplice sostituzione delle combinazioni ricevitore con porta seriale + com server con ricevitori dotati di porta ethernet on board ha portato a un notevole miglioramento della stabilità della rete in GNSMART.
La messa in funzione della stazione permanente di Città di Castello ha subito alcuni ritardi per motivi non dipendenti dall'attività del DICA. L'entrata in servizio di questa stazione, avvenuta nella primavera 2006, ha portato un notevole miglioramento alla configurazione della rete, che per l'Umbria settentrionale risultava altrimenti carente.
Per l'invio delle correzioni di rete in tempo reale, sono stati installati inizialmente 4 modem GSM Wavecom Fastrock M1306B, con 4 diversi numeri telefonici corrispondenti ad altrettante schede SIM per trasmissione dati. Dei 4 modem, 2 sono stati settati per l'invio di correzione in modalità VRS e 2 per la modalità FKP (con NMEA), permettendo quindi in fase di test di sperimentare separatamente le due modalità, oppure di gestire fino a 4 utenti in contemporanea.
Successivamente, nel centro di controllo è stato attivato l'invio di correzioni attraverso internet utilizzando il protocollo Ntrip. A tale scopo è stato installato il modulo GNCaster (release 31.5.2006) del software Geo++, che raggruppa le funzioni di Ntrip Server ed Ntrip Caster ed è collegato al software GNSMART permettendo di inviare agli utenti la correzione RTK di rete in quattro diverse modalità:

DGPS (correzione di solo codice dalla stazione principale della rete)
VRS (codice e fase - stazione virtuale generata a 4 km dall'operatore)
FKP con NMEA (codice e fase – dalla stazione più vicina con correzioni FKP)
FKP senza NMEA (codice e fase – dalla stazione principale della rete con correzioni FKP)

La prima e la quarta delle modalità sopra elencate prevedono una trasmissione dei dati unidirezionale (centro di controllo → utente) e non ottimizzata in base alla posizione dell'utente, e sollecita-

no quindi relativamente poco il software NRTK e le infrastrutture di comunicazione. La seconda e la terza richiedono invece un flusso di dati bidirezionale comportando quindi un maggior uso di risorse, anche se sono le più richieste dagli utenti in quanto forniscono le migliori prestazioni. Il sistema come attualmente installato (su un unico server "girano" tutti i moduli del software: soluzione di rete – calcolo correzioni personalizzate – caster) è in grado di assicurare il servizio ad alcune decine di utenti in contemporanea. E' possibile aumentare anche notevolmente tale numero installando i diversi moduli del software su diverse macchine o ricorrendo a elaboratori in parallelo.

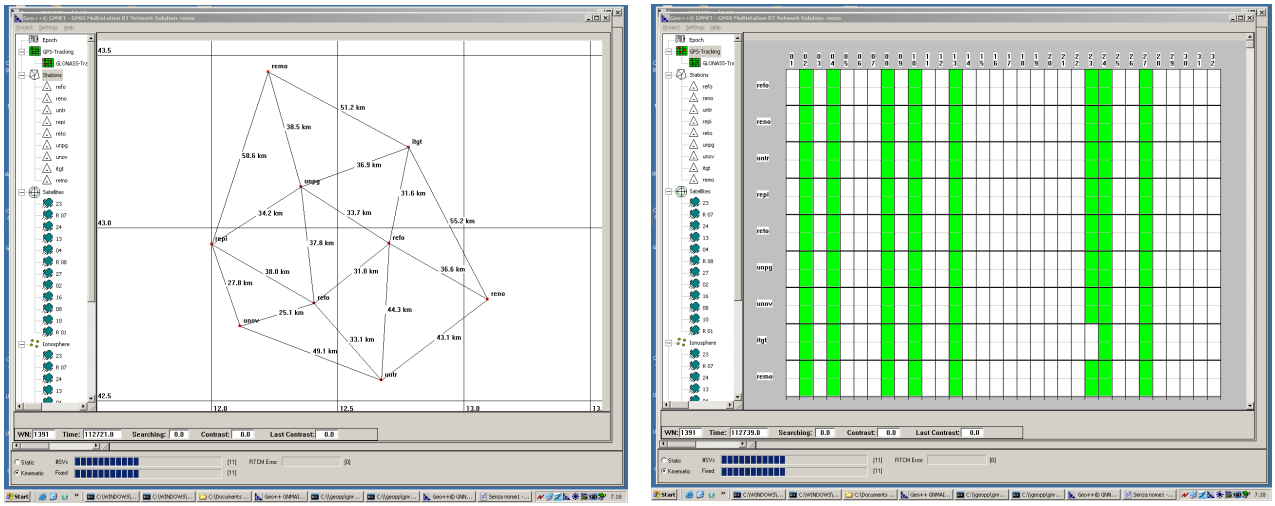

Fig. 1 –Schermate di GNSMART relative alla rete della Regione Umbria

Le stazioni di Perugia (UNPG) e Terni (UNTR) sono state inoltre inserite nel progetto EUREF-IP. Le correzioni di codice e fase in formato RTCM 2.3 vengono inviate al caster del BKG di Francoforte mediante il software Ntrip Server Windows (sviluppato dal BKG). Dal caster le correzioni sono accessibili su internet (www.euref-ip.net) mediante un qualsiasi software Ntrip client (ad es. il software gratuito GNSSInternetRadio sviluppato dallo stesso BKG).

3. Affinamento dell'inquadramento geodetico

Il software GNSMART effettua un calcolo continuo sequenziale della rete considerando fisso un solo punto e partendo da coordinate iniziali fornite dall'esterno. La qualità di queste coordinate influenza notevolmente la velocità di inizializzazione del software e il fissaggio delle ambiguità. Risulta quindi necessario effettuare un calcolo preventivo della rete con la massima accuratezza.
Nel caso della rete regionale umbra la georeferenziazione viene eseguita con il software Bernese 5.0, utilizzando effemeridi precise GPS+GLONASS CODE o BKG.
La compensazione nel datum ITRS-IGb00 viene eseguita a cadenza circa semestrale assumendo come fisse le stazioni IGS di Matera, Medicina e Cagliari, e adottando per esse coordinate delle soluzioni settimanali EUREF interpolate con il software NetDownload del Politecnico di Torino.
La georeferenziazione nel datum ETRS89 è stata effettuata sulla base di una serie di misure di collegamento tra le stazioni permanenti e la rete IGM95. E' in corso una nuova compensazione che utilizza i dati della nuova rete geodetica regionale di raffittimento in corso di collaudo.

4. Test sperimentali "di campagna" in modalità NRTK

La prima serie di test effettuati sulla rete umbra ha riguardato l'effettuazione dell'esperimento "RTK1" previsto dal protocollo sperimentale del gruppo di ricerca interuniversitario PRIN-COFIN2004 coordinato dal Prof. Sansò, del quale il DICA fa parte come unità locale.
L'esperimento consiste essenzialmente nel posizionamento NRTK di una serie di vertici di coordinate note (scelti nella rete IGM95) situati a diverse distanze dalle stazioni permanenti, opportuna-

mente distribuiti nell'area di test, e nel confronto tra le coordinate NRTK e quelle di monografia. Per il protocollo sperimentale si rimanda alle pubblicazioni del gruppo di ricerca. La finalità del test è quella di verificare l'affidabilità e l'accuratezza raggiungibile dal sistema in tempo reale, ponendosi in condizioni operative simili a quelle di un utilizzatore tipo.
Un primo test ha riguardato il rilievo di 16 vertici IGM95 situati nell'area centrale della rete, a diverse distanze dalle stazioni permanenti, con collegamento ai modem GSM del centro di controllo.

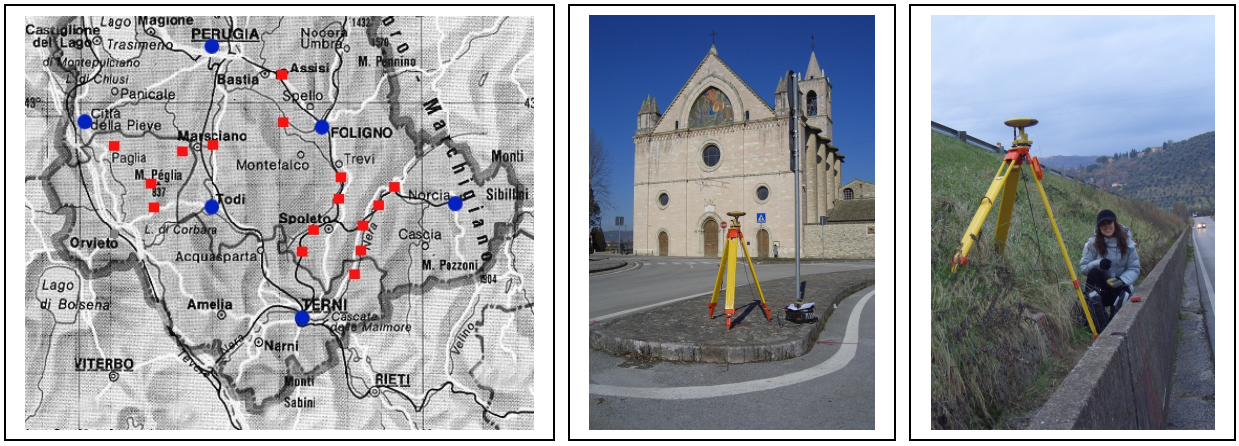

Fig. 2 – Esperimento RTK1 su vertici IGM95

Per ogni punto è stato effettuato un doppio posizionamento NRTK nelle modalità VRS e FKP e un ulteriore rilievo statico con tempi di permanenza di circa mezz'ora. Si è utilizzato un ricevitore Topcon Legacy-E GGD con antenna Legant e controller FC-100.
Il collegamento telefonico attraverso rete TIM non ha comportato difficoltà, la copertura è risultata in genere molto buona, con tempi di connessione telefonica medi di circa 30 secondi.
Si è adottato un intervallo di campionamento di 1 secondo. In condizioni normali, con rete pienamente operativa, la prima posizione fixed è stata sempre ottenuta entro una ventina di epoche. Per la maggior parte dei casi si è verificato il passaggio dalla soluzione autonoma alla float intorno alla decima epoca e alla soluzione fixed tra la dodicesima e la quindicesima. Il collegamento e la registrazione sono stati mantenuti attivi per alcune decine di epoche fixed in modo da poter valutare a posteriori la stabilità del risultato.
Per il confronto, come da protocollo, si è assunta per ogni punto la posizione ottenuta alla 5ª epoca fixed. Se in 5 minuti dall'avvio della procedura non si era ottenuto il fissaggio delle ambiguità, al posizionamento si è attribuito esito negativo. Si riporta nei grafici di fig. 3 il confronto tra le coordinate UTM-WGS84 da monografia e le coordinate ottenute dal posizionamento NRTK nelle due modalità VRS e FKP. Gli scarti in planimetria sono contenuti entro 5 cm ma in quota, limitatamente a pochi casi isolati, hanno a volte superato il decimetro.
Una seconda serie di test di posizionamento con lo stesso protocollo è stata effettuata successivamente su altri dieci punti IGM95, dopo aver apportato alla rete alcune modifiche e migliorie descritte al par. 1. I risultati sono riassunti nei diagrammi di fig. 4.
Il posizionamento NRTK ha dato in alcuni casi (tra il 10 e il 20%) esito negativo (impossibilità di raggiungere la soluzione fixed entro 5 minuti). Va tuttavia tenuto conto che nella fase sperimentale sin qui descritta la rete era ancora in corso di ottimizzazione per quanto riguarda componenti hardware e soprattutto collegamenti informatici. Le operazioni di messa a punto succedutesi nel corso di tutto il 2006 hanno dato buoni frutti: ulteriori test eseguiti anche da sperimentatori esterni mostrano che la rete risulta attualmente stabile e affidabile.

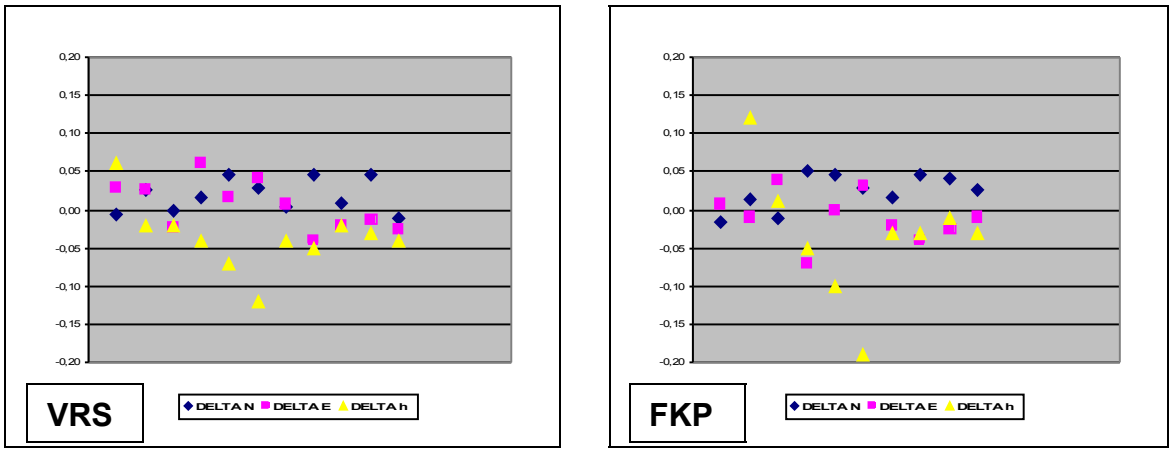

Fig. 3 – Scostamenti tra coordinate NRTK e monografie IGM95 (prima serie di test)

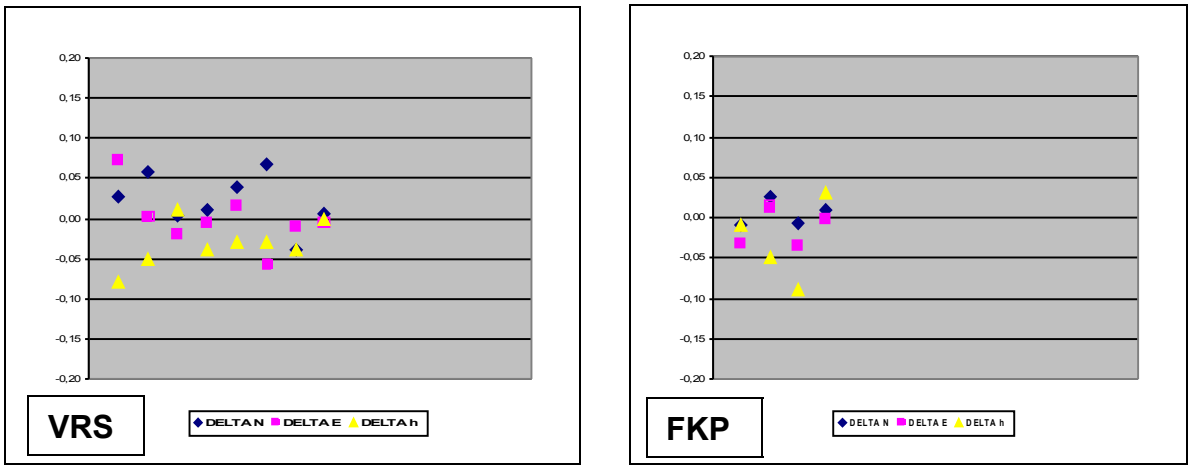

Fig. 4 – Scostamenti tra coordinate NRTK e monografie IGM95 (seconda serie di test)

L'implementazione del protocollo NTrip e l'invio delle correzioni via Internet, attivato dall'estate 2006, ha migliorato notevolmente l'operatività e l'affidabilità del servizio di posizionamento NRTK. Alcune serie di test sono state eseguite con tale modalità di trasmissione nell'ambito di una ricerca sull'impiego della rete ai fini catastali. Per tale sperimentazione è stato utilizzato un ricevitore Legacy GGD, dotandolo di dispositivo bluetooth esterno per poterlo connettere al controller, che in questo caso è costituito da un comune telefono GPRS nel quale è stato installato come NTrip client il software NTripper. Altre prove sono in corso o verranno eseguite a breve scadenza: in particolare si prevede di ripetere l'esperimento RTK1 con il protocollo NTrip sugli stessi vertici già occupati in precedenza e su altri (anche scelti in aree marginali della regione) per verificare i benefici derivanti dalla migliorata configurazione della rete, e dalle comunicazioni più affidabili.

5. Test su acquisizioni di lunga durata

Per testare la stabilità delle soluzioni NRTK nel tempo è stato eseguito un test di posizionamento in tempo reale della durata di 24 ore circa, su un vertice noto (stazione permanente ausiliaria UPG2).
Si è utilizzata volutamente una configurazione hardware "da campagna": ricevitore Legacy GGD con controller FC100, registrando i dati su SD card, a un intervallo di campionamento di 15 secondi. Per evitare il ricorso al dispositivo mobile GPRS, si è collegato il ricevitore, mediante porta seriale, a un PC sul quale è stato installato come Ntrip Client il GNSS Internet Radio del BKG, con i parametri broadcast dell'Ntrip Caster di Geo++ installato nel centro di controllo della rete.

La sperimentazione è stata eseguita in modalità FKP senza NMEA per limitare l'influenza della vicinanza della stazione permanente UNPG. Ad acquisizione conclusa, delle 5913 epoche totali 5168 (87.4%) risultavano risolte in modalità fixed e 745 (12,6%) in modalità float.
In figura 5/a viene visualizzata la dispersione delle posizioni planimetriche. La quasi totalità delle posizioni fixed si addensano in una zona dell'ordine dei cinque centimetri di diametro, mentre quelle float si discostano dalla media anche di valori oltre il metro.

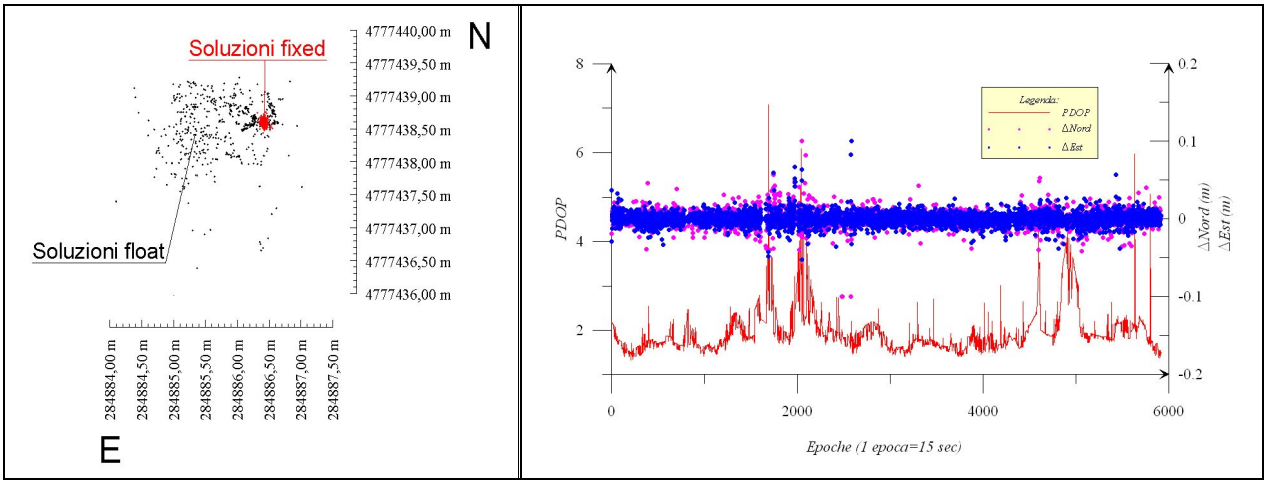

Fig. 5 – Dispersione delle componenti planimetriche:
a)visualizzazione d'insieme in planimetria; b) soluzioni fixed in funzione del tempo e del PDOP

Dalla figura 5/b, che riporta l'andamento cronologico relativo alle sole soluzioni fixed con visualizzazione contestuale dei valori del PDOP, si evince come la soluzione sia generalmente buona, con scarti dalla media contenuti entro pochi cm, ma alcune posizioni presentano uno scarto anche del decimetro (che in quota spesso diviene circa doppio) senza una correlazione stretta con l'andamento del PDOP.
Il risultato del test è allo stesso tempo incoraggiante (le soluzioni fixed presentano un'oscillazione abbastanza contenuta) e tale da invitare alla prudenza quando si quantifica l'accuratezza delle posizioni RTK.

6. Bibliografia

Sansò F., De Lacy M.C. (2001) : Uno studio sulle diverse applicazioni del GPS e sul futuro sviluppo della rete di stazioni permanenti GPS sul territorio italiano orientato alla creazione di un servizio Geodetico Nazionale. Relazione interna International Geoid Service.
Sito web http://geomatica.ing.unico.it.

Ciarapica A., Ferranti G., Radicioni F., Stoppini A. (2005): La rete di stazioni permanenti GPS/GNSS della Regione Umbria: verso un servizio regionale di posizionamento. Atti della 9ª Conferenza Nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA), Catania, novembre 2005.

Weber G., Dettmering D., Gebhard H., Kalafus R.(2005): Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) – IP-Streaming for Real-Time GNSS Applications. ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-16 September 2005, Long Beach, CA