

# ANALISI DI DATI GNSS DERIVANTI DA SPERIMENTAZIONE NETWORK RTK

Maurizio BARBARELLA, Alessandro BEDIN, Stefano GANDOLFI,  
Cristian GORDINI, Ernesto RONCI, Luca VITTUARI

DISTART – Topografia – Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna - viale Risorgimento, 2 - 40136 Bologna, tel.  
051-2093106, fax. 051-6448073,  
*e-mail:* [maurizio.barbarella@mail.ing.unibo.it](mailto:maurizio.barbarella@mail.ing.unibo.it)

## Abstract

In the last 3 years the classical RTK methodology, that allows survey operations in a 15km range, has been joined to a Network Based RTK (NRTK) service that allows to overcome this distance limit. If a GPS reference network is available and working, sustained by an efficient communication network, the operators can work in real time in a larger area, using the correction model created by the network software. Further, a Network for Real Time Kinematics approach have the possibility to refer each survey to the same reference frame, defined by network manager.

Since 2003 DISTART (University of Bologna) manage a GPS reference network, in Emilia Romagna Region area, that evolved from 4 to 10 permanent stations, in order to obtain a best performance from the network and to face up to several problems regarding management and final user side.

This work deals about results, coming from several tests on known points in ITRF-2000 reference system, obtained with two different software, Trimble GPSnet and GNSMART GNSS Network di Geo++<sup>®</sup> and using, in some cases, 2 receivers storing data at the same time from one antenna.

## Introduzione

Negli ultimi 3 anni le problematiche legate al posizionamento di precisione in tempo reale si sono spostate dal posizionamento RTK utilizzando un ricevitore su un sito a coordinate note ad un approccio di rete. Le reti di stazioni permanenti, se opportunamente dislocate sul territorio e dotate di sistemi di comunicazione dati adeguati, possono costituire il supporto per chi opera in tempo reale su vaste aree. Tali reti permettono di stimare i modelli di correzione per i parametri spazialmente correlati. Tali modelli consentono il posizionamento di precisione in tempo reale anche in aree dove la densità di stazioni GNSS permanenti è di 60/70 km.

Le reti di stazioni permanenti per il posizionamento in tempo reale (NRTK –Network for Real Time Kinematics), se confrontate con il sistema RTK tradizionale, consentono in linea teorica di ridurre il numero di stazioni di riferimento eliminando sia l'operatore che il ricevitore posto solitamente su un sito a coordinate note. Tutto ciò a vantaggio di un'ottimizzazione del rilievo; un operatore in grado di operare direttamente collegato alla rete di stazioni permanenti.

Inoltre tale struttura consente di posizionare tutti i rilievi all'interno del sistema di riferimento definito dal gestore della rete. Tali sistemi, sebbene in alcuni paesi siano già operativi, in alcuni casi gestiti da aziende private, sono al centro di sperimentazioni in ambito italiano da alcuni anni.

Il DISTART della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna sin dal 2003 ha instaurato una rete di stazioni permanenti GNSS nell'area della Regione Emilia Romagna. Dall'inizio della sperimentazione ad oggi le rete, pur rimanendo a carattere sperimentale, si è sviluppata dalle quattro stazioni iniziali alle attuali dieci ubicate in Romagna, nel nord delle Marche e della Toscana e nella zona occidentale dell'Emilia.

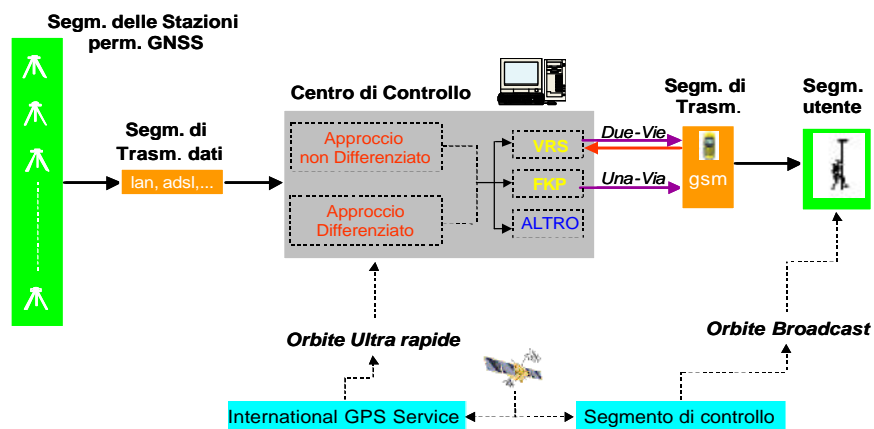
L'allargamento è stato realizzato sia per ottenere un miglior funzionamento, sia per meglio comprendere aspetti differenti del sistema, anche non spiccatamente topografici: l'impianto di una struttura NRTK richiede di affrontare differenti problematiche, sia dal lato del gestore (tecnologico e geodetico) sia dal lato dell'utenza (Barbarella, 2004).

In questo contributo vengono esposti e discussi alcuni risultati relativi alle prove effettuate con i programmi netGPS di Trimble (nel periodo settembre 2003 –Marzo 2004) e GNSMART GNSS Network di Geo++<sup>®</sup> (nel periodo Settembre 2004 – Marzo 2005). Più in particolare sono stati condotti test su vertici di coordinate note (rideterminate nel sistema ITRF-2000), anche impiegando ricevitori differenti in acquisizione simultanea dalla medesima antenna. L'esperienza sta continuando con l'uso del sistema Spider-Net di Leica.

### Considerazioni introduttive alla sperimentazione

L'apparato che realizza il posizionamento di precisione in tempo reale mediante tecniche di rete GPS può essere così schematizzato:

- segmento delle stazioni: costituito da tutte le stazioni permanenti GNSS, con compiti di generazione ed invio o delle osservazioni, o delle relative correzioni di fase;
- segmento di trasmissione dati dalle Stazioni GNSS al centro di controllo;
- centro di controllo: che raccoglie i dati forniti dal segmento delle stazioni, li memorizza, li elabora e li invia all'utente;
- segmento di trasmissione dati all'utenza;
- segmento utente: costituito dagli utilizzatori del sistema, ossia da ricevitori GNSS in grado di gestire i messaggi provenienti dal centro di controllo.



Differenti software presenti sul mercato scelgono differenti strategie sia nella fase di generazione dei modelli di correzione dei parametri spazialmente correlati sia nella fase di diffusione verso l'utenza di tali parametri.

Attualmente l'esperienza è stata condotta su due dei Software più diffusi (GPSnet di Trimble e GNSMART GNSS

Figura 1 – Schema logico per la struttura di una rete NRTK

Network di Geo++<sup>®</sup>, e solo recentemente sono stati compiuti alcuni test con il software Spider-net di Leica-geosystem.

I test sono stati eseguiti per verificare le reali potenzialità del sistema sia in termini di precisione/accuratezza sia in termini di utilizzabilità del sistema.

Alla base del problema rimane comunque fondamentale l'inquadramento geodetico della rete che si trasferisce in modo integrale anche sulle stime di posizione dell'utente. Al fine di verificare aspetti legati alla precisione ed accuratezza delle soluzioni RTK è stato quindi necessario eseguire test ripetuti su vertici materializzati accuratamente (occasionalmente anche della rete IGM95) ma, per l'accuratezza, è stata anche necessaria una determinazione delle coordinate dei vertici nel *frame* delle stazioni permanenti mediante una campagna di misura statica *ad hoc*. In tal modo è stato possibile isolare eventuali problemi legati all'approccio NRTK da quelli legati al differente datum geodetico. Le problematiche riguardanti l'utenza sono state affrontate con uno studio sui tempi di inizializzazione del sistema, e mediante test volti a verificare la precisione e l'accuratezza nelle differenti modalità di utilizzo.

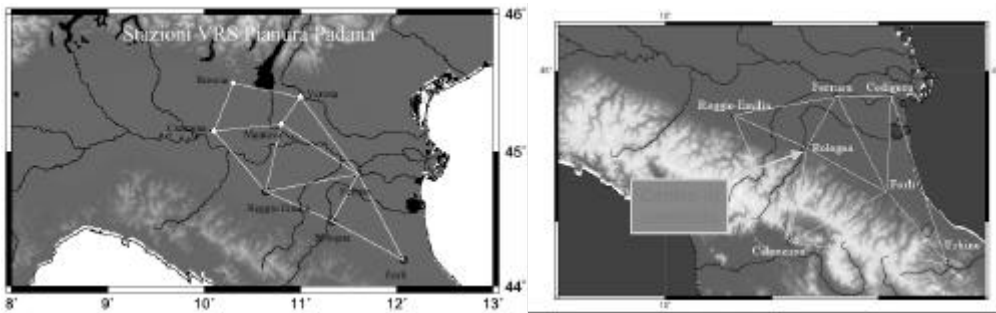


Figura 2 – A sinistra la rete utilizzata per la sperimentazione GPSnet e a destra la rete utilizzata per la sperimentazione GNSMART.

Per entrambe le sperimentazioni il centro di controllo (software di raccolta ed elaborazione dei dati) è stato collocato presso il **DISTART** dell'Università di Bologna

I siti utilizzati per le esperienze GPSnet sono stati poi utilizzati anche per le esperienze GNSMART. I due sistemi in oggetto presentano alcune caratteristiche differenti soprattutto per quanto riguarda la generazione dei modelli di correzione e il metodo “preferito” per il trasferimento di queste ultime. Il sistema GPSnet si basa su un approccio di tipo differenziato che individua la migliore configurazione di rete e calcola le basi per poter fissare le ambiguità di fase iniziali, mentre il sistema GNSSMART preferisce un approccio di tipo non differenziato. Sebbene entrambi i software permettano differenti modalità di invio delle correzioni, il sistema GPSnet è stato inizialmente associato, in Italia, alla tecnica delle Virtual Reference Station mentre il sistema GNSSMART alla tecnica FKP.

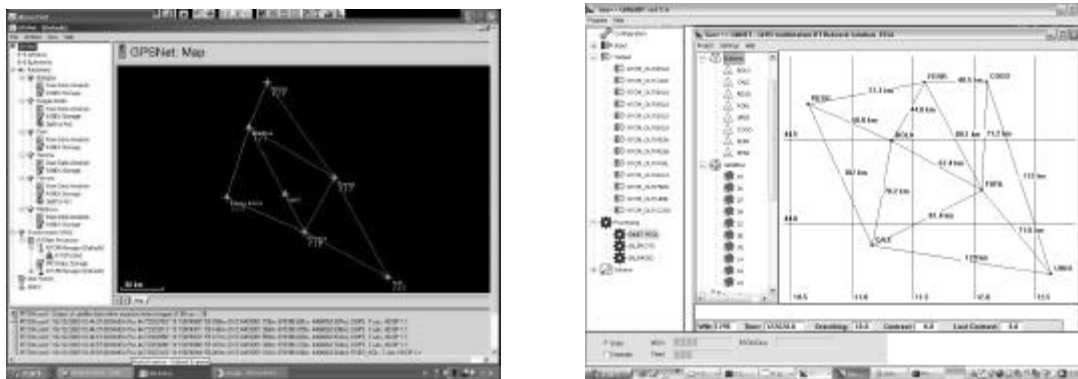


Figura 3 – I sistemi NRTK utilizzati.



Figura 4 – Siti oggetto di sperimentazione

In realtà è difficile entrare nel merito di quali siano i punti di forza di un sistema rispetto all'altro e la filosofia che ha accompagnato la sperimentazione è stata quella di osservare le differenze in termini di utilizzabilità vista dalla parte dell'utente.

Al fine di analizzare meglio i risultati ottenuti, oltre alle informazioni contenute nel file di registrazione del ricevitore mobile (che variano da ricevitore a ricevitore), in fase di sperimentazione si sono riportati sul foglio di campagna gli elementi che sembravano essere caratterizzanti l'esperienza. Numero di Sa-

telliti, PDOP, tempo necessario per inizializzare il sistema, numero di epoche utilizzate per il rilievo del punto, sono solo alcuni dei parametri che si è cercato di memorizzare. Col progredire della sperimentazione si è ritenuto utile impiegare un operatore nel monitoraggio continuo del centro di controllo (verifica dei ritardi dei dati dalle stazioni permanenti, controllo sul numero di satelliti ad ambiguità fissate, etc...) contribuendo al completamento delle informazioni legate alla

sperimentazione. Per questi rilievi sono stati utilizzati ricevitori Leica system 1200, Topcon GB1000 e Trimble 5700 e 5800.

### Alcuni risultati

La sperimentazione è stata effettuata su otto siti dislocati sul territorio emiliano romagnolo (fig. 4). Si è cercato di pianificare le sperimentazioni in modo da ottenere informazioni riguardo alcuni aspetti ritenuti di particolare interesse (ripetibilità dei risultati, all'utilizzo di diverse tecniche di diffusione del dato di correzione, ecc.); ciononostante la variabilità delle condizioni operative, non sempre ha consentito l'esecuzione di tutti i rilievi pianificati. Inconvenienti legati ai sistemi di comunicazione, in particolare nelle fasi iniziali dell'esperienza, non hanno permesso agli operatori di collezionare tutti i dati previsti. Ciò rende più complessa l'analisi dei risultati.

Le prime sperimentazioni sono state orientate a verificare la ripetibilità dei risultati eseguendo successive inizializzazioni e interruzioni volontarie dei collegamenti, e ripetendo la serie delle operazioni sullo stesso punto in giorni differenti. Un esempio tipico dei risultati ottenuti è rappresentato dai grafici di fig. 5. La variabilità delle coordinate planimetriche con l'inizializzazione è contenuta in un range di circa 7 cm in ciascuna giornata e i valori nei due giorni sono pressoché uguali; non così è avvenuto per la quota, che nel primo giorno ha avuto salti anche di 15 cm nella prima giornata, mentre nella seconda la variabilità è risultata inferiore ai 10 cm, ma con valor medio più elevato (praticamente corrispondenti ai valori più elevati ottenuti nel primo giorno). Le coordinate sono riferite al valore ottenuto nei rilievi statici: per la planimetria le posizioni RTK sono poco differenti, mentre la quota del secondo giorno (relativamente stabile) risulta mediamente di una decina di cm più elevata del valore di riferimento.

I tempi di inzializzazione non sono riportati, in quanto piuttosto stabili: se la misura è possibile, i tempi tra connessione al gestore e l'esecuzione di una decina di acquisizioni di posizione, sono risultati dell'ordine di 2/3 minuti. Il numero totale di satelliti, di per sé, non sembra avere un'influenza diretta sul risultato, mentre occorre approfondire l'effetto della geometria satellitare, solo parzialmente descritto dal PDOP.

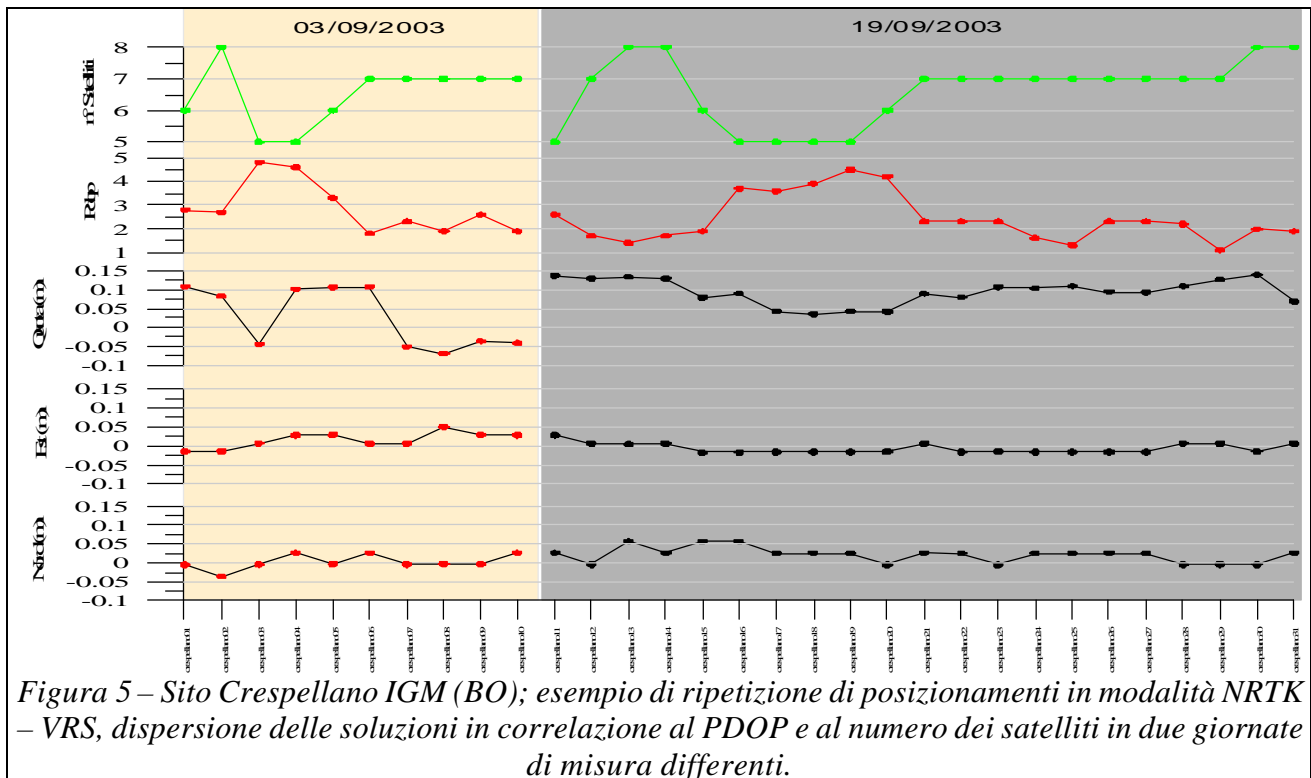


Figura 5 – Sito Crespellano IGM (BO); esempio di ripetizione di posizionamenti in modalità NRTK – VRS, dispersione delle soluzioni in correlazione al PDOP e al numero dei satelliti in due giornate di misura differenti.

Nelle prove riportate nella figura 5 la modalità di acquisizione era sempre VRS, con uno stesso sistema NRTK; altre prove sono state effettuate usando sullo stesso punto differenti software e talvolta due modalità diverse.

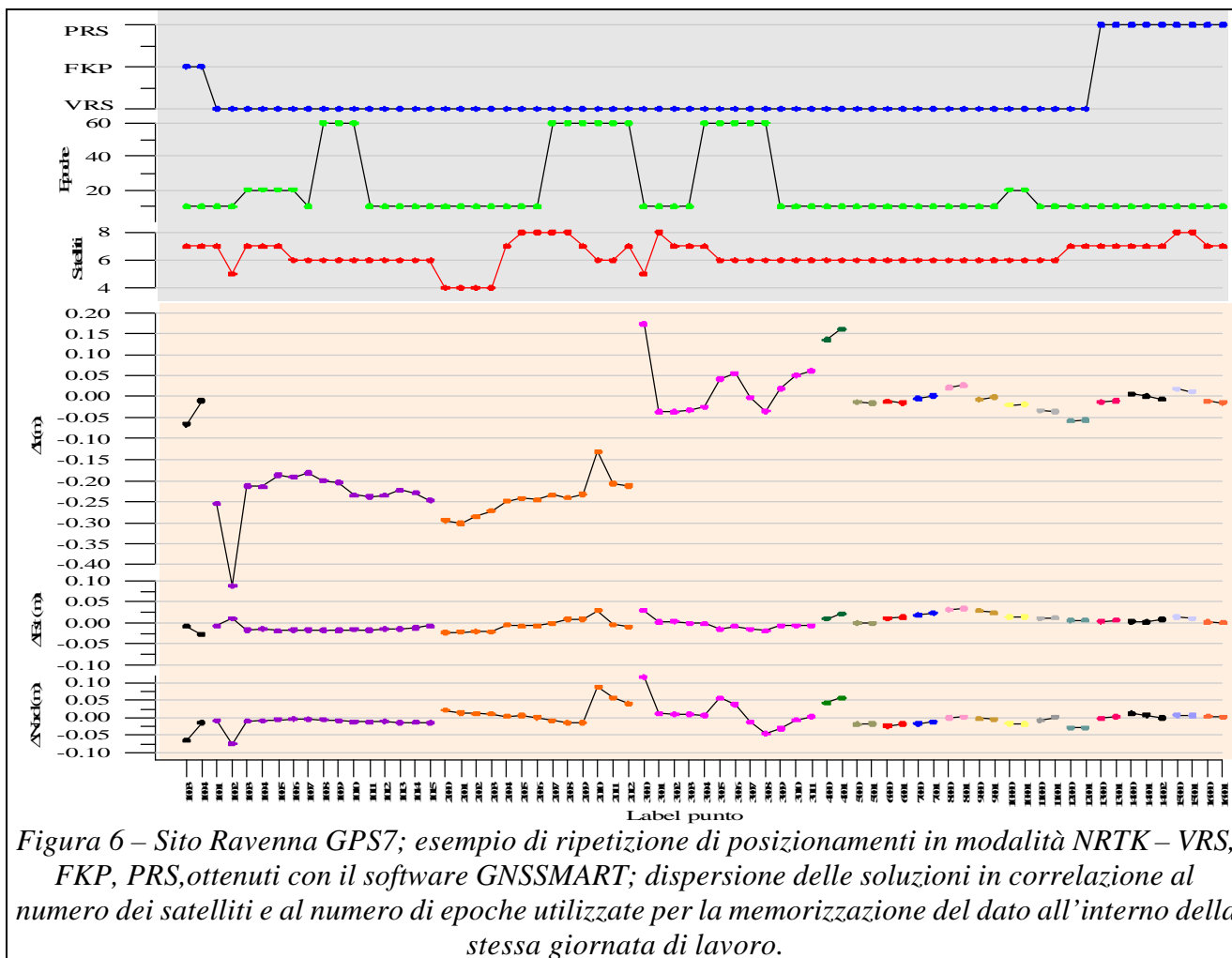


Figura 6 – Sito Ravenna GPS7; esempio di ripetizione di posizionamenti in modalità NRTK – VRS, FKP, PRS, ottenuti con il software GNSSMART; dispersione delle soluzioni in correlazione al numero dei satelliti e al numero di epoche utilizzate per la memorizzazione del dato all'interno della stessa giornata di lavoro.

La figura 6 riporta alcuni grafici relativi ai risultati ottenuti per l'appunto in diversi cicli di inizializzazioni e con l'uso di differenti modalità – VRS, FKP, PRS – su un punto vicino al bordo della rete (Ravenna). Con lo stesso colore sono indicati risultati ottenuti con la stessa inizializzazione. Risultati variabili sono in alcuni casi connessi ad un valore alto di PDOP. Ancora una volta la quota oscilla sensibilmente, e per di più attorno a due livelli ben distinti, spazati di circa 25 cm. L'uso della modalità PRS (distanze di circa 10 km) è completamente equivalente alla VRS; su questo punto è stata fatta una sola prova in FKP, i cui risultati sono peraltro equivalenti agli altri; questo risultato è confermato anche dalle misure fatte sugli altri vertici oggetto del confronto fra le modalità FKP e VRS.

### Considerazioni

Nonostante si ritenga la sperimentazione ancora in corso, da una preliminare analisi sui test eseguiti emergono alcuni aspetti elencati in seguito.

I due programmi di gestione e diffusione delle correzioni spaziali al momento già testati presentano livelli d'ingegnerizzazione leggermente differenti, ad esempio il software Trimble GPSnet dispone di una serie di accorgimenti capaci, via SMS o e-mail, di informare utenti e gestori di malfunzionamenti del sistema.

In termini di qualità delle correzioni invece non si sono osservate particolari differenze.

Tali sistemi mostrano enormi potenzialità soprattutto per applicazioni di carattere tecnico. Dalle esperienze eseguite sembra evidente una sostanziale stabilità dei risultati sia in termini di ripetibilità nell'immediato che di rioccupazione del punto in momenti successivi, variabilità che si aggira nell'intorno di qualche centimetro per la planimetria. Per l'altimetria i risultati appaiono peggiori in un range anche superiore ai 10 cm. Saltuariamente però si riscontrano soluzioni fortemente differenti come illustrato dalle figure 5 e 6. Analizzando, in questi casi, i parametri al contorno delle singole soluzioni non sempre sono spiegabili tali fluttuazioni tramite indici o parametri che possano allertare l'operatore durante le operazioni di misura.

Il corretto funzionamento dell'intero apparato non può prescindere dalla piena funzionalità di ogni singola componente, problemi di costellazione (la costellazione GPS spesso propone anche 4 satelliti disponibili), comunicazione in senso lato, ecc. possono impedire il posizionamento in tempo reale o, ancor peggio, fornire risultati non in linea con le aspettative dell'utenza.

Dalle esperienze eseguite si evince una sostanziale decorrelazione tra la stabilità della soluzione e il numero di epoche utilizzate per la memorizzazione della stessa.

### **Ringraziamenti**

Si ringraziano le Ditte Trimble Italia s.r.l. Leica Geosystem s.p.a. per aver messo a disposizione strumentazione, software e personale per la corretta installazione degli apparati.

Si ringrazia inoltre la Ditta Geotop per aver messo a disposizione parte della strumentazione utilizzata per le esperienze. Si ringraziano inoltre i responsabili delle sedi dove si è potuta installare la strumentazione. Il lavoro è stato realizzato nell'ambito del Prog. Naz. di Ricerca MIUR 40% "Analisi delle problematiche connesse alla realizzazione e all'utilizzo di una rete locale di stazioni GPS permanenti per rilievi sub-decimetrici in tempo reale" (prot. 2002087958\_002).

### **Bibliografia**

Barbarella M., Gandolfi S., Gordini C., Vittuari L., (2003), Reti di stazioni permanenti per il posizionamento in tempo reale: prime sperimentazioni., *Atti della 7° Conferenza Nazionale ASITA, Verona, 28-31 ottobre 2003.*

Barbarella M., Bedin A., Gandolfi S., Vittuari L., (2004), La trasmissione dei dati nelle reti di stazioni permanenti GNSS per il posizionamento Real Time., *Atti della 8° Conferenza Nazionale ASITA – Roma, 14-17 dicembre 2004, 1, 259-264.*

Barbarella M., Gandolfi S., Mancini F., Ronci E., Vittuari L., (2004), Integrazione di misure GPS-GLONASS, analisi di una rete d'appoggio per sperimentazioni VRS., *Atti della 8° Conferenza ASITA – 13-17 Dicembre 2004, Roma.*

Barzaghi R., Betti B., Biagi L., Casella V., Crespi M., Franzini M., Manzano A.M., Mazzoni A., Piras M., Roggero M., Scuratti M., Tornatore V. (2004), Rilievi GPS-RTK e stazioni permanenti GPS: Sperimentazione del sistema RIR. *ASITA. (vol. 1 pp. 311-316).*

Cina, A., Manzano, A. Piras, M. Roggero, M. (2004), Rete test MRS in Piemonte: impianto e risultati. *Bollettino SIFET, n. 2, 2004.*

Cina A., Manzano A., Piras M., Roggero M. (2004), Rete test in Piemonte, impianto e risultati., *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia. Vol. 2/04 pp. 77-94 issn: 1721-971x.*

Cina A., Manzano A., Piras M., Roggero M. (2004), Reti Gps Mrs: realizzazione e problemi connessi., *Conferenza ASITA. dicembre 2004 (vol. 1 pp. 791-792).*

Sanna G., Vacca G. (2005). Field test of the GPS+GLONASS RTK at the Cagliari Permanent Station Via Internet., *6° Setmana Geomatica Barcellona. 8 - 11 Febbraio 2005 Deposito legale B-8737-2005.*