

RILIEVO NETWORK- RTK CON LA RETE DI STAZIONI PERMANENTI GPS DELLA REGIONE ABRUZZO: VERIFICHE SU VERTICI IGM95

Donatella DOMINICI (*), Filippo DEL GUZZO (*), Roberta VALERIO (**)

(*) DAU- Dipartimento di Architettura e Urbanistica- Facoltà di Ingegneria dell'Università dell'Aquila- Monteluco
Poggio Roiodominici@dau.ing.univaq.it, delguzzo@dau.ing.univaq.it, robevalerio@yahoo.it

Riassunto

Il rilievo Network-RTK, come è noto, impiega le correzioni differenziali della rete di stazioni permanenti a cui viene collegato il ricevitore rover e permette di determinare la posizione dei vertici rilevati con una precisione centimetrica.

Il rilievo NRTK diventa un rilievo veloce e di precisione in quanto si evita l'uso della "base", potendo disporre di un solo kit-rover (risparmio nell'acquisto degli strumenti) ed un solo operatore per il rilievo; permettendo il rilevamento in tutta la regione superando il problema della distanza dalla stazione di riferimento mantenendo una precisione attendibile nel posizionamento. Le stesse precisioni diventano maggiori rispetto alla modalità tradizionale garantite da una maggiore affidabilità dovuta alla presenza della rete ed il fissaggio delle ambiguità diventa più veloce rispetto al semplice RTK.

Un ruolo importante riveste la rete di stazioni permanenti GPS in quanto, con la correzione differenziale, diventa un "dispensatore" di "datum" e garantisce la buona operabilità del sistema.

Con questo lavoro si è voluto, appunto, verificare l'affidabilità di tale sistema effettuando una serie di misure su alcuni punti noti della rete IGM95 e della rete di raffittimento della Regione Abruzzo. In particolare si sono misurate le coordinate di circa cinque punti (2 IGM95 e 3 della Regione Abruzzo), tale verifica è stata condotta effettuando misure comparative utilizzando tre distinte reti: Regione Abruzzo, Regione Umbria e la RESNAP-GPS dell'università di Roma.

Abstract

In the last year Regione Abruzzo activated new GPS regional network which allows to obtain the differential corrections with VRS technique. With a single rover-kit and a single operator the NRTK survey becomes fast and precise. This paper describe the survey done on 2 points of IGM95 network and 3 points from Regione Abruzzo's regional geodetic network to verify the reliability of this system. This work also includes some comparative measures done using the regional Umbria's and university "La Sapienza"'s RESNAP-GPS networks.

Introduzione

Nel posizionamento relative RTK e NRTK si opera con due ricevitori, di cui uno (detto base) mantenuto fisso (Fig.1) su un punto di posizione nota, mentre il secondo (rover) va ad occupare i punti da rilevare. Il ricevitore base trasmette al rover i dati di correzione di codice e di fase, mediante i quali la posizione del rover viene calcolata immediatamente, in tempo reale. La trasmissione dei dati può avvenire via radio, con modem GSM o via internet, a condizione che il flusso dei dati sia continuo. L'accuratezza delle coordinate ottenute è mediamente dell'ordine di alcuni centimetri. Se i dati "grezzi" (raw data) acquisiti da base e rover vengono conservati, è possibile effettuare un'elaborazione di controllo in post processamento. I problemi legati ad un

corretto utilizzo di tale tecnica possono essere: il tempo di latenza (tempo di viaggio delle correzioni), il corretto posizionamento della stazione base e la distanza base rover (10-30 km). Per ovviare a quest'ultime problematiche si richiede la disponibilità di una RETE di stazioni permanenti di posizione nota (tecnica Network RTK). Il rover invia al centro di controllo della rete la propria posizione approssimata ed il software NRTK calcola in base a tale posizione una correzione RTK, si può dire personalizzata per "quel" rover. Esistono diversi algoritmi (VRS, FKP, MAC) che forniscono risultati sostanzialmente simili. L'accuratezza resta dell'ordine di alcuni centimetri ma la tecnica NRTK risulta vantaggiosa rispetto alla semplice RTK proprio in termini di integrità (affidabilità) della soluzione ottenuta.

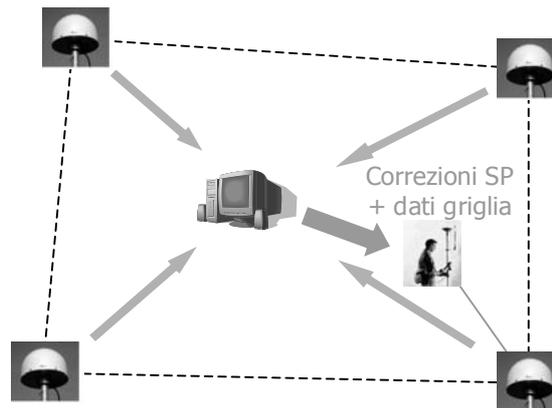


Figura 1 - NRTK

Le tecniche RTK e NRTK sono estremamente vantaggiose nei rilievi di dettaglio, dove deve essere determinato un numero elevato di punti, ma anche in tracciamento di opere di ingegneria civile dove il tempo reale consente di operare con grande rapidità rispetto alle tecniche classiche. Possono essere anche utilizzate in modo cinematico per la determinazione del tracciato di veicoli in movimento.

La rete di stazioni permanenti della Regione Abruzzo

La regione Abruzzo si estende su di una superficie di circa 10794 km². La rete di Stazioni Permanenti GPS della regione Abruzzo nasce con l'intento di fornire a tutta l'utenza regionale (professionisti, Pubbliche Amministrazioni, ecc.), quindi anche ad utenti privi di formazione specifica sul trattamento dei dati GPS, un posizionamento con precisione subdecimetrica il più possibile omogenea su tutto il territorio regionale e con tempi di posizionamento (per l'acquisizione del dato) il più possibile limitati.

In fase di progettazione sono state analizzate alcune configurazioni di reti per RTK, con diversa densità sul territorio, al fine di massimizzare le possibilità di trovare idonea struttura e collocazione per le stazioni. In tale configurazione il Centro di Controllo che gestisce il sistema della rete di stazioni permanenti GPS doveva essere totalmente svincolato dalla posizione per essere installato in una struttura idonea che avesse i necessari collegamenti di rete e telefonia, come, ad esempio, nella sede del Giunta Regionale, a L'Aquila. In una prima configurazione si considera la situazione relativa alle stazioni ritenute "prioritarie", ovvero quelle stazioni che pur mantenendo elevate interdistanze, comunque al massimo 64 km, possono rappresentare una prima ipotesi di geometria nell'ottica di servire le zone più densamente abitate. Queste stazioni coprono quasi uniformemente il territorio abruzzese e sono dislocate cercando di uniformare l'interdistanza tra i punti da circa 40 a 70 km, con i limiti sopra citati. Questa configurazione, che ha una interdistanza media tra le stazioni di circa 45 km, può essere realizzata considerando 12 stazioni permanenti.

La configurazione della rete di stazioni ritenute "prioritarie" è rappresentata in figura 2a.

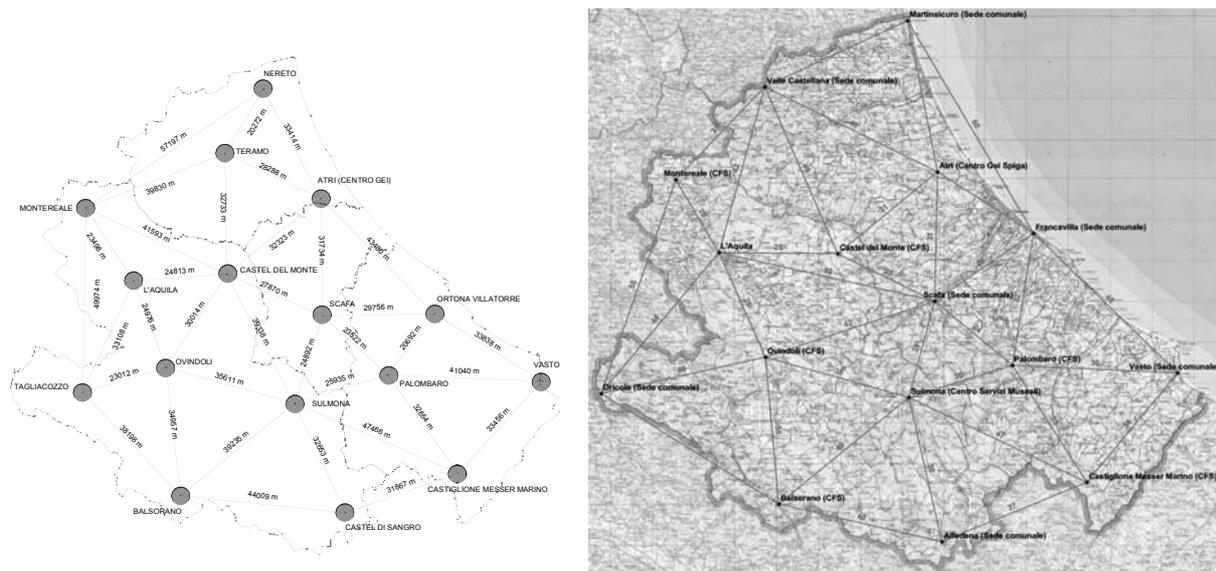


Figura 2 - a) Rete di Stazioni con configurazione ottimale; b) Rete di stazioni realizzate

Nella fase progettazione esecutiva, è stata scelta una configurazione in cui le stazioni GPS sono 16; esse contribuiscono a diminuire l'interdistanza dei lati più lunghi. In fase di realizzazione la configurazione ottimale è stata parzialmente modificata senza però stravolgere la geometria di base. La massima interdistanza risulta ora di 57 km sul lato nord della regione sulla zona di confine. La distanza media è invece di circa 34 km: detta distanza può garantire già un buon funzionamento dei sistemi VRS/MRS.

Questa configurazione si ritiene ottimale e cautelativa per una rete di stazioni permanenti GPS per RTK, senza arrivare al limite delle prestazioni dei sistemi di gestione *Multi* o *Virtual Reference Station*.

I siti finali che costituiscono la rete sono:

| <i>COSTA</i> | <i>INTERNO</i> | <i>SUD-OVEST</i> | <i>SUD-EST</i> | <i>NORD-OVEST</i> |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Martinsicuro | L'Aquila | Oricola | Castiglione Messer Marino | Valle Castellana |
| Francavilla | Castel del Monte | Balsorano | Alfedena | Montereale |
| Atri | Scafa | | | |
| Vasto | Ovindoli | | | |
| | Sulmona | | | |
| | Palombaro | | | |

La materializzazione di questi punti è stata realizzata con la massima attenzione a riguardo della stabilità ed alla presenza della rete dati ComNet-RA tramite segnale ISDN o ADSL. La materializzazione è stata effettuata dalla ditte TRIMBLE

L'intera infrastruttura, tramite il centro di controllo, è in grado di fornire due tipologie di servizi che sono completamente gratuiti: fornitura dei dati registrati dalle singole stazioni per il post-processing nel formato Rinex e le correzioni per il posizionamento in tempo reale con il metodo VRS (Virtual Reference Station).

Lo stesso Centro di Controllo gestisce la pubblicazione delle monografie dei siti e le informazioni relative alle caratteristiche del ricevitore e dell'antenna utilizzata, e tutti i metadati necessari per ricostruire l'eventuale dinamica della strumentazione del sito.

Agli utenti registrati vengono fornite le credenziali di accesso, username e password, e l'indirizzo ip del server per configurare la strumentazione per usufruire delle correzioni in tempo reale.

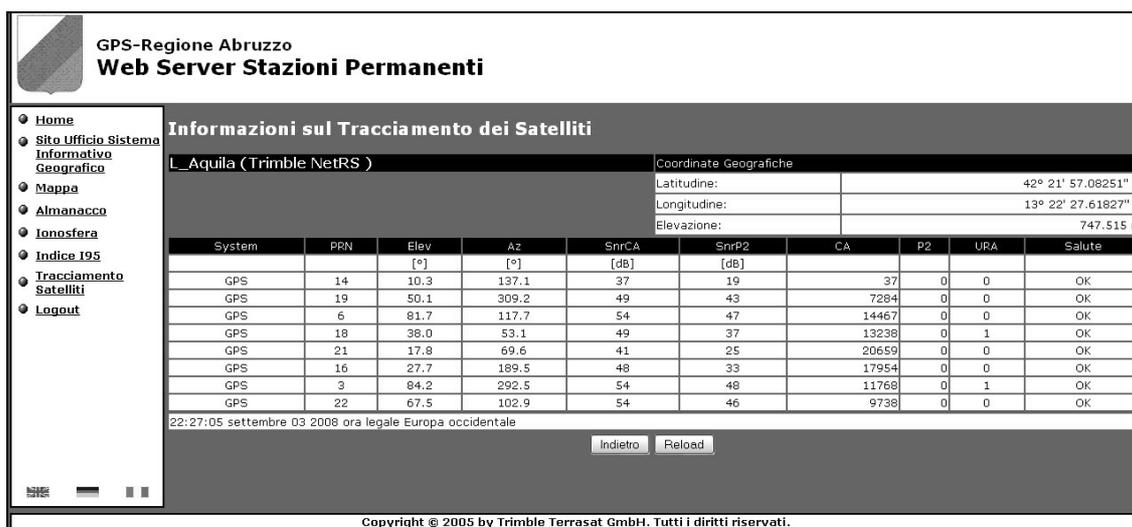


Figura 3 – Monografia della stazione di L'Aquila

Verifica modalità RTK sui vertici IGM95

La sperimentazione condotta ha lo scopo di verificare il funzionamento dell'intera infrastruttura e la qualità del dato fornito dalla rete.

A tale scopo si è pensato di eseguire una serie di misure su punti con coordinate note al fine di valutare le differenze tra le coordinate misurate con un sistema RTK e quelle indicate nelle rispettive monografie. I punti utilizzati sono quelli della rete IGM95 e quelli istituiti dalla stessa Regione Abruzzo per il raffittimento della rete stessa in modo da disporre di un set di coordinate note con le quali eseguire i relativi confronti. Gli stessi punti sono stati controllati utilizzando sia la rete di stazioni permanenti della regione Umbria che la rete RESNAP-GPS gestita dall'università "La Sapienza" di Roma.

Prima di procedere all'esecuzione dei rilievi si è proceduto nella scelta dei punti individuati in base alla vicinanza alla città di L'Aquila ed alla facilità di raggiungimento. In base ai criteri detti sono stati individuati 2 punti IGM95, il 139701 ed il 139902 ricadenti rispettivamente nelle frazioni di Sella di Corno (comune di Scoppito) e San Vittorino (comune di L'Aquila), e tre punti della rete regionale ricadenti nel territorio della zona di Roio del comune di L'Aquila. Di quest'ultimo gruppo di punti è stato possibile utilizzarne solamente uno poiché i restanti due erano stati rimossi forse a seguito di interventi di ristrutturazione che hanno interessato i manufatti su cui erano stati fissati i centrin.

Per il rilievo RTK si è utilizzato un rover *Topcon* HIPER-PRO dotato di un controller FC-100 con sistema operativo Windows Mobile CE[®] ed un telefono cellulare che è stato utilizzato come interfaccia per il collegamento GPRS alla rete internet.

Tutte le operazioni di rilievo sono state gestite tramite il software Meridiana pocket PC preinstallato nel controller.

Prima di procedere all'esecuzione delle misure si è provveduto ad eseguire tutti i setting necessari al collegamento alle tre reti utilizzate e sono state testate le connessioni per verificare che l'intero apparato fosse pienamente funzionante. In tale fase è stato possibile riscontrare una certa instabilità del collegamento GPRS che di fatto compromette l'uso delle correzioni differenziali.

Avendo a disposizione le rispettive monografie si è proceduto nell'esecuzione delle misure in modalità RTK utilizzando le tre reti di stazioni permanenti ricordate.

Risultati

La modalità di rilievo RTK consente di effettuare direttamente un primo controllo di massima circa la correttezza delle coordinate appena determinate confrontandole con quelle "ufficiali" riportate in monografia. In questo lavoro si è cercato di accettare soluzioni "fixed" per meglio controllare il

funzionamento del sistema. Il rilievo si è sviluppato in più giornate dato che si sono presentati dei problemi di ricezione.

Nel primo controllo, sul vertice di Sella di Corno (N.139701), è stata rilevata un'immediata corrispondenza tra le coordinate planimetriche fornite dalla monografia IGM e quelle fornite dalla stazione rover.

Terminata questa prima acquisizione, è stata avviata la connessione alla rete di stazioni permanenti della Regione Umbria con la quale non si è riusciti ad ottenere una soluzione di tipo "fixed" a causa della distanza eccessiva del punto alle stazioni prossime al confine con l'Abruzzo e si è tentata la connessione alla rete RESNAP-GPS.

Il secondo controllo sul vertice San Vittorino (N. 139902) ha nuovamente portato ad un riscontro nelle coordinate planimetriche, l'acquisizione dei dati è stata effettuata con la rete della Regione Abruzzo con soluzione "fixed" e con la rete della Regione Umbria con soluzione "float" ed anche in questo caso si è tentato l'aggancio alla rete RESNAP-GPS.

In una nuova sessione di misura è stato effettuato il controllo sul vertice di Poggio di Roio (N.6717) che, come gli altri, è stato soddisfacente per quanto riguarda le coordinate planimetriche; a differenza dei casi precedenti per questo punto si è utilizzata anche la rete RESNAP-GPS con soluzione di tipo "fixed". A differenza dei precedenti casi per la comparazione delle coordinate è stato necessario eseguire una trasformazione di datum poiché la suddetta rete è stata inquadrata nel sistema di riferimento Igb00, mentre le coordinate dei centrini sono espresse nel sistema ETRF89. La conversione è stata effettuata usando il file Excell messo a disposizione dall'università "La Sapienza". In tabella 1 sono riportate le differenze tra le coordinate piane nel sistema UTM WGS84 misurate utilizzando la rete regionale e quelle riportate in monografia: si nota che sono comprese tra 0cm e 3cm.

| | Coordinate MONOGRAFIA UTM WGS-84 | | Coordinate RETE ABRUZZO UTM WGS-84 | | ΔN | ΔE |
|------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|------------|------------|
| | N | E | N | E | | |
| IGM 139701 | 4691825,96 | 350256,38 | 4691825,95 | 350256,41 | 0,01 | -0,03 |
| IGM 139902 | 4695620,48 | 361375,88 | 4695620,46 | 361375,88 | 0,02 | 0,00 |
| 6717 | 4687946,26 | 366518,86 | 4687946,25 | 366518,87 | 0,01 | -0,01 |

Tabella 1 – Differenze delle coordinate rilevate con la rete regionale

Per quanto riguarda la quota ellissoidica non è stato possibile avere una veloce comparazione in quanto era presente un sistematismo sul software di non veloce identificazione. Superato il problema si è presentata una buona corrispondenza tra la quota IGM95 ed RTK.

Queste prove hanno messo in evidenza che il software di gestione del rilievo non corregge in modo automatico la misura della quota del valore dell'altezza strumentale producendo così un errore sistematico anche metrico.

Conclusioni

La sperimentazione condotta permette di fare importanti considerazioni riguardo l'utilizzo di una rete di stazioni permanenti GPS come quella realizzata dalla Regione Abruzzo. Il sistema presenta indubbiamente elevata stabilità ed affidabilità: le misure effettuate hanno confermato che si ottengono le coordinate planimetriche dei punti con precisione centimetrica in pochissimi secondi e con una strumentazione molto più economica. Allo stato attuale le precisioni delle quote ellissoidiche ancora non hanno raggiunto valori soddisfacenti.

Il presente lavoro ha messo in evidenza, però, quelle che da parte degli autori sono considerati aspetti che potenzialmente possono vanificare i grandi vantaggi offerti da questo servizio. Infatti la funzionalità del sistema VRS si basa sulla disponibilità di una connessione GPRS che sia stabile e che assicuri un minimo di velocità di trasmissione dati almeno sufficiente per ottenere le correzioni differenziali. Questo aspetto è sicuramente da imputare agli operatori di telefonia mobile che forse ancora non sono in grado di garantire uno standard sulla qualità del servizio. Indubbiamente la prossima disponibilità di nuovi servizi per la connessione senza fili wireless o wi-fi permetterà di superare i limiti detti e quindi consentirà di sfruttare a pieno gli innumerevoli vantaggi delle reti di stazioni permanenti.

Si sottolinea l'importanza della gestione della rete in quanto la Regione diventa un "dispensatore" di datum e quindi è importante un controllo di qualità.

Bibliografia

Cina, A., Manzino, 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

Kaniuth, K., Stuber, K. 2002. *The Impact of Antenna Radomes on Height Estimates in regional GPS networks*. IAG Symposia, 101-106, Springer Verlag.

Roggero, M. 2004. *Reti di stazioni GPS permanenti per il posizionamento geodetico*, Ph. D. Thesis, Politecnico di Milano, 2004.

Bibliografia da Rapporti tecnici:

Radio Technical Commission for Maritime Services, Sixteenth Committee Draft: RTCM recommended standards for differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) service, future version 3.0 – Under development by RTCM special committee no. 104 – RTCM paper 74-2002/SC104-284, 30 maggio 2002.

Braun, J., Rocken, C., Johnson, J. 1994. Consistency of High Precision GPS Antenna. UNAVCO/UCAR Technical Report, July.

Bibliografia da siti web:

Schmitz, M., Wübbena, G. 2001. Remarks on Effects of SCIS Radome on Phase Centre Variation. Web Publication, <http://rincon.gps.caltech.edu/SCIGN/radomes/>, April.

Cina, A., Manzino, A. 2003. Studio di fattibilità per l'istituzione di una rete di stazioni permanenti GPS nella regione Piemonte, 2003. http://gis.csi.it/repertorio/v3/pia/SettCart_areadownload.htm

Bibliografia da atti di convegni:

Schwarz, K. P., Li, Z., El-Mowafy, A. 1993. GPS Multipath Detection and Reduction using Spectral Technique, IAG General Meeting, Beijing, China, 9-13 August.

Biagi, L., Sansò, F., Scuratti, M., Laffi, R., Novembre, C., 2003. Il Servizio Regionale di Posizionamento per la Lombardia, in 7° Convegno Nazionale ASITA, Verona, 28-31 ottobre 2003.

Cina, A., Manzino, A., Piras, M., Roggero, M. 2003. Stima di correzioni differenziali nel posizionamento GPS Multi Reference Station, in 7° Convegno Nazionale ASITA, pagg.761-770, Verona, 28-31 ottobre 2003.

Cina, A., Manzino, M., Roggero, M. 2004. Multistation estimating of GPS signal atmospheric delays by undifferenced observations. XXth International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 14-23 July 2004, Istanbul.

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

Radicioni F., Stoppini A., Fastellini G. 2007 Reti di stazioni permanenti GNSS e servizi di posizionamento su scala regionale- Cartographica.

Barbarella M., Dominici D., Pinto L. 2006 Progetto di una rete di stazioni permanenti GPS nella regione Abruzzo- 10° Convegno Nazionale Asita Bolzano.