

Utilizzo delle correzioni DGPS in tempo reale disponibili su WEB: sperimentazioni e risultati.

L. GARRAMONE *, P. RUTIGLIANO **, G. ABATE ***, F. VESPE *

* Agenzia Spaziale Italiana, Centro di Geodesia Spaziale “G. Colombo”, 75100 – MATERA Tel. 0835 – 377272, e-mail: luciano.garramone@asi.it

** Telespazio SpA, Centro Spaziale di Matera, 75100 – MATERA Tel. 0835 – 377200, e-mail: paolo.rutigliano@telespazio.com

*** Leica Geosystems SpA, Via Talete, 41 70010 – VALENZANO (BA) Tel. 080-4674928, e-mail: abateg@tin.it

* Agenzia Spaziale Italiana, Centro di Geodesia Spaziale “G. Colombo”, 75100 – MATERA Tel. 0835 – 377211, e-mail: francesco.vespe@asi.it

Riassunto

Lo scopo di questa attività è stato sperimentare le possibilità di utilizzo del metodo DGPS (*Differential GPS*) in applicazioni di tipo RTK (*Real Time Kinematics*). La sperimentazione è stata condotta utilizzando le correzioni differenziali trasmesse in tempo reale via Internet da alcune stazioni permanenti. Il sistema di trasmissione delle correzioni è un aspetto basilare nelle applicazioni DGPS in tempo reale ed in molte situazioni rappresenta il limite maggiore per un'applicazione diffusa del metodo GPS/RTK. Lo sviluppo e la diffusione sempre maggiore di Internet rappresentano una possibilità di trasmettere tali correzioni in modo affidabile ed economico. Da qualche anno l'EUREF ha sviluppato una infrastruttura WEB-based (www.euref-ip.net) dedicata alla disseminazione delle correzioni GPS differenziali (progetto a cui l'Agenzia Spaziale Italiana partecipa mettendo a disposizione i dati del ricevitore del Centro di Geodesia Spaziale di Matera). Utilizzando le correzioni differenziali disponibili in Real Time sul sito www.euref-ip.net sono state eseguite delle sperimentazioni di posizionamento con la tecnica RTK. Sono state utilizzate le correzioni di diverse stazioni GPS permanenti che partecipano a questo progetto dell'EUREF: Matera, Roma, Cagliari, Torino, Padova, Milano e Bolzano. In particolare, sono state verificate le accuratèzze di posizionamento in funzione della lunghezza della linea di base fra le due stazioni GPS utilizzate. I risultati delle sperimentazioni indicano che le accuratèzze, nel posizionamento 3-D, sono a livello di pochi centimetri quando la distanza *rover-base* è inferiore ai 10 Km e crescono, fino a diventare dell'ordine del metro, su distanze *rover-base* di diverse centinaia di chilometri.

Abstract

The aim of this paper is to verify the capability into the use of DGPS method in RTK (Real Time Kinematics) GPS measurements. In the measurements the differential corrections obtained in Real Time from Internet have been used. In particular the data have been obtained from a WEB-based infrastructure (www.euref-ip.net) dedicated to the dissemination of the GPS differential corrections. Using these observables some experiments of real time positioning have been done using as reference base some station as: Torino, Bolzano, Padova, Milano, Rome, Cagliari and Matera (all GPS permanent stations belong to ASI national GPS permanent network). The principal goal has been the analysis of the repeatability in the positioning in function of the length of the baseline. The accuracy in 3-D positioning are at few centimetre level when the baseline length is less then 10 Km and rise up to 1 meter when the length of baselines arrive at hundreds of kilometres.

Strumentazione utilizzata

Per la sperimentazione sono state utilizzate due stazioni GPS Leica 1200 ed un PC portatile. Le acquisizioni sono state effettuate, in parte nel periodo Febbraio – Aprile 2005 ed successivamente a Settembre 2006. In ognuno dei siti in cui è stata condotta la sperimentazione era disponibile l'accesso ad Internet.

Modalità operativa e risultati ottenuti

Il principio delle applicazioni RTK si basa sulla possibilità di utilizzare le correzioni differenziali, prodotte da una stazione di coordinate note (stazione base), per migliorare la stima delle coordinate di un qualsiasi punto in cui si trovi una stazione GPS rover. Per permettere la trasmissione delle correzioni le due stazioni GPS devono essere in comunicazione tra di loro mediante l'utilizzo di appositi dispositivi: radio modem, schede di telefonia cellulare o Internet. In questa sperimentazione sono state utilizzate le correzioni differenziali acquisite via Internet dalle stazioni GPS permanenti di: Matera, Roma, Cagliari, Torino, Padova, Milano e Bolzano. Le correzioni differenziali generate da queste stazioni, (incluse nella Rete Fiduciale Nazionale GPS dell'ASI) sono disponibili in tempo reale su un server WEB (www.euref-ip.net) e gli utenti possono prelevarle via Internet utilizzando un apposito software, Ntrip ([Networked Transport of RTCM via Internet Protocol](#)). Le correzioni differenziali così ottenute sono state trasferite, via PC portatile in tempo reale al ricevitore GPS rover che le utilizza per il calcolo della sua posizione istantanea.

Il tipo di rilievo effettuato in questa sperimentazione non è un RTK in senso stretto, dato che un rilievo cinematico implica uno spostamento continuo della stazione *rover*, invece in questa sperimentazione la stazione *rover*, durante l'acquisizione dei dati è stata tenuta fissa su alcuni *marker* di coordinate note. Si è deciso di adottare questa modalità di misura, ossia tenere la stazione *rover* fissa, dato che si voleva verificare la ripetibilità delle coordinate stimate in modalità *real time*. Infatti i risultati ottenuti sono stati valutati in termini di residui, calcolati come differenza puntuale tra le coordinate ottenute in modalità *real time* rispetto ai valori di coordinate note su cui è stata posizionata la stazione *rover*.

Buona parte delle misure sono state effettuate posizionando la stazione *rover* su un *marker* situato presso il Centro di Geodesia Spaziale a Matera; a seconda delle stazioni *master* (stazioni base) utilizzate la lunghezza delle *baseline* analizzate varia da diverse centinaia di chilometri (stazioni *master*: Torino, Milano, Bolzano, Padova, Cagliari, Roma) ad alcune decine di metri quando la stazione base di riferimento è quella di Matera. Altre misure sono state effettuate utilizzando come *marker* per la stazione *rover* dei punti di coordinate note posizionate in un raggio compreso tra qualche chilometro ed alcune decine di chilometri rispetto dalla stazione GPS base di Matera.

Dall'analisi dei residui è stato possibile ottenere delle indicazioni sulla qualità dei risultati ottenuti. Una indicazione generale dei risultati è riportata in Tabella 1:

Baseline (stazione base/rover)	Media	STD
> 100 km	~ 100 cm	80 cm
< 40 km	10-25 cm	10 cm
< 10 km	~ 10 cm	< 10 cm
< 40 m	~ 10 cm	< 10 cm

Tabella 1 Valor medio dei residui tra le coordinate di riferimento delle stazioni rover e le coordinate stimate con i rilievi cinematici e relativa STD in funzione della lunghezza della baseline tra stazione base e rover.

I risultati dipendono sostanzialmente dal tipo di osservabili GPS utilizzati nelle soluzioni delle diverse *baseline*, un parametro che è funzione della lunghezza delle *baseline*. Infatti quando la

baseline stazione base – stazione *rover* ha una lunghezza di diverse centinaia di chilometri le correzioni differenziali vengono applicate sull'osservabile codice dato che in queste situazioni non possono essere sfruttate le correzioni sugli osservabili di fase. Quello che si osserva dai risultati in Tabella 1 è che superata una certa soglia sulla lunghezza della linea di base questa ha un'influenza molto relativa sui risultati. Infatti posizionando la stazione *rover* in un punto al Centro di Geodesia Spaziale ed utilizzando come stazione base la stazione GPS di Torino (la *baseline* è di c/a 900 Km,) o la stazione base di Roma (*baseline* c/a 400 Km) si ottengono risultati comparabili tra loro. Quando la lunghezza della *baseline* diventa molto più piccola il miglioramento ottenuto nelle stime è chiaramente da attribuire al fatto che in questo caso gli osservabili GPS utilizzati nella stima delle coordinate sono le fasi e non più i codici.

Alcuni esempi dei risultati ottenibili sono riportati nelle figure 1 e 2; in figura 1 è riportata la serie storica dei residui in Latitudine, Longitudine e Quota ottenuti tenendo come stazione di riferimento (stazione base) la stazione GPS permanente di Torino, mentre in figura 2 la stazione di base utilizzata è la stazione GPS permanente di Matera .

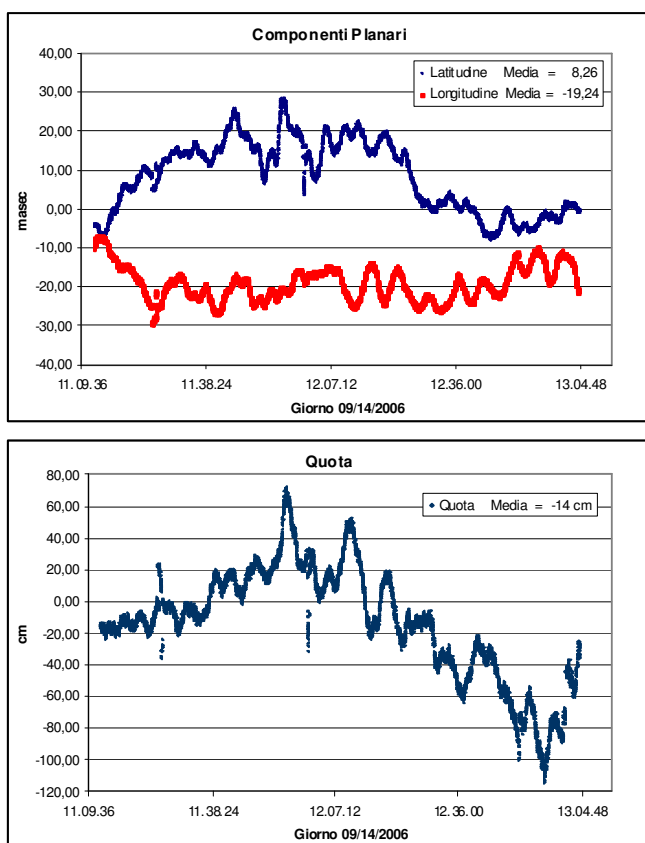


Figura 1 La stazione base utilizzata per il calcolo delle coordinate è la stazione GPS di Torino, quindi la *baseline* è di c/a 900 Km.

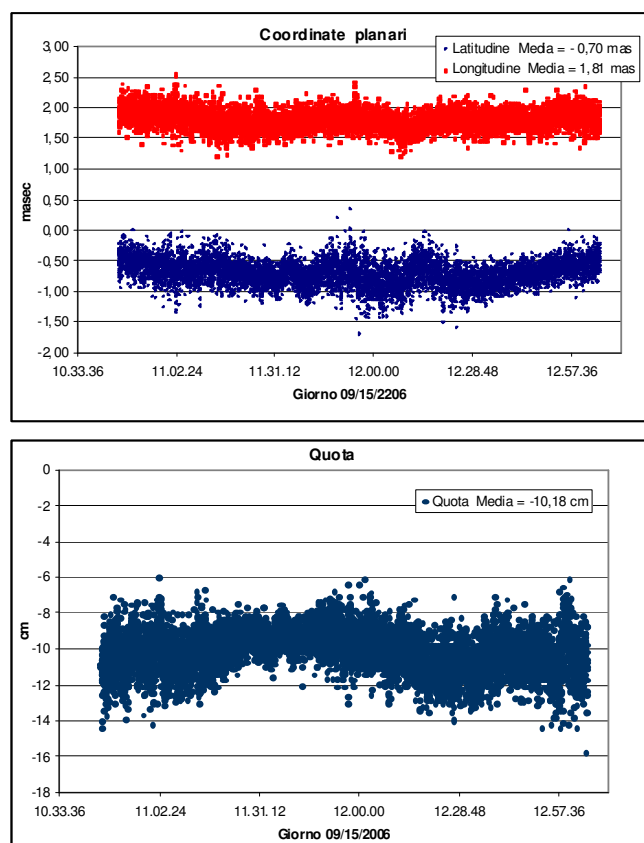


Figura 2 Sia la stazione GPS base che quella rover si trovano presso il CGS di Matera, quindi la *baseline* è di poche decine di metri

Comunque, anche nel caso dell'utilizzo degli osservabili ottimali, le fasi, si osserva che la lunghezza della *baseline* ha un'influenza relativa dato che le stime ottenute con *baseline* fino a 40 Km sono paragonabili con quelle calcolate su *baseline* di lunghezza di poche decine di metri.

Una discreta influenza sulle stime è data dalla costellazione satellitare visibile dai punti di misura all'epoca di acquisizione: si osserva che misure effettuate sulla stessa stazione in epoche diverse forniscono risultati relativamente differenti tra loro.

Conclusioni

Dai risultati ottenuti si è verificato che il metodo di misura adottato permette di calcolare le coordinate di un punto con un'approssimazione pari a circa 1 m (con un errore associato di circa 80 cm) utilizzando come stazioni di riferimento stazioni GPS posizionate a diverse centinaia di chilometri rispetto al punto da misurare. I risultati migliorano nettamente se la distanza tra stazione di base e punto da misurare è nettamente inferiore, meno di 40 Km. In questo caso le differenze medie calcolata sui residui rispetto ad una rilevazione delle coordinate effettuata con il metodo statico, è inferiore a 20 cm (in 3-D) con una STD associata inferiore ai 10 cm. Dall'analisi di linee di base più corte, comprese tra i 10 Km ed alcune decine di metri i valori che si ottengono dimostrano che si possono raggiungere accuratezze nelle misure mediamente intorno ai 10 cm (in 3-D) con errori inferiori ai 10 cm.

La costellazione orbitale ha una influenza diretta sull'accuratezza delle misure e può causare indeterminazioni di stima che impattano principalmente nella risoluzione della quota dei singoli punti con errori ordini compresi tra qualche decina di centimetri a qualche centimetro.

Considerando alcuni dei risultati ottenuti si potrebbe pensare che coordinate stimate con un'approssimazione di 1 m siano poco utilizzabili, ma esistono una serie di applicazioni per cui anche approssimazioni nel posizionamento nell'ordine del metro sono accettabili. Per esempio nella determinazione della posizione di tralicci, radiofari, antenne per telecomunicazioni o la localizzazione di strutture accessorie lungo le infrastrutture viarie (ponti, accessi stradali, segnaletica) è possibile adottare questo tipo di misure, considerando che spesso lo scopo del rilievo è inserire questi oggetti in carte topografiche e che la precisione cartografica nella maggior parte dei casi è compresa tra qualche decimetro e qualche metro. Inoltre considerando unicamente le componenti planari delle misure l'indeterminazione si riduce a circa 40–50 cm con un STD mediamente inferiore ai 30 cm. In questo caso le tolleranze diventano accettabili anche per applicazioni largamente diffuse quali quelle catastali. In ultima analisi bisogna considerare che la stazione più vicina utilizzata in questa parte della sperimentazione è Roma, una stazione che si trova ad una distanza di circa 400 Km rispetto alla stazione *rover*. Se le condizioni di lavoro permettono di avere una distanza tra stazione *rover* e stazione base di poche decine di chilometri, l'errore sulla stima delle coordinate si riduce sensibilmente, diventa dell'ordine della decina di centimetri o anche meno e quindi il campo di applicazioni possibili diventa molto più ampio, contemplando quasi tutte le possibili applicazioni del rilievo GPS.

Bibliografia

AA.VV, Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip)
http://igs.ifag.de/index_ntrip.htm

Chen R, Li X., Georg Weber G, (2004) Test Results of an Internet RTK System Based on the NTRIP Protocol (http://igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/documentation/Chen_GNSS2004.pdf)

Lenz E., Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Surveying Systems (http://www.fig.net/pub/athens/papers/ts03/ts03_2_lenz.pdf)

Pala A., Sanna G., Vacca G., (2004), REAL TIME MAPPING WITH DGPS-ENABLED NAVIGATION EQUIPMENT (<http://www.isprs.org/istanbul2004/comm2/papers/97.pdf>)

Peterzon M. (2004) Distribution of GPS-data via Internet
(http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/geodesi_gps_och_detaljmatning/Rapporter-Publikationer/LMV-rapporter/Lmv_Rapport_2004-01_exjobb_Peterzon.pdf)