

Calcolo ed inquadramento della rete NRTK SO.G.E.R in Emilia-Romagna

Maurizio Barbarella (*), Stefano Gandolfi (*), Luciano Ricucci (*)

(*) DISTART – Topografia – Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna –
Viale Risorgimento, 2 - 40136 Bologna, tel. 051-2093106, fax. 051-2093114,
e-mail: (maurizio.barbarella@unibo.it, stefano.gandolfi@unibo.it, luciano.ricucci@unibo.it)

Riassunto

Nella nota vengono descritte le operazioni di calcolo della posizione di una Rete regionale di Stazioni Permanenti per il rilievo in tempo reale realizzata in Emilia Romagna da una associazione professionale, la Soger. Il calcolo è stato eseguito con due diversi software scientifici, uno (Gamit) che segue l'approccio differenziato e l'altro (Gipsy) uno "indifferenziato": sono messe a confronto le soluzioni ottenute dopo aver standardizzato l'archivio dati, i parametri e i file ancillari necessari.

Abstract

The data processing procedure of a GNSS network realized in the Emilia Romagna Region for real time precise positioning by SOGER (a professional association), has been shown. Two scientific software are used in computation, Gamit and Gipsy based on different approaches (differenced undifferenced). The two solutions have been obtained applying same models and ancillary parameters. In order to realize the computations and the relative comparison, some procedures have been realized by the authors.. In the paper the first results have been shown.

Introduzione

Negli ultimi anni c'è stato in Italia un grande interesse verso il posizionamento in tempo reale per le sue potenzialità per la determinazione della posizione precisa di punti ad alto livello di efficienza. L'obiettivo è di arrivare all'acquisizione della posizione dell'antenna, nel sistema di riferimento desiderato, in modo quasi contestuale al rilievo, sviluppando tecnologie semplici e funzionali.

Se tale operazione è ormai non lontana da essere reale, si deve pensare che, gran parte degli aspetti che garantiscono tali prestazioni all'utente che esegue il rilievo, si devono attribuire alla presenza sul territorio di infrastrutture complesse capaci di gestire interpretare e redistribuire correzioni differenziali di una rete di stazioni permanenti in modo corretto.

Le potenzialità di tali infrastrutture, che possono essere denominate o NRTK (*Network for Real Time Kinematic*) o CORS (*Continuously Operating Reference Stations*), è stato percepito sia da alcune amministrazioni pubbliche che da soggetti privati, Ditte e Associazioni di professionisti, i quali hanno scelto di realizzare servizi in tempo reale per l'utenza del settore. In Emilia Romagna una rete NRTK è stata realizzata dalla SO.G.E.R (Società dei Geometri dell'Emilia Romagna). La Rete copre il territorio regionale tramite 15 stazioni dotate di ricevitori a doppio sistema, GPS e GLONASS, con antenne riceventi materializzate in modo stabile su tetti di edifici. La strumentazione in dotazione è notevolmente omogenea in quanto la realizzazione fisica della rete è stata assegnata ad una unica Ditta (Geotop), che provvede attualmente anche alla gestione. La Rete SOGER è divenuta pienamente operativa all'inizio del 2009 dopo un opportuno periodo di consolidamento e messa a punto della struttura. La proprietà della rete ha gentilmente messo a disposizione degli autori uno spezzone di registrazione a 30 secondi a scopo di studio.

L'attività svolta ha riguardato il calcolo di precisione delle coordinate dei vertici della Rete e quindi della stabilità e qualità delle posizioni assunte dalle antenne durante il periodo analizzato.

Il protocollo utilizzato dagli autori per questo tipo di elaborazioni (Barbarella et al. 2009, 2008) prevede tra l'altro l'impiego di più di un software scientifico per eseguire i calcoli, in quanto i diversi ambienti software e i diversi approcci nell'uso di file accessori indispensabili al calcolo, permette di evidenziare potenziali errori sistematici e inoltre, la molteplice determinazione delle coordinate, permette un affinamento del risultato in termini di precisione e affidabilità.

1. Campione di dati analizzato

Sono stati messi a disposizione dai gestori della Rete SO.G.E.R. le registrazioni a 30 secondi delle stazioni di riferimento in attività nel periodo compreso tra i giorni 40/2007 e 83/2009; per la maggior parte di questo periodo è stata completata l'istallazione, la messa a punto e l'effettuazione di test interni. Solo dal gennaio 2009 la Rete è entrata ufficialmente in attività e ha fornito il servizio di posizionamento agli utenti abbonati.

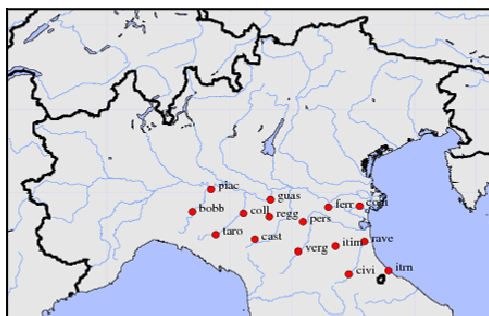


Figura 1 – Distribuzione delle stazioni SOGER

Con le premesse di cui sopra, non tutte le stazioni sono state presenti e funzionanti per l'intero periodo considerato (775 giorni); ad esempio BOBB e CIVI hanno iniziato a funzionare verso la fine del periodo, altre hanno subito interruzioni per la messa a punto; in fig. 2 sono riportati i giorni di funzionamento delle varie stazioni a sinistra in termini assoluti e a destra in percentuale rispetto agli effettivi giorni di servizio della stazione:

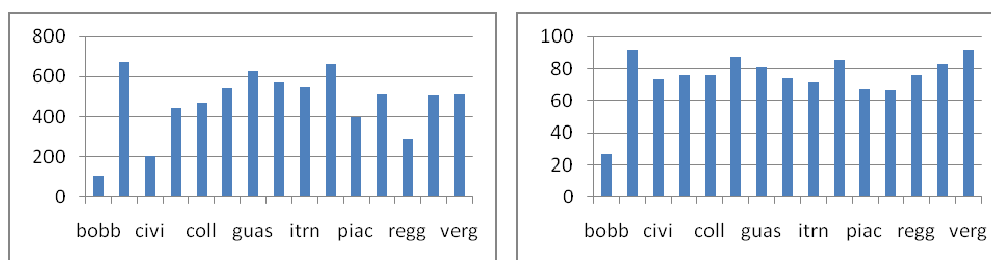


Figura 2 – File giornalieri considerati, in termini assoluti e in relazione alla durata di esercizio

Per ogni giorno solare di funzionamento i dati vengono raccolti in unico file; il campione completo analizzato è costituito inizialmente da 16599 file giornalieri. Come noto i dati debbono essere omogeneizzati a livello di *header* del file RINEX (codice, tipo ricevitori e antenne, offset rispetto al riscontro, ...) per il successivo processamento automatico; in questa prima fase sono stati eliminati i file contenenti un numero ritenuto troppo modesto di osservazioni ricevute. Si è deciso di eliminare

sostanzialmente i file con meno di 6 ore di ricezione. I file eliminati per la loro breve durata sono risultati 90, ovvero lo 0.5 % circa. Si è preferito elaborare file anche di modeste dimensioni in quanto, da un lato i software applicati prevedono la non elaborazione di spezzoni di dati secondo criteri interni, dall'altro viene effettuato successivamente un ulteriore e più severo filtraggio una volta ottenuto il risultato di quel giorno in termini di coordinate.

Come detto in precedenza la rete presenta una grande omogeneità di ricevitori (Topcon Odissey) e di antenne (Topcon CR-3). A questo proposito è da segnalare che l'antenna è codificata secondo gli archivi IGS come TPSCR3_GGD e per essa sono disponibili i certificati di calibrazione relativa e assoluta; inoltre sono stati forniti per quasi tutte le antenne anche i certificati di calibrazione assoluta effettuati tarando ogni singolo esemplare, cioè i certificati individualizzati.

Nella soluzione finale sono stati considerati questi certificati "individuali".

2. Codici di calcolo utilizzati

L'esperienza compiuta nel calcolo di reti tramite diversi software scientifici ha permesso di concludere che le principali differenze che possono nascere derivano dai diversi approcci impiegati nell'impostare le equazioni alle osservazioni. Un approccio consiste nel calcolare preventivamente le differenze delle osservazioni di fase in modo da differenziare (e quindi ridurre o eliminare) gli effetti sistematici sulle misure di fase e di procedere al calcolo con complesse strategie basate comunque sull'osservabile doppia differenza. Software che hanno adottato almeno inizialmente questo approccio sono il Bernese (Dach et al., 2007) e il Gamit (Herring et al., 2006); si noti che poiché le osservazioni sono ricondotte sostanzialmente a misure relative a basi dipendenti, la soluzione che si ottiene è di rete e viene valutata la correlazione tra le coordinate di tutti i punti.

Un approccio del tutto diverso, detto "indifferenziato", consiste nell'assumere come osservazioni da compensare direttamente le fasi misurate da un ricevitore e procedere alla correzione degli effetti sistematici tramite modellazione degli effetti stessi; la soluzione procede separatamente per ciascun punto, vengono meno le correlazioni tra punti diversi e il calcolo risulta notevolmente più breve. Tale approccio è utilizzato da sempre dal software Gipsy (Zumberge et al., 1997) e comincia ad essere implementato anche in altri ambienti software. Nelle elaborazioni effettuate si è utilizzato il software Gamit/Globk Version 10.34 come rappresentativo della classe di codici che utilizzano l'approccio "differenziato", e il Gipsy-Oasis II Version 5.1 per l'approccio indifferenziato.

3. Elaborazione dei dati

Una ulteriore fonte di possibili differenziazioni introdotte nell'elaborazione degli stessi dati con due ambienti software consiste in possibili diversità nei dati ancillari che è necessario impiegare nelle elaborazioni. Occorre osservare che ciascuno degli ambienti software scientifici disponibili ha una specifica comunità che lo impiega sistematicamente e fino ad ora esclusivamente, formatasi per tipologia di applicazione (geofisica o geodetica o orbita grafica o tecnologica), per prossimità alla struttura che realizza e aggiorna il codice, e vengono messe a punto e diffuse procedure specifiche per quanto attiene l'utilizzo e l'acquisizioni delle informazioni di corredo indispensabili all'elaborazione. Infatti per l'elaborazione è necessario acquisire parecchi dati ancillari, quali le orbite precise, i parametri di orientamento della terra, le maree terrestri, il moto del Polo. Inoltre è necessario definire una serie di parametri utili a correggere effetti sistematici che hanno perturbato i dati acquisiti, quali ad esempio modelli per l'effetto ionosferico e troposferico.

Per effettuare i calcoli con software diversi si è avuto cura di uniformare per quanto possibile i parametri e i modelli adottati per i due software: le ultime versioni dei due codici impiegati hanno consentito di raggiungere un ottimo livello di omogeneità dei parametri utilizzati, per quanto ha senso tenuto conto dei due diversi approcci. I dati ancillari e i parametri fisici adottati non costituiscono dunque fonte di diversificazione tra le soluzioni ottenute con i due diversi software.

Nel caso del Gamit (approccio differenziato), la successione di differenze tra stazioni usata per costruire il grafo della rete da calcolare, segue il criterio di minima lunghezza e la soluzione

calcolata prima dell'inquadramento è la *loosely constrained*. Le soluzioni sono state prodotte in formato standard SINEX, contenente sia le stime delle coordinate che della matrice di varianza.

Il Gipsy elabora direttamente le fasi osservate e modella tutti gli effetti sistematici; sono state utilizzate le stesse orbite finali IGS formato sp3. Poiché ciascuna stazione viene elaborata indipendentemente dalle altre, non si ottiene una soluzione di rete, ovvero non sono date le correlazioni tra le coordinate delle stazioni: la matrice di varianza risulta ovviamente diagonale a blocchi. Anche per questo motivo i tempi di elaborazione col Gipsy sono molto più contenuti rispetto a quelli del Gamit, che già di per sé ha buone performance nell'ambito dei codici che utilizzano l'approccio differenziato

3.1 Inquadramento in ITRF05

Le 15 stazioni della Rete SOGER sono state inquadrate utilizzando tutte le Stazioni di Riferimento appartenenti alla Rete IGS o EUREF presenti in Italia e alcune altre sempre IGS prossime ai confini nelle varie direzioni, fig. 3, per un totale di 13 stazioni. Di esse sono disponibili posizioni, velocità e



Figura 3 – Distribuzione delle stazioni Soger e IGS/EUREF usate per l'inquadramento in ITRF05

relative precisioni nel sistema ITRF05 per tutto il periodo analizzato, a meno di problemi temporanei (Dow et al. 2005). Il numero, la qualità e la collocazione di queste stazioni garantisce un ottimo inquadramento della rete nel contesto internazionale del frame ITRF05. Si noti che le stesse stazioni sono state utilizzate anche per l'inquadramento della Rete Dinamica Nazionale.

Per quanto attiene l'impiego del frame d'inquadramento, le modalità sono formalmente differenti a seconda che venga utilizzato l'approccio differenziato (Gamit) o non differenziato. Nel primo caso viene calcolata in blocco la rete dei 15+13 vertici (stazioni di raffittimento SOGER e vertici d'inquadramento) e dopo aver eseguito la compensazione "intrinseca" a vincoli deboli la soluzione viene adattata tramite trasformazione conforme a sette parametri sulle posizioni note dei vertici d'inquadramento, tenendo conto della velocità di spostamento ufficiale. Queste operazioni, compensazione in blocco e adattamento, vengono eseguite sui file giornalieri, ottenendo una soluzione inquadrata per ciascun punto in ciascun giorno. Ovviamente può avvenire che in qualche giorno vengano a mancare delle stazioni per problemi temporanei relativi all'acquisizione del dato. La procedura adottata dal Gipsy è leggermente differente. Sulla base del file giornaliero delle ricezioni di una stazione, e delle orbite precise IGS ne viene calcolata la posizione.

Questo calcolo viene effettuato anche per ciascuna stazione d'inquadramento. Le posizioni così determinate sulla base delle misure giornaliere vengono adattate, sempre tramite trasformazione a sette parametri, su quelle note, ottenendo una stima dei parametri di trasformazione per quel giorno. I parametri di trasformazione sono contenuti in un file che si chiama x-files.

3.2 Andamento delle soluzioni e differenze tra i codici di calcolo

Non in tutti i giorni considerati sono presenti tutti i vertici della rete SOGER né quelli IGS/EUREF, sia per assenza del dato che per rigetto della soluzione. Per tutte le stazioni è però possibile ricostruire l'andamento della posizione nel tempo tramite soluzioni giornaliere, si veda figura 4. Il complesso degli errori di osservazione sposta la stima della posizione dei punti da un giorno all'altro, a prescindere da movimenti crostali. Per brevità si riporta l'andamento delle soluzioni per le coordinate di una stazione Soger come rappresentativo del comportamento generale; in un unico grafico vengono riportate sia le soluzioni Gamit che Gipsy per agevolare il confronto.

Nel grafico è presente una linea continua che indica la retta che meglio approssima i dati per ciascun software. I colori stanno ad indicare le soluzioni Gipsy (x in rosso) e Gamit (+ in verde)

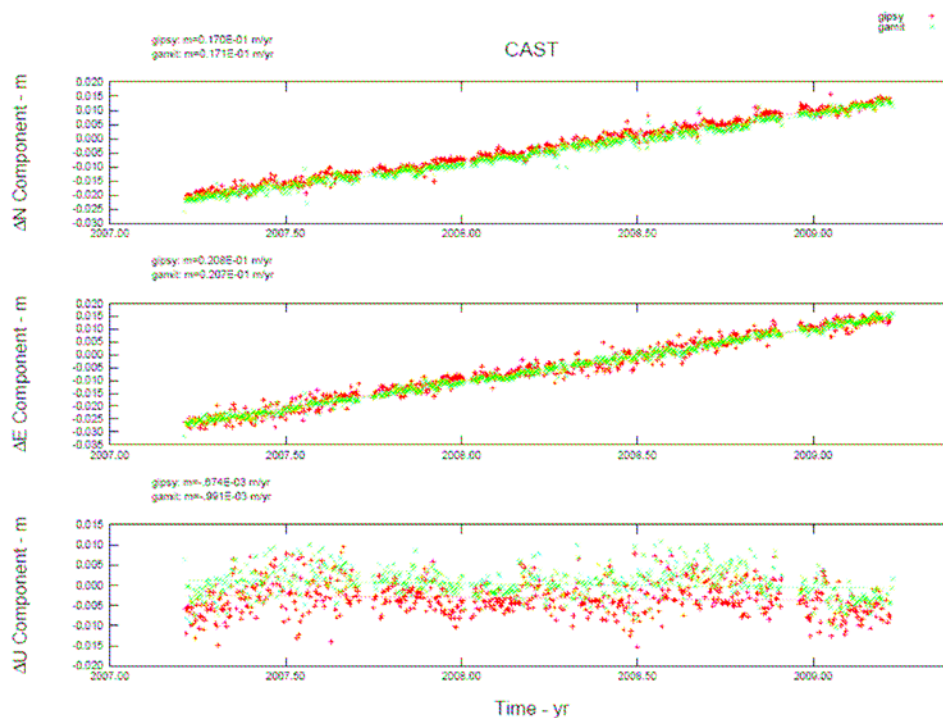


Figura 4 – Andamento delle soluzioni giornaliere con due codici di calcolo, per una stazione indicativa del comportamento dei punti SOGER

Le coordinate riportate sono le nord, est e “up” relative al piano tangente locale del punto per separare la planimetria dall’altimetria. Nel grafico relativo all’altimetria, si può osservare che:

- La dispersione totale delle soluzioni giornaliere nei due anni analizzati è dell’ordine di 2 cm (Gamit) 2,5 cm (Gipsy)
- Un modesto sistematismo tra le due soluzioni, non però sufficiente a separare le due nubi di punti in parte o fortemente sovrapposte
- Le rette interpolanti i dati sono entrambe pressoché parallele all’asse dei tempi, con leggera pendenza denotante un abbassamento dell’ordine di 0.7-1.0 mm l’anno

- Le rette relative ai dati calcolati con i due software sono pressoché parallele tra loro e traslate di circa 5 mm.

Comportamenti dello stesso tipo si ritrovano anche nelle altre stazioni, più o meno marcati.

Per quanto attiene le componenti planimetriche è presente una sensibile variazione ben approssimata nel breve periodo (due anni) con un andamento lineare; le differenze tra le soluzioni sono poco apprezzabili alla scala del grafico, ma si nota la coincidenza delle nubi per una coordinata e un effetto sistematico per l'altra; inoltre la soluzione Gipsy è più dispersa (come del resto ci si aspetta a causa dell'approccio indifferenziato). L'andamento è comunque praticamente identico, 17.0 contro 17.1 mm/anno e 20.7 contro 20.8 mm/anno per le due coordinate. Per le altre stazioni il comportamento è dello stesso tipo.

Lo spostamento riscontrato è coerente con il movimento crostale della placca europea e viene ben evidenziato se si riferiscono le coordinate al sistema ITRS.

4. Conclusioni e futuri sviluppi

Una volta definiti univocamente i modelli e i file ancillari necessari, i due software utilizzati consentono di ottenere risultati pressoché equivalenti nonostante impieghino approcci di calcolo ben diversi. Tale diversità, quando presente, comporta un bias pressoché indipendente dal tempo: le rette che rappresentano l'andamento delle posizioni nei due anni di rilievo, quando sono shiftate l'una rispetto all'altra, risultano pressoché parallele.

La qualità della rete risulta buona, sia in termini di capacità di acquisizione (si ricordi che quasi tutto l'intervallo corrisponde ad un periodo di messa a punto prima dell'entrata in servizio ufficiale), sia in termini di dispersione delle coordinate attorno al trend.

Sono in corso ulteriori elaborazioni in due direzioni: utilizzo di stazioni della rete RDN per l'inquadramento e trasformazione in ETRF00 delle coordinate secondo la ben nota procedura..

Ringraziamenti

Si ringrazia la SOGER per aver consentito l'uso a fini scientifici dei dati della propria rete e la ditta Geotop per la collaborazione offerta.

Bibliografia

- Dong, D., Herring, T.A., King, R.W., 1998. *Estimating regional deformation from a combination of space and terrestrial geodetic data*, J. Geod., 72, 200–214.
- Dow J.M., Neilan R.E., Gendt G., *The International GPS Service (IGS): Celebrating the 10th Anniversary and Looking to the Next Decade*, Adv. Space Res. 36 vol. 36, no. 3, pp. 320-326, 2005. doi:10.1016/j.asr.2005.05.125
- Herring T.A., King R.W., McClusky S.C., 2006. *Gamit Reference Manual, GPS Analysis at MIT, Release 10.2*, 28th September 2006.
- Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., Webb F.H., 1997. *Precise point positioning for efficient and robust analysis of GPS data from large networks*. Journal of Geophysical Research, 102, 5005–5017
- Barbarella M., Cenni N., Gandolfi S., Ricucci L., Zanutta A., 2008. *Confronto di codici di calcolo per l'inquadramento di reti di stazioni permanenti per il posizionamento in tempo reale*. Atti 12a Conferenza Naz. ASITA (ISBN 978-88-903132-1-9); L'Aquila 21-24 ottobre 2008; pp. 281-286.
- Barbarella M., Cenni N., Gandolfi S., Ricucci L., Zanutta A., 2009. *Technical and scientific aspects derived by the processing of GNSS networks using different approaches and software*. ION GNSS 2009; Savannah - Georgia; 22-25 Settembre 2009.