

Monitoraggio di coordinate e di qualità, trasformazione a ETRF2000-RDN per reti permanenti di diversa estensione

Ludovico Biagi (*), Stefano Caldera (*), Augusto Mazzoni (**), Marco Roggero (***)

(*) DIAR - Politecnico di Milano, c/o Polo Regionale di Como,
via Valleggio, 11 – 22100 Como, tel. 031.3327528, fax 031.3327519, stefano@geomatica.como.polimi.it
(**) DITS – Area di Geodesia e Geomatica, Sapienza Università di Roma,
via Eudossiana 8 - 00184 Roma, augusto.mazzoni@uniroma1.it
(***) DINSE, Politecnico di Torino, Viale Mattioli 39 - 10129 Torino, marco.roggero@polito.it

Riassunto esteso

Al fine del loro controllo, le reti GNSS permanenti locali dovrebbero essere monitorate, ovvero inquadrare, nella rete IGS; poiché IGS materializza il sistema di riferimento ITRF2005 nella sua realizzazione IGS05, le coordinate distribuite dalle reti locali sono a loro volta in IGS05; tuttavia, per le applicazioni cartografiche, in Europa sono richieste coordinate in qualche realizzazione di ETRS89. Ciò può avvenire mediante un'operazione a due passi:

1. il servizio di posizionamento stima le proprie coordinate nel sistema di riferimento IGS05 ad una determinata epoca di riferimento;
2. il servizio di posizionamento stima e distribuisce la trasformazione da IGS05 al sistema di riferimento cartografico nazionale.

A livello internazionale la realizzazione corrente di ETRS89 è ETRF2000, pubblicata e monitorata dalla rete permanente europea; la realizzazione ufficiale italiana è ora basata sulla nuova rete di ordine zero nazionale, denominata Rete Dinamica Nazionale (ETRF2000-RDN, $t = 2008.0$), che si compone di 100 stazioni, selezionate fra le stazioni permanenti già esistenti e censite in Italia in base a criteri di omogenea distribuzione e buona qualità.

A prescindere dalle accuratezze richieste dagli utenti delle reti, di grande variabilità in dipendenza dal tipo di applicazione che verrà supportata, si rende comunque necessaria un'accurata stima delle coordinate delle stazioni permanenti della rete. Tale stima rappresenta il prodotto finale del classico inquadramento della rete, che viene effettuato in modo continuo attraverso un software scientifico (ad esempio il Bernese GPS Software), utilizzando nell'elaborazione i prodotti internazionali finali che garantiscono le massime accuratezze raggiungibili ma che sono disponibili con due settimane di latenza. Per monitorare la qualità dei servizi di posizionamento, tale latenza però non è sufficiente: il controllo dovrebbe essere perlomeno realizzato in quasi tempo reale, ad esempio attraverso un'elaborazione preliminare dei dati appena dopo la mezzanotte, finalizzata non alla stima delle coordinate ma a verificare almeno la stabilità dei siti e la qualità dei dati acquisiti.

Nel lavoro vengono presentate le esperienze riguardo al monitoraggio delle coordinate, della qualità e al calcolo della trasformazione al sistema di riferimento nazionale riguardanti due reti di diversa estensione: il Servizio di Posizionamento di Regione Lombardia (GPSLombardia) e la Rete Italpos di Leica Geosystems Italia.

Il monitoraggio delle coordinate di GPSLombardia è operativo ormai da quattro anni; per l'elaborazione dei dati sono sostanzialmente adottate le linee guida di EPN relative alle reti locali. Le serie temporali vengono utilizzate per aggiornare annualmente le coordinate erogate dal servizio: in particolare per l'ultimo aggiornamento annuale si è scelta l'epoca di riferimento 2009.0, ottenendo le relative coordinate mediante interpolazione lineare sulle serie temporali dall'introduzione di IGS05 (inizio della settimana GPS 1400, ovvero il 5 novembre 2006) alla settimana GPS 1518, ovvero il 14 febbraio 2009.

ItalPos si compone già di circa 160 stazioni permanenti, quasi omogeneamente distribuite sul territorio nazionale, ed è in fase di ulteriore ampliamento. Al momento attuale è disponibile quasi un anno di dati, elaborato con le stesse procedure adottate nel calcolo di GPSLombardia. Il primo calcolo delle coordinate è stato realizzato a partire da tre mesi di dati, in particolare le settimane GPS dalla 1495 (31 Agosto 2008) alla 1507 (29 Novembre 2008).

Per quanto riguarda la stima della trasformazione da IGS a ETRF2000-RDN, i due casi di studio, oltre a rappresentare reti con coperture spaziali molto diverse, sono stati affrontati in modo metodologicamente differente, per una differente disponibilità di informazioni, e quindi forniscono un utile confronto. Molte stazioni ItalPos sono anche in RDN: però, quando abbiamo dovuto stimare la trasformazione di ItalPos da IGS05 a ETRF2000-RDN, IGM non aveva pubblicato il catalogo finale per RDN e non ci fidavamo di utilizzare le nostre stime senza un imprimatur ufficiale: non si sono quindi usate le stazioni comuni come punti doppi per la stima ma si è ricorso al seguente procedimento. Si sono considerate le 13 stazioni EPN incluse nell'inquadramento di ItalPos. Le loro coordinate IGS05 stimate all'epoca $t = 2008.8$ nell'inquadramento di ItalPos sono state trasformate a ETRF2000 mediante la trasformazione ufficiale di Boucher Altamimi; si sono quindi utilizzate le stime ufficiali EUREF delle loro velocità per trasportare nel tempo le coordinate ETRF2000 così ottenute a $t = 2008.0$; le stazioni sono quindi state utilizzate come punti doppi per la stima della relativa trasformazione di similarità fra l'inquadramento IGS05 a $t = 2008.8$ e le coordinate ETRF2000 a $t = 2008.0$. Per la stima della trasformazione per GPSLombardia è stato utilizzato un metodo differente: la compensazione di rete include le 16 stazioni della rete e le 8 stazioni IGS di inquadramento, per un totale di 24 stazioni: 4 stazioni lombarde e tutte le IGS, per un totale di 12, sono stazioni comuni a RDN, per le quali si ha una stima in ETRF2000 all'epoca 2008.0. All'epoca in cui abbiamo effettuato il lavoro su GPSLombardia, IGM aveva già stato rilasciato il catalogo RDN: la trasformazione di similarità $\mathbf{x}_{IGS05}(2009.0) \Rightarrow \mathbf{x}_{ETRF2000}(2008.0)$ è stata semplicemente stimata utilizzando le stazioni comuni come punti doppi.

Dal mese di giugno 2009 sono state attivate delle procedure automatiche per il controllo di qualità giornaliero delle osservazioni e dei prodotti della rete ItalPos. Il controllo si basa sull'analisi e l'elaborazione dei file RINEX ricostruiti il giorno precedente a partire dai flussi di dati RTCM inviati dalle singole stazioni. Il sistema esegue una compensazione di rete con procedura BPE (Bernese Processing Engine), utilizzando le effemeridi ultrarapide prodotte dall'IGS con latenza di 6 ore. Esegue poi tre diversi controlli:

- controllo della completezza dei dati: poiché i RINEX sono costruiti a partire dai flussi RTCM, i dati in essi contenuti equivalgono ai dati arrivati al server SpiderNet ed utilizzati in tempo reale per l'erogazione di servizi. Sono segnalate le stazioni con dati assenti nell'ultimo giorno o con percentuale di dati media settimanale inferiore ad un valore di soglia;
- controllo delle coordinate delle stazioni: le coordinate compensate giornalmente sono confrontate con le coordinate ufficiali per verificarne la stabilità. Sono segnalate le stazioni che presentano variazioni di coordinate superiori ad un valore di soglia cautelativo;
- controllo dei parametri di qualità dell'elaborazione: tali parametri, estratti dall'output del Bernese, sono impiegati per calcolare un indice di qualità sintetico, utile per individuare in modo rapido le stazioni con problemi che vengono poi temporaneamente escluse dalla rete ItalPos.

Tutte le procedure automatiche sono gestite dal software NetDownload 4.10 (liberamente disponibile su <http://antartica60.spaces.live.com> nella sezione software). Lo scaricamento dei dati e delle effemeridi ha inizio alle ore 6 antimeridiane e il report giornaliero viene inviato con mail automatica ai tecnici responsabili del servizio verso le ore 8.

Le analisi collegate al presente contributo sono state pubblicate in forma estesa in più articoli: un lavoro preliminare sul monitoraggio delle coordinate è negli Atti di ION2007; la discussione sulla trasformazione a ETRF2000-RDN è in fase di pubblicazione sul Bollettino SIFET; un nuovo lavoro sul monitoraggio delle coordinate e sul controllo in quasi tempo reale verrà sottoposto ad Applied Geomatics.