

## **CONTROLLO DI QUALITA' E MONITORAGGIO DI COORDINATE PER UN SERVIZIO DI POSIZIONAMENTO: PROPOSTE E ESPERIENZE IN REGIONE LOMBARDIA**

Ludovico BIAGI (\*), Stefano CALDERA (\*), Marco SCURATTI (\*\*), M. Grazia VISCONTI (\*)

(\*) 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

(\*\*) GPSLombardia, via Copernico 47 - 20125 Milano, www.gpslombardia.it,  
info@gpslombardia.it, tel. +39-0266703986

### **Riassunto esteso**

Una rete di Stazioni Permanenti GNSS (SP) può essere realizzata per vari scopi; l'applicazione storica consiste nel monitoraggio geodetico a differenti scale spaziali, dalla globale alla regionale fino alla locale. Oltretutto, da circa una decina di anni, i servizi di posizionamento basati sulle SP stanno rapidamente crescendo. A livello scientifico un servizio regionale di posizionamento, tipicamente realizzato a scala regionale o locale, materializza il sistema di riferimento globale (SR) e lo distribuisce alla propria utenza; ciò, da un punto di vista puramente tecnico, avviene attraverso la distribuzione delle coordinate stimate e dei dati grezzi delle SP, oltre ad altri prodotti che vengono stimati dalla rete (ad esempio le stazioni permanenti virtuali, VRS *Virtual Reference Stations*); sia i dati grezzi che i prodotti di rete possono essere forniti sia per posizionamento in post processamento che per quello in tempo reale.

In questi ultimi anni, in Italia si stanno sviluppando reti di SP finalizzate a servizi di posizionamento GNSS. Per ragioni amministrative e logistiche, le reti di SP vengono progettate, create e gestite a scala locale che, generalmente, coincide con le regioni amministrative italiane; allo stato attuale meno di 10 regioni su 20 sono già completamente operative e distribuiscono dati in tempo reale. Nel corso degli ultimi 3 anni gli autori del presente lavoro sono stati attivamente coinvolti nella progettazione, nell'implementazione e nell'avvio del primo servizio regionale di posizionamento realizzato in Regione Lombardia. Il progetto si è sviluppato grazie ad una convenzione quadro tra la Regione Lombardia, l'IREALP (Istituto di Ricerca per l'Ecologia e l'Economia applicate alle Aree Alpine) e il Politecnico di Milano; la rete è completamente operativa dal 1 Gennaio 2006; le 16 SP che compongono la rete sono tutte equipaggiate con antenne e ricevitori di marca Topcon; la gestione delle SP, il calcolo dei prodotti per il tempo reale e la loro distribuzione avvengono utilizzando il *software* Geo++, installato presso il Centro di Elaborazione Dati e Controllo (CEDeC) nella sede di IREALP.

Il presente lavoro descrive le esperienze e le analisi dei risultati ottenuti durante il primo anno di monitoraggio delle SP della rete, attività che viene svolta dagli autori del presente lavoro.

Due sono i processi necessari e strategici per un servizio di posizionamento GNSS: un attendibile controllo di qualità dei dati ed un accurato monitoraggio delle coordinate delle SP; ovviamente ciò deve sempre essere fatto per ogni SP, indipendentemente dalla finalità per cui viene realizzata, ma è soprattutto importante attuarlo sia per quelle che distribuiscono dati che per quelle dalle quali vengono calcolati i prodotti di rete da distribuire all'utenza. Ai fini del presente lavoro è importante fare una distinzione legata alla latenza dei controlli di qualità e al monitoraggio delle coordinate delle SP: ad un primo livello, un servizio di posizionamento che distribuisce dati e prodotti per il tempo reale necessita di un controllo di qualità in tempo reale dei dati delle SP, che deve essere

effettuato prima della distribuzione dei medesimi. Nel caso della rete di SP della Regione Lombardia questo controllo viene eseguito direttamente dal *software* Geo++: le relative modalità di attuazione non sono oggetto di discussione nel lavoro.

Ad un secondo livello dovrebbe essere eseguito un controllo di qualità in tempo quasi reale, al fine di validare definitivamente i dati necessari per il post processamento. Ciò può essere eseguito attuando una compensazione giornaliera delle SP, effettuata immediatamente dopo la mezzanotte; tale controllo di qualità può essere semplicemente basato sull'analisi dei classici indicatori statistici forniti dalla compensazione. Inoltre la compensazione di rete giornaliera fornisce anche le coordinate stimate giorno per giorno, e l'analisi di ripetibilità su queste è utile per la validazione finale. Si noti comunque che le stime in tempo quasi reale delle coordinate delle SP non devono essere considerate le stime finali che, invece, devono essere calcolate attraverso la compensazione della rete "locale", inquadrata rispetto ad alcune SP IGS disposte in modo perimetrale alla rete, adottando le linee guida per la compensazione dettate da IGS: vincolare le SP IGS alle loro coordinate stimate e utilizzare, per i parametri di orientamento terrestre e per le effemeridi dei satelliti, i prodotti finali IGS. La latenza della compensazione finale è la stessa dei prodotti finali IGS, ovvero due settimane; la prassi con cui effettuare la compensazione finale è quella di calcolare, per ogni settimana, le 7 soluzioni giornaliere e, a partire da queste, calcolare un'unica soluzione settimanale.

Sia nella compensazione in tempo quasi reale che in quella finale, la scelta e l'estrazione degli indicatori statistici più adatti dagli *output* prodotti dalla compensazione della rete è una procedura necessaria per automatizzare il processo di analisi.

Le compensazioni vengono eseguite presso il Politecnico di Milano utilizzando il *software* BERNESE 5.0, installato su un PC con sistema operativo *Windows XP*; per automatizzare l'intero processo è stato implementato un semplice set di procedure, denominato *REGNET*, scritto utilizzando i linguaggi di programmazione Matlab, per la parte di calcolo, e C, per la parte di gestione e manipolazione di file e cartelle: le operazioni che vengono compiute sono le seguenti:

- *download* dei dati grezzi e dei prodotti finali IGS;
- propagazione delle serie temporali delle coordinate delle SP IGS fino all'epoca di compensazione;
- un primo controllo sulla completezza dei dati;
- la chiamata al *software* BERNESE per effettuare le compensazioni;
- estrazione di *reports* e statistiche dagli *output* del *software*.

Come è ben noto, nell'effettuare la compensazione di rete, il *software* BERNESE adotta l'approccio delle doppie differenze; per ogni soluzione giornaliera e per ogni SP o base implicitamente definita dal grafo di rete, i principali parametri che vengono estratti sono:

- gli indicatori sulla qualità dei dati (ad esempio la presenza di buchi nei dati);
- il numero di *cycle slip*;
- il numero finale di ambiguità iniziali;
- gli *RMS* delle soluzioni *float*;
- la percentuale di ambiguità fissate e la qualità del fissaggio;
- gli *RMS* delle soluzioni finali.

Inoltre vengono anche estratte le coordinate stimate delle SP, sulle quali viene effettuata un'analisi di ripetibilità delle serie temporali. Dal 1 Gennaio 2006 sono disponibili i dati relativi al controllo di qualità e alla compensazione finale delle SP.

Il presente lavoro, in forma estesa, verrà pubblicato sugli atti del convegno ION GNSS 2007, 25-28 Settembre 2007, Fort Worth: in particolare esso descrive sinteticamente il set di procedure implementate per effettuare le due compensazioni di rete e le scelte adottate per attuare il controllo in quasi tempo reale; vengono inoltre descritti in modo più approfondito gli indicatori di qualità scelti e i risultati ottenuti dal primo anno di monitoraggio delle rete.