

Collaudo del Servizio di Posizionamento GNSS della Regione Liguria

Anna Cerrato (*), Gabriella Civano (*), Tiziano Cosso (***), Andrea De Felici (*),
Donatello Donatelli (**), Bianca Federici (***), Ilaria Gualtieri (**),
Renzo Maseroli (**), Domenico Sguerso (***)

(*) Settore Sistemi Informativi e Telematici Regionali, Regione Liguria, Via Fieschi 15, 16121, Genova
anna.cerrato@regione.liguria.it, gabriella.civano@regione.liguria.it, a.defelici@datasiel.net

(**) Servizio Geodetico, Istituto Geografico Militare, Viale Filippo Strozzi 10, 50129, Firenze
servizio.geodetico@igmi.191.it

(***) DICAT, Università degli Studi di Genova, Via Montallegro 1, 16145, Genova
tiziano.cosso@unige.it, bianca.federici@unige.it, domenico.sguerso@unige.it

Riassunto

Il presente lavoro si riferisce alle attività svolte per il collaudo del Servizio di posizionamento GNSS della Regione Liguria, attivo dal 21 gennaio 2010, da parte della commissione composta da personale del Servizio Geodetico dell'Istituto Geografico Militare, dal Laboratorio di Geodesia, Geomatica e GIS dell'Università degli Studi di Genova e dal Settore Sistemi Informativi e Telematici della Regione Liguria, alla presenza del personale della ditta Geotop che ha realizzato l'infrastruttura hardware e software della rete GNSS.

Verranno presentati i principi secondo i quali sono state progettate le campagne di misura necessarie alle diverse fasi di collaudo, le metodologie usate, i risultati conseguiti e l'analisi degli stessi. Le attenzioni si sono rivolte alle diverse componenti necessarie all'attivazione del Servizio regionale, sintetizzabili nell'impianto dell'infrastruttura e nella predisposizione del Centro di Calcolo ed Elaborazione Dati (CCED), oltre che ai servizi per il post-processamento in appoggio alle stazioni permanenti ed alle correzioni differenziali (DGPS, Nearest, FKP, VRS, MAC e CMR) utili per il posizionamento in tempo reale. L'inquadramento della rete di stazioni permanenti è stato effettuato nella Rete Dinamica Nazionale (RDN), portando così il posizionamento dell'utente nel nuovo Sistema di Riferimento nazionale ETRF2000(2008.0).

Abstract

This work refers to activities for testing the GNSS positioning Service of Liguria Region, active since January 21st, 2010. The testing committee was composed of personnel of the Geodetic Service of Geographical Military Institute, of the Laboratory of Geodesy, Geomatics and GIS of the University of Genoa, and of the Informative and Telematic Systems Sector of Liguria Region, at the presence of personnel of the GEOTOP company who built the hardware and software infrastructure of the GNSS network. We will introduce the principles according to which survey campaigns were designed, the used methodologies, the achieved results and their analysis. Attention was focused on the various components necessary to enable the Regional Service, summed up in the plant of the infrastructure and of the Computing and Data Processing Centre (CCED), as well as in the services for post-processing and in the differential corrections (DGPS, Nearest, FKP, VRS, MAC and CMR) for real time positioning. The framework of the network of permanent stations was made in the National Dynamics Network (RDN), bringing the user's position in the new National Reference System ETRF2000 (2008.0).

Introduzione

La rete di Stazioni Permanenti GNSS (Global Navigation Satellite Systems) della Regione Liguria è stata sottoposta a collaudo da una apposita commissione nominata dalla Regione, che vede coinvolto l'Istituto Geografico Militare (IGM), grazie ad un accordo quadro di collaborazione con la Regione Liguria nelle attività di produzione di dati geotopocartografici del 28/10/2008, l'Università degli Studi di Genova e la Regione stessa, alla presenza di personale della ditta aggiudicataria Geotop s.r.l.

La complessità di un Servizio di Posizionamento GNSS ha impegnato la commissione di collaudo in una attenta fase di verifica tanto dei servizi per il rilevamento in tempo reale che per il post-processamento, compresi nella procedura per l'affidamento del servizio consistente nella fornitura, installazione ed avviamento della rete di stazioni permanenti GNSS per l'intero territorio ligure.

La rete è attualmente composta da 6 stazioni permanenti (Fig. 1) e precisamente, procedendo da Ovest verso Est: Bajardo (IM), Loano (SV), Cairo Montenotte (SV), Genova, Chiavari (GE) e Beverino (SP). Come noto, per l'ottimale funzionamento del servizio di posizionamento offerto, è necessario che le coordinate delle stazioni siano ottenute con ottima precisione in un sistema di riferimento globale; vista la recente introduzione del nuovo Riferimento ufficiale nazionale ETRF2000-2008.0, è stato questo adottato inquadrando mediante software scientifico Bernese le stazioni permanenti nella Rete Dinamica Nazionale (RDN).

Fasi del collaudo

Le attività di collaudo previste si riferiscono alle diverse fasi necessarie all'attivazione del Servizio di Posizionamento GNSS, di seguito elencate:

- a) impianto infrastruttura: monumentazione ed installazione delle stazioni permanenti della rete;
- b) Centro di Calcolo ed Elaborazione Dati (CCED): installazioni hardware e software per il Servizio Real Time e di Post-Processing;
- c) campagna di misura per posizionamenti in tempo reale, denominati Network Real Time Kinematic (NRTK), nelle diverse modalità offerte quali: Differential Global Positioning System (DGPS), Nearest (per i soli punti con distanza inferiore agli 8 km dalla Stazione Permanente), Flächen Korrektur Parameter (FKP), Virtual Reference Station (VRS), Master Auxiliary Concept (MAC)/Individualised Master Auxiliary Corrections(I-MAX) (Volker Janssen, 2009);
- d) campagna di misura cinematico-continuo, con rilevamento della durata di 1 ora in modalità cinematica stazionando su cavalletto;
- e) campagne di misura per posizionamenti statici per il post-processamento (post-processing), con elaborazioni in appoggio alle osservazioni della stazione permanente più vicina.

La verifica dell'impianto dell'infrastruttura, sia distribuita presso le stazioni permanenti che presso il Centro di Calcolo ed Elaborazione Dati (fasi a e b), è avvenuta in corso d'opera, quest'ultima integrata durante le operazioni di servizio per le campagne di misura.

Per quanto riguarda le prove in campagna NRTK (fasi c, d, e), sono state eseguite due serie di campagne di misura, una prima effettuata nella settimana fra il 14 e il 18 dicembre 2009, ed una seconda svolta nei giorni fra il 15 e il 25 marzo 2010.

La prima serie di collaudo è stata eseguita su 31 punti della rete IGM95 o loro raffittimento regionale (Fig.1), distribuiti su tutto il territorio della Regione Liguria e disposti in modo da risultare a distanze variabili dalle stazioni permanenti, in particolare:

10 punti prossimi alle stazioni permanenti (distanze < di 6 km)

12 punti a media distanza dalle stazioni permanenti (distanze comprese fra 6 e 20 km)

9 punti a notevole distanza dalle stazioni permanenti (distanze > di 20 km)

Ulteriori 78 punti sono stati rilevati nella seconda campagna di misure, ad integrazione dei primi.

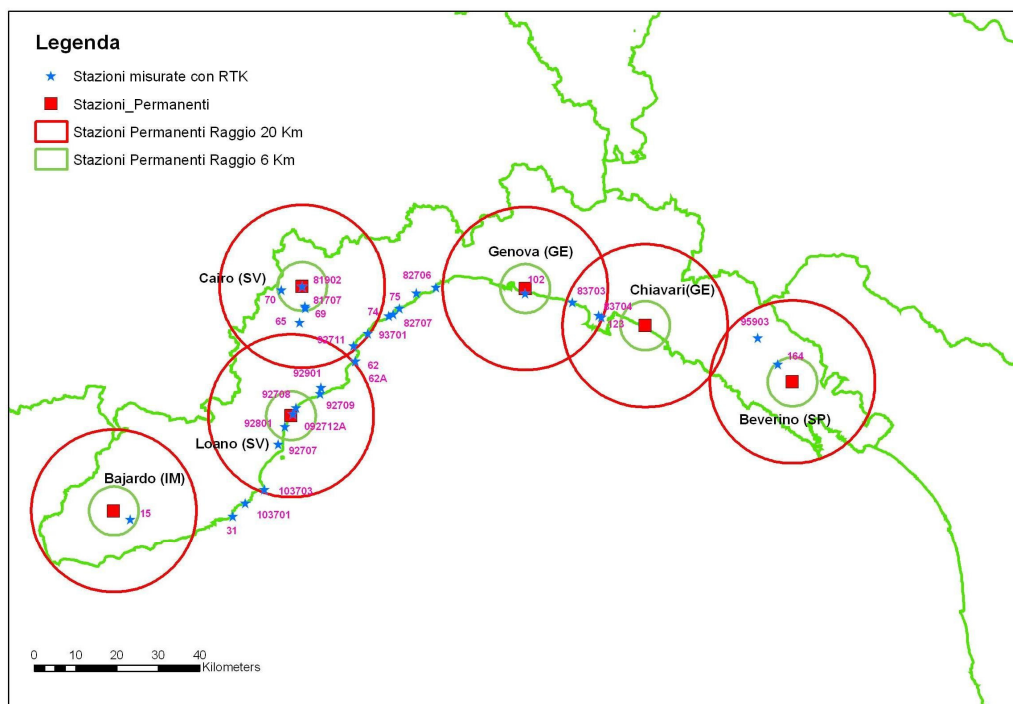


Fig. 1 – Distribuzione dei punti della prima serie di campagne di collaudo e stazioni permanenti del Servizio di Posizionamento GNSS della Regione Liguria.

Le misure sono state eseguite senza svolgere alcuna pianificazione satellitare (prive di planning), con intervallo di acquisizione pari ad 1 secondo; i posizionamenti NRTK sono stati registrati alla trentesima epoca di soluzione ad ambiguità di fase fissate (soluzione fixed).

Tutti i punti sono stati stazionati con apparato doppia frequenza Leica 1230 dotato di antenna AX1230 montata su palina con livella sferica con altezza fissata pari a 2 m, nella modalità I-MAX, mentre per 12 di loro i posizionamenti sono stati eseguiti stazionando con treppiede geodetico e piombino ottico, sfruttando le correzioni differenziali in tempo reale nelle diverse modalità elencate nella descrizione della fase c (DGPS, Nearest per i soli punti con distanza inferiore agli 8 km dalla stazione permanente, FKP, VRS, MAC), mediante strumentazione L1/L2 Topcon GR-3 con antenna integrata.

Confronti nei posizionamenti

La verifica del corretto funzionamento delle correzioni per il tempo reale, è stata effettuata valutando la coerenza tra le diverse soluzioni, verificandone la casualità del comportamento, mediante confronto con i valori delle coordinate desunti dalle monografie predisposte dall'IGM nel sistema di riferimento nazionale ETRF2000(2008.0).

I tempi di risposta dell'infrastruttura nei posizionamenti in tempo reale (compreso il fissaggio delle ambiguità, generalmente dell'ordine dei 10 s una volta avvenuta la connessione internet), sono risultati nella gran parte dei casi molto buoni (inferiori al minuto) e raramente di qualche minuto.

NRTK su punti

Nelle campagne di collaudo per il posizionamento in tempo reale, per ogni tipologia di correzione (fase c), si sono effettuati gli scostamenti tra le coordinate ottenute dal rilievo in tempo reale ed i valori di monografia. Per quanto riguarda i posizionamenti DGPS per misure di codice, le differenze in planimetria sono risultate tra i -48 cm ed i + 73 cm, mentre in altimetria tra -40 cm e +95 cm; solamente un punto ha avuto uno scostamento superiore al metro (1,18 m nella coordinata Nord), probabilmente a causa della folta vegetazione con elevazione elevata in direzione sud-ovest.

Per quanto riguarda le soluzioni di fase, dai confronti effettuati si sono rilevati scostamenti massimi in planimetria sempre nettamente inferiori alla tolleranza assunta pari a 10 cm, con scostamenti massimi compresi tra -5 cm e +4 cm per ciascuna tipologia di correzione differenziale (si intende escludendo le soluzioni cosiddette Nearest per quei punti lontani dalle stazioni permanenti della rete). Per l'altimetria invece, nella prima serie delle campagne di misura della fase di collaudo, si sono osservati sistematismi dell'ordine della decina di centimetri; da un'analisi ne è emersa una svista che portava a non tenere conto delle eccentricità dei centri di fase, complete dei modelli assoluti delle antenne, nonostante queste fossero presenti, portando così ad una generale riduzione delle quote dell'intera rete, ivi incluso il posizionamento NRTK dell'utente. Tenendo conto computazionalmente di tale effetto, i confronti in quota con i valori di monografia sono risultati compresi tra -11 cm e + 5 cm, pertanto sempre inferiore al limite di tolleranza assunto pari a 15 cm.

La soluzione del problema, avvenuta precedentemente l'attivazione ufficiale del Servizio, ha fornito differenze massime nei posizionamenti effettuati dall'IGM nella seconda serie di campagne di misura (periodo 15-25/03/2010) sempre inferiori in valore assoluto a 7 cm nelle componenti planimetriche e ai 15 cm in quella altimetrica.

NRTK cinematico-continuo

Per quanto riguarda la prova di posizionamento cinematico-continuo (fase d), il rilevamento è stato effettuato della durata di 1 ora in modalità cinematica, stazionando su cavalletto statico, con intervallo di acquisizione di 1s. I posizionamenti sono stati effettuati per le sole misure di fase in modalità VRS, ottenendo scostamenti massimi in valore assoluto, di 4 cm in planimetria e di 15 cm in altimetria, limite raggiunto per 11 delle circa 3600 posizioni ottenute.

Per quanto riguarda il confronto planimetrico, in figura 2 si riporta la nuvola di dispersione per le soluzioni con misure di fase fixed.

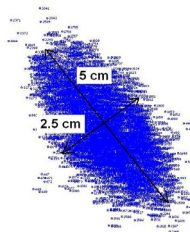


Fig. 2 – Nuvola di dispersione dei posizionamenti con misure di fase cinematico-continuo, effettuati ogni secondo per la durata di circa 1 ora.

Post-processing cinematico-continuo

Nella prova cinematica-continua sono state contestualmente registrate le osservazioni, grazie alle quali è stato possibile effettuare una post-elaborazione cinematica sia per le misure di codice che per le misure di fase, per la quale si è impiegato il software commerciale GrafNav 8.10 della Waypoint. Viste le dimensioni delle baseline tra il punto considerato e le due più vicine stazioni

permanenti, rispettivamente pari a 24 km e 32 km, le elaborazioni sono state effettuate in modalità iono-free sfruttando pertanto entrambe le frequenze.

I confronti con i valori di monografia delle elaborazioni con misure di codice, hanno portato alle seguenti differenze (espresse in metri):

Codice			
	Delta Nord	Delta Est	Delta H
MAX=	1,07	2,12	3,89
MIN=	-2,06	-1,38	-3,41

dove i valori che superano il metro su di un'ora di misure cinematiche, corrispondono a meno di 600 epoche sia in planimetria che in altimetria.

Per quanto riguarda le elaborazioni per le misure di fase, queste hanno portato a differenze massime nei valori assoluti di seguito riportate, sempre espresse in metri, corrispondenti a 13 cm in planimetria e 15 cm in altimetria:

Fasi			
	Delta Nord	Delta Est	Delta H
MAX=	-0,024	0,030	0,150
MIN=	-0,098	-0,123	0,003

Nelle misure di fase, solamente due epoche di misura hanno coordinate Est che eccedono i limiti di tolleranza planimetrici dei 10 cm.

Post-processing su punti

Relativamente alla prima fase delle campagne di misura, sono state effettuate le post-elaborazioni delle finestre di osservazione registrate durante gli stazionamenti per il posizionamento in tempo reale.

Il software utilizzato è il Topcontools fornito dalla Ditta Geotop e i confronti con i valori di monografia hanno portato a differenze comprese tra i -5 cm ed i +5 cm in planimetria e tra -11 cm e + 5 cm in altimetria.

Conclusioni

Le attività di collaudo svolte hanno portato alla verifica del funzionamento dell'intero servizio di posizionamento GNSS, sia lato utente che lato gestore del servizio, svolgendo campagne di misura in diverse giornate, in diversi periodi, analizzando il comportamento dell'intero processo di posizionamento.

Le misure di collaudo in campagna hanno interessato complessivamente 109 punti appartenenti alla rete IGM95 o loro raffittimento regionale, stazionati con strumentazione doppia frequenza di differenti marche, nelle diverse modalità di rilievo (statico e cinematico), con diverse modalità di soluzione (post-processing e real-time), con diverse tipologie di correzioni offerte in tempo reale.

In generale le prove hanno permesso di valutare l'intero processo necessario al posizionamento, fornendo esiti soddisfacenti; in particolare le soluzioni per misure di fase con 30 epoche di acquisizione ad ambiguità fissate (fixed), sono sempre rimaste nelle tolleranze assegnate di 10 cm in planimetria e 15 cm in altimetria per le diverse tipologie di correzioni adottate (FKP, VRS, MAC, Nearest, quest'ultima per i soli punti con distanza inferiore agli 8 km dalla stazione permanente più vicina), con valori massimi delle differenze planimetriche tra i -5 cm e i +4 cm e tra i -11 cm e +5 cm per le quote ellissoidiche. Per quanto riguarda i posizionamenti DGPS per misure

di codice, le differenze in planimetria sono risultate tra i -48 cm ed i + 73 cm, mentre in z tra -40 cm e +95 cm. A sottolineare le qualità delle soluzioni, tali risultati sono stati confermati con il cosiddetto posizionamento cinematico-continuo della durata di un'ora con intervallo di acquisizione di 1 s, ottenendo circa 3600 posizionamenti fixed descriventi una nuvola di scostamenti mediamente di valore assoluto, di 4 cm in planimetria e di 15 cm in altimetria. Si noti che i risultati delle elaborazioni, tanto cinematiche che statiche, hanno portato a confronti con le monogramme di stessi ordini di grandezza; occorre però evidenziare le elevate dimensioni delle baseline, fatte dell'ordine dei 20 – 30 km, con durate delle sessioni di misura molto limitate.

Il Servizio di posizionamento GNSS della Regione Liguria fornisce i propri prodotti, in tempo reale che per il post-processamento, nel sistema di riferimento nazionale ETRF2000 nel quale le stazioni permanenti sono state inquadrate attraverso la Rete Dinamica Nazionale (RDN).

Riferimenti bibliografici

Biagi, L., Sansò, F. eds. (2007), *Un libro bianco su I servizi di posizionamento satellitare per il governo*, *Geomatics Workbooks*, n. 7, ISSN 1591-092X, <http://geomati.polimi.it/workbooks>, Ed. Geomatics Laboratory, Politecnico Milano-Polo Como (ITALY).

Biagi L, Sansò F, Achilli V, Agugiaro G, Belluomini P, Benciolini B, Betti B, Bonaldi S, Caldera S, Casella V, Cosso T, Esposito S, Forlani G, Franzini M, Gelmini M, Mazzoni A, Salemi G, Scaioni M, Scuratti M, Sguerso D., Spalla A, Tornatore V, Vassena G, Visco G. (2006), “Il servizio di posizionamento in Regione Lombardia e la prima sperimentazione di rete in tempo reale”, *Bollettino SIFET – sessione scientifica*, ISSN: 1721-971X, 3: 71-89

Sguerso D. (2004), “Rete di stazioni permanenti per il posizionamento satellitare come servizio della Regione Liguria: una proposta”, *Atti della 8^o Conferenza Nazionale ASITA*, Roma, dicembre, II: 1827-1832.

Volker Janssen (2009), “A comparison of the VRS and MAC principles for network RTK”, *IGNSS Symposium 2009*, Qld, Australia, 1-3 December.