

GPSLombardia: rete GNSS per un servizio di posizionamento

Paolo BELLUOMINI (*), Ludovico BIAGI (**), Luca GRIMALDI (*), Roberto LAFFI (***),
Claudio NOVEMBRE (**), Fernando SANSONE (*), Marco SCURATTI (*)

(*) IREALP – GPSLOMBARDIA: Via Melchiorre Gioia 72, 20125, Milano, 02-6797161, info@gpslombardia.it

(**): Politecnico di Milano, Polo Regionale di Como, Via Valleggio 11, 031-3327562, ludovico.biagi@polimi.it

(***): Regione Lombardia, DG Territorio e Urbanistica, Via Sasseti 32, Milano, roberto_laffi@regione.lombardia.it

Riassunto.

Il presente articolo descrive lo stato attuale del servizio regionale di posizionamento GPSLombardia, nato dallo sforzo congiunto di Regione Lombardia, IREALP e Politecnico di Milano, i problemi emersi e i lavori compiuti nell'ultimo anno di attività.

Abstract

This paper summarizes the state of art of GPSLOMBARDIA, the GPS positioning network of Regione Lombardia, with particular regard to the last year activity.

Introduzione

In precedenti articoli (Belluomini et al., 2004, Biagi et al., 2006) sono stati descritti i passi che hanno portato alla creazione di GPSLombardia (<http://www.gpslombardia.it>), il primo servizio di posizionamento GNSS regionale in Italia. Il progetto, presentato nel giugno 2003, ha visto la disponibilità di una prima sottorete di stazioni permanenti nei primi mesi del 2005 per scopi di test. A partire da luglio 2005, GPSLombardia distribuisce dati per il posizionamento in tempo reale e in post-elaborazione, affrontando quotidianamente molteplici e variegate problematiche, legate sia ad aspetti **pratici** (fornitura del servizio, registrazione, assistenza e supporto all'utente, promozione), che **tecnici** (funzionamento dei server, delle stazioni, dei software), che **scientifici** (inquadramento della rete, compensazione periodica, campagne di misura periodiche per una valutazione della qualità dei dati distribuiti). Ad ognuno di tali aspetti deve essere data la giusta considerazione e trovata la soluzione più adeguata, volendo aspirare, oltre alla distribuzione di un semplice dato, soprattutto alla fornitura di un servizio di qualità e a valore aggiunto all'utenza.

Lo stato della rete – verso la copertura completa del territorio

Alla data di scrittura della presente, la copertura del territorio regionale è visualizzata in figura 1. GPSLombardia si compone di 14 stazioni permanenti (SP): alle prime 13, già da tempo disponibili, si è recentemente aggiunta la SP di Sondrio, installata nell'ambito del progetto INTERREG IIIB Spazio Alpino "ALPS-GPSQuakenet" (Aoudia et al., 2004).

Al contrario, si è resa necessaria la dismissione della SP di Salò a seguito dell'inizio dei lavori di ristrutturazione e recupero dell'edificio ospitante la strumentazione. La rete garantisce comunque la copertura in questa area con la vicina SP di Brescia a cui verrà affiancata a breve la SP di Serle (Valsabbia (BS), SP installata, collegamento dati da ultimare), che dista circa 10km in linea d'aria da Salò. Per avere una copertura completa e migliore del territorio, sono previste le ulteriori installazioni presso il Monte Coltignone (LC) (monumentazione terminata, installazione e collegamento della strumentazione da ultimare) e Monte Pora - Presolana (BG), rientranti anch'esse nell'ambito del progetto "ALPS-GPSQuakenet" e un'ultima SP presso Chiavenna, a completamento della copertura del territorio regionale.

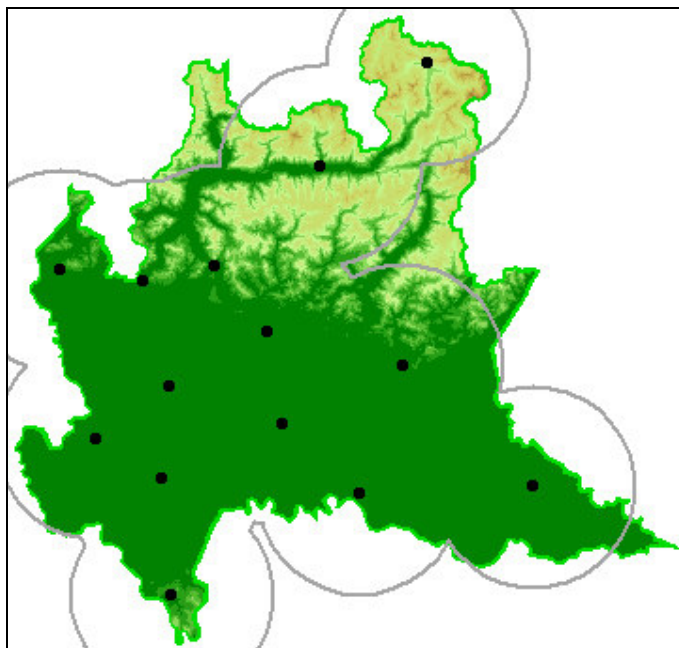


Figura 1. Attuale copertura della rete di GPSLombardia

Rispetto alle previsioni iniziali, la messa in funzionamento delle SP per la geodinamica ha subito significativi rallentamenti a causa del lungo inverno 2005-2006, dell'esclusione di alcuni siti, inizialmente giudicati idonei, della necessità di installare pannelli solari in assenza di rete elettrica e impianti di telecomunicazione wireless a rilanci multipli in assenza di linea dati ADSL con indirizzo IP fisso a banda minima garantita.

Le telecomunicazioni: i problemi e i nuovi canali di comunicazione

In fase di creazione della rete, per i collegamenti dati è stata scelta la tecnologia che potesse garantire le prestazioni necessarie in termini di banda minima garantita e affidabilità. A tale scopo, per le stazioni ospitate presso sedi universitarie, è stato utilizzato un indirizzo IP fisso che si appoggia all'infrastruttura di rete dell'ateneo. Per le altre stazioni è stata creata una rete dati privata di estensione geografica con topologia a stella basata su tecnologia frame-relay con sei rami diretti verso altrettante sedi delle stazioni GPS. Il router di centro stella è ospitato presso il CILEA (Centro Interuniversitario per l'Elaborazione Automatica) di Segrate (MI), che gestisce anche le terminazioni delle linee universitarie e ospita i server di GPSLombardia.

La scelta della rete dati privata garantisce l'utilizzo esclusivo delle linee e si è rivelata adatta alle esigenze di trasferimento dati, consentendo peraltro di effettuare contemporaneamente sui differenti canali molteplici operazioni, come lo scaricamento dei dati RINEX orari, il controllo di funzionamento delle stazioni mediante il software Meridiana Enterprise, il download delle osservazioni in tempo reale per la distribuzione di correzioni differenziali mediante il software GNSMART, i controlli sulla qualità delle TLC, mediante operazioni direttamente sul canale fisico, ed eventuali ulteriori controlli in modalità manuale.

La presenza di un centro stella al quale collegare tutte le SP remote rappresenta il punto nevralgico del sistema. Questa configurazione presenta un inconveniente fondamentale: il collegamento ad una SP avviene attraverso il router del centro stella. Per tale motivo, un eventuale suo malfunzionamento impedisce l'accesso a tutte le SP remote ad esso collegate. Durante tali eventi le SP continuano a registrare le osservazioni, che però non risultano disponibili per il posizionamento in tempo reale.

Per ovviare alla centralizzazione delle connessioni e permettere la comunicazione attraverso canali alternativi si è scelto di migliorare tali collegamenti, rinunciando all'esclusività delle linee private per passare a linee ADSL completamente a pacchetto. Per tale motivi, sta quindi avvenendo una

migrazione su configurazioni diverse per ridurre le perdite di connessioni e gestire in maniera più articolata il servizio GPSLombardia.

La nuova scelta permette di rendere ancora più bassa la probabilità che nello stesso istante non siano disponibili più SP, di migliorare la qualità della rete dati e, in ultima analisi, il servizio in generale.

L'inquadramento della rete

Una rete finalizzata a servizi di posizionamento materializza e distribuisce alla propria utenza un sistema di riferimento. Nel caso della rete lombarda, coerentemente con quanto proposto in (Biagi et al., 2006) si è scelto di inquadrare la rete, e quindi di distribuire coordinate, nel sistema di riferimento intrinseco al metodo GNSS, ovvero in IGB00. Inoltre vengono distribuite coordinate anche in ETRS89-IGM95 per venire incontro alle esigenze di quella utenza che necessita di coordinate in tale sistema di riferimento.

L'inquadramento in IGB00

L'inquadramento della rete viene effettuato utilizzando le seguenti SP IGS: MATE, CAGL, MEDI, PADO, GRAZ, WTZR, ZIMM, IENG, GRAS; configurazioni di rete con un numero maggiore di SP sono state provate e successivamente escluse poiché producevano soluzioni meno stabili, sia in termini di presenza di errori grossolani, sia in termini di ripetibilità dopo la rimozione di questi. Le coordinate delle SP IGS vengono vincolate stocasticamente, con varianze realistiche, ai valori ottenuti interpolando linearmente le soluzioni ufficiali IGS dell'anno precedente. Nell'inquadramento, oltre alle SP, vengono utilizzate le efemeridi precise e gli EOP di IGS; l'elaborazione dei dati grezzi viene effettuata con il programma BERNESSE 5.0 (Hugentobler et al, 2005), adottando la strategia di elaborazione suggerita da EPN per reti regionali di SP (EPN, 2002). Per tutto il 2005 l'inquadramento della rete è stato svolto in modo manuale, all'avvio della rete e quindi ad ogni inserimento di nuove SP, cioè, sostanzialmente, con cadenza trimestrale; particolarmente rilevanti sono gli inquadramenti di maggio e di novembre, che hanno fornito la prima stima ufficiale delle coordinate e il successivo aggiornamento.

La prassi di effettuare compensazioni periodiche e in manuale non è però ottimale, poiché non permette un monitoraggio continuo delle coordinate delle SP, ovvero il controllo di eventuali spostamenti imprevisti. Perciò, da giugno 2006 la rete viene compensata in continuo, in base alla seguente prassi: compensazione settimanale, condotta con latenza di due settimane (ovvero la latenza con cui vengono rese disponibili i prodotti finali IGS); stima delle 7 soluzioni quotidiane di rete relative alla settimana e inserimento delle soluzioni di ogni SP in un database di coordinate quotidiane; analisi delle serie temporali delle coordinate per l'identificazione di eventuali errori grossolani o discontinuità. Inoltre con un lavoro a ritroso, parallelamente all'avvio dell'automazione, sono anche state analizzate tutte le settimane dalla prima del 2006: quindi sono già disponibili con continuità, a partire da tale data, le serie di coordinate.

Come ben noto, le coordinate delle SP cambiano nel tempo, sia per fenomeni globali geodinamici (moto della placca cui appartiene la nostra regione), che per eventuali fenomeni locali (subsidenza, assestamento strutturale): l'analisi delle prime serie di risultati sembra testimoniare, per tutte le SP, movimenti dell'ordine di 1-2 cm all'anno, con andamenti pressoché lineari. In tal senso, considerando le accuratezze di posizionamento che GPSLombardia vuole fornire alla propria utenza, appare ragionevole in prospettiva l'ipotesi di aggiornare le stime ufficiali delle coordinate delle SP con cadenza periodica semestrale: l'ultimo aggiornamento è quello relativo alle stime ottenute nel mese di luglio 2006, il prossimo è previsto per gennaio 2007. Naturalmente, qualora per singole SP si riscontrino significative discontinuità rispetto all'ipotesi di moto lineare, le relative coordinate saranno tempestivamente aggiornate senza attendere le scadenze schedate.

La distribuzione di coordinate in ETRS89-IGM95

Per quanto riguarda la distribuzione di coordinate nel sistema di riferimento ETRS89-IGM95, si consideri che la trasformazione fra IGB00 e ETRS89-IGM95 può essere ragionevolmente parametrizzata mediante una trasformazione di similarità a 7 parametri più, eventualmente, un

campo di deformazione; per ottenere la stima dei parametri possono essere percorse due vie alternative:

1. i parametri della trasformazione di similarità possono essere desunti applicando, e adattando alla Lombardia, i parametri della trasformazione europea fra sistemi di riferimento ITRS e ETRS (di cui IGB00 e IGM95 sono rispettive realizzazioni, Boucher et Altamimi, 2001);
2. i parametri della trasformazione e del campo residuo possono essere stimati a partire da un certo insieme di punti doppi, ovvero punti di cui siano note le coordinate in entrambi i sistemi di riferimento.

Pregi e limiti dei precedenti approcci sono descritti nei lavori citati; nel 2005, in modo preliminare, era stata stimata e ufficializzata una trasformazione basata sul primo metodo: tale trasformazione si dimostrò caratterizzata da accuratezze soddisfacenti, ovvero confrontabili con quelle di ETRS89-IGM95; comunque, per superare i limiti residui di tale approccio, si è sperimentata l'applicazione del secondo metodo (Biagi et al., 2005-2006), con significativi miglioramenti rispetto al precedente: i relativi parametri sono quelli comunicati da GPSLombardia a partire da luglio 2006.

Si noti che per l'utenza del tempo reale si pone attualmente un problema tecnico; i protocolli internazionali di trasmissione per il tempo reale (RTCM, 2004) non permettono la trasmissione dei parametri di trasformazione: la trasformazione fra IGB00 e ETRS89-IGM95 deve quindi essere inserita nel ricevitore dell'utente. Si auspica che tale problema venga in futuro aggirato con l'adeguamento dei protocolli RTCM: in effetti l'esigenza non è specifica per la sola Italia, ma ha carattere internazionale.

Le aspettative dell'utenza

In questo primo periodo di attività, GPSLombardia ha potuto rilevare una forte curiosità da parte di molti potenziali utenti constatando anche, però, una certa disinformazione sull'utilizzo ottimale del GPS come metodo di rilievo. L'aspetto dell'informazione è fondamentale per la diffusione del GPS, giacché evidentemente gli studi professionali, gli ingegneri, gli architetti, i geometri, tutti coloro che effettuano i rilievi sul territorio hanno il preciso obiettivo di ottimizzare, dal punto di vista economico, le proprie scelte: è pertanto necessario informare sull'utilizzo ottimale del GPS, sulle sue problematiche ma anche sulle sue grandi potenzialità in termini di precisione, facilità d'utilizzo, velocità e sul fatto che la disponibilità di un servizio di posizionamento, contattabile in tempo reale per aver informazioni sulla qualità delle proprie misure, lo rende ulteriormente più appetibile ed economicamente vantaggioso.

Gli sforzi di GPSLombardia e degli enti coinvolti sono concentrati su due aspetti fondamentali: in primo luogo l'aspetto scientifico, necessario per fornire un dato valido e utile; in secondo luogo, ma non per importanza, l'aspetto divulgativo. In particolare si ritiene che per consentire un uso reale, facile e soprattutto economicamente vantaggioso, del GPS, sia necessario dare all'utenza GPS e ai suoi possibili fruitori, risposte a domande "semplici" e "pratiche" che rappresentano la prima, e spesso insormontabile, difficoltà da superare: come si usa il GPS? A che cosa serve il GPS? E' sempre utile?

L'aspetto della comunicazione : brochure e corsi

Per favorire la conoscenza di GPSLombardia e delle potenzialità e delle possibili applicazioni del GPS, sono state condotte le seguenti operazioni:

- incontri con i rappresentanti delle Province e della Comunità montane lombarde; distribuzione dei dati a scuole e università a prezzi promozionali (uso dei dati per fini di ricerca);
- il primo corso "Servizi GPS di posizionamento per il territorio ed il catasto", distribuito sul territorio regionale della Lombardia mediante una collaborazione fra Politecnico di Milano (sedi di Como, Cremona, Lecco e Milano), GPSLombardia, Università di Brescia, Università degli Studi di Pavia e di Regione Lombardia;
- pubblicazione di un volantino pubblicitario, distribuito agli abbonati del Sole 24 Ore della Lombardia (50000 copie circa).

Ci si propone inoltre di ripetere ulteriori edizioni del corso sul GPS e effettuare altri incontri di carattere informativo.

Il controllo della rete e le informazioni distribuite all'utenza

Sin dall'avvio del servizio, è emersa chiaramente l'esigenza dell'utenza di disporre del maggior numero di informazioni possibile in merito alla disponibilità e alla qualità dei dati acquisiti e distribuiti dal Servizio. Per tale motivo sono state rese disponibili sul sito le seguenti informazioni sullo stato della rete in quasi tempo reale, ovvero con aggiornamento ogni 5 minuti: disponibilità dei satelliti GPS e GLONASS e relative elevazioni, calcolate per un punto al centro del territorio coperto dal servizio; stato della compensazione della rete (per ogni SP, il numero di satelliti osservati e fissati, la stima del disturbo troposferico, i residui del disturbo ionosferico; per ogni satellite, l'elevazione e l'azimuth, la stima degli errori d'orbita e dei disturbi atmosferici); indicazione dell'esito dell'operazione di recupero dei dati RINEX dalle SP.

Ulteriori strumenti, già prodotti in automatico ma non ancora pubblicati sul sito, offrono altri mezzi per il controllo della rete (dati GPS, TLC, accessi) in tempo reale: report quotidiano sulla percentuale di dati RINEX messi a disposizione dell'utenza per il download (si noti che le operazioni di recupero dei dati e di distribuzione all'utenza sono due operazioni indipendenti); report quotidiano sulla percentuale di informazioni acquisite dalla SP rispetto a quelle attese e registrate all'interno dei file RINEX (operazione eseguita con l'ausilio di TEQC, <http://www.unavco.org>); report in tempo reale sulla disponibilità di una SP (presenza della connessione e disponibilità del dato); report di analisi della qualità delle connessioni dati tra le SP e i server di elaborazione dati (controllo sui protocolli *telnet*, *ftp*, *http*).

Attualmente, GPSLombardia sta lavorando per proporre un tool per il planning delle misure, fornendo l'indicazione del numero di satelliti GPS e GLONASS disponibili nell'arco dei giorni successivi, per ognuna delle SP del servizio regionale. Tutte le informazioni descritte in questa sezione vengono evidentemente create in modo automatico, utilizzando programmi già disponibili e routine implementate internamente.

Altre informazioni sul funzionamento della rete e del servizio

La maggior parte delle SP ha evidenziato un ottimo funzionamento. Tuttavia, analizzando la disponibilità dei dati RINEX per il periodo che va dal giorno 1 del 2006 al giorno 229 del 2006, 5496 ore totali, è corretto rilevare alcune criticità di seguito riassunte.

La SP di Lecco è saltuariamente disturbata da interferenze elettromagnetiche che degradano drammaticamente la qualità del segnale acquisito, fino ad annullarlo: sopralluoghi effettuati insieme all'ARPA e al Ministero delle Telecomunicazioni non hanno però consentito di rilevare strumentazione trasmettente "pirata": il problema è tuttora oggetto di indagine; inoltre, a causa di un fulmine l'antenna ha dovuto essere sostituita: in totale i dati persi o non distribuiti perché giudicati di scarsa qualità sono stati pari all'8%. Sempre a causa di fulmini, la SP di Bormio ha subito una sostituzione dell'antenna (perdita del 5% dei dati) e si è dovuto cambiare il cavo antenna della SP di Vigevano (perdita del 5% dei dati). Infine la SP di Varzi ha subito la sostituzione del ricevitore; il nuovo salvavita installato dal proprietario del sito, inoltre, è scattato in un periodo di scarso presidio, provocando l'esaurimento delle batterie e la conseguente perdita di dati (3.2%). Tali criticità testimoniano quanto gli autori hanno sempre creduto: una rete di SP, anche se pienamente avviata, costituisce un sistema complesso e di delicata e continua gestione.

Le altre SP hanno mostrato una disponibilità dei dati superiore al 99%.

Conclusioni e sviluppi futuri

GPSLombardia si sforza, quotidianamente, di offrire un servizio di assistenza e supporto all'utenza in tempo reale, svolgendo al contempo un ruolo di promotore dei sistemi di posizionamento satellitare in regione Lombardia, nell'ambito della pubblica amministrazione e del privato.

Per cercare di perseguire questo obiettivo vi è un coinvolgimento attivo: di regione Lombardia, per il suo ruolo politico e di produttore di cartografia ufficiale, testimoniato, tra l'altro, dall'accordo con l'Istituto Geografico Militare nell'ambito dell'accordo per lo "Svolgimento di azioni coordinate tese

alla gestione delle reti di stazioni permanenti GPS sul territorio nazionale”, con particolare riferimento alla gestione di reti di SP necessarie alla definizione dei sistemi geodetici globali in ambito nazionale e per lo sfruttamento delle reti stesse per la georeferenziazione; del Politecnico di Milano e di altri Atenei lombardi (Pavia, Brescia), per il loro naturale ruolo di diffusori della conoscenza.

Un coinvolgimento più diretto sia dei rappresentanti nazionali di strumentazione GPS, che potrebbero vedersi aprire nuove e più ampie prospettive di mercato, sia degli utenti finali sono i prossimi obiettivi del servizio regionale di posizionamento.

Bibliografia.

Aoudia A., Barzaghi R., Borghi A., Sabadini R., Marotta A. M., Panza G., Troisi C., Manzino A. M., Roggero M., Lucchetta A., Carraro C., Zampedri G., Laffi R., Crotta S., De Donatis S., Gerbino P. G., Sguerso D., Voelksen C., Drewes H., Valpersdorf A., Zivcic M (2004), *Il progetto ALPS-GPSQuakenet*, Atti della 8° Conferenza Nazionale ASITA, Roma

Belluomini P., Biagi L., Sansò F., Scuratti M., Novembre C., Laffi R., (2004), *Il Servizio Regionale di Posizionamento della Regione Lombardia: stato di avanzamento*, Atti dell'8° Conferenza ASITA, Roma

Biagi L., Sansò F. eds, AAVV (2006), *Il Servizio di Posizionamento in Regione Lombardia e la prima sperimentazione sui servizi di rete in tempo reale*, Bollettino SIFET n° 3, 2006

Biagi L., Caldera S., Sansò F., Visconti M. G. (2005, 2006), *Parametri di trasformazione fra coordinate rete e coordinate utente per la Regione Lombardia (stime di giugno 2005 e aggiornamento di luglio 2006)*, <http://geomatica.como.polimi.it/prin/>

Biagi L., Crespi M., Manzino A., Sansò F. (2006), *I servizi di posizionamento basati su reti di stazioni permanenti GNSS*, relazione invitata alla 9a Conferenza ASITA, Bollettino SIFET n° 1, 2006.

Boucher C., Altamini Z., (2001), *Memo: specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign*, <http://lareg.ensg.ign.fr/EUREF/>

EPN, (2002) *Guidelines for EPN analysis centres*. Document and related mails on-line: <http://www.epncb.oma.be/>

Gai S., Montessoro P.L., Nicoletti P. (1995), *Reti Locali: dal cablaggio all'internetworking (seconda edizione)*, Scuola Superiore "Guglielmo Reiss Romoli", L'Aquila

Geo++, GEO++ GNSMART online manual, <http://www.geopp.com>

Hugentobler U., Dach R., Fridez P. (2005), *Bernese GPS Software 5.0, Draft*. Astronomical Institute, University of Berne

Radio Technical Commission for Maritime Services, (2004), *RTCM recommended standards for differential GNSS service, Version 3.0*, RTCM paper, 30-2004, February 10, 2004.