APPLICAZIONI NEL CAMPO DEL POSIZIONAMENTO DI PRECISIONE IN TEMPO REALE SUPPORTATO DA UNA RETE DI STAZIONI PERMANENTI GNSS: RESNAP-GPS E L'ESPERIENZA NEL LAZIO

M. Crespi, L. De Vendictis, U. Fabiani, L. Luzietti, A. Mazzoni, G. Reina

DITS – Area di Geodesia e Geomatica, Università degli Studi di Roma "La Sapienza",
via Eudossiana 18 – 00184 Roma, tel. ++39-0644585066/68, fax ++39-0644585515,
e-mail: resnap-gps@uniroma1.it

Riassunto

In questo lavoro si descrivono alcune delle esperienze fatte nel campo del posizionamento di precisione GNSS grazie all'attivazione, nel settembre 2005, della REte Sperimentale di stazioni permanenti GNSS per il Posizionamento e la NAvigazione RESNAP-GPS (w3.uniroma1.it/resnap-gps) nella Regione Lazio ed in zone limitrofe.

Vengono dapprima illustrate l'architettura della rete, le tipologie di prodotti distribuiti all'utenza e le diverse modalità di connessione.

Sono di seguito riportate alcune delle esperienze fatte nel corso delle diverse sperimentazioni in ambito di posizionamento di precisione GNSS, al fine di mettere in risalto come l'attivazione di una rete di stazioni permanenti GNSS nel territorio della Regione Lazio abbia reso diverse tipologie di rilievo GNSS (sia in tempo reale che in tempo differito) meno onerose sia in termini economici che operativi, garantendo al contempo accuratezze a livello di qualche centimetro, pienamente consone per una vastissima gamma di applicazioni

Abstract

Many experiences in precise GNSS positioning were carried out thanks to the Regional Experimental Permanent GNSS Stations Network for Positioning and Navigation (RESNAP-GPS) activated in September 2005 in Lazio Region and surroundings. Some of them are described in this work.

Network structure, products for users and connection types are explained. The experiences point out how Network GNSS positioning leads to economic and time benefits ensuring at the same time centimeter accuracy level.

La Rete Sperimentale Regionale di Stazioni Permanenti GPS per il Posizionamento e la NAvigazione (RESNAP-GPS)

La REte Sperimentale regionale di stazioni GPS per il Posizionamento e la NAvigazione (RESNAP-GPS), attiva in una parte del territorio della Regione Lazio dal 1° settembre 2005 grazie ad una iniziativa congiunta dell'Area di Geodesia e Geomatica dell'Università di Roma "La Sapienza", di Leica Geosystems S.p.A. e di diversi Enti ed Amministrazioni, è stata realizzata per sperimentare i potenziali servizi ottenibili su base regionale con una rete di stazioni permanenti GPS nell'ambito del posizionamento in tempo reale e della navigazione.

Il centro di controllo è collocato presso l'Area di Geodesia e Geomatica (Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade - Facoltà di Ingegneria) dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" e, attualmente, (settembre 2006), la rete comprende 10 stazioni (Tabella 1).

La rete è inquadrata nel sistema di riferimento IGb00 definito in sede IGS (IGS2000 v2).

L'applicativo software per il controllo centralizzato delle stazioni GPS della rete è la suite Leica GPS Spider & SpiderNET fornita per la sperimentazione dalla Leica Geosystems S.p.A. ed installata presso il centro di controllo della rete.

NOME	SITO	ENTE GESTORE
AQUI	L'Aquila	Università degli Studi dell'Aquila - Facoltà di Ingegneria
FOLI	Foligno	Collegio provinciale dei Geometri di Perugia
FROS	Frosinone	ITCG "Brunelleschi"
GUBB	Gubbio	Collegio provinciale dei Geometri di Perugia
LAT1	Latina	Collegio provinciale dei Geometri di Latina
M0SE	Roma	Università degli Studi di Roma "La Sapienza"- Facoltà di Ingegneria
PERU	Perugia	Collegio provinciale dei Geometri di Perugia
PONT	Pontecorvo	Collegio provinciale dei Geometri di Frosinone
RIET	Rieti	Collegio provinciale dei Geometri di Rieti
VITE	Viterbo	Collegio provinciale dei Geometri di Viterbo

Tabella 1 – Stazioni attuali (settembre 2006) di RESNAP-GPS

Sono rese disponibili, per il posizionamento in tempo reale (RTK), i seguenti prodotti:

1. Correzioni di rete

   L'utente invia la propria posizione al centro di controllo in formato NMEA-0183.
   Il centro di controllo calcola le correzioni di rete individualizzate per la posizione approssimata del ricevitore dell'operatore GPS e le invia con le modalità riportate nella Tabella 2.

RESNAP-GPS - Correzioni di rete				
Trasmissione dati		Messaggi	Versione RTCM	RTK-Product
TCP-IP	151.100.84.21:2101	20, 21	2.3	Automatic cells
GSM	335 5060729	20, 21	2.3	Automatic cells
NTRIP*	151.100.84.21:2111	20, 21	2.3	Automatic cells Mountpoint: AUTOCELLS

(*) Per accedere a NTRIP sono necessari user e password (ottenuti con la registrazione alla sperimentazione)

Tabella 2 – Modalità di connessione per le correzioni di rete

2. Correzioni da stazione singola (nearest site)

   Per ampliare il territorio in cui è possibile essere raggiunti da una correzione differenziale, seppur non di rete, ovverosia proveniente da una singola stazione, si sono attivati i prodotti di cui al presente punto.

L'utente invia la propria posizione al centro di controllo in formato NMEA-0183.
Il centro di controllo invia all'operatore GPS le correzioni della stazione di rete più vicina alla posizione approssimata del suo ricevitore con le modalità riportate nella Tabella 3.

RESNAP-GPS - Correzioni da stazione singola				
Trasmissione dati		Messaggi	Versione RTCM	RTK-Product
TCP-IP	151.100.84.21:2102	20, 21	2.3	Nearest site
GSM	335 5060730	20, 21	2.3	Nearest site
NTRIP*	151.100.84.21:2111	20, 21	2.3	Nearest site Mountpoint: NEARSITE

(*) Per accedere a NTRIP sono necessari user e password (ottenuti con la registrazione alla sperimentazione)

Tabella 3 – Modalità di connessione per le correzioni da stazione singola

Esperienze nel campo del posizionamento di precisione in tempo reale supportato da RESNAP-GPS

Non si discutono nuovamente in questa sede gli esperimenti già realizzati nello scorso anno, ancora prima dell'avvio ufficiale della sperimentazione e dell'apertura del sito web della rete, volti a valutare l'accuratezza media del posizionamento in tempo reale, pari a circa 2 cm in planimetria e 4 cm in quota.
Si trattano invece alcune applicazioni di interesse per diversi ambiti disciplinari.

Rilievo di punti a terra per l'ortorettificazione di immagini satellitari ad alta risoluzione

Per l'ortorettificazione di una coppia di immagini Quickbird Standard Orthoready (risoluzione 0.65 m) dell'area dei Colli Albani (Sud di Roma) ottenute in differenti passaggi con sovrapposizione del 70 % sono stati rilevati 29 punti di controllo a terra (GCP). I 29 punti (Figura 1) sono stati rilevati utilizzando un ricevitore Leica1200 in modalità RTK via NTRIP con correzioni di rete. Pur muovendosi in un area estesa (circa 225 Km^2) la distanza massima dalle stazioni più vicine (M0SE,LAT1) è rimasta contenuta nei 30 Km. I tempi di connessione, stima della posizione con ambiguità di fase fissata ad intero, e registrazione del singolo punto sono stati mediamente di 1-2 minuti.
Al termine del processo di ortorettificazione, basato su questo set di punti, è stata ottenuta un'accuratezza media dell'orientamento delle immagini di circa 0.8 m.

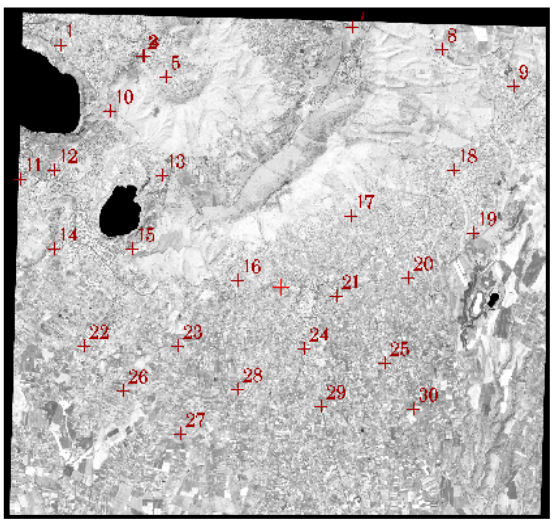

Figura 2 – Distribuzione dei 29 GCP

Rilievi cinematici per lo studio delle geometrie stradali e per la validazione di DEM

In questo tipo di applicazioni, ci si è avvalsi della possibilità della RESNAP-GPS di campionare i dati relativi ad ogni stazione permanente (in formato RINEX) con decimazione fino ad 1 s. Questo intervallo di campionamento permette di utilizzare i RINEX delle stazioni permanenti per il post-processamento di acquisizioni cinematiche. L'utilizzo di due ricevitori istallati sul tetto di una

autovettura (Figura 3) ha permesso di elaborare il percorso come frutto di un controllo esterno costituito dall'elaborazione dei dati rispetto a due differenti stazioni permanenti ed un controllo interno costituito dalla base tra i due ricevitori rover posti ad una distanza nota (0.445 m). Lo schema di elaborazione è mostrato in Figura 4.

Figura 3 – I due ricevitori rover

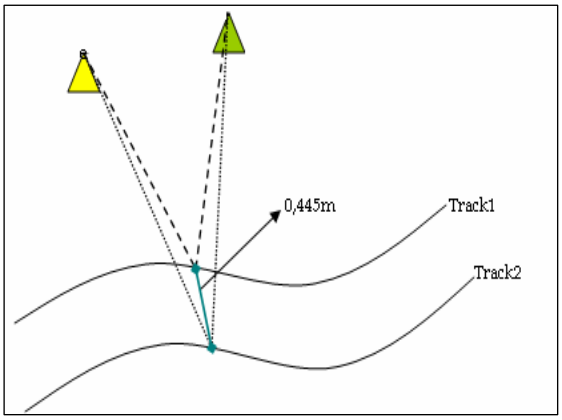

Figura 4 – Schema di elaborazione

Al termine dell'elaborazione i dati sono stati depurati da eventuali outlier tramite il principio di stima robusto denominato LTS (Least Trimmed Squares).
Questa tecnica di rilievo ed elaborazione è stata più volte condotta per la validazione di DEM. In particolare un DEM estratto dalla coppia di Immagini Quickbird sopra descritte è stato validato (accuratezza media 1.8 m) tramite il confronto con circa 3000 punti (Figura 5) acquisiti in rilievo cinematico.

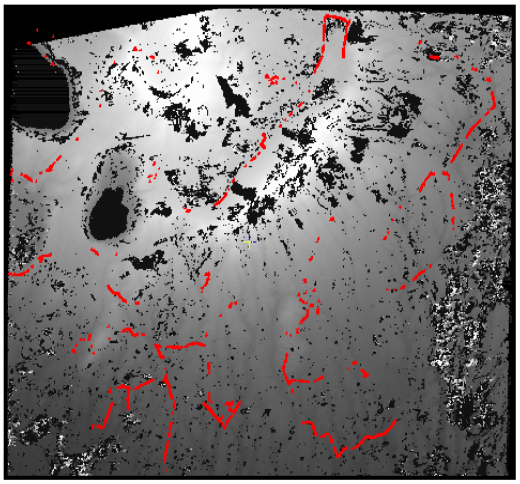

Figura 5 – I punti del percorso cinematico nella zona dei Colli Albani

<u>Supporto al posizionamento in tempo reale di sistemi Multibeam nell'ambito del Progetto Tevere</u>
Il Progetto Tevere consiste in uno studio batimorfologico dell'alveo del fiume lungo il tratto compreso tra Ponte del Grillo e la foce (circa 80 km di asta fluviale) attraverso sistemi Multibeam. Tale sistemi necessitano una georeferenziazione (in tempo reale o in post processing) con accuratezze subdecimetriche. Allo stato attuale la georeferenziazione di tali sistemi viene ottenuta utilizzando stazioni GPS allestite appositamente su punti di coordinate note. Nei casi nei quali l'area da investigare è di grande estensione nasce la necessità di utilizzare un numero elevato di

queste stazioni con conseguente aumento delle difficoltà logistiche e possibile perdita di accuratezza.
Per la prima volta in Italia è stato proposto (e accettato dall'Ufficio Idrografico della Regione Lazio) l'uso di una Rete di Stazioni Permanenti la georeferenziazione sia in tempo reale sia in post processing. Le elaborazioni in post-processing sono attualmente ancora in corso; allo stato attuale sono state raggiunte quasi ovunque nel tratto indagato le accuratezze richieste.

Contributo alla realizzazione del progetto di un Sistema Informativo Territoriale per l'Archeologia del Sottosuolo della città di Roma (S.I.T.A.S. ROMAE)
S.I.T.A.S. Romae (Sistema Informativo Territoriale Archeologico del Sottosuolo per la città di Roma) è un progetto che integra tecnologie differenti (rilievi terrestri e GNSS, fotogrammetria, GIS) per acquisire, elaborare e gestire dati provenienti da scavi archeologici. Allo stesso tempo propone una procedura standard destinata a tutti gli operatori del settore. Alcune sperimentazioni sono state condotte in collaborazione con la Sovrintendenza di Stato ai Beni Archeologici per dimostrare la validità del progetto; ne vengono citate brevemente due.
Nel primo caso è stato condotto un rilievo GNSS (assistito da RESNAP-GPS) della struttura chiamata "Santuario Siriaco" nei pressi del Gianicolo in Roma; una mappa del XIX secolo è stata georeferenziata grazie a questo rilievo (Figura 7) mostrando la posizione dell'intero edificio, comprese le parti ora coperte da terra o andate distrutte.

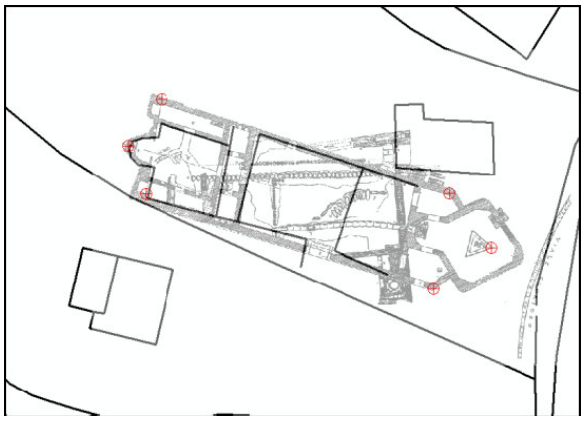

Figura 7 – Il Santuario Siriaco

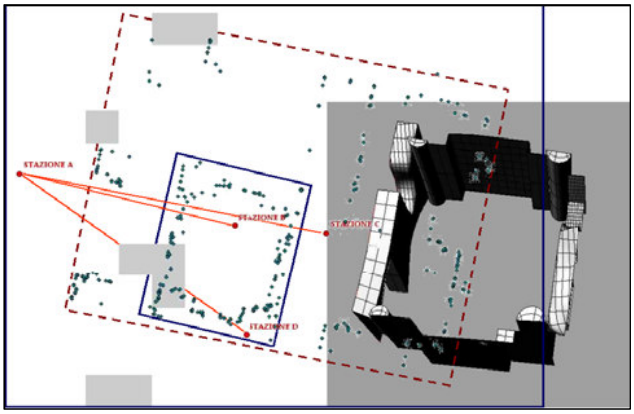

Figura 8 – Il rilievo a Monte Porzio Catone

Nel secondo caso una struttura archeologica nei pressi di Monte Porzio Catone (Castelli Romani) è stata rilevata e georeferenziata attraverso l'uso di una stazione totale integrata con ricevitore GPS (Leica Smart Station). I punti di stazione sono stati direttamente rilevati con tecnica RTK (correzioni di rete da RESNAP-GPS). Da questi, con lo stesso strumento, è stato condotto un rilievo di dettaglio della struttura, permettendone la diretta georeferenziazione (Figura 8). L'intero lavoro è stato portato a termine in circa 5 ore.

Georeferenziazione di punti noti di mappe di impianto catastali al fine di stimare la trasformazione tra sistemi catastali e sistema nazionale IGM95
Nell'ambito di una ricerca avente il fine di creare una procedura per la trasformazione di cartografia catastale (nel caso specifico del comune di Roma, avente come Origine Monte Mario, in coordinate cartografiche Cassini-Soldner) in WGS84 è stato selezionato un campione di 33 punti presenti sulla cartografia catastale d'impianto (risalente a circa al 1930, Figura 10) omogeneamente distribuito in tutta l'area avente come Origine Monte Mario (Figura 9).
Questi punti sono stati rilevati con tecnica RTK (correzione di rete RESNAP-GPS via NTRIP). Sebbene il rilievo sia stato condotto in giornate differenti (sono stati percorsi circa 2800 Km) è stato necessario configurare la strumentazione una sola volta per poter dialogare con la RESNAP-GPS.

questo è uno dei vantaggi del rilievo assistito da una Rete di Stazioni Permanenti: non vi è necessità di configurare nuovamente la strumentazione quando si cambia zona di rilievo per potersi connettere ad una nuova stazione. E' infatti il software che gestisce la Rete ad inviare all'utente(attraverso lo stesso canale di trasmissione) le correzioni differenziali della stazione permanente più vicina alla posizione approssimata dell'utente o della cella che lo contiene. Le sessioni di misura del singolo punto hanno avuto durata di pochi minuti.

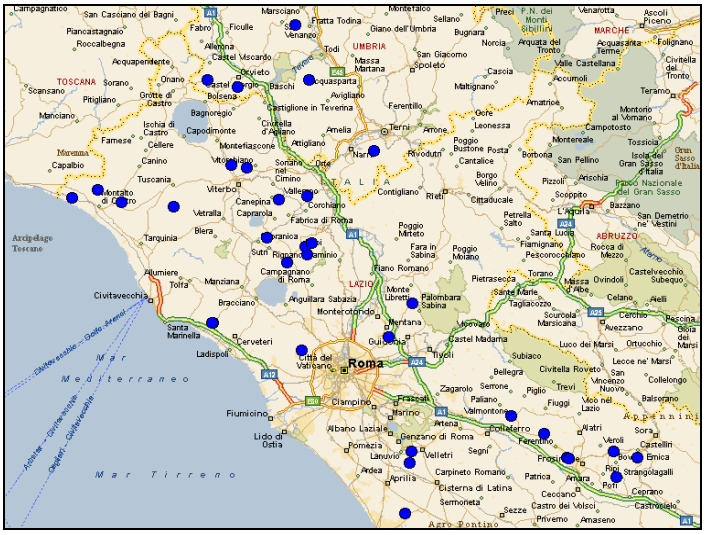

Figura 9 – Distribuzione dei 33 punti

Figura 10 – Rilievo di un antico punto fiduciale

Il prodotto della ricerca è stato la definizione di una procedura di trasformazione di coordinate da Cassini-Soldner (Origine Monte Mario) a UTM WGS84-ETRF89-IGM95 e viceversa. Lo scarto quadratico medio di questa trasformazione è risultato essere di circa 0.8 m, pienamente compatibile con la gestione congiunta della cartografia catastale con la nuova CTR della Regione Lazio alla scala 1:5000 in corso di realizzazione.

Conclusioni

Si sono brevemente descritte alcune possibili applicazioni della nuova infrastruttura a carattere sperimentale RESNAP-GPS attiva sul territorio della Regione Lazio ed in alcune zone limitrofe. Si auspica che in breve tempo tale infrastruttura, eventualmente ampliata ad altre zone della Regione Lazio non ancora coperte, possa trasformarsi in un vero e proprio servizio di posizionamento gestito pubblicamente in ambito regionale, analogamente a quanto già fatto in altre Regioni e Province.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è finanziato e si inquadra nelle attività di ricerca svolte nell'ambito del progetto di ricerca MIUR-COFIN 2004 *I servizi di posizionamento satellitari per l'e-Government* (coordinatore Fernando Sansò) – Progetto unità locale: *Le reti permanenti GPS regionali per le applicazioni cartografiche e catastali, la prevenzione del rischio idrogeologico e la fornitura di Location Based Services: aspetti metodologici ed indicazioni pratiche per la loro realizzazione, gestione ed impiego* (coordinatore Carla Nardinocchi).

Bibliografia

L. Biagi, M. Crespi, A. Manzino, F. Sansò (2005). "I servizi di posizionamento basati su reti di stazioni permanenti GNSS". *Bollettino della SIFET*, n. 1, 2006 – Invited Paper alla 9ª Conferenza Nazionale ASITA, Catania, novembre 2005

http://w3.uniroma1.it/resnap-gps/index.asp