

Servizi GPS avanzati Network-Based

una rete demo-test per le soluzioni virtual reference station

DI GIORGIO VASSENA

Le tecnologie che vengono presentate nell'articolo che segue daranno un forte contributo nei prossimi anni, nel portare le tecnologie GPS da un ambito professionale ristretto ad un ambito professionale allargato e di soluzioni per tutti. La maturità tecnologica del GPS insieme a quella delle reti di telecomunicazioni, permettono infatti di passare da un uso del GPS personale, ad un uso per così dire di condivisione delle risorse, quindi la disponibilità di servizi avanzati di posizionamento orientati ad un più ampio spettro di applicazioni e di utenti diffusi. L'articolo che segue racconta il primo approccio italiano alle tecnologie VRS attraverso una lettura critica degli aspetti tecnologici e di implementazione del test e attraverso la presentazione dei risultati finali che dimostrano ampiamente la bontà dei risultati.

Da diversi mesi, presso il gruppo di ricerca di Topografia e Rilevamento del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Brescia è in corso uno studio finalizzato ad attivare e osservare le caratteristiche di un servizio di posizionamento GPS in tempo reale per il territorio, con un'invio all'utenza di una correzione differenziale basata su un'informazione *network-based*. La struttura di tale servizio si basa su una rete di stazioni permanenti GPS posizionate a distanze variabili tra i 35 e i 65 Km; tali stazioni inviano, in tempo reale, il segnale GPS acquisito ad una stazione centrale di controllo dove opera un opportuno software che è in grado di mitigare la dipendenza dalla distanza che limita tipicamente la soluzione RTK, mediante la possibilità di produrre modellazioni accurate di effetti ionosferici e troposferici, oltre che di errori orbitali. In tal modo un utente

che opera con un singolo rover GPS all'interno o, come vedremo, leggermente fuori dal poligono composto dalle stazioni permanenti, è in grado di effettuare un posizionamento RTK in tempo reale con accuratezze elevate (in seguito descritte), con tempi di inizializzazione assai ridotti e, soprattutto, senza incorrere nei rari ma presenti errori di tipo grossolano che spesso si osservano nelle operazioni di posizionamento GPS in tempo reale.

Caratteristiche della prova

In primo luogo è necessario chiarire gli obiettivi del demo-test che non sono quelli di verificare il funzionamento dei software che producono la soluzione *network-based*. Il gran numero di installazioni realizzate in tutto il mondo e la numerosa letteratura disponibile sull'argomento, sono una dimostrazione diretta che tali sistemi sono efficaci e vengono apprezzati in molti paesi. Si è voluto piuttosto verificare con mano le problematiche ingegneristiche connesse alla attivazione e gestione di tali servizi di posizionamento, in modo da poterne mostrare alla potenziale utenza ma in particolare agli enti sia istituzionali che eventualmente privati, la reale efficacia, evidenziando i pregi e i difetti di tali procedure di posizionamento, al fine di verificare la possibilità di attivare anche in Italia (uno degli ultimi paesi europei a non aver attivato tali servizi di posizionamento), tali tecnologie.

In tal senso è risultata particolarmente interessante la collaborazione dei ricercatori dell'Università degli Studi di Brescia, con gli ingegneri e i tecnici del centro di competenza per il Rilevamento e la Geomatica del consorzio per la ricerca e l'innovazione tecnologica Inn.Tec, presente presso la Facoltà di Ingegneria, che ha permesso di accedere a competenze informatiche ed elettroniche indispensabili per "dominare" efficacemente i sistemi ma che non fanno parte del bagaglio classico del rilevatore.

Per ultimo si sottolinea come tali servizi di posizionamento in tempo reale non si pongono assolutamente in alternativa e non



Figura 1 - La geometria della rete di stazioni permanenti GPS del servizio di posizionamento lombardo in via di attivazione da parte di IREALP

rendono obsolete le classiche tecniche di posizionamento GPS in modalità statica, organizzate nella misurazione di reti opportunamente progettate e in cui il dato GPS deve essere con attenzione gestito e le reti opportunamente compensate. La tecnica di posizionamento GPS in tempo reale, anche se basata su un'informazione *network-based*, mantiene le caratteristiche tipiche di un posizionamento RTK, in cui in generale la misura non risulta acquisita in modo ridondante, e dunque non risulta adatta in applicazioni come il raffittimento di reti, in cui il risultato della misura GPS deve risultare certificato e determinato con uno schema di misure di tipo ridondante.

Descrizione delle due reti demo-test

Attualmente sul mercato nazionale ed europeo sono disponibili due prodotti software in grado di gestire reti *network-based*. Grazie alla cortese disponibilità dei distributori italiani di tali prodotti, e cioè di Leica Geosystems e Trimble Italia, è stato possibile attivare due reti demo-test, con hardware indipendente e con il software fornito dalle due case.

Anche in questo caso è necessario chiarire che l'obiettivo non è quello di confrontare le due soluzioni, ma piuttosto quello di acquisire esperienza su quali problematiche tecnologiche sono connesse all'attivazione dei servizi, quali indicazioni devono essere seguite nel progetto della rete di stazioni permanenti, verificare e risolvere le problematiche di adattamento dei software e del servizio alla realtà italiana e per ultimo, ma non in ordine di importanza, permettere alle ditte distributrici di tali prodotti di acquisire esperienza sui medesimi per poterli dunque proporre in modo adeguato nel mercato di riferimenti. La rete attivata per Leica Geosystems ha richiesto il temporaneo posizionamento di 5 stazioni permanenti GPS Leica SR530, presso le città di Brescia, Verona, Mantova, Cremona e Milano. Il software messo a disposizione di Leica è il GN-SMART GNSS Network Software prodotto dalla società Geo++[®]. L'idea basilare dell'approccio GNSMART (*GNSS State Monitoring and Representation Technique*) è quella di sfruttare i dati acquisiti dalle stazioni di riferimento appartenenti ad una rete per stimare e rappresentare lo stato delle componenti individuali del contenuto d'errore GPS in tempo reale. Tutte le stazioni della rete vengono elaborate simultaneamente per un'ottimale determinazione dei parametri globali e per aumentare l'affidabilità della soluzione. Il flusso di dati continuo dalle stazioni permanenti sul territorio verso un centro di calcolo consente a quest'ultimo l'elaborazione di modelli di errore che mitigano, all'interno delle maglie della rete di stazioni permanenti, l'effetto degli errori sistematici che affliggono le misure GPS. Poiché le informazioni che descrivono il modello di stato completo non possono essere di norma utilizzate direttamente dal ricevitore mobile, GNSMART è in grado di produrre diversi tipi di rappresentazioni adeguate a specifiche esigenze di trasmissione o requisiti del ricevitore stesso. Tale schema di rete richiede un minimo di 5 stazioni di riferimento. Problemi logistici presso la stazione di Milano hanno purtroppo comportato un ritardo nella realizzazione dei test riguardanti GNSMART, solo ora in via di realizzazione.

La rete attivata con la collaborazione di Trimble Italia, ha invece visto l'attivazione di 4 stazioni GPS composte da ricevitore Trimble 5700 CORS con antenna Trimble Zephyr geodetica, posizionate presso le città di Brescia, Verona, Mantova e Cremona. In tale schema di rete il lato più breve è quello che con-

giunge Verona con Mantova, con una lunghezza pari a 34 Km, mentre il lato più lungo è quello che congiunge Mantova con Brescia di lunghezza pari a 65 KM. Il software installato presso il centro di controllo posizionato presso l'Università degli Studi di Brescia è il GPSNet VRS[®] di Trimble Terrasat GmbH. In tale sistema il ricevitore mobile trasmette la propria posizione approssimata, via NMEA, ad un'unità di calcolo centrale e viene raggiunto da un'informazione *network-based* – data dall'interpolazione delle osservazioni di tutte le stazioni – che simula una stazione di riferimento virtuale posta in prossimità del ricevitore mobile.

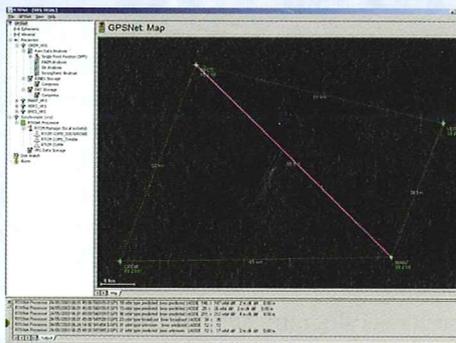


Figura 2 - La schermata del software GPSNet con indicata la mappa della rete demo-test

Tutte le stazioni della rete vengono elaborate simultaneamente grazie al flusso di dati continuo verso il centro di calcolo, che determina una soluzione globale e aggiorna simultaneamente un database di correzioni di influenza regionale, inviabili insieme alla correzione differenziale GPS all'utente mobile in campagna. Nell'approccio di Trimble Terrasat tali correzioni vengono impiegate per creare una stazione di riferimento virtuale (VRS) nella posizione occupata inizialmente dall'utente, il quale interpreta e usa i dati di correzione prodotti dall'intera rete come operando con un'unica stazione fissa, ma su una base di distanza ridotta, aumentando conseguentemente in modo significativo la prestazione rispetto ad un RTK tradizionale. I risultati dell'esperienza realizzata con il software GPSNet VRS[®] sono stati presentati, presso l'aula magna della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Brescia, il giorno 22 settembre 2003. Le presentazioni della giornata sono scaricabili in internet all'indirizzo www.rilevamento.it nel settore "Report giornata VRS".



Figura 3 - Schema generale della geometria delle stazioni permanenti

Più precisamente: sfruttando i dati che in continuo giungono dalla rete territoriale di stazioni permanenti al centro di calcolo (situato anche a notevole distanza dal rover e non necessariamente dotato di antenna GPS), viene creato un file di osservazioni sintetiche in un punto molto prossimo alla posizione del

rover – comunicata da quest’ultimo via NMEA – nel quale in realtà non esiste una stazione master attiva (stazione virtuale). Le osservazioni contenute in questo file si presentano come tipiche osservazioni GPS (simili a quelle che si possono trovare in un file RINEX) già parzialmente depurate dagli errori sistematici di ionosfera, troposfera e di orbita. Il file di osservazione sintetico viene spedito in formato RTCM dal centro di calcolo al rover che si posiziona in single base rispetto alla master virtuale su baseline di pochi metri.

L’attivazione del servizio e la configurazione hardware e software

Una fase di fondamentale importanza per l’attivazione di un servizio “VRS” è la scelta adeguata della geometria e della posizione relativa delle stazioni permanenti e più in generale dei siti in cui posizionare le stazioni GPS medesime. Per ciò che riguarda la geometria della rete, sono in generale da evitare installazioni che prevedano distanze relative tra i ricevitori superiori a 60-70 Km. La casa madre afferma che, non rispettando tali parametri, si osserva un generale decadimento delle accuratezze di posizionamento.

In riferimento alla scelta dei siti, oltre alle normali e ben note attenzioni che devono essere seguite nella materializzazione di stazioni permanenti GPS (stabilità della materializzazione, assenza di disturbi elettromagnetici, visibilità ottimale della volta celeste, ecc...), è indispensabile che sia possibile garantire un ottimo ed efficiente collegamento tra le stazioni permanenti e la centrale di controllo. E’ ancora in via di verifica la possibilità di utilizzare collegamenti internet veloci tramite parabole satellitari; per questa esperienza, al momento, ci si è limitati ad utilizzare collegamenti internet veloci, garantito da servizi ADSL o dalla presenza di nodi di rete internet presso gli enti che hanno ospitato i ricevitori. Un collegamento internet non ottimale provoca delle latenze tali da provocare un frequente blocco del sistema con conseguente inaffidabilità dei risultati del posizionamento.

La struttura che compone le stazioni permanenti è molto semplice. Un ricevitore Trimble 5700 CORS dotato di antenna Zephyr geodetica e un com server che riversa in internet l’output RT17 con campionamento a 1Hz che viene trasmesso dal ricevitore in uscita via seriale. La centrale di controllo è composta da un Personal Computer Pentium IV 2.4 GHz che riceve le informazioni dalle stazioni permanenti sempre via internet, e le invia agli utenti via modem GSM.

ARCHITETTURA HARDWARE DELLA RETE VRS

- Stazione di riferimento

ANTENNA TRIMBLE
ZEPHYR GEODETIC

COM SERVER W&T
HIGH SPEED INDUSTRY
10/100 BASE T



RICEVITORE TRIMBLE
5700 CORS



INTERNET



Figura 4 - Schema tipo delle stazioni permanenti della rete demo-test

Dal lato utente è necessario che l’operatore si doti di un ricevitore GPS in doppia frequenza con firmware opportunamente aggiornato all’utilizzo del servizio VRS e di un modem GSM in grado di chiamare la centrale di controllo.

Produttore	Modello	Firmware	Produttore	Modello	Firmware
Trimble	5700	1.20	Leica	SR500	4.0
	5800	1.0			
	TSC1	7.70	Topcon	Legacy	2.3
	TSCe	10.60			
	Terrasync	2.3			

Figura 5 - Elenco dei ricevitori e/o delle versioni dei software in grado di gestire un collegamento VRS

La comunicazione tra ricevitore “rover” e centrale di controllo è di tipo bidirezionale. Una volta stabilita la connessione tramite telefonia mobile, tra ricevitore GPS rover e la centrale di controllo, il ricevitore rover invia una stringa NMEA alla centrale stessa. A questo punto la centrale di controllo valuta quale delle stazioni permanenti GPS è più prossima al ricevitore in modo da inviare al rover, da tale stazione, un segnale di correzione RTCM. E’ a questo punto che il ricevitore rover può ricalcolare la propria posizione in modo più accurato, in modalità DGPS, inviando nuovamente alla centrale di controllo una stringa NMEA. E’ alla conclusione di questo processo, lungo a descriversi ma praticamente immediato e assolutamente automatico nel suo svolgimento, che il software GPSNet è in grado di generare la Stazione di Riferimento Virtuale.

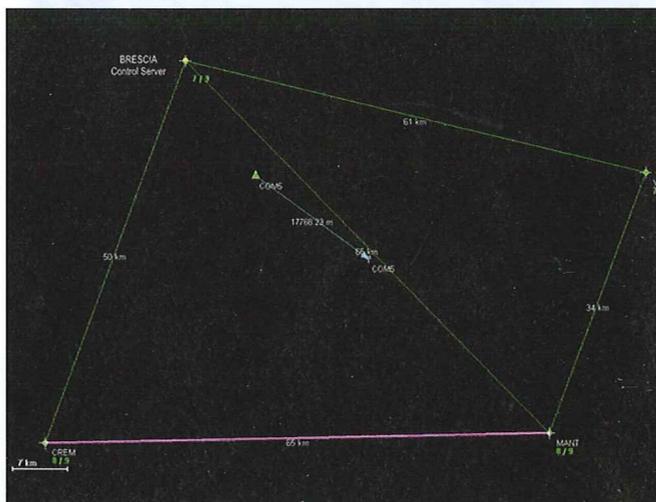


Figura 6 - Schermata del VRS durante una fase di generazione di una stazione virtuale

Le operazioni di test, durate diversi mesi, hanno visto una generazione massima in contemporanea di quattro VRS, non registrando alcuna variazione significativa nelle prestazioni del software né alcun sovraccarico di lavoro da parte del Personal Computer.

L'installazione del software da parte di uno specialista di Trimble ha richiesto poche ore, essendo il software ben ingegnerizzato e numerose e di semplice attuazione sono le regolazioni dei diversi parametri. Nel centro di calcolo possono essere registrati i file RINEX a campionamento di 1Hz provenienti dalle diverse stazioni e in seguito forniti all'utenza che avesse bisogno dei file statici di registrazione. E' inoltre possibile gestire una diversa configurazione di stazioni fisse, al fine di fornire un servizio di correzione differenziale in VRS in modalità DGPS. Per realizzare gli upgrade del software, effettuati durante la fase di test, non c'è stato bisogno di interventi di tecnici specializzati.

I test di accuratezza

Le coordinate delle stazioni fisse sono state calcolate tramite il software *Bernese*, con una combinazione di 6 sessioni giornaliere e ottenendo accuratissime subcentimetriche nelle coordinate stimate nel riferimento ITRF00, in una compensazione a minimo vincolo (il vincolo è stato posto in corrispondenza della stazione di Brescia). E' stato eseguito anche un calcolo delle coordinate dei vertici delle stazioni fisse con collegamento alla rete IGM95.

I test, effettuati utilizzando come ricevitori rover i Trimble 5700 con antenna Zephyr Geodetic e diverse tipologie di modem GSM (Siemens, Falcom e Digicom), sono stati effettuati posizionando l'antenna sempre su treppiede posizionato sul vertice mediante centramento forzato.

I vertici di controllo sono stati materializzati con chiodi cementati, misurati in modalità statica con stazionamenti della durata di 4 ore. Ogni vertice di controllo è stato descritto con una opportuna monografia.

Una parte significativa delle prove in tempo reale è stata dedicata al posizionamento ripetuto su una successione di punti materializzati all'interno della rete, lungo le direzioni delle diagonali del quadrilatero. I test – finalizzati alla valutazione delle prestazioni ottenibili dal sistema in termini di accuratezza, precisione e affidabilità rispetto ad un RTK convenzionale avente Brescia come stazione fissa – sono stati anticipati da una serie di prove preliminari volte alla definizione di alcuni parametri guida utili allo svolgimento successivo; in particolare si è osservata una sostanziale non influenza tra il tempo di stazionamento (mai inferiore a 5 s) e l'accuratezza di posizionamento, che sembra stabilizzarsi rapidamente per stazionamenti di 30 s, per i punti posti all'interno della rete, mentre mostra una leggera dipendenza per i punti di controllo posizionati all'esterno del poligono. L'indagine preliminare ha anche permesso di stabilire il numero minimo di acquisizioni necessario per dare consistenza ad un'analisi statistica dei dati: considerando la numerosità di un campione statisticamente rappresentativo, si è ritenuto sufficiente, su ogni punto rilevato, ripetere la procedura di inizializzazione per 10 volte e, all'interno di ciascun rilievo, acquisire la posizione ripetutamente, per 5 volte, al termine di ogni misura rispettivamente della durata di 5, 15 e 30 secondi. Valutando inoltre l'opportunità di considerare la variazione dello stato della costellazione GPS e delle condizioni atmosferiche (soprattutto l'escursione dell'effetto ionosferico), si è scelto di eseguire almeno due sessioni di misura in condizioni differenti nell'arco di una giornata. Operando nel modo descritto sui punti dell'area di prova, è stato possibile stabilire la variazione di accuratezza e precisione in funzione della posi-



Università degli studi di Brescia
Dipartimento di ingegneria civile
SETTORE TOPOGRAFIA E RILEVAMENTO
Rilevamenti.it



Rete BSGPS03

Rete GPS per la copertura dell'area test sul sistema ITRN

Nome: Mozzanica		Numero: BSCR208	
Dati Regionali			
Regione Lombardia	Provincia BG	Comune Mozzanica	
			
<p>Descrizione <i>centino topografico</i></p> <p>sta 5211 entrare nel paese di Mozzanica e imboccare via Comuni quindi proseguire fino al campo di calcio fuori dal paese</p> <p>Materializzazione</p> <p>centino infisso nella copertura del canale irriguo che affianca il campo da calcio</p>			
Coordinate geocentriche			
BS-ITRF2000		WGS84 - IGM 95	
X (m)	Y (m)	Z (m)	
441621.432	754517.464	4524327.054	
Coordinate geografiche			
BS-ITRF2000		WGS84 - IGM 95	
lat (m)	λ (m / f)	h (m)	
45° 28' 27.4447"	9° 41' 46.4890"	141.805	
Gauss-Boaga			
Coordinate			Parametri
N (m)	E (m)	H (m)	
Note			
Documento interno - Sono vietate la diffusione e la riproduzione non autorizzate			

Figura 7 - Esempio di monografia tipo

zione occupata all'interno della rete e al variare dei parametri ambientali.

Scegliendo come punto rappresentativo il vertice denominato BSMNo24 – situato in posizione centrale della rete, alla distanza di 37 km da Brescia – si osserva che per entrambe le tecniche di misura, l'accuratezza risulta inferiore al centimetro in planimetria; il posizionamento VRS presenta la medesima accuratezza in quota, mentre in RTK lo scostamento medio è di 2.5 cm. La precisione planimetrica si mantiene inferiore a 1.5 cm in VRS, mentre risulta prossima a 2 cm in RTK; in altimetria il VRS appare maggiormente preciso (2.8 cm) della tecnica tradizionale (4.3 cm).

Estendendo l'analisi ai dati raccolti su tutto il poligono interno, lo scenario appare più variegato, mostrando per VRS e RTK in planimetria accuratissime confrontabili, mai superiori a 2 cm, e valori normalmente prossimi a 2.5 cm in quota. Le precisioni – attestate su valori inferiori a 1.5 cm per entrambe le tecniche fino a 25 km dalla stazione di riferimento – si differenziano per distanze superiori, rimanendo invariate per la modalità VRS ed aumentando rapidamente per il posizionamento RTK, superando 3 cm in planimetria e arrivando a 4 cm in quota. Raggiunta la distanza di 45 km, la disponibilità di inizializzazione RTK cessa determinando il limite di portata del sistema.

La performance del servizio viene indagata anche relativamente al tempo necessario per la risoluzione delle ambiguità intere di fase (TTFA) (figura 11), parametro essenziale per giudicare la produttività dell'applicazione. I risultati mostrati nella relativa figura, dove si illustrano i tempi medi di inizializzazione riscontrati sui punti della diagonale Brescia-Mantova,

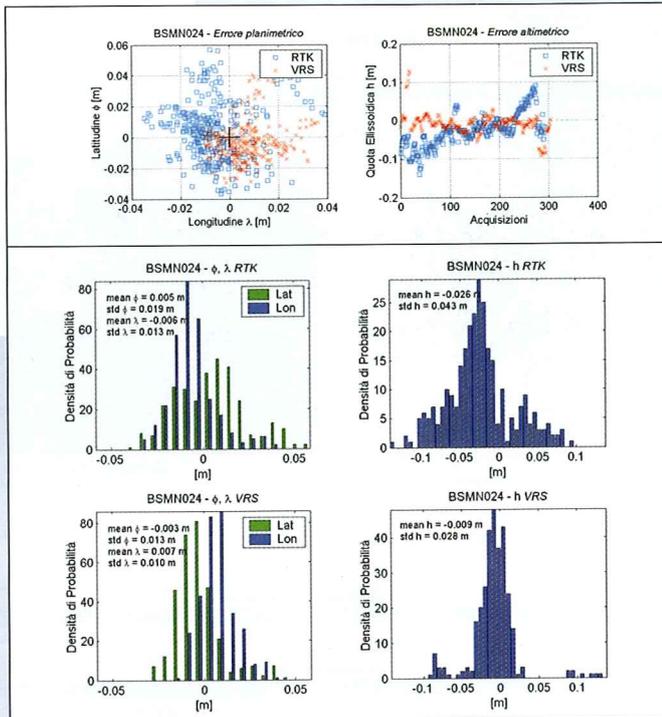


Figura 8 - Errore di posizionamento piano-altimetrico e statistiche per il punto BSMN024.

confermano come l'elevata produttività sia uno degli elementi di forza del sistema VRS: la durata media del processo di risoluzione delle ambiguità di fase appare infatti generalmente inferiore a 25 secondi e comunque non superiore a 45 secondi, indipendentemente dalla posizione all'interno della rete; diversamente, i tempi medi RTK tendono ad aumentare decisamente con la distanza dalla stazione fissa, raggiungendo anche valori superiori a 3 minuti.

Lo stato della costellazione GPS e – in misura minore – la condizione ionosferica (variabile attualmente in modo contenuto a queste latitudini) influenzano significativamente la qualità di posizionamento, come evidenziano i risultati delle due sessioni svolte sul punto BSMN013 (vedi figura 10), la prima al mattino, in presenza di numerosi satelliti e scarsa attività ionosferica, la seconda pomeridiana, contraddistinta da un minor numero di satelliti in vista e in prossimità del culmine ionosferico giornaliero.

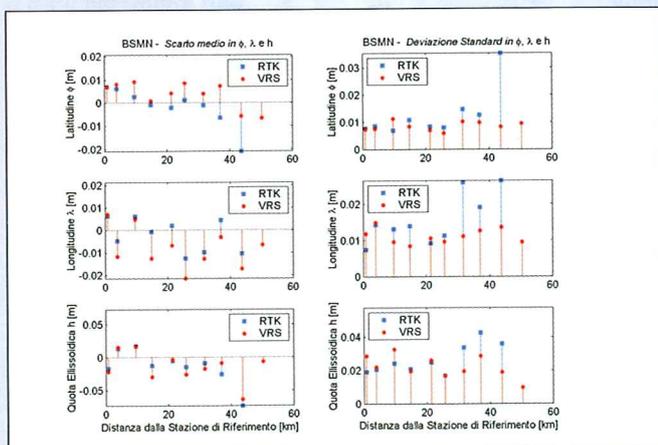


Figura 9 - Accuratezza e precisione di posizionamento sulla diagonale Brescia-Mantova al variare della distanza da Brescia.

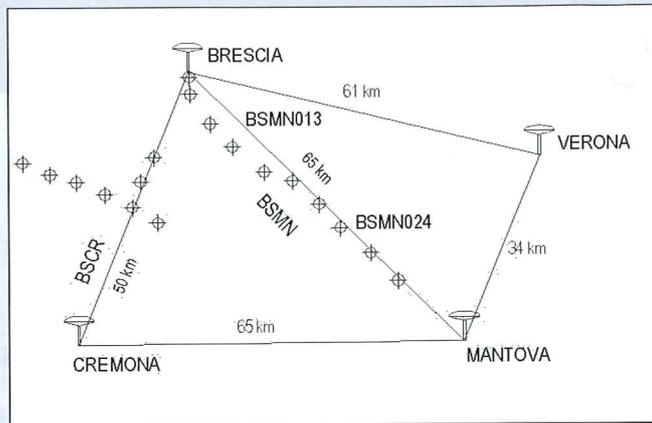


Figura 10 - Schema della rete e dell'area di prova.

Figura 11 - TTFA medi sulla diagonale BSMN.

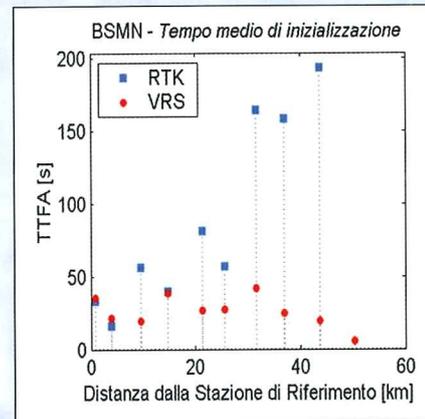
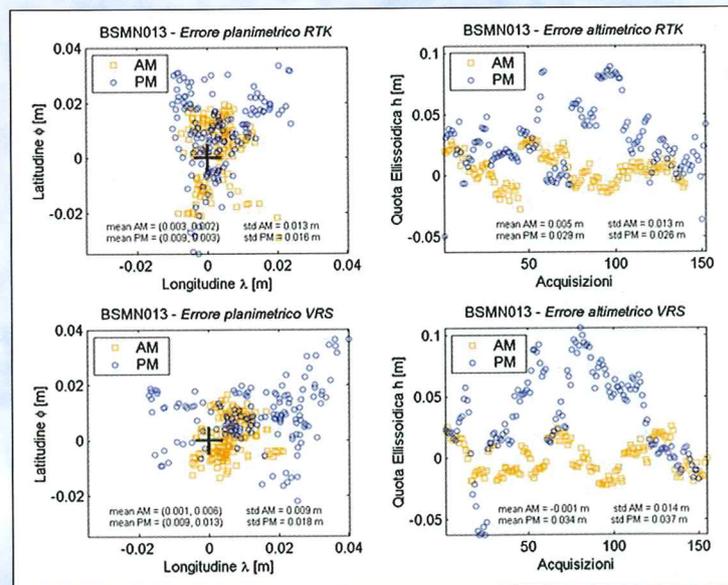


Figura 12 - Errore di posizionamento piano-altimetrico nel punto BSMN013 in due sessioni distinte.



I risultati mostrati sono confermati da un'ulteriore serie di prove, condotta in una zona di confine lungo la congiungente Brescia-Cremona e trasversalmente ad essa e finalizzata a verificare l'affidabilità del servizio in zone di bordo e la «portata» oltre il perimetro della rete. Da tali prove emerge la possibilità di ottenere qualità di posizionamento paragonabili a quelle valutate internamente alla rete, anche allontanandosi più di 20 km da essa, purché si adottino tempi di stationamento di almeno 15 secondi.

Considerazioni conclusive

L'attivazione del demo-test ha permesso di osservare la sorprendente stabilità di un servizio basato su concetto VRS. Il sistema risulta ben gestibile sia dal lato server che dal lato utente. Non è stato ovviamente possibile verificare la funzionalità del sistema per un numero elevato di utenti e per reti composte da numerose stazioni permanenti. La grande affermazione all'estero di sistemi di ampie dimensioni dovrebbe però garanti-

re il buon funzionamento anche laddove siano impiegate più stazioni e si debba soddisfare una maggiore utenza.

L'aspetto più critico e problematico rimane al contrario quello di garantire il continuo flusso di dati dalle stazioni fisse GPS alla centrale di controllo. Nella nostra esperienza si sono impiegati normali collegamenti internet; sono ancora in corso esperimenti per verificare l'efficacia di collegamenti internet utilizzando servizi satellitari.

I risultati qui descritti sono stati realizzati a partire da una rete di stazioni fisse della medesima casa produttrice del software (Trimble). La rete è risultata funzionante anche impiegando ricevitori di altre marche (in particolare Leica). In tal caso non è stato però verificato se l'utilizzo di "hardware" misto sia gestito dal software in modo ottimale o se ciò comporti un decadimento delle accuratèzze di posizionamento.

Infine va ricordato come la tecnica VRS, pur mitigando, per quanto da noi verificato, l'occorrenza di sgradevoli errori grossolani purtroppo presenti con maggiore frequenza nella tecnica RTK, non elimina i limiti del posizionamento in tempo reale, e cioè la mancanza di misure ridondanti nel posizionamento. Devono essere dunque definite delle opportune procedure perché tale tecnica possa venire impiegata in modo diffuso in sicurezza.

A seguito dei risultati ottenuti dopo svariati mesi di test, ci sentiamo di affermare che le tecniche di posizionamento GPS in tempo reale basate su un approccio *Network based* avranno in breve tempo un sicuro sviluppo, e che a breve, enti regionali e provinciali, importanti società impegnate nella costruzione di importanti manufatti di ingegneria (linee ferroviarie, autostrade), accederanno a tali servizi di posizionamento o ne proporranno l'attivazione.

Ringraziamenti

Un ringraziamento in particolare ai membri del gruppo di topografia dell'Università degli Studi di Brescia, veri artefici della rete demo-test qui descritta. In particolare si ringraziano gli ingegneri Roberto Cantoni, Massimo Gelmini, Carlo Lanzi e Giuseppe Stefini.

Un ringraziamento inoltre a Trimble Italia Srl e Leica Geosystems Italia per aver messo a disposizione la strumentazione hardware e software per l'esecuzione del test qui descritto (Trimble Italia) e per quello ancora in via di esecuzione (Leica Italia).

Si ringraziano inoltre l'ufficio cartografico della provincia di Brescia (ing. Trebeschi) per avere messo a disposizione alcuni ricevitori GPS di propria proprietà e per la collaborazione alle operazioni di test, l'AGSM di Verona (ing. Cavattoni), il Comune di Verona (geom. Pellegrini), il Collegio dei Geometri di Verona (geom. Pasqualini), il Polo di Cremona (ing. Pinto) e il Polo di Mantova (arch. Fregonese) del Politecnico di Milano, l'ASI di Mantova (Ing. Bonazzi) per aver ospitato le stazioni permanenti GPS e/o collaborato alle operazioni di test.

Un ringraziamento infine ai tesisti Dario Cucchi, Costante Bonacina e Matteo Manenti che si sono applicati con dedizione alla progettazione ed esecuzione dei test qui descritti.

Ulteriori informazioni riguardanti i test sono reperibili presso il sito www.rilevamento.it o contattando direttamente il centro di competenza sul Rilevamento e la Geomatica del consorzio Inn.Tec. all'indirizzo e-mail: sgrenzaroli@topotek.it.

Autori

GIORGIO VASSENA

Professore di topografia presso l'Università degli Studi di Brescia, Dipartimento di Ingegneria Civile, via Branze 38, - 25123 Brescia

tel. +390303715516 fax. +39.030.3715503

e-mail giorgio.vassena@unibs.it URL: www.rilevamento.it

Bibliografia

GELMINI M., C. LANZI, G. STEFINI, G. VASSENA (2003), *Esempi applicativi e modalità del servizio di posizionamento GPS in tempo reale, all'interno della prima rete demo-test italiana del software GPSNet Trimble-Terrasat*, in Atti della VI Conferenza Nazionale ASITA, Verona, 28-31 ottobre 2003.

LANDAU H., U. VOLLATH., X. CHEN (2002), *Virtual Reference Station Systems*, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 1, No. 2, pp. 137-143.

LANZI C., M. GELMINI, A. TREBESCHI, G. VASSENA (2002), *Progetto Brescia GPS: esperienze preliminari e problematiche di installazione di una stazione GPS permanente*, in Atti della 6° Conferenza Nazionale ASITA, Perugia, 5-8 novembre 2002, vol. II, pp. 1367-1372.

TALBOT N., G. LU, T. ALLISON, U. VOLLATH (2002), *Broadcast Network RTK - Transmission Standards and Results*, Proceedings of ION GPS 2002, 24-27 September 2002, Portland, Oregon, USA, pp. 2379-2387.

VASSENA G., R. CANTONI, C. LANZI, G. STEFINI (2002), *GIS And DGPS Via Web: The GIS On Line Of The Everest National Park*, in via di pubblicazione negli atti della conferenza internazionale Advances In Infrastructure For E-business, E-education, E-science, And E-medicine On The Internet, L'Aquila (Italy), 29 luglio - 4 agosto 2002.

VASSENA G., R. CANTONI, C. LANZI, G. STEFINI (2002), *Trasmissione del segnale di correzione differenziale GPS attraverso Internet: applicazioni e potenzialità del metodo*, in Atti della 6° Conferenza Nazionale ASITA, Perugia, 5-8 novembre 2002.

VOLLATH U., H. LANDAU, X. CHEN (2002), *NETWORK RTK - Concept and Performance*, Proceedings of the GNSS Symposium, Wuhan, China, November 2002.

LANDAU H., U. VOLLATH, A. DEKING, C. PAGELS (2001), *Virtual Reference Station Networks - Recent Innovation by Trimble*, Paper presented at the GPS meeting, Tokio, Japan, November 2001.

LANZI C., G. VASSENA (2001), *Sperimentazione e prime applicazioni di rilievi GPS in modalità RTK finalizzate all'installazione di un servizio di stazione permanente per il territorio*, in Atti Della V Conferenza Nazionale Asita, Ottobre 2001.

LANZI C., G. VASSENA, C. SMIRAGLIA (2001), *Metodologia di utilizzo integrato di strumentazione Gps e di dati cartografici per lo studio dell'evoluzione dei DEM di apparati glaciali*, in Atti Della V Conferenza Nazionale Asita, Ottobre 2001.

VOLLATH U., A. DEKING, H. LANDAU, C. PAGELS (2001), *Long Range RTK Positioning using Virtual Reference Stations*, Proceedings of ION GPS 2000, September 2000, Salt Lake City, Utah, USA.

VOLLATH U., A. DEKING, H. LANDAU, C. PAGELS, B. WAGNER (2000), *Multi-base RTK Positioning using Virtual Reference Stations*, Proceedings of ION GPS 2000, September 2000, Salt Lake City, Utah, USA.