

Applicabilità e attendibilità di ricevitori basso costo per scopi cinematici con l'utilizzo di correzioni di rete

C. Porporato, A. Cina, A. Manzano

Dipartimento dell'Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Geotecnologie- DITAG, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi, 24, 10129, Torino, Italia, +39011. 564.7687/7630/7675; +39011.564.7699, (chiara.porporato/alberto.cina/ambrogio.manzino)@polito.it

Riassunto

Lo studio condotto valuta quali siano le potenzialità del posizionamento GNSS cinematico per scopi di navigazione stradale in termini di precisioni, rendimento e affidabilità impiegando differenti ricevitori e analizzando i risultati sia in tempo reale che in post processing. Per il tempo reale si analizzano e comparano gli effetti dell' *augmentation* dovuti ad una rete di stazioni permanenti e all'uso della correzione EGNOS. Le campagne di misura hanno coperto differenti percorsi cinematici in ambiente urbano perché potessero essere abbastanza rappresentative di due città, Vercelli e Torino, nelle quali gli alti edifici e i viali fortemente alberati ostacolano in tutto o in gran parte la ricezione del segnale. Per consentire un confronto immediato dei risultati è stata impiegata una stessa antenna posta sul veicolo, connettendo ad essa ricevitori singola e doppia frequenza.

Abstract

The aims of the study is to investigate accuracy, performance, reliability of the continuous kinematic acquisition with different receivers using network differential corrections and to evaluate the limits that the GPS permanent station network could present. Survey campaigns were realized in two different kinematic ways in urban area using single and two frequencies receivers and using different acquisition methodologies. In each case a splitter was used to link the GPS instruments with an antenna put outside of the car. This paper highlights the results obtained from the experiments carried out.

Introduzione

Si sono condotte due prove test cinematiche svolte in ambiente urbano nelle città di Vercelli e di Torino, percorrendo strade di diversa tipologia, a velocità generalmente impiegate e consentite in città, con un veicolo sul quale era montata un'antenna a doppia frequenza connessa contemporaneamente a ricevitori di diverso tipo. La prima prova, eseguita a Vercelli, aveva l'obiettivo di valutare le potenzialità dell'acquisizione in modalità cinematica continua su vari tipi di ricevitori e testare il beneficio dell'applicabilità delle correzioni di rete anche su ricevitori a basso costo. La seconda prova è stata condotta a Torino per studiare un altro ambito urbano e per valutare i benefici dell' *augmentation* apportato da EGNOS. Di tale prova, ancora in fase di elaborazione, si riporteranno solo i risultati più significativi. Occorre innanzitutto premettere che il risultato ottenuto non è generalizzabile perché dipende grandemente dal grado di urbanizzazione e dalla porzione di orizzonte celeste visibile: in altre città i risultati sarebbero fortemente diversi.

Alcuni autori, (Kyle O'Keefe 2001), hanno studiato, per il posizionamento RTK, la probabilità di fissaggio all'interno di canyon urbani simulati al fine di raggiungere in precisioni submetriche.

Gli stessi hanno analizzato in simulazione i benefici ottenibili dall'uso di due o tre costellazioni satellitari. Tali benefici sono molto modesti nel posizionamento RTK, a causa della cattiva conformazione satellitare, ma potrebbero essere sufficienti per scopi legati alla precisione metrica.

La tendenza costruttiva vede i nuovi ricevitori meno sensibili agli ostacoli non completamente ostruttivi, come lo sono invece gli edifici urbani; il miglioramento andrà associato a quello previsto per i futuri nuovi codici che prevedono una ricezione migliore. Ove non si richieda la precisione

centimetrica, si prevede in futuro risultati soddisfacenti anche in zone fortemente vegetate, come i viali alberati delle nostre città. In ogni caso la soluzione più promettente è quella di abbinare il sensore satellitare ad altri sensori come accelerometri, giroscopi, odometri ecc. Da due anni Case come Javad o Novatel hanno inserito questi sensori nei ricevitori geodetici. Recentemente anche per ricevitori di bassissimo costo si è orientati nella stessa direzione. La Ditta SiRF abbina nel sensore SiRFDiRect, accelerometri ed inclinometri di basso costo. La Ditta Honeywell, nel sistema miniaturizzato DRM4000 include, oltre al GPS, tre accelerometri, tre giroscopi, un altimetro barometrico ed un magnetometro, nonché un filtro di Kalman interno per l'integrazione dei vari sensori (GPS World July 2007, pag. 27). Per gli scopi che ci siamo prefissati in questo lavoro il budget per l'acquisto di questi ricevitori non deve superare i 2000€. Negli esperimenti si sono impiegati ricevitori geodetici più costosi per ottenere le traiettorie di riferimento.

Test in ambiente urbano a Vercelli

Tale prova è avvenuta con due viaggi consecutivi, entrambi in percorsi urbani (Figura 1). Si è scelta una configurazione di percorso test caratterizzata dalla presenza di palazzi e di viali alberati perché l'esperimento risultasse rappresentativo di una situazione tipica urbana e poter, così, affrontare le condizioni più critiche e realistiche per il tracciamento dei satelliti GPS in un percorso in città.

Nel primo percorso sono stati utilizzati tre ricevitori: Leica 1230 (geodetico) in modalità RTK e Magellan Mobile Mapper CE (singola frequenza) in modalità DGPS e un SiRF II (ricevitore di codice del costo di circa 30€), in modalità Stand Alone. Sia il ricevitore geodetico che il SiRF II hanno permesso di memorizzare i dati cinematici per il post-processamento. Il ricevitore geodetico è stato utilizzato anche nel secondo viaggio in modalità RTK assieme ad un ricevitore Garmin (GPSMAP76) impiegato in modalità DGPS.

In ogni prova si è fatto ricorso ad uno splitter (Figura 2) per collegare i ricevitori ad una sola antenna, quella doppia frequenza del ricevitore geodetico, posta sul veicolo, in modo da consentire un semplice confronto con riferimento al centro di fase dell'unica antenna. Per tale prova si è posta particolare attenzione per comprendere a quali dei ricevitori servisse un'antenna elettricamente alimentata e a quali fosse sufficiente il segnale radiofrequenza, al fine di evitare ritorni di corrente tra due qualsiasi ricevitori connessi alla stessa antenna. Allo scopo si sono utilizzati alcuni filtri che hanno impedito il passaggio dell'alimentazione continua. Per poter condurre valutazioni sulle precisioni che caratterizzano i dati provenienti dalle prove si è considerata "traiettoria vera" quella ottenuta, in entrambi i casi, dal trattamento cinematico post processato, riferito al BAM dell'antenna impiegata, del ricevitore geodetico.

Acquisizione ed elaborazione dati

Dei ricevitori Magellan e Garmin si sono registrate le posizioni corrette (DGPS) secondo il protocollo standard di navigazione NMEA da cui viene estratto ed analizzato il messaggio \$GGA, Global Positioning System Fixed Data, che contiene l'informazione di posizionamento e altre informazioni ad essa relativa. Per il ricevitore SiRF II è stato possibile generare file Rinex, nella versione 2.1 ed elaborare tali dati in post processamento.

Il post processamento dei dati dei ricevitori geodetico e del SiRF II è stato condotto utilizzando il software LGO (LEICA Geo Office) di Leica Geosystems.

Il dato di riferimento di sufficiente precisione per essere assunto come riferimento per le analisi e i confronti è stato determinato con una compensazione cinematica dei dati grezzi in doppia frequenza del ricevitore Leica 1230 adottando come stazione master la stazione permanente di Vercelli.

I confronti condotti riguardano le coordinate ottenute dai dati Leica post processati (denominati con la sigla PPK) con quelle post processate ottenute dai dati SiRF II e con quelle RTK Leica. Le coordinate Leica PPK sono state confrontate con quelle derivanti dal ricevitore Magellan Mobile Mapper CE e con quelle del ricevitore Garmin GPSMap76, entrambi in modalità DGPS.

Si sono esaminate le differenze rilevabili nel posizionamento del centro di fase della antenna definito dagli strumenti alla stessa epoca di acquisizione. Si sono, cioè, messe a confronto le

coordinate del centro di fase della sola antenna impiegata acquisite contemporaneamente dai differenti strumenti ad essa collegati.

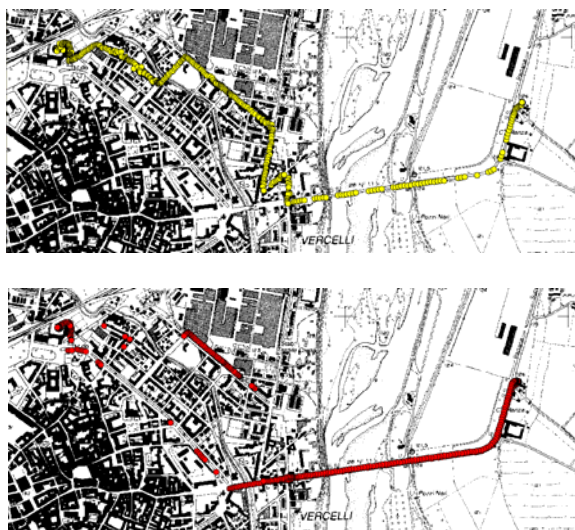


Figura 1: Schema del percorso svolto nella prima (gialla) e nella seconda (rossa) prova. Nel grafico i punti acquisiti sono riportati sulla carta tecnica regionale (1:10000). Le lacune nei dati sono determinate dalla presenza di palazzi e viali a tratti alberati



Figura 2: Splitter impiegato nelle prove per collegare tre ricevitori ad una sola antenna

Risultato di riferimento	Risultato a confronto	M[ΔE] [m]	$\sigma \Delta E$ [m]	M[ΔN] [m]	$\sigma \Delta N$ [m]	M[Δh] [m]	$\sigma \Delta h$ [m]
Leica PPK	SiRF II PPK	1.21	2.57	-0.23	2.24	-0.45	6.83
Leica PPK	Garmin DGPS	-0.19	2.84	0.30	2.28	-0.80	2.08
Leica PPK	Magellan DGPS	0.18	0.44	0.43	0.52	-0.12	1.68
Leica PPK	Leica RTK	0.00	0.10	0.01	0.10	-0.03	0.31

Tabella 3: Valori delle medie e degli sqm nelle posizioni ottenute con i diversi ricevitori

Nella Tabella 3 sono riassunti schematicamente i risultati dei confronti eseguiti in termini di Media e σ (scarto quadratico medio) valutati per le differenze in E, N, e h: il ricevitore SiRF II fornisce valori di σ metrici sulle differenze in E, N, e h; dello stesso ordine di grandezza del ricevitore Garmin, ma superiori a quelle fornite dal ricevitore Magellan.

	Prima prova			Seconda prova	
	Leica	Magellan	SiRF II	Leica	Garmin
% fix	57	100	70	49	96
% float	43	-	30	51	4

Tabella 4: Valutazione del fissaggio dell'ambiguità di fase

Vista la diversità delle informazioni sui dati provenienti dal Magellan e dal Garmin che devono essere posti a confronto con i dati del Leica e del SiRF II, si è proceduto ad allineare fra loro i dati in funzione dell'epoca di acquisizione e si è calcolato il vettore delle differenze nelle tre coordinate (ΔE , ΔN , $\Delta P = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$ e Δh). Su questi valori sono state svolte delle elaborazioni dal cui esame sono emerse alcune considerazioni che sono sinteticamente riassunte nei grafici di Figura 6 a) e b).

Primo percorso: confronto fra Leica e Magellan

Assieme ai ricevitori Leica e Magellan è stato impiegato il ricevitore di codice SiRF II: le epoche di acquisizione dei tre strumenti presentano, quindi, una buona sovrapposizione.

Analizzando i valori di ΔP e Δh rappresentati nel grafico di Figura 6 a) in funzione delle epoche, si può dedurre come gli scostamenti maggiori si verificano quando l'ambiguità non è fissata. Un altro parametro che viene preso in esame è il valore di Horizontal Dilution Of Precision (HDOP) che è presente nel messaggio GGA dei NMEA del Magellan.

L'analisi dell'andamento dei valori di ΔP e Δh in funzione dei valori di HDOP fornisce indicazioni significative per quanto riguarda il ricevitore Magellan. In presenza di valori alti e discontinui del coefficiente HDOP si localizzano i picchi più considerevoli delle differenze in P e h.

Primo percorso: confronto fra Leica e SiRF II

Nel confronto fra i dati del SiRF II e del Leica PPK sono stati determinati i vettori differenza nelle tre coordinate per poterli comparare con quelli del Magellan, benché fossero a disposizione i valori di σE , σN e σh forniti dal processamento dei dati.

In Figura 6 b) sono riportati i valori ottenuti. Per il SiRF-II, dall'analisi delle epoche in cui si ha il fissaggio dell'ambiguità, non è possibile dedurre alcuna considerazione significativa dal momento che l'andamento delle differenze fra le coordinate non presenta tendenze marcate. Analogamente, non è possibile desumere considerazioni sull'andamento delle differenze di posizione in funzione del valore dell'HDOP.

Potendo sovrapporre i dati acquisiti con i differenti ricevitori, per la contemporaneità di acquisizione, risulta evidente come i dati forniti dal Magellan siano più "affidabili" e presentino un andamento più continuo. Esaminando la Tabella 4 si nota il differente comportamento dei tre ricevitori impiegati in termini di fissaggio dell'ambiguità.

Secondo percorso: confronto fra Leica e Garmin

Il secondo tragitto a Vercelli (Figura 1) ha permesso il confronto del ricevitore geodetico con il ricevitore Garmin, collegati alla stessa antenna. Si è valutato l'andamento degli scostamenti (P, h) a epoche corrispondenti per i due ricevitori, in considerazione del fissaggio dell'ambiguità di fase e anche del valore del HDOP desunto dal messaggio GGA del NMEA del Garmin.

Come già verificato per il Magellan, anche il Garmin fornisce valori di ΔP e Δh con picchi più marcati in corrispondenza delle epoche in cui l'ambiguità non è fissata. In Tabella 5 si possono esaminare i valori percentuali di fissaggio o meno dell'ambiguità sulla totalità dei dati acquisiti: considerando che il Garmin acquisisce ogni due secondi e che il dato del ricevitore Leica è molto frammentato, si raggiunge un valore del 48% di valori fix per il Leica a fronte del 96% del Garmin.

Confronto Leica PPK con Leica RTK

La compensazione cinematica PPK del ricevitore geodetico è stata confrontata con i dati RTK dello stesso ricevitore allineando epoca per epoca i dati sulle differenze su E, N, (P) e h.

I valori di ΔP e Δh si discostano maggiormente dal valore medio in corrispondenza degli intervalli di epoche in cui non si ha il fissaggio (vedi Tabella 3).

	Leica PPK	Leica RTK	Leica RTK con soglia
% Fix sul totale di epoche	78	53	46
% Float sul totale di epoche	22	23	-

Tabella 5: Percentuali sui dati Leica

In Tabella 5 sono riportati i valori percentuali Leica PPK e Leica RTK con riferimento al numero totale 2787 delle epoche acquisite. Si ha il 76% (=53% di fix+ 23% di float) di misure RTK sulla totalità delle epoche in cui, di contro, si ha il 100% in PPK. Ponendo una soglia (5 cm in E e N e 8 cm in h) sui valori di sqm dei dati RTK fix, la percentuale dei dati fix si riduce al 46%.

Test in ambiente urbano a Torino

È stato eseguito un ulteriore test di acquisizione cinematica in RT nella città di Torino impiegando il ricevitore geodetico Leica, per avere un dato di riferimento, e 3 ricevitori SiRF utilizzati, rispettivamente, per il posizionamento EGNOS, per quello DGPS e per quello SA. Da questa prova è emerso che la qualità del dato con correzione EGNOS non è migliore di quella fornito dal SiRF II in DGPS. Il confronto è stato effettuato considerando i valori di media e sqm sulle differenze in E, N e h relativi, per entrambi i SiRFII, al dato Leica PPK (Tabella 6).

Risultato di riferimento	Risultato a confronto	MΔE [m]	σΔE [m]	MΔN [m]	σΔN [m]	MΔh [m]	σΔh [m]
Leica PPK	SiRF II DGPS	-0,23	1,03	0,10	0,83	0,73	1,57
Leica PPK	SiRF II EGNOS	0,02	1,18	0,65	1,79	1,85	3,21

Tabella 6: Valori percentuali delle correzioni SiRF II DGPS e SiRF II EGNOS

La correzione EGNOS risulta difficilmente applicabile in ambiente urbano. La percentuale relativa ai dati EGNOS sulle acquisizioni riguarda tratti poco urbanizzati (Tabella 7).

Conclusioni

Le prime prove realizzate hanno permesso di verificare come, pur fornendo il ricevitore Garmin dati di precisione maggiore rispetto al ricevitore SiRF, lo scostamento non è tale da decretare la scelta del primo rispetto al secondo. Si è anche constatato che, per raggiungere precisioni maggiori di quelle ottenibili con questi due ricevitori, è necessario ricorrere a strumenti economici ma di fascia più alta come il ricevitore Magellan.

Le analisi evidenziano la necessità di impiegare le correzioni differenziali per ottenere la precisione richiesta dalla navigazione e la difficoltà di applicare la correzione EGNOS in ambiente urbano.

Infine, vista l'esigenza di definire la posizione del veicolo con una buona precisione, si fa evidente la necessità di accoppiare i ricevitori GPS con odometri e giroscopi per poter stimare con l'impiego del filtro di Kalman la posizione del veicolo in base alla informazione di posizione ottenuta dal GPS e alla predizione delle successive posizioni fornita dagli altri sensori.

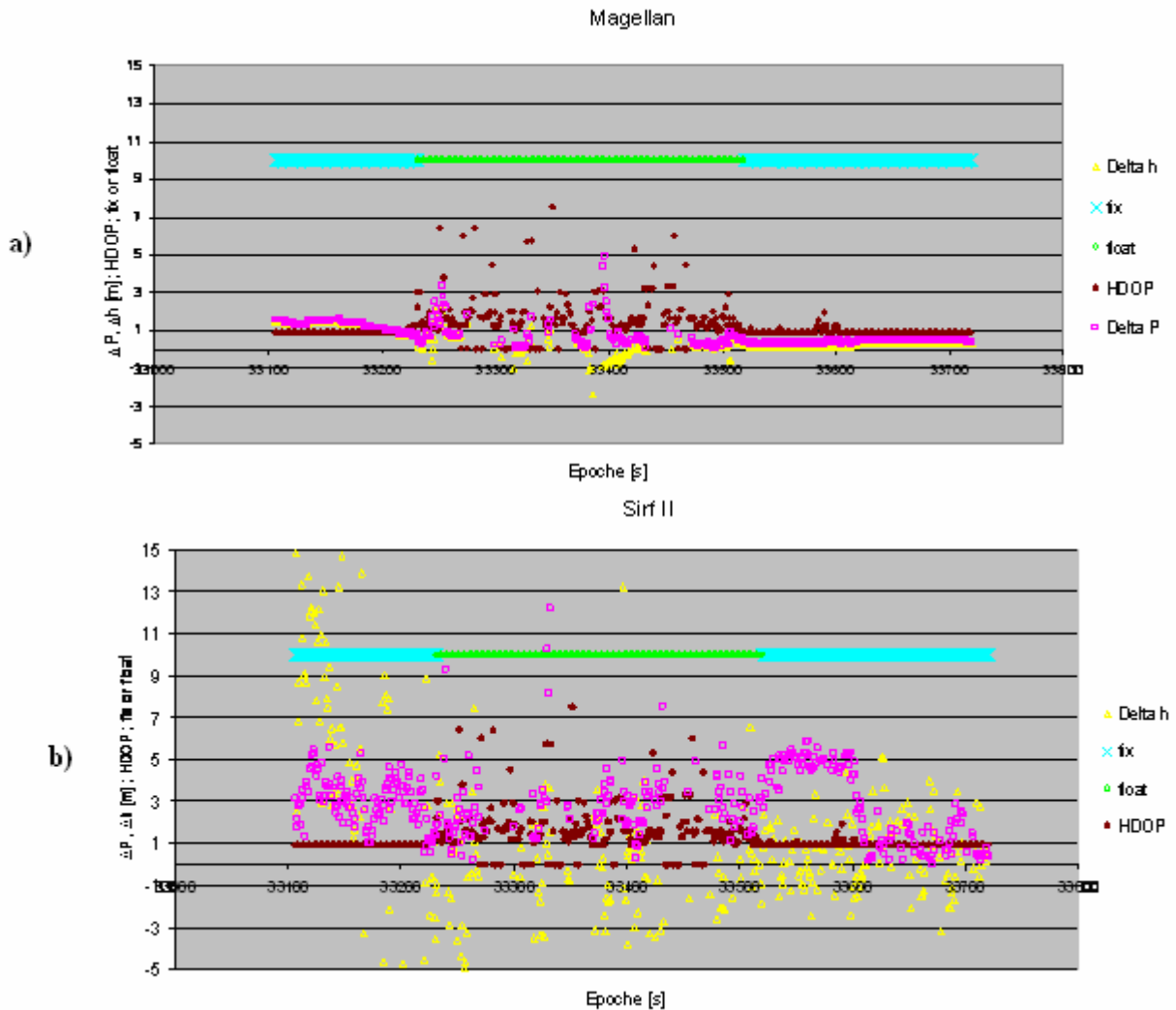


Figura 6: a) Elaborazioni dei dati del Magellan e del Leica PPK b) Elaborazioni dei dati del SiRF-II e del Leica PPK Nei grafici a e b in corrispondenza delle linee di colore ciano i dati presentano ambiguità fissata, mentre in corrispondenza della linea verde i dati sono di tipo float. In magenta è rappresentato il coefficiente HDOP

Ricevitori	N° di acquisizioni totali	N° correzioni applicate	%
SiRF II DGPS	4109	3952	96.18
SiRF II EGNOS	4199	715	17.03

Tabella 7: Valori percentuali delle correzioni SiRF II DGPS e SiRF II EGNOS

Bibliografia

- Alberto Cina, 2000, GPS: Principi, modalità, tecniche di posizionamento, CELID
- Kyle O'Keefe 2001, Evaluation of GALILEO, GPS and Combined System Performance through Simulations ENGO 699.74 Presentation Department of Geomatics Engineering <http://www.acs.ucalgary.ca/~kpgokeef/pubs/ENGO69974notes.pdf>
- Gerein N., Olynik M., Clayton M., Auld J., Murfin T. (2005) *NovAtel's Galileo Test Receiver ION GNSS 18th Technical Meeting of the satellite division*, 13-16 sept 2005 pagg. 1871-1877
- Zimmermann F., Haak T., Hill Ch. (2005) *Galileo System Simulation Facility* http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo/ESA_Galileo_GSSF.pdf
- Alanen K., Wirola L., Käppi J., Syriärinne J. (2006) Mobile RTK using low-cost GPS and Internet-Enabled Wireless Phones. *Inside GNSS May-June* pagg. 32-39.