

GOGPS: UN SOFTWARE PER NAVIGARE VINCOLATI A LINEE E SUPERFICI

Lisa PERTUSINI, Eugenio REALINI, Mirko REGUZZONI

(*) DIAR - Politecnico di Milano, Polo Regionale di Como - via Valleggio 11 - 22100 Como,
Tel. ++39-0313327557 - Fax ++39-0313327519 -
E-mail lisa.pertusini@mail.polimi.it, eugenio.realini@polimi.it, mirko.reguzzoni@polimi.it

Riassunto

L'utilizzo di ricevitori GPS si sta diffondendo sempre più in diverse fasce di mercato anche grazie all'integrazione di chipset di basso costo in diversi dispositivi, quali telefoni cellulari, palmari, computer portatili, ecc. Il crescente interesse nei confronti dei servizi di localizzazione individuale (LBS – Location Based Services) e delle applicazioni di e-government contribuisce a stimolare la ricerca verso una sempre maggiore precisione nel posizionamento utilizzando ricevitori a basso costo in grado di processare un solo codice e una sola fase.

Il raggiungimento di tale obiettivo è attualmente perseguito non solo mediante innovazioni tecnologiche, che portano inevitabilmente ad un aumento dei costi, ma anche cercando di ottimizzare il processamento dei dati disponibili attraverso nuovi algoritmi di calcolo.

In questo lavoro presentiamo alcuni esperimenti di navigazione effettuati mediante un software (goGPS) implementato in modo da integrare dati grezzi GPS con informazioni derivate da stazioni permanenti e da vincoli di percorso (es. reticolo stradale) o vincoli di superficie (es. DTM).

I risultati ottenuti mostrano che l'uso di goGPS in condizioni di buona ricezione del segnale permette di stimare la traiettoria planimetrica di ricevitori a basso costo con un'accuratezza dell'ordine del decimetro. L'ausilio del DTM migliora significativamente il posizionamento in quota.

Abstract

The use of GPS receivers is spreading in several market segments, thanks to the integration of low-level chipsets into various devices, such as mobiles, PDAs, laptops, etc. The increasing interest in LBS (Location Based Services) and e-government furthers research towards better positioning precision by using low-cost receivers that are able to process only one code and one phase.

At present this objective is pursued not only by means of constant technological innovations, that necessarily cause a cost increase, but also trying to optimize available data processing through new computation algorithms.

Here some navigation experiments are shown, made by a software (goGPS) that can manage raw GPS data together with information derived by permanent stations and either path constraints (e.g. road network) or surface constraints (e.g. DTM).

The results show that by using goGPS it is possible to estimate the 2D position of low-cost receivers with an accuracy of some decimetres. By exploiting DTM information the altitude positioning significantly improves.

1. Introduzione

Questo lavoro si focalizza sull'implementazione in ambiente MATLAB di un nuovo software (goGPS) in grado di processare dati grezzi GPS in modalità differenziale rispetto ad una rete di stazioni permanenti. GoGPS è in grado di elaborare sia misure di codice (C/A, P) che misure di fase (L1, L2), adattandosi ai dati forniti dai diversi strumenti. Esso applica un filtro di Kalman (Grewal

et al., 2001) che agisce direttamente sulle osservazioni GPS stimando le posizioni istante per istante, sulla base di un modello dinamico a velocità o ad accelerazione costante (Brovelli et al., 2007). Il posizionamento è supportato opzionalmente da vincoli di percorso, al momento limitati ad anelli chiusi composti da un numero qualunque di nodi. Inoltre per ovviare alla minor accuratezza in quota, è stata introdotta all'interno del filtro la possibilità di sfruttare l'informazione derivante da un modello digitale del terreno (DTM), considerata come un'ulteriore osservazione. I parametri del filtro sono facilmente modificabili dall'utente per adattarlo alle diverse modalità di navigazione. L'informazione altimetrica è stata ottenuta da un DTM LiDAR con risoluzione di 2 metri ed accuratezza media di 30 centimetri, fornito dalla Regione Lombardia, Settore Sistema Informativo Territoriale.

2. Sperimentazione

Sono stati eseguiti esperimenti utilizzando diversi mezzi di trasporto ed in differenti condizioni di degradazione/occlusione del segnale GPS. Sono stati utilizzati un ricevitore geodetico (Leica GPS1200) e due ricevitori di basso costo dotati di chipset u-blox ANTARIS4. Di questi ultimi uno fornisce dati solo in formato NMEA (eBonTek eGPS597), mentre l'altro è in grado di restituire in output le osservazioni grezze (evaluation kit u-blox AEK-4T). GoGPS è pensato per lavorare in tempo reale su dispositivi portatili, ricevendo istante per istante i dati dalle stazioni permanenti via RTCM 3.0 tramite una connessione a Internet ed i dati grezzi dai ricevitori su una porta COM (USB, bluetooth, etc.). Tuttavia ai fini di questo lavoro si è deciso di operare in modalità post-processing (utilizzando l'informazione derivata da file RINEX), in quanto la versione real-time è ancora in fase di test.

3. GoGPS per il posizionamento di precisione

La prima prova effettuata consiste nella valutazione dell'accuratezza di posizionamento ottenibile utilizzando ricevitori di basso costo in condizioni ottimali (buona visibilità del cielo). Il ricevitore eBonTek e l'evaluation kit u-blox sono stati installati su un carrello spinto manualmente lungo il perimetro di un campo di calibrazione rettangolare.

L'accuratezza degli strumenti è stata valutata in base agli scarti di ogni punto rispetto al perimetro (i cui vertici sono noti con precisione centimetrica in quanto misurati con il ricevitore Leica GPS1200 in modalità statico-rapido).

I risultati ottenuti tramite il software goGPS, con e senza l'informazione DTM, sono riportati rispettivamente in Figura 1 e Figura 2; la traiettoria stimata in contemporanea lungo lo stesso percorso dal ricevitore eBonTek è illustrata in Figura 3. In queste figure e in tutte quelle che seguiranno le posizioni stimate dai dati del ricevitore GPS sono riportate come una sequenza di punti, mentre la traiettoria di riferimento è rappresentata con una linea continua.

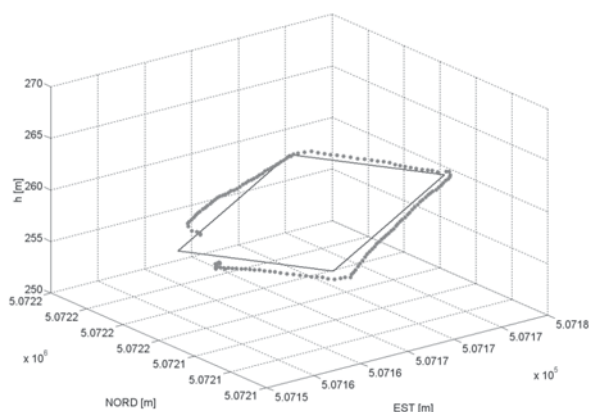


Figura 1: stima delle posizioni con goGPS senza l'ausilio del DTM.

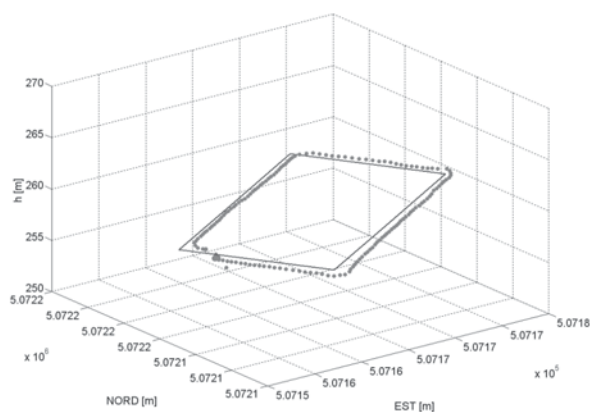


Figura 2: stima delle posizioni con goGPS con l'ausilio del DTM.

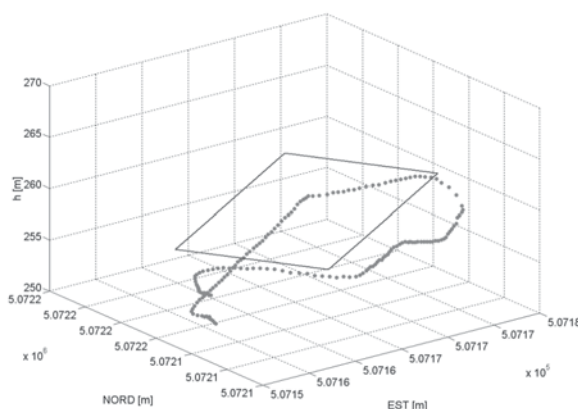


Figura 3: stima delle posizioni con il ricevitore eBonTek.

Per completezza sono confrontate anche le traiettorie in planimetria (EST, NORD) stimate con i due ricevitori e rispettivi algoritmi di processamento dati. I risultati sono riportati in Figura 4 (goGPS senza l'ausilio del DTM) e in Figura 5 (eBonTek). L'introduzione del DTM non modifica significativamente la soluzione planimetrica di goGPS, pertanto la figura corrispondente non è riportata.

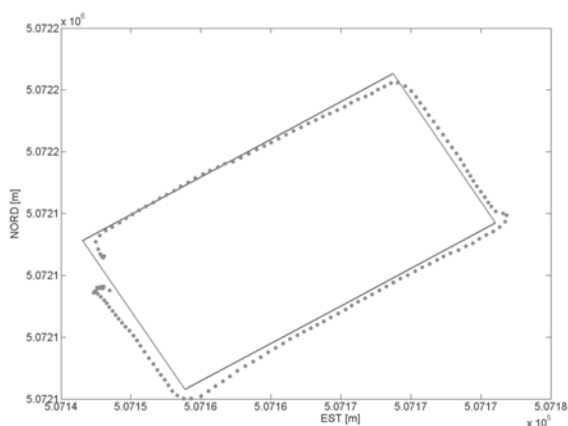


Figura 4: stima delle posizioni con goGPS (planimetria).

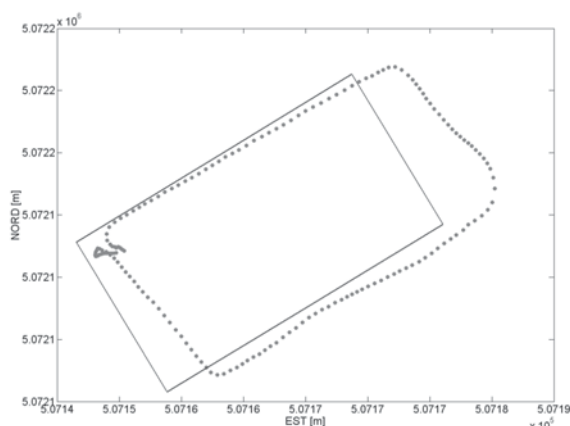


Figura 5: stima delle posizioni con il ricevitore eBonTek (planimetria).

Si può notare come la soluzione fornita da goGPS segua più fedelmente la traiettoria di riferimento sia in planimetria che in quota rispetto alla soluzione fornita dal ricevitore eBonTek. Questo può essere attribuito prevalentemente all'uso delle doppie differenze rispetto alla stazione permanente di Como, facente parte della Rete di Stazioni Permanenti della Regione Lombardia (Biagi et al., 2006), che consente di eliminare gli errori sistematici dovuti ai ritardi atmosferici (cfr. Figure 4,5). Inoltre occorre sottolineare come un'opportuna scelta dei parametri del filtro di Kalman, solitamente non modificabili nei ricevitori commerciali, abbia permesso a goGPS di adattarsi meglio alle caratteristiche specifiche di questo esperimento. Il ricevitore eBonTek è infatti progettato per una navigazione a medio-alta velocità, come quella degli autoveicoli (cfr. i risultati ottenuti nel paragrafo 4).

Per valutare da un punto di vista quantitativo le differenze tra i due ricevitori è stata calcolata la distanza tra ogni punto stimato e la sua proiezione ortogonale sulla traiettoria di riferimento sia nel caso tridimensionale che in quello planimetrico. Sono state quindi calcolate le statistiche riportate in Tabella 1.

Campo di calibr. (3D)	goGPS	goGPS con DTM	eBonTek597
media [m]	1.059	0.749	4.987
minimo [m]	0.274	0.079	2.100
massimo [m]	2.208	1.313	8.420
std [m]	0.477	0.224	1.624

Campo di calibr. (2D)	goGPS	goGPS con DTM	eBonTek597
media [m]	0.649	0.732	1.835
minimo [m]	0.071	0.049	0.043
massimo [m]	1.361	1.360	5.633
std [m]	0.305	0.225	1.453

Tabella 1: statistiche relative alle prove sul campo di calibrazione.

4. GoGPS in ambito urbano

La navigazione in ambito urbano, o comunque in condizioni di scarsa visibilità del cielo o di bassa qualità del segnale ricevuto, necessita lo sfruttamento di tutta l'informazione disponibile affinché, pesando in modo opportuno i diversi livelli di degradazione del segnale, si riesca ad ottenere un posizionamento il più possibile preciso.

Non essendo possibile utilizzare ricevitori professionali, pensati per effettuare posizionamenti di precisione in condizioni di buona visibilità del cielo, gli esperimenti sono stati eseguiti esclusivamente con ricevitori dotati di chipset a basso costo. Come riferimento è stato utilizzato il reticolo stradale fornito da TeleAtlas, dopo aver verificato che il ricevitore Leica a doppia frequenza non forniva un numero sufficiente di punti da consentire un confronto lungo tutto il percorso (Figure 6,7). Sono state effettuate prove lungo un percorso nel centro storico di Como nelle tre seguenti modalità: senza l'ausilio di dati esterni, aggiungendo l'informazione di quota ottenuta dal DTM, introducendo un vincolo tridimensionale derivante dal reticolo TeleAtlas.

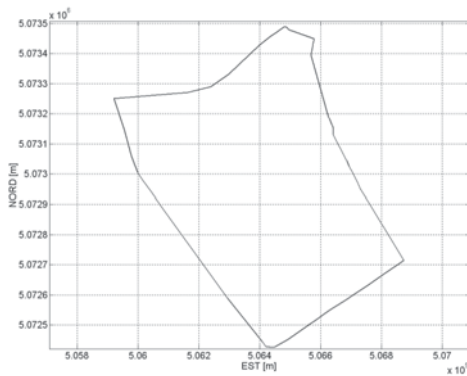


Figura 6: riferimento stradale TeleAtlas.

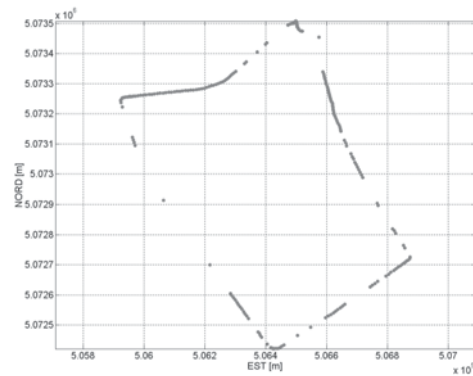


Figura 7: posizionamento ottenuto con il ricevitore Leica a doppia frequenza.

4.1. Posizionamento senza vincoli

La traiettoria stimata utilizzando goGPS (Figura 8) risulta comparabile a quella ottenuta con il ricevitore eBonTek (Figura 9), così come le statistiche degli errori riportate in Tabella 2 (prima e terza colonna).

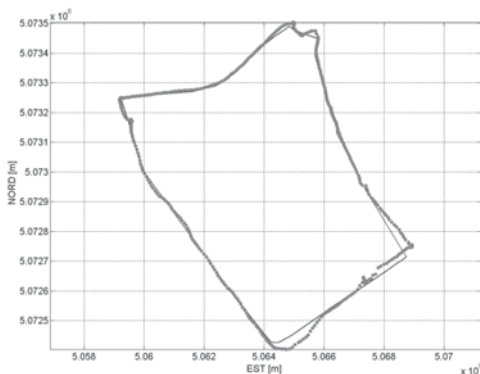


Figura 8: traiettoria stimata con goGPS libero da vincoli.

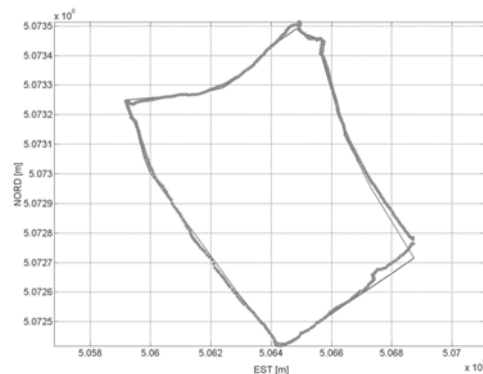


Figura 9: traiettoria stimata con il ricevitore eBonTek.

Nel caso di goGPS l'utilizzo di un modello dinamico a velocità costante all'interno del filtro di Kalman fa sì che la traiettoria stimata si adatti lentamente alle brusche variazioni di direzione (vertice sud del percorso in Figura 8). Questo effetto può essere ridotto utilizzando un modello ad accelerazione costante (Brovelli et al., 2007).

4.2. Posizionamento vincolato al DTM

L'introduzione di un "vincolo di superficie" migliora considerevolmente la stima della traiettoria in tre dimensioni, mentre lascia sostanzialmente invariato l'errore in planimetria (cfr. Figure 10,11,12 e Tabella 2).

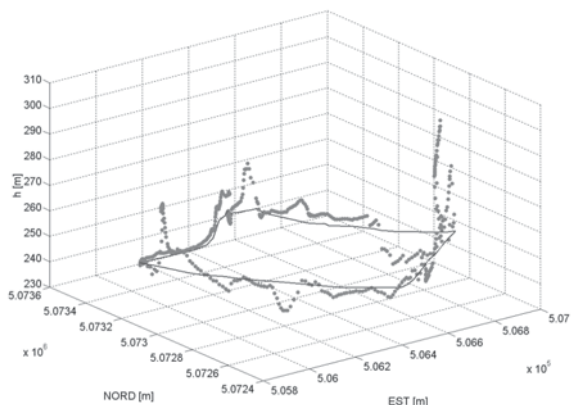


Figura 10: traiettoria 3D ottenuta con goGPS senza l'ausilio del DTM.

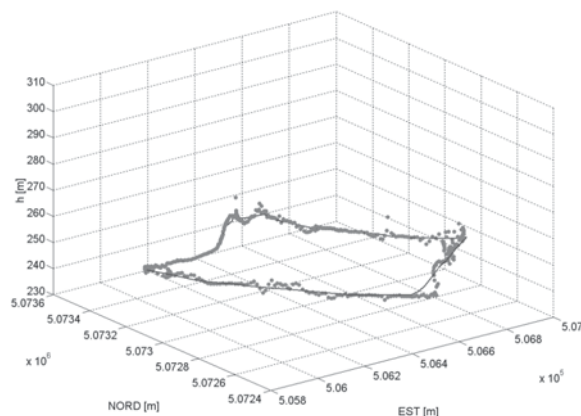


Figura 11: traiettoria 3D ottenuta con goGPS con l'ausilio del DTM.

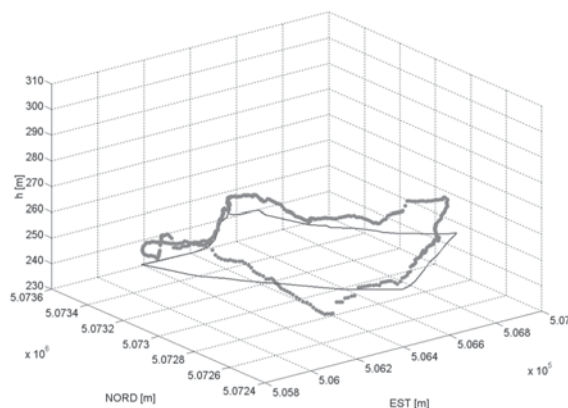


Figura 12: traiettoria 3D ottenuta con il ricevitore eBonTek.

Percorso stradale (3D)	goGPS	goGPS con DTM	eBonTek597
media [m]	11.732	8.761	11.558
minimo [m]	0.100	0.042	1.146
massimo [m]	49.429	42.213	37.565
std [m]	10.612	9.116	8.321
Percorso stradale (2D)	goGPS	goGPS con DTM	eBonTek597
media [m]	8.054	8.640	9.418
minimo [m]	0.010	0.016	0.021
massimo [m]	37.101	42.159	36.866
std [m]	8.109	9.151	8.819

Tabella 2: statistiche relative alle prove su strada.

4.3. Posizionamento vincolato al reticolo stradale

Il software goGPS permette anche di vincolare la soluzione ad una linea tridimensionale, rappresentata nel caso specifico dalla porzione del reticolo stradale TeleAtlas.

I risultati di tale navigazione vincolata sono rappresentati nelle Figure 13 e 14, mentre non sono riportate statistiche in quanto i punti stimati giacciono sul percorso di riferimento.

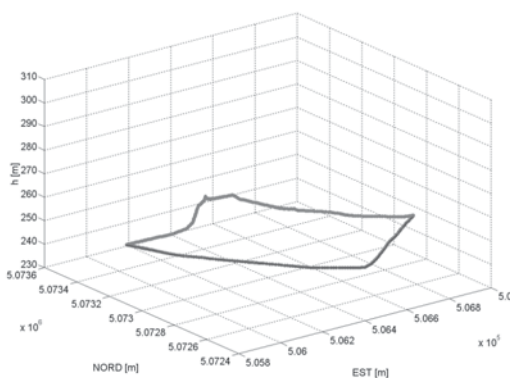
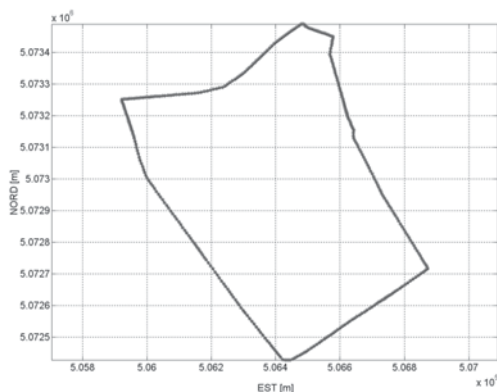


Figura 13: traiettoria 2D ottenuta con goGPS vincolato al reticolo stradale
 Figura 14: traiettoria 3D ottenuta con goGPS vincolato al reticolo stradale.

5. Conclusioni

GoGPS permette di migliorare le prestazioni dei ricevitori a basso costo appoggiandosi ad una rete di stazioni permanenti e adattando i parametri del filtro di Kalman alle specifiche modalità di navigazione. Il software consente buone prestazioni anche in condizioni di scarsa ricezione, soprattutto se supportato da informazioni esterne quali DTM o reticoli stradali. Tra gli sviluppi futuri sono previsti lo sfruttamento dell'osservazione doppler e la possibilità di navigare su qualunque grafo stradale e non solo su un circuito chiuso predefinito.

6. Bibliografia

Biagi L., Sansò F., et al. (2006). *Il servizio di posizionamento in Regione Lombardia e la prima sperimentazione sui servizi di rete in tempo reale*. Bollettino SIFET, 3, pp. 71-90.

Brovelli M.A., Realini E., Reguzzoni M., Visconti M.G. (2007). *Comparison of the performance of medium and low level GNSS apparatus, with and without reference networks*, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XXXVI, part 5/C55, pp. 54-61.

Grewal M.S., Andrews A.P. (2001). *Kalman Filtering, Theory and Practice Using MATLAB*. Wiley and sons, New York.

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. (2001). *GPS - Theory and Practice*. Springer-Verlag Wien, New York.

Hofmann-Wellenhof B., Legat K., Wieser M. (2003). *Navigation, Principles of Positioning and Guidance*. Springer-Verlag Wien, New York.

Sansò F. (2006). *Navigazione geodetica e rilevamento cinematico*. Polipress, Milano.