

QUALITÀ DEI SISTEMI DI LOCALIZZAZIONE INDIVIDUALE IN AMBITO URBANO: ALCUNI ESEMPI.

Maria A. BROVELLI (*), Alberto GRAZIOLI (*), Eugenio REALINI (**), Daniele SAMPIETRO (*)

(*) Politecnico di Milano – Polo Regionale di Como, via Valleggio 11 22100 Como Italy, tel: ++39-031332-7557,

(**) Politecnico di Milano – Polo Regionale di Como, via Valleggio 11 22100 Como Italy, tel: ++39-031332-7537,
fax: ++39-0313327519, email: eugenio.realini@polimi.it web: <http://geomatica.como.polimi.it/>

Riassunto

I sistemi di posizionamento globale possono trovare impiego a supporto della mobilità di non vedenti e ipovedenti. Un esempio applicativo è il sistema progettato dall'ESA con il contributo della Organizzazione Nazionale Spagnola Ciechi (Organisacion Nacional de los Ciegos de España - ONCE) che integra ricevitori GNSS, telefoni di nuova generazione e un computer centrale che su internet GIS segue gli spostamenti della persona in tempo reale, comunicando ostacoli e fornendo indicazioni di percorsi tramite un sintetizzatore vocale. Progetti simili sono EasyWalk, finanziato dalla Regione Piemonte e ENTER (Enabling Navigation Throughout Environmental Routes) della Fondazione Politecnico.

Poiché l'ambito di interesse è prevalentemente urbano, situazione nella quale i sistemi di posizionamento potrebbero avere problemi connessi all'occlusione del segnale, sono state eseguite delle sperimentazioni per verificare la qualità delle misure ottenibili con strumenti GNSS di medio livello (Leica GS20) e basso livello (eBonTek eGPS 597, Garmin GPS60 e TomTom).

I test eseguiti mostrano forti variazioni dei risultati a seconda del tipo di ricevitore: gli strumenti di basso livello, utilizzando tutto il segnale disponibile a prescindere dalla sua qualità, consentono il posizionamento pressoché in ogni condizione di visibilità ma con forti riduzioni dell'accuratezza, viceversa lo strumento di medio livello, non consentendo il posizionamento in condizioni di scarsa visibilità del cielo, mantiene una buona accuratezza.

Abstract

Global positioning systems can be used to support the mobility of blind people, especially in urban environments. An example of such applications is the system designed by ESA with the contribution of the Spanish National Organization of the Blind (Organisacion Nacional de los Ciegos de España - ONCE) that integrates GNSS receivers, the latest generation of mobile phones and a central computer that follows the movements of the person in real-time by internet GIS. Similar projects are EasyWalk, funded by Piemonte Region, and ENTER (Enabling Navigation Throughout Environmental Routes) by Fondazione Politecnico.

Since the field of interest is predominantly urban, situation in which positioning systems can have significant problems due to signal obstruction, some tests were performed in order to evaluate the quality of the observations that can be obtained by using medium (Leica GS20) and low level (eBonTek eGPS 597, Garmin GPS60 and TomTom) GNSS devices.

The tests show significant fluctuations of the results depending on the device: low level ones use all the available signal regardless of its quality, therefore they allow positioning in nearly any visibility condition, at the cost of a reduction of the positioning accuracy. Vice-versa the medium level device does not allow the positioning in bad visibility conditions, maintaining in this way a good accuracy.

Premessa (obiettivi e strumentazione)

Gli obiettivi della ricerca comprendono la valutazione della possibilità di effettuare posizionamento GNSS per la navigazione in ambiente urbano e una prima valutazione della possibilità di navigazione indoor, in particolare sono state considerate tre condizioni di visibilità del cielo rappresentative della casistica possibile in ambito cittadino: visibilità nulla (navigazione indoor), visibilità scarsa (presenza di edifici alti e strade strette) e visibilità buona (edifici di altezza variabile e strade larghe). In particolare al fine di valutare in termini pratici la qualità delle osservazioni effettuate sono stati considerati i seguenti aspetti:

1. percentuale di osservazioni sicuramente errate (ad es.: osservazioni in ambiente indoor posizionate all'esterno dell'edificio o viceversa);
2. valutazione della bontà del posizionamento in quota (tramite confronto con DSM);
3. ricerca di un indice in grado di correlare la visibilità del cielo (ottenuta a partire dal DSM) con l'accuratezza delle misure.

Le osservazioni sono state acquisite utilizzando quattro ricevitori GNSS di medio-basso livello (ricevitori non professionali pensati esclusivamente per la navigazione e ricevitori professionali non geodetici) le cui principali caratteristiche, desunte dalle rispettive schede tecniche, sono riassunte in tab. 1.

Ricevitore	Antenna / GNSS chip	Segnale	Canali	Accuratezza dichiarata
<i>Leica GS20</i>	Leica AT501	L1 C/A	12	40 cm (DGPS)
<i>Garmin GPS 60</i>	Quad-Helix	L1 C/A	12	<15 m
<i>eBonTek eGPS 597</i>	Atmel ANTARIS 4	L1 C/A	16	2.5 m (stand-alone)
<i>TomTom</i>	SiRF Star III	L1 C/A	20	5 m (stand-alone)

Tab. 1: ricevitori GNSS

Per ogni ricevitore sono state memorizzate in tempo reale le sentenze NMEA, che permettono di ottenere posizione planimetrica, quota, numero di satelliti utilizzati e HDOP istante per istante, tramite i software nTripper (su cellulare) e VisualGPS (su palmare e computer portatile).

Al fine di valutare la qualità del posizionamento sono stati utilizzati un DTM e un DSM della città di Como ottenuti da misure laser scanning da aereo (fornito dalla Regione Lombardia, a partire da un rilievo eseguito dalla CGR - Compagnia Generale Ripresearee) con risoluzione planimetrica di 2 m x 2 m.

Come software per la visualizzazione e l'analisi dei dati sono stati invece utilizzati GRASS 6.2.2 e OpenJUMP.

Prove

Le prove pratiche sono state effettuate seguendo percorsi sia all'interno di edifici, sia nei piccoli canyon urbani del centro storico della città di Como (città murata), tipici di molte città italiane, sia nelle aree a minore densità urbanizzata, rappresentate dalle zone di più recente costruzione. In particolare i percorsi indoor e all'interno del centro storico sono stati necessariamente eseguiti a piedi, mentre per la terza tipologia di percorso ci si è avvalsi dell'utilizzo di un'autovettura.

Al variare della tipologia di percorso è stato necessario utilizzare strumenti differenti: la navigazione indoor è stata effettuata con il solo eBonTek, essendo l'unico ricevitore caratterizzato da un'elevata sensibilità al segnale GNSS (tecnologia SuperSense progettata appositamente per la navigazione indoor). Per il rilevamento a piedi in città murata sono stati usati solo i ricevitori

eBonTek e Garmin, in quanto il Leica non riesce ad ottenere un segnale sufficientemente buono per posizionarsi, mentre il TomTom fornisce stime solamente se si supera una velocità di movimento calibrata per gli spostamenti in automobile. Infine la navigazione in auto in condizioni di buona visibilità è stata effettuata con tutti gli strumenti.

Le prove indoor sono state eseguite all'interno di vari edifici della città di Como: il Duomo, il mercato coperto, la biblioteca (su due piani), una tendocopertura in PVC allestita temporaneamente in una piazza in riva al lago, due chiese (Basilica di S. Fedele e Basilica del S.S. Crocifisso) e un edificio di tre piani all'interno della città murata. E' opportuno notare che gli edifici considerati hanno caratteristiche diverse tra loro, alcuni, come il Duomo, il S.S. Crocifisso, il mercato coperto o la biblioteca non sono contigui a nessun altro edificio, bensì posizionati in spiazzi relativamente ampi, mentre altri sono incastonati nel centro storico. Inoltre gli edifici presi in esame presentano una grande variabilità di materiali e tipologie strutturali (ampie vetrate, numero di piani, eccetera).

Il secondo percorso si sviluppa per un totale di circa 9 km ed esemplifica la condizione di scarsa visibilità del cielo dovuta alla presenza di edifici anche molto elevati, mediamente più di 7 m, e di strade pedonali di larghezza compresa tra 3 e 8 m. Il tragitto consiste in una maglia semi-regolare composta da tratte che si incrociano perpendicolarmente e che coprono l'intera città murata, percorrendo le sue vie parallele in direzione Nordovest–Sudest e Nordest–Sudovest, come mostrato dalla linea continua in fig. 1.



Fig. 1: esempio di percorso nella città di Como. Linea continua: condizione di scarsa visibilità del cielo; linea tratteggiata condizione di buona visibilità del cielo.



Fig. 2: esempio di canyon urbano all'interno del centro storico di Como.

Il terzo tragitto, della lunghezza di 6 km, è stato rilevato per tre volte montando i ricevitori a bordo di un'autovettura e muovendosi in una zona di recente costruzione con edifici di altezza variabile e strade più larghe di 15 m (condizione usuale di utilizzo dei navigatori GNSS commerciali).

Risultati

Per quanto riguarda i risultati ottenuti nelle prove indoor si nota una grande dipendenza dalla tipologia di edificio in esame: per edifici con muri in sasso, spessi e con poche finestre si riscontra la perdita completa del segnale appena varcata la soglia d'ingresso, contrariamente in edifici isolati, con ampie aperture vetrate o con coperture con basso spessore (PVC, vetro, legno...) la qualità del posizionamento è comparabile, almeno per quanto riguarda il numero di satelliti utilizzati e gli

indici di posizionamento plano-altimetrici (HDOP e VDOP), con quella in condizione di scarsa visibilità del cielo. Per valutare praticamente un primo indice rappresentativo dell'accuratezza di queste osservazioni è stato possibile solamente analizzare il numero di osservazioni acquisite effettivamente entro il perimetro dell'edificio e il numero di satelliti utilizzati per ogni osservazione (tab. 2).

Per quanto riguarda le prove effettuate con scarsa/buona visibilità del cielo i dati raccolti sono stati in primo luogo filtrati utilizzando un DSM normalizzato (ottenuto sottraendo il DTM dal DSM), in modo da individuare gli edifici e poter escludere dall'analisi le osservazioni sicuramente errate in quanto posizionate su di essi. In tab. 2 sono riportate le percentuali di punti eliminati (si ricorda che l'assenza di alcuni valori deriva dall'impossibilità di utilizzare alcuni strumenti in certe condizioni, come già dettagliato in precedenza).

Ricevitore	Visibilità nulla	Visibilità scarsa	Visibilità buona
<i>Leica GS20</i>	/	/	3.2 %
<i>Garmin GPS 60</i>	/	33.7 %	16 %
<i>eBonTek eGPS 597</i>	41.1%	29.6 %	8.9 %
<i>TomTom</i>	/	/	13.7 %

Tab. 2: percentuali di punti scartati

Come ci si aspettava il numero di osservazioni scartate perché palesemente inesatte è inversamente proporzionale alla visibilità del cielo, inoltre per quanto riguarda le misure indoor bisogna sottolineare che anche quelle potenzialmente corrette presentano evidenti imprecisioni (fig. 3).



Fig.3: esempi di osservazioni indoor (punti) rispetto ai percorsi realmente seguiti (linea).

A causa dell'impossibilità di usare un ricevitore geodetico in condizioni di scarsa o nulla visibilità del cielo non è stato possibile avere un riferimento per calcolare delle statistiche sugli errori planimetrici. Pertanto, ci si è limitati a valutare l'accuratezza del posizionamento verticale delle osservazioni considerando le quote rilevate dagli strumenti e confrontandole con quelle derivate dal DTM. In tab. 3 e 4 sono riportate alcuni indici statistici relativi alle misure nel centro storico.

Ricevitore	Media [m]	Mediana [m]	Minimo [m]	Massimo [m]	Deviazione st. [m]
eBonTek	-6.97	-5.97	-42.10	5.84	7.34
Garmin	-4.27	-5.22	-39.53	13.67	10.98

Tab. 3: statistiche relative alla differenza tra DTM e quote osservate (condizione di scarsa visibilità)

Ricevitore	Media [m]	Mediana [m]	Minimo [m]	Massimo [m]	Deviazione st. [m]
eBonTek	-4.54	-3.02	-42.40	33.44	11.37
Garmin	-2.40	-2.44	-15.62	19.86	5.75
TomTom	-10.53	-9.44	-39.36	21.39	10.10

Tab. 4: statistiche relative alla differenza tra DTM e quote osservate (condizione di buona visibilità)

Per tutte le distribuzioni si nota come in media le quote ricavate da osservazioni GNSS risultino essere maggiori rispetto a quelle ottenute dal DTM. Nelle figura seguente sono invece rappresentate le percentuali di osservazioni suddivise per numero di satelliti e nuovamente per condizione di visibilità del cielo.

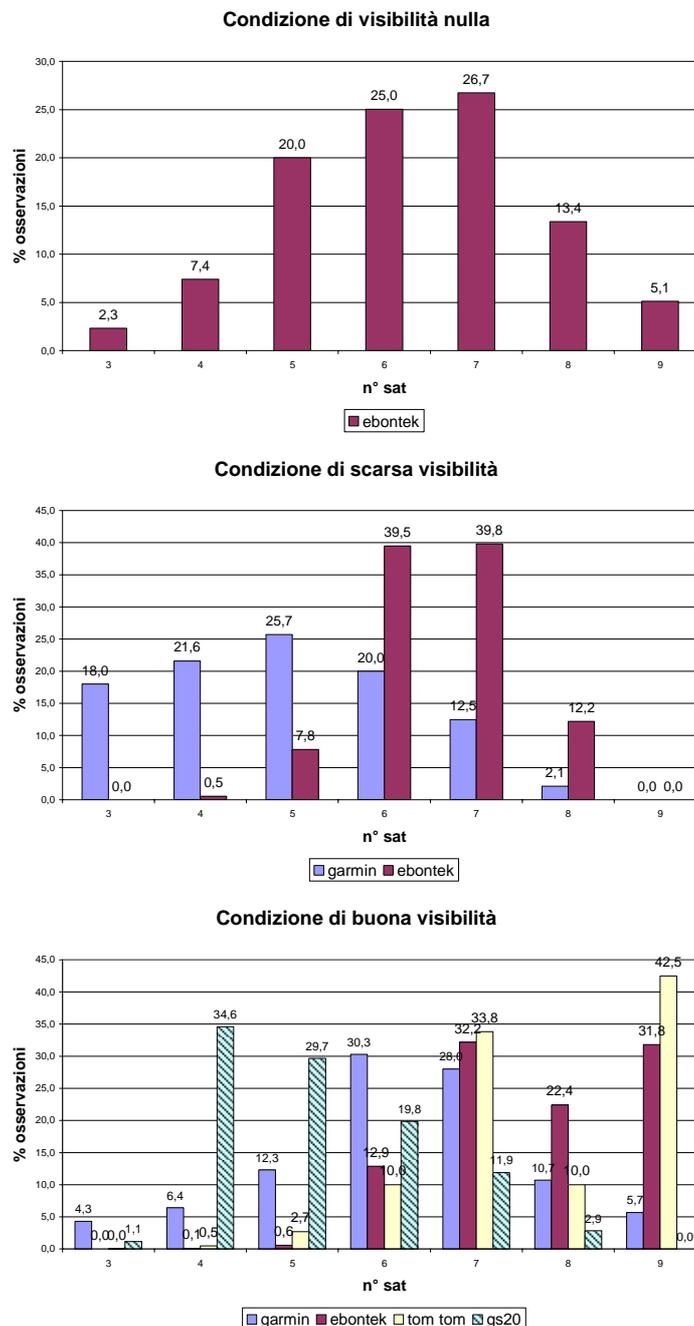


Fig. 4: percentuali di satelliti utilizzati

Dagli istogrammi si può dedurre che, in condizioni di scarsa/buona visibilità, il numero di satelliti utilizzati cresce all'aumentare della visibilità del cielo. La configurazione satellitare, in caso di ricevitori *indoor-capable*, sembra invece essere scarsamente legata al fatto di trovarsi all'interno o all'esterno di un edificio e dipendere in modo sostanziale dal numero di satelliti visibile nella zona. Al fine di valutare la possibilità di stabilire una correlazione tra la visibilità del cielo e la qualità delle misure effettuate, tenendo conto dell'altezza degli edifici circostanti e della larghezza delle strade, è stato generato un indice sull'intera area di interesse calcolando la somma su una finestra mobile di 26 m x 26 m (tale valore è stato ottenuto sperimentalmente, cercando di massimizzare la correlazione tra l'indice e la qualità delle misure) dei valori di quota del DSM.

Sono stati quindi stimati i valori di correlazione di questo indice rispetto sia all'HDOP, sia alla differenza in quota tra DTM e misure, ottenendo valori inferiori a 0.3.

Avendo ottenuto risultati che evidenziano una correlazione molto bassa o addirittura assente tra visibilità del cielo e qualità del posizionamento, è stata calcolata anche la correlazione tra il numero di satelliti utilizzati istante per istante e la qualità in planimetria e quota. Anche in questo caso i valori di correlazione stimati risultano essere mediamente inferiori a 0.5 per l'HDOP e praticamente nulli per gli scarti in quota.

Da questi risultati si evince che specialmente in condizioni di scarsa visibilità del cielo il numero di satelliti non è sufficiente a garantire un buon posizionamento in quanto il segnale risulta degradato (probabilmente per un forte effetto di multipath) e la geometria d'osservazione pessima in quanto i satelliti visibili, anche se numerosi, sono tutti confinati in piccole zone di cielo.

Conclusioni e sviluppi futuri

Per quanto riguarda l'indoor il posizionamento dipende dalle caratteristiche strutturali dell'edificio che può bloccare o meno il segnale GNSS (esempio chiesa del crocefisso). In particolare nel caso in cui ci sia trasmissione del segnale il numero di satelliti utilizzati rimane sostanzialmente immutato all'interno o all'esterno dell'edificio; tuttavia all'interno dell'edificio il posizionamento risente fortemente della degradazione del segnale (tab. 2 e fig. 3).

In condizioni di scarsa visibilità del cielo si riscontrano due possibili casi a seconda del ricevitore utilizzato: ricevitori di medio e alto livello necessitando di segnale GNSS di buona qualità difficilmente riescono a posizionarsi, mentre quelli di basso costo, tipo eBonTek e Garmin, riescono a stimare la loro posizione quasi in ogni situazione ma a discapito della qualità dei risultati (tab 2, 3 e 4, fig 3 e 4).

Sarebbe opportuno inoltre ripetere le misure in condizione di scarsa visibilità del cielo e verificarne la qualità su campioni ancora più numerosi, in modo da escludere gli effetti non dovuti esclusivamente all'occlusione del cielo come quelli dovuti all'atmosfera o a particolari configurazioni satellitari. Inoltre può essere utile testare un nuovo indice di visibilità, definito ad esempio tramite l'angolo zenitale di visuale del cielo calcolato in ogni punto dell'area in esame sulla base del DSM.

Bibliografia

- 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", *Proceedings of the 5th International Symposium on Mobile Mapping Technologies*, 28 – 31 Maggio, Padova.
- 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.