

Posizionamento indoor con ricevitori a basso costo: quali prestazioni?

Horea Bendea (*), Alberto Cina (*), Marco Piras (*),
Gianluca Marucco (**), Paolo Mulassano (**)

(*) Politecnico di Torino - DITAG, C.so Duca degli Abruzzi 24, Torino, Italia
011090(7630-7661), 0110907699, (iosif.bendea, alberto.cina, marco.piras)@polito.it

(**) Istituto Superiore Mario Boella –NAVSAS, via P.C. Boggio 61, Torino, Italia
011 2276414, 011 2276 299 marucco@ismb.it, paolo.mulassano@polito.it

Riassunto

I ricevitori GNSS *mass market* di nuova generazione sono dotati di *chipset* con sensibilità più elevata (es. - 160 dBm) rispetto alle precedenti versioni, che dovrebbero consentire un posizionamento indoor. L'interesse verso questo innovativo tema in ambito di posizionamento, ha spinto gli autori a svolgere alcuni test finalizzati al posizionamento all'interno di edifici, sia in modalità statica (punto singolo) che cinematica (traiettorie).

I test sono stati realizzati utilizzando un carrello strumentato all'interno di due poligoni test, rilevati con strumentazione topografica classica, utilizzando un ricevitore u-Blox LEA5T collegato ad un portatile dotato del *software SAT-SURFER*. I test prevedevano di ripetere diverse volte ogni percorso in ambo le direzioni, stando su ogni punto tracciato diversi minuti in maniera statica, su entrambi i poligoni, ed effettuare i relativi confronti tra le traiettorie con le coordinate di riferimento. Nell'articolo verranno descritti gli strumenti utilizzati per il test, le modalità di esecuzione e i risultati ottenuti.

Abstract

The new generation of mass market GNSS receivers is based on innovative chipsets with higher sensitivity (e.g. - 160 dBm), which are able to realize indoor positioning. This aspect is very interesting in particular for positioning applications. The aim of this research was to test the indoor performance both for static (single point) and kinematic (trajectories) positioning. The tests were carried out using an instrumented cart with a u-Blox LEA5T receiver connected to a laptop with the SAT-SURFER software tool. The test field paths were previously measured with classical topographic instruments. The test was conducted repeating several times each path in both directions and stopping at each point marked out several minutes. Two polygons have been considered and the relevant comparisons with the trajectories and the reference coordinates have been made. This paper will describe the sensor used for testing, the settings and the results.

Introduzione

Le tecnologie satellitari dedicate al posizionamento *outdoor* quali *GPS* o più in generale *GNSS* sono ormai da tempo riconosciute come strumenti validi e affidabili per ottenere un alto livello di precisione e accuratezza nel posizionamento. Meno note sono invece le prestazioni in ambito indoor.

Come noto, il principale limite del posizionamento satellitare è quello legato alle ostruzioni che diminuiscono la potenza del segnale, ne alterano il percorso (*multipath*), portando in casi estremi al completo inutilizzo dei ricevitori GNSS. I principali esempi sono i canyon urbani, le gallerie e i luoghi chiusi (interni di edifici) per assenza di segnale o per una difficile sua ricezione.

Nei primi due casi, il posizionamento è definito con l'impiego di sensori ausiliari come ad esempio odometri e piattaforme inerziali, che per brevi periodi di assenza del segnale (*outages*) consentono di stimare una soluzione di navigazione. Il caso è maggiormente complesso nel posizionamento all'interno di edifici (*indoor*), ove il tradizionale posizionamento GNSS non è praticamente mai disponibile a causa della bassa potenza o assenza completa del segnale.

Per questo motivo, su questa tematica si stanno sviluppando innovative ricerche, in particolare sull'impiego di tecniche ausiliari per la navigazione *indoor* (*Radio Frequency, Vision Based Navigation, etc*), alcune delle quali trattate anche dagli autori.

Un'ulteriore settore di ricerca è quello riguardante la nuova generazione di ricevitori GNSS *mass market* che sono dotati di *chipset* ad elevata sensibilità (es. - 160 dBm) che nascono proprio per consentire il posizionamento anche in condizioni difficili. L'interesse su questo argomento, ha spinto gli autori a realizzare alcuni test *indoor* sia in modalità statica (punto singolo) che cinematica (traiettorie), al fine di valutare le effettive prestazioni di questo tipo di ricevitore.

Nei seguenti paragrafi verranno descritti la strumentazione utilizzata, le tipologie di test eseguite, le analisi svolte e i risultati ottenuti.

Test svolti

La realizzazione dei test è avvenuta all'interno della struttura dell'Istituto Superiore Mario Boella a Torino (Figura 1), realizzando due poligoni, uno al piano terra e uno al piano primo, materializzando a terra le tracce con del nastro adesivo e segnalizzando sopra di esso in maniera opportuna i punti per le prove statiche.

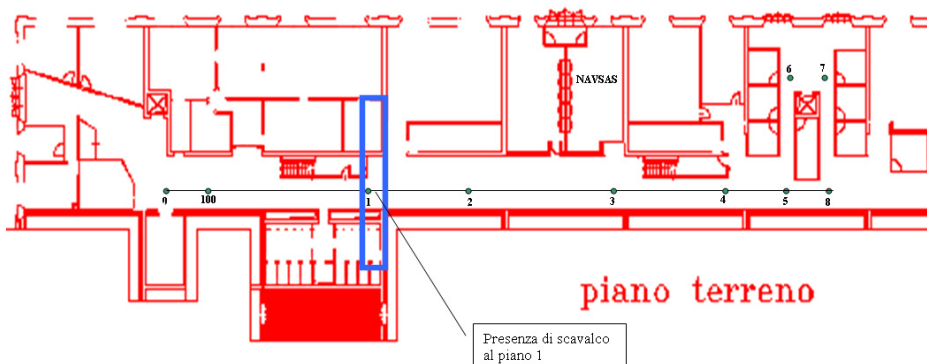


Figura 1 – Planimetria zona test e disposizione punti.

Tutti i punti materializzati su entrambi i poligoni sono stati rilevati con operazioni topografiche classiche (Figura 2), in maniera da ottenere le coordinate di riferimento con precisione millimetrica.



Figura 2 – Rilievo topografico dei poligoni.

Il test prevedeva di ripetere diverse volte ogni percorso in ambo le direzioni, rilevando con rate di 1s le posizioni cinematiche e nel contempo stando 10 minuti su alcuni punti del tracciato. Questo per entrambi i poligoni. In seguito si sono eseguiti i relativi confronti con le traiettorie e le coordinate di riferimento ed è stata realizzata l'analisi sul DOP e sulla visibilità satelliti.

Sensori e strumentazione usati

Attualmente esistono in commercio vari tipologie di ricevitori a basso costo che potenzialmente, per le loro caratteristiche, sarebbero in grado di effettuare un posizionamento *indoor*. Nel nostro caso si è scelto di utilizzare un ricevitore LEA u-Blox LEA5T, in quanto, oltre a consentire un posizionamento *indoor*, permette di fornire anche l'osservazione di fase su L1, oltre che la misura di codice per una successiva post-elaborazione.

Il test è stato realizzato utilizzando un carrello strumentato (Figura 3) per consentire movimenti cinematici precisi ed uniformi all'interno dell'edificio. Su di esso troviamo il ricevitore collegato ad una antenna *patch* fissata su una palina collocata lateralmente al carrello e ad un portatile dotato del software *SAT-SURFER* (Figura 4).



Figura 3 – Carrello strumentato e particolare ricevitore.

Questo programma, realizzato dal gruppo NAVSAS, consente di effettuare i settaggi del ricevitore e di registrare i dati GPS in diversi formati tra cui il *RINEX*. Tra le numerose informazioni che si possono registrare con *SAT-SURFER* vi sono ovviamente le coordinate della traiettoria stimata dal ricevitore in tempo reale (*position, velocity and timing, PVT*).



Figura 4 – Schermate di SAT-SURFER.

Sul ricevitore utilizzato sono selezionabili alcuni modelli di moto (*static, pedestrian, ect*) che vanno a influenzare sulla dinamica del filtro di Kalman per la stima della PVT. Nel nostro caso è stato impostato un modello pedestre di navigazione. Oltre alla PVT è stata eseguita una elaborazione dei dati con il software commerciale *Leica Geomatic Office (LGO)*, sia per il posizionamento statico che cinematico, mediante un approccio differenziato. La stazione permanente del Politecnico di Torino, distante poche centinaia di metri dal sito di test è stata considerata come stazione master, permettendo quindi di inquadrare tutto il rilievo nel sistema di riferimento IGS05.

Visibilità e Indice DOP

La registrazione dei dati del ricevitore è avvenuta lungo tutta la durata dei test (circa 1.5h), anche durante gli spostamenti da un piano all'altro mediante ascensore. Questa modalità ha consentito di effettuare una valutazione sugli indici di *Dilution of Precision (DOP)* e di visibilità satellitare in maniera dettagliata. La prima analisi eseguita ha riguardato la visibilità dei satelliti. In effetti questi ricevitori ad elevata sensibilità consentono, anche in ambienti molto difficili, di tracciare un numero elevato di satelliti, come si vede in Figura 5.

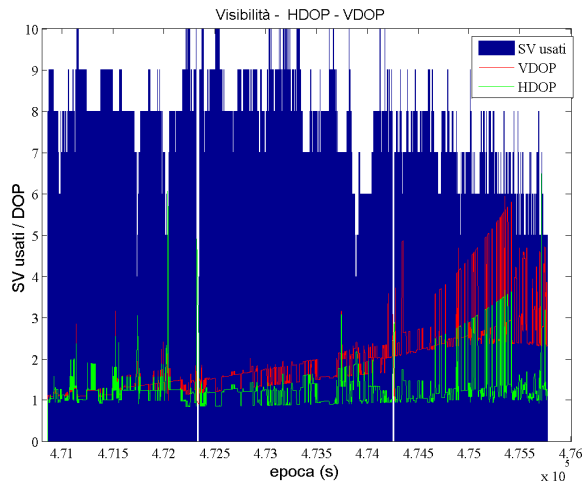


Figura 5 – Visibilità dei satelliti e DOP in ambienti indoor.

Le uniche parti di test in cui i satelliti tracciati sono inferiori a 4 sono quelle dove si è utilizzato l'ascensore per spostarsi da un piano all'altro.

La buona visibilità è supportata anche da indici di *DOP* molto bassi (<4), che testimoniano della bontà geometrica della costellazione satellitare tracciata.

Precisioni posizionamento statico

Si è effettuato uno stazionamento statico su 6 punti e successivamente si è risolta la baseline con la stazione master (<1km). Ammettendo la difficoltà di individuare l'esatto periodo di stazionamento (inizio e fine), dovuto all'assenza di una funzione di "event marker" nel software utilizzato e tenendo conto che le finestre temporali sono state prese per difetto, le differenze ottenute rispetto alle coordinate di riferimento riportate in Tabella 1.

Tenendo conto della condizione favorevole in cui è stato realizzato il test, vale a dire con baseline corta, possiamo dire che i risultati non sono particolarmente entusiasmanti e lasciano molte interpretazioni. Infatti, la scarsa precisione ed accuratezza potrebbero essere in parte legate al fatto di non discriminare in maniera esatta le finestre temporali, sia in parte alla qualità del segnale soprattutto per la parte relativa alla fase L1. Questi commenti derivano anche dal confronto di questi

risultati con i risultati ottenuti in outdoor, con lo stesso ricevitore, ove si sono raggiunte precisioni centimetriche - millimetriche.

Tabella 1 – Differenze coordinate in posizionamento statico.

punto	delta Est (m)	delta Nord (m)	delta h (m)	poligono
100	4,62	1,35	-22,34	terra
1	6,46	9,96	4,74	terra
8	5,03	4,61	-13,87	terra
92	6,88	20,15	18,12	primo piano
93	-1,39	21,75	4,57	primo piano
91	1,56	-1,40	0,51	primo piano

In ambito del posizionamento statico, si è fatta una analisi aggiuntiva sulla qualità della PVT calcolata dal ricevitore. In alcuni casi, la posizione definita in tempo reale era molto discordante da quella reale, addirittura con valori sino ad un massimo di 65m. In questo caso il modello di moto impostato nell'u-Blox fa stimare la posizione in maniera errata.

Precisioni posizionamento cinematico

Le traiettorie elaborate in cinematico risultano nella maggior parte dei casi, su entrambi i poligoni, parallele alle tracce reali, ma traslate. L'entità della traslazione varia da 2 sino a circa 8 metri, come descritto in tabella 2. Occorre distinguere il rilievo svolto al piano terreno da quello al primo piano, ove le condizioni di visibilità risultano migliori sia per la presenza di maggiori aree vetrate sia per la minor presenza di ostacoli. In figura 6 sono riportate una parte delle traiettorie in cinematico interne e i confronti con gli allineamenti di riferimento del primo piano e del piano terreno, rappresentati dalla linea continua.

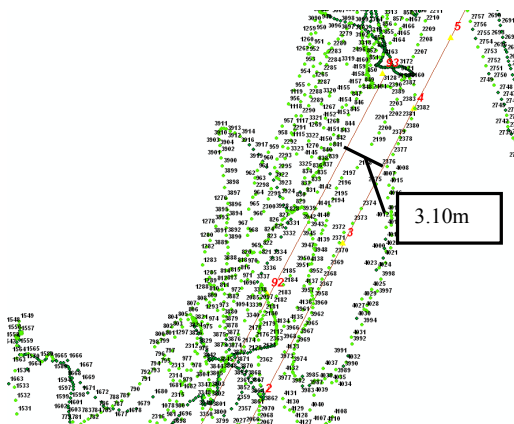


Figura 6 – Tracce cinematiche indoor.

Tabella 2 – Traslazione planimetrica delle traiettorie rispetto a riferimento.

Traccia	Direzione	Traslazione media planimetrica[m] e relativo sqm
1	100 - 8	4.30 ± 0.88
2	8 - 100	7.90 ± 1.30
3	100 - 8	4.72 ± 0.98
4	8 - 100	4.30 ± 1.05