

## Navigazione mediante smartphone in ambienti indoor: precisioni ed accuratezze ottenibili

Irene Aicardi (\*), Paolo Dabove (\*), Nives Grasso (\*), Giorgio Ghinamo (\*\*),  
Andrea Maria Lingua (\*), Paolo Maschio (\*)

(\*) DIATI – Dipartimento di Ingegneria dell’Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture  
Politecnico di Torino, Torino, Italy - name.surname@polito.it

(\*\*) Telecom Italia, Torino, Italy - giorgio.ghinamo@telecomitalia.it

Al giorno d'oggi sono sempre più diffusi i dispositivi smartphone che, grazie alla molteplicità di applicazioni e sensori disponibili, possono essere sfruttati per scopi differenti: infatti, i moderni smartphone includono sensori utilizzati comunemente in Geomatica, come fotocamere digitali, ricevitori GNSS [1], piattaforme inerziali oltre che sistemi RFID [2]. In questo contesto, tali smartphone, sono strumenti in grado di definire una posizione tridimensionale [3] grazie ai sensori precedentemente citati e la loro integrazione potrebbe essere il punto chiave di questa tecnologia.

La conoscenza della nostra posizione sta diventando una necessità sempre più forte per le persone che si muovono in contesti urbani, grazie alla tecnologia, che consente di ricavare informazioni dinamiche in tempo reale: l’obiettivo è quindi quello di ottenere un posizionamento con tali strumenti, che permetta il raggiungimento di precisioni sub-metriche anche per ambienti interni (*indoor*) o ostruiti, dove il posizionamento GNSS è impossibile o scarsamente praticabile, anche con strumentazione geodetica ad elevate performances [5].

Con questo lavoro si vogliono confrontare le prestazioni dei sensori interni di due moderni smartphone (Samsung Galaxy S5 e iPhone 4) rispetto a quelle ottenute da altri sensori mass-market, al fine di verificare le precisioni e le accuratezze ad oggi raggiungibili. Per far ciò verrà seguito l’approccio IBN (*Image Based Navigation*), che risulta essere molto utile in ambienti urbani ostruiti (*hard-urban environment*) o per posizionamenti indoor. Diversi studi in precedenza hanno investigato e mostrato le prestazioni e precisioni dell’IBN tuttavia gli autori hanno sviluppato un software che, basandosi su un metodo innovativo, permette di ottenere precisioni migliori rispetto a quelle oggi disponibili.

Il software scritto, in caso di presenza di sole misure inerziali, segue i seguenti step:

- Acquisizione di accelerazioni, velocità angolari e assetti stimati internamente dai sensori;
- Si ruotano le velocità angolari nel sistema navigazionale tramite la matrice di rotazione stimata all’istante precedente;
- Si calcolano gli angoli di assetto all’epoca attuale nel sistema navigazionale;
- Si calcola la nuova matrice di rotazione tramite gli assetti stimati all’epoca attuale;
- Si ruotano le accelerazioni e le velocità angolari nel sistema navigazionale tramite la nuova matrice di rotazione;
- Si valutano le variazioni di velocità e di posizione per determinare il bias;
- Si determina il vettore dei parametri dell’epoca corrente che, allo stato attuale, è composto da:
  - o Variazioni di posizione;
  - o Variazioni di velocità;
  - o Variazione degli angoli di assetto;
  - o Variazione del bias di accelerazione lungo le tre componenti;
  - o Variazione del bias di assetto lungo le tre componenti;

Nel caso invece vi siano misure derivanti da stazione totale (o in futuro da immagini), il software è in grado di stimarsi i biases di accelerazione e assetto lungo le tre componenti e di determinare la nuova matrice di rotazione da utilizzare all'istante successivo. Con un sistema più complesso (ad esempio il filtro di Kalman) si possono ottenere miglioramenti ulteriori di circa il 10%. Tale incremento richiede però l'ipotesi della dinamica di moto, della conoscenza della rumorosità di accelerometri e giroscopi nonché della variazione del drift dell'INS.

Inoltre si è deciso di valutare come la tecnologia descritta in [4] possa essere applicata a questo studio per ridurre la latenza delle immagini: a tal proposito è stato sostituito il ground truth e l'assetto (ottenuto automaticamente in output tramite un filtro di Kalman) dell'inertiale esterno con l'assetto e la velocità ottenuta dall'IRB, la cui accuratezza è descritta sempre in [4].

Come primo approccio si è deciso di andare a considerare una traiettoria ottenuta con strumentazione inerziale esterna, sfruttando il sensore Microstrain 3DM-GX3-35TM sia per capire quali sono le performances ottenibili con uno strumento MEMS esterno, sia perché esso rappresenta la prossima tipologia di sensori inerziali che verrà installata a bordo di smartphones, visti i costi di produzione e le dimensioni.

I risultati ottenuti possono essere definiti soddisfacenti: considerando un intervallo pari a 1 s tra le immagini, al 67% si ha un errore medio planimetrico di 21.3 cm mentre al 95% tale errore è di 37 cm. Se invece si analizza il posizionamento ottenuto con intervallo pari a 2s tra le immagini, l'errore medio planimetrico sale a 61 cm al 67% e ad 1.49 m al 95%. Tali posizionamenti sono stati ottenuti con codice prototipale senza l'utilizzo del filtro di Kalman. Inoltre per tale tipologia di posizionamento è stato analizzato anche il filtraggio dei segnali tramite wavelet che risulta essere però inefficace.

In sintesi si può affermare che tramite l'utilizzo di strumentazione INS e l'approccio descritto in questo lavoro dopo 1 s di navigazione pedestre si ottengono delle precisioni di 14 cm in planimetria mentre dopo 5 s tali precisioni diventano di 1.5 m se si considerano gli assetti stimati dal sensore Microstrain. Considerando gli assetti e le stime dei drift ottenute con le immagini, si può affermare che i risultati ottenuti siano molto simili: si osserva infatti come la stima del drift sia efficace se fatta con intervalli di aggiornamento dell'ordine di 1 s. Benefici residui si ottengono comunque anche per intervalli più grandi (ad es. 2 s, 5 s).

Tale lavoro, presentato sotto forma di abstract esteso, sarà oggetto di una pubblicazione futura.

### Bibliografia essenziale

- [1] Dabove, P.; Manzano, A.M. GPS & GLONASS Mass-Market Receivers: Positioning Performances and Peculiarities. *Sensors* **2014**, *14*, 22159-22179.
- [2] Lee S., Koo B., Jin M., Park C., Lee M.J., Kim S., 2014. [Range-Free Indoor Positioning System Using Smartphone with Bluetooth Capability](#). In 2014 Plans Conference proceedings. pp.657-662
- [3] Li X., Wang J., Li R., Ding W., 2011. Image-based positioning with the use of geo-referenced SIFT features. Proceedings of the Incorporating the International Symposium on GPS/GNSS (IGNSS 2011), Sydney, Australia
- [4] Lingua A.M., Aicardi I., Ghinamo G., Corbi C., Francini G., Lepsoy S., Lovisolo P., 2014. Technique based on 3D LIDAR scanning and MPEG7 Visual Search Solutions. In 2014 ION Conference, in press.
- [5] Yuan X., Liu C., Zhang S., Yu S., 2014. [Indoor Pedestrian Navigation Using Miniaturized Low-Cost MEMS Inertial Measurement Units](#). In 2014 Plans Conference proceedings. pp.487-492