

Smartphone e GNSS per l'utilizzo professionale

di Mattia De Agostino, Luca Guida, Davide Portinaro, Luca Raso, Massimo Galluzzi



Fig. 1 - Il BQ Aquaris X5 Plus, primo smartphone a tracciare anche il segnale di Galileo (fonte: <http://www.usegalileo.eu/>)

Al giorno d'oggi, utilizzare un'app per conoscere la posizione di un'attività commerciale o di un servizio pubblico, oppure per determinare il passaggio di un autobus alla fermata, è diventata una pratica talmente usuale che la momentanea assenza di questi servizi crea disagio e disorientamento.

La rivoluzione del geo-posizionamento

A riprova di quanto detto, un recente studio dell'Agenzia Europea sul GNSS [GSA 2016] ha inserito i servizi basati sulla localizzazione dell'utente (*Location Based Services*, LBS)

Galileo, insieme ad alcune evoluzioni tecnologiche e a qualche semplice elaborazione statistica, potrebbe rendere possibile l'utilizzo di smartphone e tablet anche per rilievi professionali. Vediamo come.

al primo posto tra le applicazioni più diffuse basate sul posizionamento satellitare, arrivando a coprire nel 2015 oltre il 50% dell'intero mercato. All'interno di questa "rivoluzione del geo-posizionamento" un ruolo senza dubbio fondamentale è da attribuirsi alla diffusione di *smartphone* e *tablet* sempre più completi, dotati al loro interno di moduli di ricezione GNSS e di altri sensori per la localizzazione.

Sebbene questi moduli siano pensati per geolocalizzare l'utente con accuratezze metriche o inferiori, è utile analizzare nel dettaglio le loro capacità, anche alla luce della diffusione dei servizi legati a Galileo, ed i possibili sistemi per il miglioramento della posizione finale, per capire se dispositivi mobili quali *smartphone* o *tablet* possano essere utilizzati per applicazioni

professionali quali ad esempio rilievi topografici speditivi, popolamenti di banche dati o di GIS.

Tecnologie per il posizionamento GNSS da dispositivi mobili

Le applicazioni di navigazione e i servizi LBS da dispositivi mobili si avvalgono frequentemente di una posizione assoluta (coordinate in un sistema di riferimento ben definito) ottenuta con le tecniche GNSS. I moduli GNSS inseriti all'interno di questi dispositivi sono pertanto studiati appositamente per soddisfare le esigenze di questo tipo di applicazioni, tra le quali:

- ▶ disponibilità del posizionamento sempre, in qualsiasi parte del mondo, il più velocemente possibile, cercando di diminuire il tempo di attesa per avere una posizione valida (il cosiddetto *Time To First Fix*, TTFF);
- ▶ disponibilità di un posizionamento anche in ambienti disturbati (canyon urbani) o addirittura *indoor*, aumentando la capacità di ricevere ed elaborare segnali anche molto rumorosi;
- ▶ riduzione del consumo della batteria, evitando per quanto possibile il funzionamento di servizi in maniera continua, e cercando invece di calcolare la posizione dell'utente solo quando strettamente necessario.

Con l'obiettivo di soddisfare queste esigenze, negli ultimi anni i produttori di moduli GNSS per dispositivi mobili hanno introdotto evoluzioni in qualche modo simili a quelle che hanno interessato negli anni passati i ben più complessi sensori GNSS per applicazioni di alta precisione.

In particolare, la maggior parte dei moduli GNSS per *smartphone* e *tablet* supporta ad oggi più di una costellazione: tipicamente, si tratta di sensori GPS/GLONASS, ma sono presenti sul mercato anche molti dispositivi in grado di tracciare i satelliti Beidou e QZSS, e iniziano ad essere prodotti i primi sensori in grado di tracciare il segnale di Galileo (Figura 1). La capacità di tracciare più di una costellazione si riflette direttamente sugli aspetti chiave elencati in precedenza: un numero maggiore di satelliti tracciabili aumenta la probabilità che questi siano effettivamente visti anche all'interno di un ambiente disturbato, o al chiuso.

D'altro canto, il tracciare più satelliti comporta un maggior costo in termini di produzione, di carico computazionale e quindi di consumo della batteria del dispositivo. Per questo motivo ad esempio, sebbene circa il 65% dei moduli GNSS installati all'interno dei dispositivi mobili sia in grado di tracciare ed utilizzare i satelliti geostazionari SBAS, quali ad esempio EGNOS, questi vengono spesso disabilitati via *firmware* per evitare la continua ricezione di correzioni e quindi il rapido consumo della batteria [GSA 2016], preferendo piuttosto la possibilità di avvalersi di servizi di miglioramento via internet (*Assisted GNSS*, A-GNSS), disponibili su richiesta dell'utente. Per quanto concerne le frequenze tracciate, attualmente tutti i

moduli GNSS per questo tipo di applicazioni sono in grado di utilizzare il segnale proveniente dalla sola frequenza E1/L1, sebbene la direzione intrapresa in questi anni, e che si rifletterà già sui prossimi prodotti in uscita, vada verso l'introduzione di ricevitori multifrequenza (E1/L1 + E5/L5), che dovrebbero consentire una sensibile riduzione del *multipath* e un vantaggio nell'utilizzo in ambienti *indoor* o disturbati. Anche in quest'ottica, quindi, l'avvio del servizio di posizionamento Galileo, in grado di trasmettere su entrambe le frequenze, rappresenta un interessante vantaggio per questi dispositivi.

Un discorso a parte va fatto considerando la componente *software*. Fino ad oggi, infatti, l'utilizzo della tecnologia GNSS all'intero di dispositivi mobili era fortemente limitato dal sistema operativo del dispositivo su cui questi moduli erano installati e che consentiva, attraverso le proprie API (*Application Programming Interface*), l'accesso alla sola soluzione finale del posizionamento (ovvero, alle tre coordinate geografiche), eventualmen-

te corredata da informazioni aggiuntive relative a elevazione, azimut e rapporto segnale/rumore per ogni satellite. Questo blocco, voluto per semplificare il lavoro della maggior parte degli sviluppatori di app, non interessati al dato grezzo GNSS ma solamente al risultato finale, ha invece limitato sensibilmente l'utilizzo professionale di questi dispositivi per applicazioni geografiche, laddove la possibilità di elaborare i dati grezzi provenienti dai satelliti può rappresentare un vantaggio. Questa limitazione è parzialmente superata dal fatto che, negli ultimi mesi, Google ha rilasciato, insieme all'ultima versione del suo sistema operativo Android (versione 7, denominata "Nougat"), le librerie di accesso ai dati grezzi GNSS, aprendo così la possibilità agli sviluppatori di utilizzare direttamente i codici, le fasi e i segnali Doppler provenienti dai moduli GNSS, se abilitati dal produttore. Siccome tuttavia questa possibilità ad oggi è limitata ad un numero esiguo di modelli, non verrà in questa sede analizzato il posizionamento da dati grezzi ottenuti da dispositivi mobili.

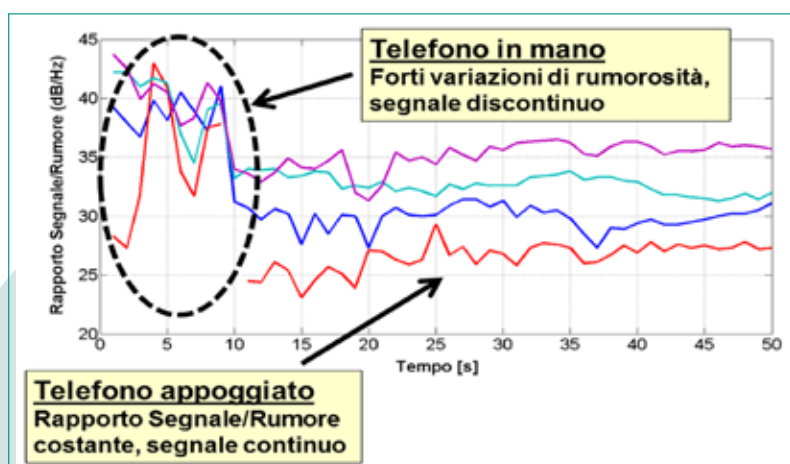


Fig. 2 - Effetto dei disturbi al segnale GNSS da dispositivo mobile causati dall'operatore. Nei primi secondi di misura, mentre il telefono era tenuto in mano dall'operatore, il segnale per tutti i satelliti tracciati era particolarmente discontinuo, con forti variazioni del rapporto Segnale/Rumore (SNR). Una volta appoggiato il telefono, il segnale ha ripreso ad essere continuo con un valore stabile di SNR.

Parlando di posizionamento da dispositivo mobile, infine, è bene ricordare che, oltre ai moduli GNSS interni, *smartphone* e *tablet* possono utilizzare ricevitori GNSS esterni, connessi via Bluetooth, per migliorare la propria posizione. I vantaggi nell'impiego di ricevitori esterni sono, ad esempio:

- ▶ compatibilità tra i sistemi operativi: un ricevitore GNSS esterno è in grado di trasmettere un protocollo standard (NMEA 0183) a tutti gli *smartphone*, indipendentemente dalle librerie di accesso ai dati del sistema operativo ospitante;
- ▶ precisione: i ricevitori GNSS esterni sono in genere abilitati a ricevere ed utilizzare le correzioni da satelliti SBAS, quali EGNOS;
- ▶ tecnologia: i *chipset* installati all'interno dei ricevitori esterni sono spesso tecnologicamente più avanzati rispetto a quelli installati all'interno degli *smartphone*, e talvolta consentono addirittura di interfacciarsi, attraverso apposite librerie messe a disposizione dal produttore, ai dati

grezzi GNSS (codice e fase su E1/L1) e non solo alla loro posizione;

- ▶ consumo della batteria: utilizzare il ricevitore GNSS interno allo *smartphone* causa un rapido consumo della batteria. Diversamente, il ricevitore GNSS esterno è alimentato da una sua batteria, e preserva quindi quella dello *smartphone*.

Vantaggi e svantaggi del posizionamento da dispositivo mobile

La tendenza dei moduli GNSS per dispositivi mobili ad essere sempre più multi-costellazione e multi-frequenza ha come ovvia conseguenza quella di un aumento dell'accuratezza, della precisione e dell'affidabilità del posizionamento GNSS.

In quest'ottica, l'avvio del sistema di posizionamento europeo Galileo e dei suoi servizi riveste senza dubbio un ruolo chiave: come detto, la disponibilità di più satelliti in orbita aumenterà la possibilità che questi satelliti siano visibili anche all'interno di ambienti disturbati o in edifici, con una riduzione del TTFF ed un aumento della ricezione in ambienti *indoor*. Inoltre, l'opportunità di disporre di servizi aggiuntivi rispetto all'Open Service destinato al posizionamento di massa, quali i servizi Commerciali o quelli per il *Search and Rescue*, rappresentano un'interessante evoluzione verso l'impiego di dispositivi mobili per il mercato professionale.

In questa analisi occorre tuttavia tenere presente che, con l'aumentare di precisione e accuratezza del posizionamento, alcuni aspetti che spesso non sono considerati nei comuni servizi di localizzazione con questi dispositivi diventeranno invece ben più importanti.

Ad esempio, occorrerà considerare attentamente la qualità dell'antenna GNSS integrata all'interno del dispositivo, la posizione in cui questa è installata e la variazione del suo centro di fase. Bisognerà inoltre prestare molta attenzione al fatto che l'operatore stesso può fortemente disturbare la ricezione del segnale GNSS semplicemente tenendo in mano il proprio dispositivo, causando non solamente un aumento della rumorosità del segnale ricevuto, ma anche ad esempio una continua perdita nel tracciamento della fase (Figura 2).

Inoltre, occorrerà fare fronte ad una serie di limitazioni attualmente introdotte per ridurre al massimo il consumo energetico del dispositivo, quali l'accensione del modulo GNSS interno per un periodo limitato alla sola ricezione dei dati dai satelliti ("duty cycling"), oppure il "congelamento" della posizione fino a quando non viene rilevato un movimento dell'utente. Queste e altre problematiche simili rappresentano ad oggi impedimenti al tracciamento del segnale GNSS e all'elaborazione di dati che siano il più possibile continui.

Ovviamente, i problemi qui sopra presentati sono ben noti alla comunità scientifica, e numerosi studi su come mitigarne o eliminarne gli effetti sono già disponibili nella letteratura scientifica, come ad esempio su [LINTY-2014] o su [BELLAD-2016], e potranno essere applicati ai moduli GNSS di prossima produzione. Alla luce di quanto sopra esposto, è quindi fin da oggi possibile pensare ad un impiego di *smartphone* e *tablet* per applicazioni professionali, quali ad esempio il popolamento di banche dati, rilievi speditivi o inserimento in database GIS,



Fig. 3 - Il progetto LEMOn si pone come obiettivo il miglioramento del posizionamento GNSS da dispositivi mobili, per il loro utilizzo nella pratica professionale

a meno di qualche accortezza aggiuntiva nelle operazioni di rilievo in campo, e mediante ad esempio l'applicazione di opportuni algoritmi di miglioramento della posizione finale. Il paragrafo successivo descrive brevemente il lavoro effettuato in questo ambito negli ultimi anni, mediante lo sviluppo di un'app in ambiente Android per l'elaborazione statistica delle posizioni GNSS acquisite da dispositivi mobili e per il loro utilizzo nell'ambito del rilievo professionale.

Miglioramento del posizionamento da smartphone: il progetto LEMOn

Il progetto LEMOn (*Location Enhancement on Mobile*, Figura 3) è un progetto di sviluppo di GESP srl, nato nel 2014 e finalizzato alla realizzazione di app in ambiente Android che consentano, attraverso un'analisi statistica delle posizioni ricevute, di migliorare la geolocalizzazione da dispositivi mobili, in maniera da favorirne un impiego per applicazioni professionali.

In sintesi, l'algoritmo di analisi statistica contenuto all'interno delle app LEMOn riceve la posizione dal ricevitore GNSS interno al dispositivo, o eventualmente da un ricevitore esterno connesso via Bluetooth, la elabora, verificando che non si discosti eccessivamente da quelle precedenti, e, nel caso in cui venga ritenuta idonea, la utilizza per un calcolo statistico robusto, pesandola opportunamente attraverso l'indice DOP di qualità del posizionamento. I vantaggi nell'applicazione di un algoritmo di questo tipo, il cui funzionamento è attualmente limitato al solo caso di acquisizione statica su un punto, sono legati all'eliminazione dei punti "fuori posto"

(*outliers*), ovvero quelle posizioni molto distanti dall'effettiva localizzazione dell'utente e che spesso, per le necessità di ridurre il TTFF al più breve tempo possibile, sono anche le prime ad essere restituite dal sensore GNSS, e quindi ad essere utilizzate nelle comuni app di rilievo e salvataggio dei punti.

Lo schema di rilievo mediante l'app LEMOn si compone sostanzialmente di quattro semplici fasi:

1. L'utente raggiunge il punto di cui vuole conoscere la posizione, avvia l'app e attende che sia disponibile una posizione valida.
2. L'utente a questo punto avvia la registrazione del punto e attende che la precisione finale risultato dell'analisi statistica sia idonea alle sue attese.
3. Una volta raggiunta la precisione desiderata, l'utente blocca la registrazione, inserisce i dati identificativi del punto (nome, descrizione, ...) e passa al punto successivo.
4. Terminato il lavoro in campo, l'utente può visualizzare all'interno dell'app i punti registrati, esportarli

in formato testuale (CSV) o GIS (Google KML) sulla memoria del dispositivo, ed inviarli direttamente via email o attraverso altri canali (Bluetooth, WiFi, salvataggio in un ambiente *cloud* o invio mediante messaggistica).

Ovviamente, il posizionamento utilizzando il modulo GNSS dello *smartphone* non è del tutto esente dalle problematiche descritte nel paragrafo precedente. Per un corretto funzionamento dell'algoritmo di analisi è necessario infatti che le posizioni acquisite dal dispositivo GNSS siano statisticamente indipendenti ad ogni epoca di misura. Questo requisito purtroppo si scontra con il fenomeno sopra descritto di "congelamento" della posizione, presente su alcuni dispositivi mobili. Inoltre, la possibilità che l'operatore possa ad un certo punto della registrazione introdurre con la sua mano o il suo corpo un disturbo alle misure può compromettere parzialmente la qualità del risultato finale. Tali problematiche sono fortemente ridotte nel caso in cui si utilizzi un sensore GNSS esterno, come già analizzato nei paragrafi precedenti.

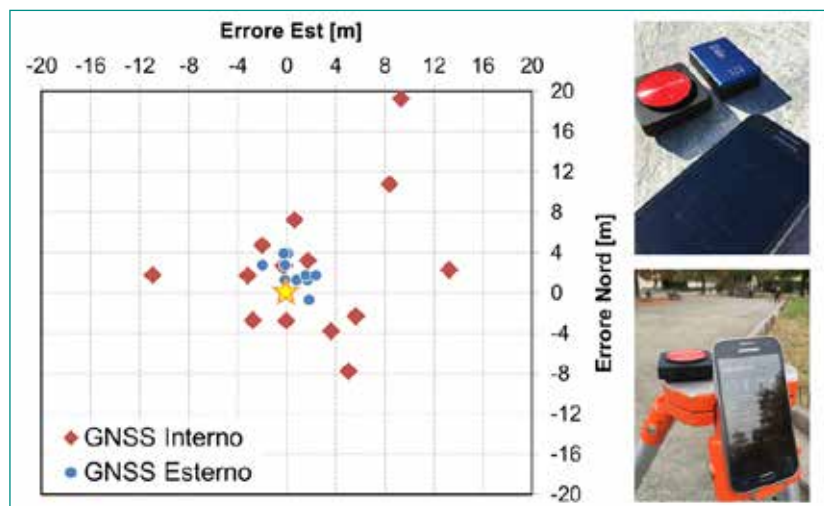


Fig. 4 - Dispersione planimetrica delle misure ottenute utilizzando l'app LEMOn con un GNSS interno e con un GNSS esterno, rispetto alle coordinate "vere" del punto (la stella al centro del grafico)

	GNSS Interno		GNSS Esterno	
	Senza LEMOn	Con LEMOn	Senza LEMOn	Con LEMOn
Precisione	14.9 m	9.5 m	4.7 m	0.9 m
Accuratezza	18.6 m	11.3 m	6.0 m	1.6 m

Tabella 1 – Precisione ed accuratezza riscontrati durante il test, rispetto alle coordinate “vere” del punto

Nella Figura 4 si riporta il confronto tra i risultati ottenuti sperimentalmente utilizzando, sullo stesso punto di misura, un ricevitore GNSS interno al dispositivo e un ricevitore GNSS esterno collegato via Bluetooth, entrambi processati attraverso l'app LEMOn con diverse sessioni di misura di due minuti di durata. Osservando la dispersione planimetrica degli errori rispetto alle coordinate “vere” del punto risulta evidente la diversa qualità del posizionamento utilizzando il ricevitore GNSS esterno rispetto a quello interno. Tale evidenza è confermata anche dall'analisi numerica dei risultati, riportata in Tabella 1, e che mostra un notevole incremento nella precisione e nell'accuratezza del posizionamento finale.

Prospettive future nel posizionamento GNSS da smartphone

Nel presente articolo si è cercato di fornire un quadro di insieme sul posizionamento GNSS da dispositivi mobili, alla luce delle tecnologie esistenti e delle prospettive future, e sulle problematiche che potrebbero insorgere nell'utilizzare questi dispositivi per un posizionamento di precisione. Si è inoltre illustrato come con alcuni accorgimenti e con semplici elaborazioni statistiche, quali ad esempio quelli introdotti all'interno dell'app LEMOn, sia possibile migliorare precisione ed accuratezza finali del posizionamento da dispositivi mobili,

arrivando a dimezzare l'entità di questi valori.

Alla luce di quanto sopra esposto e delle limitazioni ad oggi imposte a livello *hardware* e *software*, un utilizzo professionale di *smartphone* o *tablet* per la geolocalizzazione è possibile laddove sia sufficiente disporre di accuratezze metriche, e di precisioni di poco inferiori. Tali valori sono compatibili con un gran numero di applicazioni connesse al mondo geografico. Gli algoritmi statistici di elaborazione introdotti all'interno dell'app LEMOn consentono ad oggi di migliorare la qualità finale del posizionamento solamente nel caso di rilievi di tipo statico. Tuttavia, è possibile estendere queste funzionalità anche al rilievo cinematico di traiettorie, implementando opportuni algoritmi (ad esempio, un filtro di Kalman) che tengano conto della dinamica dell'oggetto in movimento. Ovviamente, la comparsa sul mercato di dispositivi mobili abilitati al tracciamento delle nuove costellazioni di satelliti, prima tra tutte Galileo, renderebbe gli strumenti e le app già disponibili capaci di migliorare ulteriormente le proprie prestazioni.

Allo stesso modo, l'apertura ai dati grezzi GNSS introdotta nell'ultima versione del sistema operativo Android, unita con la produzione e la diffusione di moduli GNSS in grado di interfacciarsi con queste librerie, rappresenta senza dubbio un importante passo avanti per

queste tecnologie, ed una prospettiva davvero interessante per un impiego sempre più esteso dei dispositivi mobili in ambito professionale.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, che ha fornito il suo supporto scientifico allo sviluppo di LEMOn e ai test.

BIBLIOGRAFIA

- [GSA-2016] European GNSS Agency - GSA (2016) GNSS User Technology Report. Issue 1, 31-39, <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/gnss-market/2016-gnss-user-technology-report> (Retrieved: 26.02.2017)
- [LINTY-2014] Linty N., Lo Presti L., Dovis F. & Crosta P. (2014) Performance analysis of duty-cycle power saving techniques in GNSS mass-market receivers. 2014 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium - PLANS 2014, 1096-1104.
- [BELLAD -2016] Bellad V., Petovello M. G. & Lachapelle G. (2016) Tracking and Position Errors in GNSS Receivers with Intermittent Signal Tracking. Journal of the Institute of Navigation, 63: 193-204.

PAROLE CHIAVE

GALILEO; GNSS; SMARTPHONE

ABSTRACT

Smartphones and tablets are nowadays more and more complex, and almost all of them include GNSS modules and other sensors for user localization. After the start of Galileo positioning services, the final positioning quality from mobile devices is intended to significantly improve, even in noisy or indoor environments. This paper describes a state-of-the-art of GNSS positioning for mobile devices, and of the problems that may arise in using these devices for precise positioning. Some precautions and simple statistical processing techniques are also described, to make possible an use of mobile devices for professional applications.

AUTORE

MATTIA DE AGOSTINO
DEAGOSTINO@GESP.IT
LUCA GUIDA
DAVIDE PORTINARO
LUCA RASO
MASSIMO GALLUZZI
GESP SRL, VIALE SCARAMPO 47 - 20148 MILANO,
WEB: WWW.GESP.IT



Viva

Leica Viva GS16

- Smartantenna GNSS con tecnologia RTKplus e SmartLink
- Tracciamento di tutti i segnali GNSS di oggi e di domani
- Antenna GNSS con auto-apprendimento grazie a RTKplus
- Efficiente in tutte le condizioni anche in ambienti sfavorevoli



Leica Viva GS16 - Smartantenna GNSS ad auto-apprendimento Experience 3D innovation

Leica Geosystems S.p.A.
surveying@leica-geosystems.com
www.leica-geosystems.it

