

RILIEVI FOTOGRAFICI DI PRIMA ISTANZA GEOREFERENZIATI ATTRAVERSO CELLULARI COMMERCIALI

Roberto LOJACONO (*), Fabrizio PINI (*), Corrado IANUCCI (**),
Stefano ANGELUCCI (***)

(*) Università di Roma "Tor Vergata" – dip. Ingegneria Elettronica, via del Politecnico 1 – 00133 Roma

(**) Eau de Web / ARNIA Software Srl, Barbu Delavrancea 10, et 2 - 011351 Bucharest

(***) EERC – Educational and Electronic Reserch Centre, viale Londra 10 – 00142 Roma

Riassunto

L'evoluzione tecnologica dei telefonini, che prevede tra l'altro l'introduzione di fotocamere, di sensori di localizzazione satellitari (GPS) e la possibilità di realizzare software ad hoc, favorisce la realizzazione di nuovi servizi. Inoltre la possibilità di usufruire di servizi GIS web-based gratuiti (tipo GE - *Google Earth*) anch'essi adattabili a molteplici esigenze allargano lo spazio dei servizi sviluppabili. In quest'ottica è stato realizzato un servizio per effettuare rilievi fotografici georeferenziati, di prima istanza, attraverso un telefono cellulare dotato di fotocamera e connesso ad un ricevitore GPS via radio (bluetooth). Sono stati valutati i limiti tecnici in base alle condizioni d'utilizzo. La conclusione del lavoro mostra che è possibile realizzare rilievi fotografici di prima istanza in assenza di ostacoli (ovvero in aperta campagna) con un'incertezza delle misure lineari inferiore al 2%. Un altro vantaggio è che i rilievi sono archiviabili in un *data base* in tempo reale. Tali rilievi sono eseguibili in modo estremamente pratico ed economico da personale facilmente addentrabile. Inoltre il continuo progresso tecnologico migliora ulteriormente la qualità dei rilievi avvicinandoli a quelli ottenuti con strumenti professionali.

Abstract

Mobile phone evolution included the integration of camera and GPS receiver. In addition are now available service development tool kit allowing to develop ad hoc software for several mobile phones models. On the other hand, leader internet portal Google offer, free of charge, GE (Google Earth) a web based GIS service low definition. Also GE is configurable. These two main stones allowed us to set up a service to achieve a draft photo remote sensing. The conclusion of the work has been that it is possible to take pictures and achieve distance measures with an error less than 2%. This achievement is obtainable only in open field (without obstacles). If obstacles are present location measures results very different as shown in the paper. Two important pros of the proposed method to obtain low precision remote sensing is that it can be used by low profile users and that the pictures and measures can be stored in a data base in real time.

Introduzione

L'obiettivo del lavoro è stato comprendere con quali limiti è possibile effettuare rilievi fotografici georeferenziati di prima istanza, attraverso un telefono cellulare dotato di fotocamera e connesso ad un ricevitore GPS via bluetooth.

La diffusione dei ricevitori GPS a basso costo collegabili ai telefonini (GPRS/UMTS) attraverso la tecnologia radio bluetooth o direttamente integrati in essi, consente potenzialmente di effettuare misure di posizione (e quindi di distanza e di superficie) in modo estremamente pratico. Inoltre essendo i telefonini dotati di rilevatore ottico, ormai di buona qualità, anche 5 Mpixel (formato 2592 x 1944) è altresì possibile effettuare rilievi fotografici.

Al momento sono disponibili sul mercato consumer italiano circa 20 modelli con GPS e fotocamera da 3 Mpixel e circa 6 modelli con GPS e fotocamera con almeno 5 Mpixel. Per di più l'evoluzione tecnologica attesa consentirà un progresso sia in termini dei dispositivi di localizzazione che in termini dei sensori ottici, avvalorando così la tesi che prevede una maggiore diffusione dei cellulari anche per i rilievi topografici di prima istanza.

Tuttavia poiché la differenza con le attrezzature professionali è, al momento, rilevante ci si propone di analizzare i limiti di questo approccio, esaminando i dati rilevati con un GPS commerciale in varie condizioni di utilizzo. Inoltre ci si propone di mostrare l'applicazione realizzata internamente al dipartimento, basata su *open source*, finalizzata alla catalogazione georeferenziata dei rilievi fotografici.

Un'ulteriore peculiarità dell'uso del telefonino per i rilievi risiede nel fatto che ogni rilievo può essere inserito e catalogato direttamente nel *data base* in tempo reale attraverso la connessione GPRS/UMTS.

Si ricorda che il sistema GPS consente di localizzare i ricevitori attraverso la triangolazione (*trilateration*). Si presuppone che siano note le coordinate dei k satelliti $SP^{(k)} = \{x^{(k)}, y^{(k)}, z^{(k)}\}$ (*SP Satellite Position*) e che occorra calcolare le coordinate del ricevitore $RP = \{x, y, z\}$ (*RP Receiver Position*). La distanza $d^{(k)}$ tra il k -esimo satellite e il ricevitore è $d^{(k)} = |SP^{(k)} - RP|$. Tutte le grandezze sono vettoriali. Il modulo di $d^{(k)}$ è $d^{(k)} = c \cdot (t^{(k)} + \varepsilon)$ dove c rappresenta la velocità media di propagazione dell'onda elettromagnetica tra il satellite e il ricevitore e ε la differenza di clock tra il satellite e il ricevitore. I parametri c e ε si presuppongono costanti per tutte le tratte radio. Pertanto si deduce che le incognite sono 4 $\{x, y, z, \varepsilon\}$. Sono necessari almeno 4 satelliti per effettuare una misura di localizzazione.

$$d^{(k)} = \sqrt{(x^{(k)} - x)^2 + (y^{(k)} - y)^2 + (z^{(k)} - z)^2} = c \cdot (t^{(k)} + \varepsilon)$$

Per $k = 1 \dots 4$.

Metodologia

E' noto (Pini, 2004; Pini, 2005) che le misure effettuate con il sistema GPS sono fortemente influenzate dagli ostacoli posti nelle vicinanze al ricevitore. Questi fenomeni sono presenti (Renso et al., 2007) prevalentemente in ambiente urbano (urban canyon), ovvero laddove occorrerebbe maggiore precisione per poter effettuare rilievi fotografici e per offrire servizi di navigazione *pedestrian / automotive*.

E' stato allestito un test bed nel laboratorio che comprendente *hardware* e *software*. Gli elementi *hardware* sono: *server*, connessione ad internet, telefonino Nokia 6680, ricevitore GPS bluetooth. I *software* per il *server* sono: "GPS *server*" e "Localized Camera" entrambi *php based* interagenti con *db-mysql*, *Google Earth* e *Google Map*. I software per il telefonino *java based* sono: "GPS *server*" e "Localized Camera". Entrambi i *software* del telefonino provvedono ad aprire una connessione con il ricevitore GPS attraverso bluetooth e un'altra con il *server* attraverso la tratta radio GPRS/UMTS.

L'obiettivo del lavoro è stato perseguito per fasi.

- Fase 1: verifica della qualità delle misure effettuate in campo aperto.

- Fase 2: verifica della qualità delle misure effettuate in presenza di ostacoli.
- Fase 3: catalogazione delle immagini e degli attributi di georeferenziazione in real time e gestione attraverso interfaccia web.

Per la fase 1 si è individuata un'area libera da ostruzioni, con una visibilità di 2π steradiani (360° sul piano orizzontale e 180° su quello verticale), e su di essa si è presa una distanza di 100 metri, rilevata con una fettuccia da cantiere. E' stato posto il GPS commerciale sia nel punto iniziale (punto A) che in quello finale (punto B) effettuando per entrambi i 2 rilievi una collezione di misure statiche. In tutte queste misure il parametro DoP (*Dilution of Precision*), che tiene conto della distanza tra i satelliti utilizzati per effettuare le misure, era sempre minore dell'unità ad indicare che la qualità delle misure era la massima possibile. Queste misure andavano a popolare in automatico il *db-mysql*.

Al termine, attraverso il *software* installato nel *server* - *GPS server*, è stato possibile mostrare tutti i dati su Google Earth ottenendo una misura di distanza differente da quella rilevata con la fettuccia da cantiere di un valore minore del 2%.



Figura 1. L'immagine mostra i rilievi effettuati in campo aperto. La distanza misurata risulta 101.06 m. I punti sono stati posizionati a 100 m, la differenza è inferiore al 2%.

Inoltre tutti i rilievi associati sia al punto A che B circoscrivevano un'ellisse i cui assi avevano dimensioni inferiori al metro.

Successivamente si è passati alla fase 2, con lo scopo di verificare l'effetto degli ostacoli. Sono stati effettuati dei rilievi posizionando il ricevitore GPS in modo che ricevesse i satelliti solo da un semispazio di π steradiani (180° sul piano orizzontale e 90° su quello verticale), ovvero sul davanzale del laboratorio. Tale davanzale è ubicato al secondo piano ed orientato approssimativamente verso Nord. Anche in questo caso è stata effettuata una campagna di misure che poi è stata visualizzata attraverso Google Earth.

La caratteristica dei rilievi è stata molto diversa rispetto a quella della fase 1. Per prima cosa si è notato che il DoP è risultato sempre maggiore di 4; ad indicare una bassa qualità di misure rilevate causata prevalentemente dell'uso di satelliti vicini tra loro. Com'è noto infatti utilizzare satelliti non

equamente distribuiti non consente, da un lato, una corretta sincronizzazione del clock del ricevitore e, dall'altro, di beneficiare il vantaggio statistico della modellizzazione del mezzo attraversato (ionosfera e troposfera). Satelliti lontani tra loro garantiscono maggiore eterogeneità delle tratte radio e quindi una maggiore attendibilità statistica.



Figura 2 Impronta delle misure in presenza di un ostacolo (lo stabile del dipartimento).

La seconda cosa notata è che i rilievi circoscrivevano un'ellisse di generose dimensioni. Circa 20 metri di asse maggiore e 10 di asse minore. Un fattore molto interessante, ma già noto, (Lojacono et al., 2007) è stato l'orientamento dell'ellisse. L'asse maggiore è perpendicolare alla facciata dello stabile del dipartimento. Fase 3.

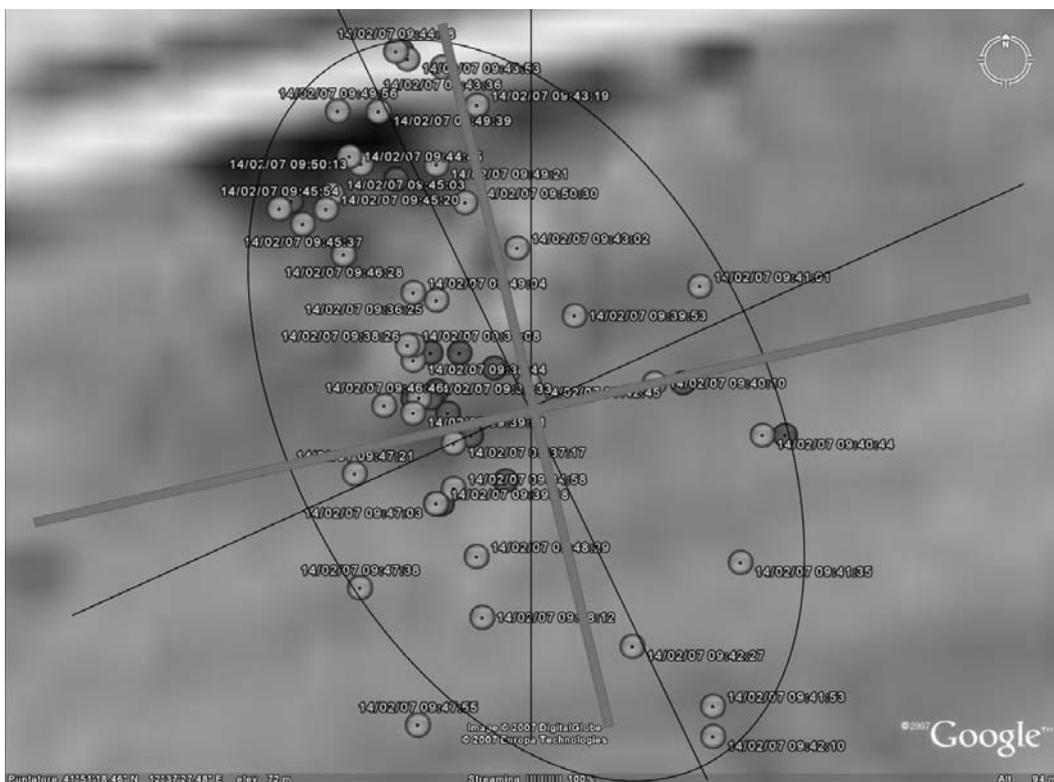


Figura 3 L'immagine mostra l'impronta delle misure con la stessa scala delle misure effettuate in campo aperto: il confronto mostra un'impronta con area estremamente maggiore. Inoltre gli assi di colore nero mostrano gli assi dell'ellisse che racchiude la quasi totalità delle misure, mentre quelli di colore rosso, mostrano gli assi paralleli a quelli dello stabile del dipartimento. La differenza è minore di 15°. Come si evince l'ostacolo enfatizza l'errore lungo l'asse trasversale. Questo perché la coordinata lungo l'asse longitudinale è ottenuta da satelliti contrapposti mentre quella lungo l'asse trasversale è ottenuta solo da satelliti posizionati dalla stessa parte.

E' stato realizzato attraverso la combinazione dei software presenti nel telefonino e nel server un servizio detto "Localized Camera". Esso consente l'invio in tempo reale delle immagini riprese, corredate delle coordinate geografiche e dei parametri di qualità delle misure effettuate con il GPS (GDoP, numero dei satelliti utilizzati, ecc.). Inoltre attraverso l'accesso web è possibile, cliccando sulla foto, aprire google maps con un toponimo (*marker*) nel punto indicato dai rilievi GPS.



Figura 4 Esempio di presentazione del prodotto "Localized Camera" realizzato all'interno del dipartimento finalizzato alla catalogazione delle immagini in tempo reale.

Risultati e sviluppi futuri

Le misure effettuate hanno consentito di rilevare che gli attuali GPS commerciali consentono di effettuare misure di posizione interessanti solo per rilievi grossolani. Nelle misure di distanza ci attende errori di circa il 2% in campo aperto. In assenza di ostacoli le cose vanno molto peggio in base alle condizioni di misura.

Per quanto riguarda la qualità delle immagini gli attuali terminali si giovano molto delle economie di scala possibili. Nokia è il primo produttore al mondo di macchinette fotografiche! Gli ultimi modelli di *mobile phone* dispongono di autofocus. Il vantaggio rilevante è comunque rappresentato dalla praticità dello strumento. La validità del lavoro svolto è ancora più enfatizzata dal fatto che il mercato dei telefonini, disponendo di ingenti capitali per la ricerca e sviluppo, evolverà a ritmi maggiori rispetto agli altri fornitori.

Per quanto riguarda la costellazione GPS, in futuro, invierà i segnali per effettuare la localizzazione consumer non più sulla singola frequenza L1 (1575.42 MHz) ma anche sulla frequenza L2 (1227.60 MHz), garantendo una migliore modellizzazione della ionosfera che si tradurrà in una più accurata qualità della misura. Inoltre l'incremento della potenza di trasmissione dei satelliti consentirà il miglioramento della ricezione dei segnali anche nel sottobosco (ostacolato dalle foglie degli alberi), nei canyon urbani (attraverso le riflessioni multiple) e in alcuni casi anche all'interno degli edifici (prevalentemente nei piani alti).

In futuro l'agenzia spaziale europea (ESA) avrà reso operativo il programma EGNOS che consentirà, attraverso le stazioni di terra di migliorare la qualità delle misure e i tempi di acquisizione. Inoltre, saranno disponibili altre 2 costellazioni, la russa GLONASS e l'europea GALILEO. La prima, è già operativa e sarà in stato avanzato di sviluppo entro la fine del 2008, con 22 satelliti. Per la seconda occorre attendere il 2013.

Però mentre la realizzazione di ricevitori GPS/GALILEO integrati nei telefonini è relativamente semplice - si realizza tramite poche modifiche hardware ed alcune implementazioni software - la realizzazione di ricevitori GPS/GLONASS di piccole dimensioni, al punto da essere integrati nei

telefonini, è più difficile in quanto il sistema GLONASS utilizza la tecnica di trasmissione FDMA diversa da quella CDMA utilizzata da GPS e GALILEO. Pertanto per effettuare il ricevitore GPS e GLONASS occorre realizzare 2 ricevitori completamente separati ed un *microchip* (processore) matematico in grado di ottenere la miglior stima in base alle 2 misure ottenute dalle 2 costellazioni. Ciò implica un incremento di costo, dimensioni e consumo di batterie.

E' stato comunque avviato, il 14 dicembre 2006, un gruppo di lavoro congiunto USA/Russia finalizzato a risolvere questo problema. Non si esclude che anche il GLONASS in futuro possa adottare la tecnica CDMA.

Un altro filone per incrementare la precisione e l'affidabilità dei rilievi topografici, prevede l'integrazione di altri sensori di localizzazione indipendenti dal GPS come gli accelerometri o giroscopi ottici. Dal punto di vista dei rilevatori ottici si andrà verso cellulari sempre più "macchinette fotografiche" dotate di sensori di alta qualità 10 Mpixel meccanicamente stabilizzati al fine di compensare le micro vibrazioni.

Per trasferire le immagini si ricorrerà all'evoluzione dell'UMTS che prevede sia HSxPA (già presente a 7.2 Mbps nella maggior parte delle reti mondiali) che la tecnologia WiMax. Da parte nostra occorre monitorare lo stato dell'arte di tutti gli elementi che compongono il servizio (telefonini, costellazioni GNSS, applicazioni GIS web based) al fine di seguirne l'evoluzione.

Bibliografia

Pini F. (2004), "GPS: come funziona e quanto è preciso. Scopriamo nel dettaglio quanto incide sulla precisione della localizzazione l'imprecisione dovuta agli orologi, con uno sguardo al GPS differenziale e al sistema EGNOS o WAAS", *Wireless*, n. 44 October.

Pini F. (2005), "Quanto è preciso il GPS? Il GPS consente di misurare la posizione, la velocità e l'orario. Vediamo, nel dettaglio, come è possibile misurare la velocità e con quale precisione", *Wireless*, n. 50 September.

Pini F (2006), "Machine to machine, un segmento in espansione nelle comunicazioni", *Wireless, Tecnologie per il management dei processi aziendali*, n. 58 September.

Pini F (2007), "There's huge market potential in the new generation of GPS-based location services", *Mobile Media*, vol. 8, n. 4, pp. 20 February.

Lojacono R., Pini F., Angelucci S., Guerrero Marin J. L. (2007), "GPS: quanto sono precisi?" *Wireless, Tecnologie per il management dei processi aziendali*, n. 65 May, pp. 76-9.

Renso C., Puntoni S., Frenzos E., Mazzoni A., Moelans B., Pelekis N., Pini F. (2007), "Wireless Network Data Sources: Tracking and Synthesizing Trajectories," Chapter 3 in F. Giannotti and D. Pedreschi (eds), *Mobility, Data Mining and Privacy, Geographic Knowledge Discovery*, Springer.