

GGEOWASP: software di acquisizione e trattamento dati rilevati da un sistema di rilevamento dinamico a basso costo

Simone Balbo (*), Fabio Giorni (*), Andrea Lingua (**), Marco Piras (**)

(*) ITHACA-Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action, Via Pier Carlo Boggio 61, 10138, Torino, tel. 01119751860, fax 01119751122, (simone.balbo, fabio.giorni)@ithaca.polito.it

(**) Politecnico di Torino, DITAG, c.so Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino, tel 011564(7661-7700), fax 0115647699, (andrea.lingua, marco.piras)@polito.it

Riassunto

Grazie ad una collaborazione fra il Politecnico di Torino e ITHACA, è stato sviluppato un sistema a basso costo (< 1000 €) di acquisizione ad alto rendimento di immagini georiferite corredato da un'insieme di strumenti software per l'utilizzo dei dati acquisiti in applicazioni speditive. Il sistema, progettato in modo da essere facilmente trasportabile, consente di acquisire da un veicolo terrestre immagini nel campo del visibile di oggetti di interesse e di determinarne la posizione spaziale del punto di presa con precisione metrica. Un'applicazione software specificamente realizzata in linguaggio C# permette di gestire il sistema memorizzando le immagini acquisite ad alta definizione da ognuna delle *webcam* collegate con una frequenza elevata (8-15 fps per camera a seconda del calcolatore utilizzato) e registrando, in un file testuale, il messaggio NMEA trasmesso dal ricevitore GNSS (posizione del veicolo e tempo GPS) e il tempo PC per la sincronizzazione del sistema. La georeferenziazione delle immagini avviene assegnando la posizione del tempo di scatto a partire dalle posizioni GPS mediante un'interpolazione lineare.

Il sistema è stato testato positivamente in un caso studio per l'analisi della disposizione della cartellonistica stradale sul territorio torinese, consentendo di raggiungere una precisione maggiore e un numero di addetti inferiore rispetto ad altri metodi precedentemente usati. Tramite un'applicazione software creata appositamente in ambiente Visual Studio NET per lavorare su ESRI ArcGIS è stato gestito il post-processamento dei dati, che ha consentito di creare in modo semi-automatico un geodatabase dei cartelli stradali rilevati.

Abstract

A low cost mobile mapping system and several tools devoted to view and manage georeferenced images have been realized thanks to a cooperation between the Politecnico di Torino and ITHACA. The system allows to acquire visible images from a terrestrial vehicle and their position with a metrical accuracy. A specific software tool dedicated to data acquisition has been realized: it records webcam images at 8-15 fps, the NMEA message of GNSS receiver, (position of the vehicle and GPS time) and the correspondent PC time. After the acquisition step, each image is georeferenced, making a linear interpolation between pc time and GPS time to purpose of define the vehicle position. The system is easily transportable and it allows to obtain the relief in a quick time. The system has been positively tested in a real case, where the identification of touristic road sign on some part to the West of Piemonte was required, obtaining a good final product (geodatabase) and decreasing the number of people employed in the field. A special application realized in Visual Studio NET and able to work on ESRI ArcGIS environment was developed, in order to build the geodatabase through a semi-automatic process.

Introduzione

Quando si vuole descrivere un sistema *mobile mapping* (MMS) si associa solitamente la definizione data da Schwarz ed El-Sheimy (El-Sheimy, 1996) di "un sistema multi sensore che permette di georiferire gli oggetti visibili e di interesse per un *GIS* (*Geographic Information System*) urbano con una precisione controllata mentre è in movimento lungo un percorso stradale ad una velocità massima di 60 km/h e ad una distanza massima di 30 m da tali oggetti. L'acquisizione dei dati è automatica e prevede l'attivazione di procedure di controllo di qualità in *real-time*. L'elaborazione dei dati è eseguita successivamente alla missione e prevede moduli separati per la georeferenziazione, la gestione del *database* delle immagini, l'elaborazione delle immagini e la verifica della qualità del rilievo".

Solitamente i veicoli dedicati a questo tipo di attività sono equipaggiati con molteplici sensori, quali ad esempio odometro, *INS*, ricevitori geodetici GNSS e *laser scanner*, che consentono di ottenere elevate prestazioni in termini posizionamento (anche in assenza di copertura GNSS), assetto e contenuto di informazioni. Questo strumento di rilievo presenta notevoli vantaggi, ma purtroppo non gode di un elevato numero di utenti in quanti i costi (> 100k€) e la limitata trasportabilità del sistema (una volta installato su un veicolo è molto complesso cambiarlo) lo rendono utilizzabile in poche applicazioni.

Partendo da una precedente esperienza svolta dal gruppo di ricerca di Geomatica del Politecnico di Torino, in merito alla realizzazione di un prototipo di sistema *mobile mapping* a basso costo (Piras et al. 2008, Bendea et al. 2008), si è realizzato un sistema semplice e compatto per la georeferenziazione di immagini.

Al sistema hardware è stato affiancato un pacchetto software nato grazie alla collaborazione con l'organizzazione ITHACA e sviluppato "ad hoc" per consentire la gestione dell'acquisizione dei dati, effettuare un pre-trattamento delle immagini registrate ed infine realizzare un GIS in ambiente ESRI, come verrà descritto in seguito, in maniera semi-automatica.

Il sistema di rilevamento

Il gruppo di ricerca di Geomatica del Politecnico di Torino ha cercato di sviluppare un sistema a basso costo, leggero, versatile, di facile utilizzo, agevolmente trasportabile su vari veicoli con semplici operazioni di montaggio e avente una metrica precisione di posizionamento. Sono stati pertanto utilizzati solamente un ricevitore GNSS a basso costo (< 500€) e alcune webcam commerciali di produzione Logitech (modello Quickcam Pro 9000) escludendo sensori inerziali e odometrici. In figura 1 è visibile il sistema finale denominato SLC (*super low cost*), nella caratteristica forma ad "albero" in una configurazione con 3 webcam disposte a varie altezze (per motivi di montaggio) in modo da coprire una visuale di quasi 180°.

Le webcam sono state fissate ad un perno centrale mediante bullonatura, per consentire l'orientamento orizzontale, mentre quello verticale è garantito mediante una vite micrometrica (indicata dalla freccia) posta in testa ad ogni singola camera. Vista la leggerezza del sistema, esso può venire semplicemente fissato al tetto del veicolo mediante supporto magnetico, posto alla base del perno centrale.

Sulla testa del perno centrale è stata fissata una antenna GPS con attacco coassiale a cui è possibile collegare sia un ricevitore a basso costo di solo codice, sia un ricevitore più evoluto e controllabile come ad esempio la scheda *u-blox* ANTARIS 4. I vantaggi di usare questo tipo di ricevitore sono legati all'accuratezza del posizionamento sia sfruttando la possibilità di registrare i dati GPS di codice e fase per svolgere un post processamento sia lavorando in tempo reale in modalità DGPS.



Figura 1 – Prototipo del SLC

Acquisizione e trattamento dei dati mediante il software GEOWASP

Il sistema così realizzato ha richiesto lo sviluppo quasi completo di strumenti *software* dedicati per l'acquisizione dei dati (immagini e dati GPS) e l'intera implementazione del pacchetto di *utilities* per il trattamento e l'analisi dei dati acquisiti.

A tal proposito, attraverso la collaborazione tra ITHACA ed il DITAG, è stato implementato mediante il linguaggio di programmazione C#, in ambiente Visual Studio NET un programma chiamato GEOWASP, pensato per essere semplice da usare, completo e adattabile a varie configurazioni del sistema.

La parte di GEOWASP dedicata all'acquisizione dati è composta da due moduli: uno dedicato alla registrazione dei dati GPS (figura 2) e uno destinato alla gestione e acquisizione dell'immagini dalle webcam (figura 3).

Il modulo GEOWASP-GPS consente di collegarsi ad un ricevitore GPS, mediante cavo seriale, ricevere e registrare il flusso dati NMEA (messaggio GGA) con la posizione e il tempo GPS.

Contemporaneamente legge e memorizza il tempo indicato dall'orologio del PC in modo da poter disporre di dati per la sincronizzazione del sistema. Infatti può essere necessaria la stima dell'eventuale *drift* dell'orologio del computer, al fine di realizzare il corretto allineamento tra l'orologio del PC (con cui si determina l'istante di acquisizione delle immagini) e il tempo GPS a cui è collegata la posizione del veicolo.

All'interno del modulo GPS è disponibile un comando apposito che permette di memorizzare commenti (*TAG*) nel file contenente il NMEA, con la relativa posizione e tempo GPS. Ogni commento può essere inserito sia manualmente oppure da una lista di voci pre-caricate (figura 2).



Figura 2 – Modulo GPS



Figura 3 – Modulo Image

Nel caso in cui si desideri ottenere una maggiore precisione nel posizionamento, è necessario registrare anche i dati grezzi di codice e fase avvalendosi di ricevitori più complessi come per esempio le schede *u-blox*. In questo caso, è possibile avvalersi del *software* proprietario *u-center* (figura 4) che consente di fornire un maggiore dettaglio sullo stato di attività del ricevitore e di registrare i dati grezzi GPS nel formato proprietario *.ubx*. Accanto alla scheda *u-blox* va comunque sempre utilizzato un ricevitore di solo codice per registrare il tempo GPS indispensabile per la sincronizzazione del sistema.

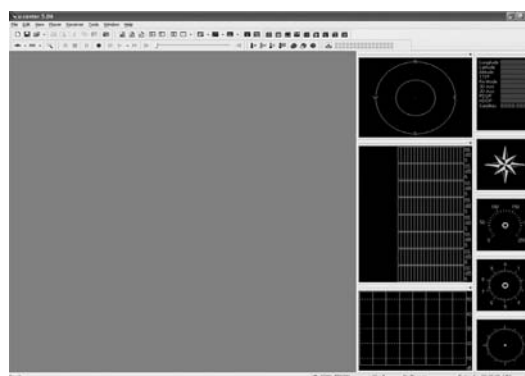


Figura 4 – Videata u-center

Il secondo modulo, GEOWASP-Image, gestisce e registra le sequenze di immagini delle *webcam* mediante un'interfaccia grafica molto semplice (figura 3): esso utilizza i *driver* delle *webcam*, adattandosi ai sensori di volta in volta collegati sfruttando a pieno tutte le possibili configurazioni

disponibili. Il software non è pertanto legato alla configurazione attuale del sistema ma permette di gestire un maggior numero di camere, di vari modelli, con differenti prestazioni e settaggi (zoom, esposizione, contrasto, ecc.). Per ogni *webcam* collegata viene attivato un nuovo modulo di GEOWASP-Image, in maniera che tutti i processi vengano gestiti direttamente dal sistema operativo che ottimizza a pieno le risorse del computer utilizzato, come per esempio l'uso di processori *multicore*. Le prestazioni del sistema (in termini di frame per secondo) dipenderanno quindi dalle capacità hardware disponibili.

Le buone prestazioni ottenute (8-15 fps) sono state raggiunte sfruttando a pieno le capacità di alcune librerie multimediali quale ad esempio DirectShow.NET, versione *open source* per C# delle DirectX di Windows.

I test eseguiti

Il sistema SLC sopra descritto è stato utilizzato all'interno di un progetto svolto da SITI (istituto superiore sui sistemi territoriali per l'innovazione), per conto della Regione Piemonte, per il rilievo e la restituzione in scala 1:50000 della segnaletica turistica in valle di Susa (To), al fine di effettuare studi sulla gestione e l'accoglienza dei turisti nella Valle.

Il rilievo è stato realizzato in continuo su 290 km di strade provinciali, nei due sensi di marcia (580 km), utilizzando un normale veicolo messo a disposizione da SITI su cui è stato installato il sistema SLC, attivando due webcam e acquisendo immagini alla risoluzione di 960x720.

Le precisioni richieste dal lavoro hanno permesso di utilizzare un ricevitore GARMIN MAP176 (fig. 5) con antenna esterna, con l'ausilio delle correzioni EGNOS, ove disponibili. Nella maggior parte del rilievo questa condizione è stata verificata.

Il tempo totale di rilievo è stato complessivamente di circa 15 ore con una velocità media durante il rilievo di circa 40 km/h.

Il sistema è stato collegato ad un *computer* portatile di medie-alte prestazioni, con un processore di tipo *Extreme* (bi-processore), in modo da garantire lo stesso utilizzo di *CPU* per entrambe le webcam.

Per quanto riguarda le risorse necessarie, sono stati impiegati in totale circa 55 GByte di memoria di massa, circa 3.8 GByte/h, producendo complessivamente circa 550000 immagini in formato *jpeg*.



Figura 5 – GARMIN MAP 176

Analisi dei risultati ottenuti

Le immagini raccolte hanno dovuto subire un processo di georeferenziazione, per poi poter essere inserite all'interno di un *database*, cercando di conservare tutti i metadati registrati durante il rilievo (nome immagine, tipo cartello, lato strada ecc.). Per agevolare e rendere più rapida la procedura di post-elaborazione è stato sviluppato un modulo apposito di GEOWASP (GEODB), tarato in base alle esigenze e agli obiettivi da raggiungere. La scelta adottata consiste nell'implementazione in ambiente Esri ArcGIS (ArcMap) di un *tool* aggiuntivo in grado di gestire i dati acquisiti, garantire la visualizzazione, la selezione ed effettuare la georeferenziazione e contemporaneamente creare un *database* dei dati acquisiti in formato *shapefile*.

Dal punto di vista dell'interfaccia utente, tale software (figura 6) è composto da una singola finestra, avviabile con un tasto dalla barra degli strumenti di *ArcMap*, che contiene diversi elementi fra i quali:

- due *Image Boxes* nelle quali vengono proiettate le immagini acquisite dalle due webcam utilizzate durante il rilevamento;
- alcuni *buttons* che consentono la navigazione in avanti e indietro dei *frames* catturati, nonché la riproduzione in continuo simile ad un filmato;

- diversi *Text Boxes* nelle quali vengono inserite le caratteristiche dei cartelli stradali analizzati di volta in volta;
- diversi *buttons* per la gestione della cartella di lavoro, salvataggio del punto di avanzamento della restituzione e dell'acquisizione del record.

Dal punto di vista logico il *software* esegue istruzioni su differenti livelli: da quello della visualizzazione delle immagini acquisite, con la possibilità di *zoom a pixel* reali, a quello della ricerca delle coordinate salvate più prossime in termini di tempo all'istante di acquisizione dell'immagine. In relazione all'ambiente GIS in cui è implementato, il software consente la creazione di una *feature* puntuale in uno *shapefile* alle coordinate individuate in precedenza e la compilazione automatica del relativo record nella tabella degli attributi con le informazioni inserite nell'interfaccia grafica.

Selezionata la cartella in cui si trovano le immagini e selezionato il file in cui sono state registrate le posizioni (in questo caso NMEA) e gli eventi, si può procedere in due modalità.

Il software consente, mediante il tasto "play" di visualizzare tutte le immagini, *frame per frame*, come un video o, in alternativa, è possibile passare da un evento (*tag*) ad un altro in maniera diretta.

Questo è possibile farlo grazie alle indicazioni di commento riportate nel file NMEA. Una volta individuato l'evento di interesse, in questo caso il cartello turistico, si possono aggiungere alcuni campi come la tipologia del cartello, l'eventuale testo, la posizione (i.e. strada, *guardrail*), informazioni sulla visibilità e lato della strada.

Una volta inserite le informazioni viene creato ed aggiornato un *database*, in cui oltre alla posizione planimetrica dell'immagine e al nome dell'immagine, sono presenti tutti questi attributi. La fase di restituzione ha richiesto cinque giorni di lavoro, durante i quali sono stati prodotti 2150 record nel *database*. Ciascun record contiene le informazioni riguardanti i toponimi presenti nel cartello stradale, per cui ognuno dei cartelli è stato rappresentato tante volte quanti erano contenuti i toponimi di interesse. I cartelli stradali restituiti sono stati in totale 830.



Figura 6 – GEOWASP - GEODB



Figura 7 – Inserimento dati nel GEOWASP -GEODB



Figura 8 – Database creato con GEOWASP - GEODB

In passato analoghi lavori sono stati effettuati con un metodo che prevedeva l'utilizzo di una videocamera digitale con riprese in continuo e una cartografia in formato cartaceo del territorio

attraversato. La fase di acquisizione richiedeva la presenza di 3 persone di cui una alla guida, una alle riprese e la terza alla lettura della cartografia per marcare eventuali punti di riferimento.

In questo metodo, la fase di restituzione era costituita dal posizionamento manuale del cartello su cartografia digitale (sempre in ambiente ArcGIS) basandosi sul riconoscimento del punto sulla cartografia stessa, (basso livello di precisione); inoltre la compilazione del database veniva realizzata manualmente. In tale fase, per di più, era necessaria la visione completa di tutto il filmato di acquisizione. Questo metodo di rilievo e i relativi prodotti sono stati confrontati con il metodo integrato SLC/GEOWASP e il relativo prodotto GIS, valutando i seguenti parametri: ore impiegate per realizzare il prodotto finale, qualità del prodotto e risorse impiegate.

In tabella 9 sono riassunti alcuni parametri di confronto tra le due tecniche utilizzate :

	<i>Metodo videocamera</i>	<i>Sistema SLC - GEOWASP</i>
<i>Tempo impiegato rilievo (giorni)</i>	10	2
<i>Tempo impiegato restituzione (giorni)</i>	90	5
<i>Precisione localiz. eventi (m)</i>	10-15	0.8-3
<i>Numero operatori impiegati</i>	3	2

Tabella 9 – Metodo videocamera vs. Metodo SLC/GEOWASP

Conclusioni

Considerando i test svolti e i risultati ottenuti e tenendo conto delle varie offerte commerciali e dei metodi precedentemente utilizzati, si può affermare che l'utilizzo del sistema SLC integrato con il pacchetto GEOWASP, comporta numerosi vantaggi. L'utilizzo di sensori *mass market* di buon livello consente di raggiungere un costo molto basso con una qualità ottimale per molte applicazioni. Nel caso di censimento o ricognizione, il sistema ha dimostrato una notevole efficacia migliorando sensibilmente le tecniche di rilievo usate in precedenza mediante: una significativa riduzione dei tempi di acquisizione e restituzione, una miglior precisione nella georeferenziazione dei punti ottenuti, l'assenza di errori grossolani di restituzione dovuti ad un'errata interpretazione della cartografia disponibile e la riduzione del numero di operatori necessari.

L'efficacia del sistema viene valorizzata grazie all'ausilio del software GEOWASP, che permette sia in fase di acquisizione che in fase di restituzione, un ottimale sfruttamento delle risorse sia umane che tecnologiche. I tempi di georeferenziazione e restituzione degli eventi sono molto rapidi e richiedono operazioni semplici. La possibilità di muoversi attraverso le immagini in maniera diretta, consente di ridurre sensibilmente i tempi di restituzione. Pertanto, il sistema SLC è risultato molto versatile ed efficace, non richiede onerose fasi di calibrazione e può essere utilizzato da operatori non particolarmente esperti, in differenti applicazioni, soprattutto per scopi di ricognizione e censimento.

Riferimenti bibliografici

- El-Sheimy N. (1996), *The Development of VISAT - A Mobile Survey System For GIS Applications*. PhD Thesis, Department Of Geomatics Engineering.
- Piras M., Cina A., Lingua A. (2008), "Low cost mobile mapping system: an Italian experience". *PLANS 2008 proceeding*, 1033-1045.
- Bendea H. I.; Cina A.; De Agostino M.; Lingua A.; Piras M. (2008), "Realizzazione di un GIS stradale con un veicolo rilevatore basso costo", *12° ASITA 2008 proceeding*, 371-374

Ringraziamenti

Gli autori vogliono ringraziare tutti coloro che hanno reso possibile lo sviluppo e la realizzazione del sistema SLC e del programma GEOWASP, in particolare il prof. Bendea che ha costruito il sistema e lo staff di SITI che ha deciso di avvalersi di questo sistema nel loro lavoro.