

REALIZZAZIONE DI UN GIS STRADALE CON UN VEICOLO RILEVATORE BASSO COSTO

H.I. BENDEA, A. CINA, M. DE AGOSTINO, A. LINGUA, M. PIRAS

Dipartimento dell'Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Geotecnologie - DITAG, Politecnico di Torino,
Corso Duca degli Abruzzi, 24, 10129, Torino, Italia, +39011.564.7658/7630/7700/7675; +39011.564.7699,
(iosif.bendea/alberto.cina/mattia.deagostino/andrea.lingua/marco.piras)@polito.it

Riassunto

Gli enti territoriali (regioni, province, ...) che hanno per competenza la gestione della rete stradale devono a termini di legge (D.L. n° 285/92, Nuovo Codice della Strada, D.M. 01.06.2001 "Modalità di istituzione ed aggiornamento del Catasto delle Strade") dotarsi di un catasto strade, realizzandone uno ex-novo o aggiornando quello esistente. L'estensione della rete stradale italiana (oltre 160.000 km di strade statali o provinciali), la complessità dei dati da definire (segnaletica orizzontale e verticale, cippi chilometrici, etc.), la tempistica rapida per l'esecuzione dell'acquisizione dei dati e la costruzione del sistema richiedono, per una soluzione efficiente in termini costi/prestazioni, l'utilizzo di strumenti specifici, tra cui quelli denominati *Mobile Mapping Vehicles* (MMV). Si riporta l'esperienza, maturata presso il DITAG del Politecnico di Torino, relativamente alla costruzione di un veicolo rilevatore basso costo.

Abstract

The territorial agencies (e.g. regions, provinces...) responsible for the management of the road network must to create a new road cadastre, in compliance with the laws (D.L. n° 285/92, New Highway Code and D.M. 01.06.2001 "Procedures for the establishment and updating of road cadastre"). The spread of Italian road network (more than 160000 km between highways and secondary roads), the complexity of data (e.g. road markings, traffic signs, milestones...), the short times for the data acquisition and the systems design entail the use of specific tools, such as for example the Mobile Mapping Vehicles (MMV), in order to have an efficient solution in terms of costs/performances. The paper describes the works of DITAG developing of a low-cost MMV and some dedicated software tools to calibrate, manage and use the system.

Introduzione

Il D.M. 1/6/01 rappresenta il "tormentone" per gli enti proprietari di strade che devono dotarsi di un catasto delle strade. Le soluzioni per questo rilevamento possono essere diverse e attuate tramite velivoli oppure con mezzi di rilevamento a terra. In tutti i casi il problema principale rimane l'integrazione di sensori che permettono di rilevare posizione ed assetto del veicolo (ricevitori GNSS e apparati inerziali IMU) unitamente a sensori per il rilevamento di dettaglio dei particolari sul corpo stradale (fotocamere, telecamere, laser scanner, profilometri).

Oggi esistono già numerosi sistemi trasportati da aereo, da elicottero o da furgoni attrezzati chiamati MMV (*Mobile Mapping Vehicles*). La realizzazione di un ulteriore sistema presso il DITAG del Politecnico di Torino è stata motivata, oltre che alla necessità di far fronte ad alcune applicazioni specifiche, anche dall'interesse nell'affrontare un'esperienza interdisciplinare per l'integrazione e gestione di tutta la sensoristica. Riteniamo che l'interesse di quanto realizzato e brevemente nel seguito esposto, possa essere legato soprattutto al basso costo del sistema basato su sensori standard reperibili sul mercato a prezzi ormai contenuti. Vediamo come è fatto e quali sono le prestazioni.

Il sistema di rilevamento integrato

Il Mobile Mapping System (MMS) è un sistema montato rigidamente su di una struttura metallica con orientamento interno noto (ovvero, con posizioni e assetti relativi tra GPS, IMU e telecamere noti) e installabile su qualunque veicolo. Operazioni di calibrazione permettono di relazionare fra loro il sistema di riferimento (SR) “interno” a quello “terreno”. Il sistema è così composto:

- 3 ricevitori GNSS per la posizione e l’assetto del veicolo;
- Apparato inerziale IMU per la posizione e l’assetto veicolo anche in assenza del segnale GNSS;
- Sistema di ripresa con 3 webcam Logitech Quickcam Pro 9000, dal costo di circa 100 € cad.

A dispetto del bassissimo costo rispetto a telecamere professionali, esse forniscono immagini fino alla risoluzione di 1024x768 con rate fino a 30 fps e un buon sistema esposimetrico che si adatta rapidamente ai cambi di luminosità. L’ottica, di buona qualità, una volta calibrata, produce immagini sulle quali si possono eseguire misure fotogrammetriche con precisione del cm/dm. Esse vengono gestite da un software d’acquisizione appositamente realizzato che permette su un unico PC di acquisire immagini da 3 videocamere con rate sufficiente e di legare ad ogni fotogramma l’istante di presa con risoluzione 1/1000 s.

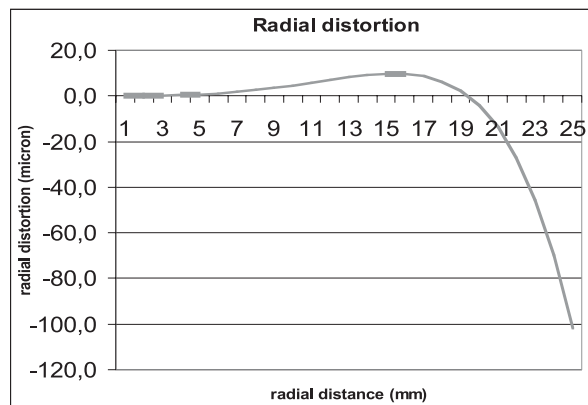
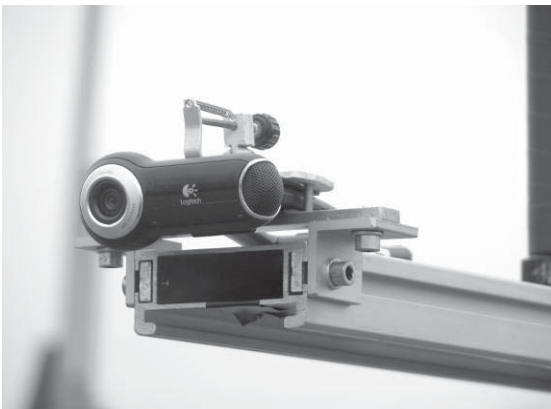
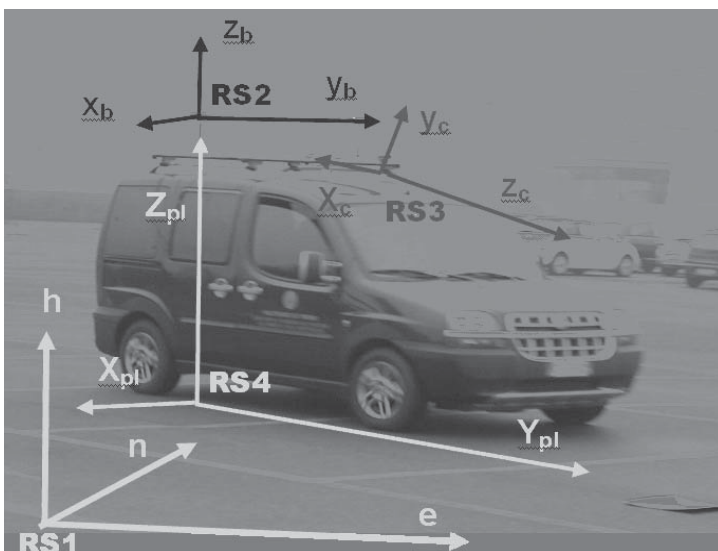


Figura 1 – Webcam e curva di distorsione

I sistemi di riferimento spazio temporali

Ogni sensore fornisce misure nel suo sistema di riferimento: integrarli fra di loro significa dunque anche integrare i loro sistemi di riferimento per portarli ad un comune. Possiamo allora considerare i seguenti sistemi di riferimento:



- RS1:** “cartografico” UTM-WGS84;
- RS2:** “body” definito dalla posizione dell’antenna GPS di poppa e centro IMU;
- RS3:** “camera” o “modello” nel caso di prese stereoscopiche;
- RS4:** “di plottaggio” solidale al veicolo con asse Z verticale;

e le loro trasformazioni:

- RS1 ⇔ RS2:** rototraslazione 3D con o senza variazione di scala
- RS2 ⇔ RS4:** rototraslazione 3D
- RS3 ⇔ RS4:** trasformazione omografica (IP approssimazione piana) o equazioni di colinearità

Figura 2 - Veicolo rilevatore e sistemi di riferimento

Oltre al sistema tridimensionale cui riferire le misure, è necessario considerare anche che i diversi sensori forniscono tali misure in diversi sistemi di riferimento temporali, ed in particolare:

- Ricevitori GNSS: scala di tempo GPS;
- Telecamere: scala temporale legata all'orologio del PC;
- IMU: il riferimento temporale è dell'orologio interno a partire dall'istante iniziale del PC.

Il sincronismo è attualmente realizzato a prescindere da dispositivi *trigger* esterni e sfruttando la scala GPS come fondamentale. Il sincronismo tra PC e ricevitore GNSS avviene all'inizio e al termine delle misure sfruttando il segnale di tempo contenuto nel protocollo NMEA. L'*offset* rilevato tra le 2 scale temporali viene interpolato nel tempo per correggere i tempi dei singoli *frames* della telecamera. Al fine di irrobustire la stima di tale *offset*, in fase di rilievo vengono ripercorsi alcuni brevi tratti in tempi diversi, in modo da poter imporre l'eguaglianza delle coordinate di alcuni punti, e stimare così l'*offset* e la deriva temporale.

La restituzione

Avviene attualmente in maniera monoscopica, approssimando la corsia stradale ad un piano. I risultati presentati sono relativi a questa ipotesi, anche se è in fase di realizzazione una soluzione stereoscopica che permette di collimare lo stesso punto visto sia da due telecamere (soluzione *across track*) che in più fotogrammi successivi della stessa telecamera (soluzione *Along track*). La restituzione avviene col software LCMMS (*Low Cost Mobile Mapping System*) rappresentato in fig. 3, a partire dai parametri di orientamento delle webcam e dalla sincronizzazione delle scale di tempo. Il software LCMM può restituire anche un prodotto costituito dalle immagini raddrizzate georeferenziate: uno stralcio di 2 immagini si trova in figura 5.

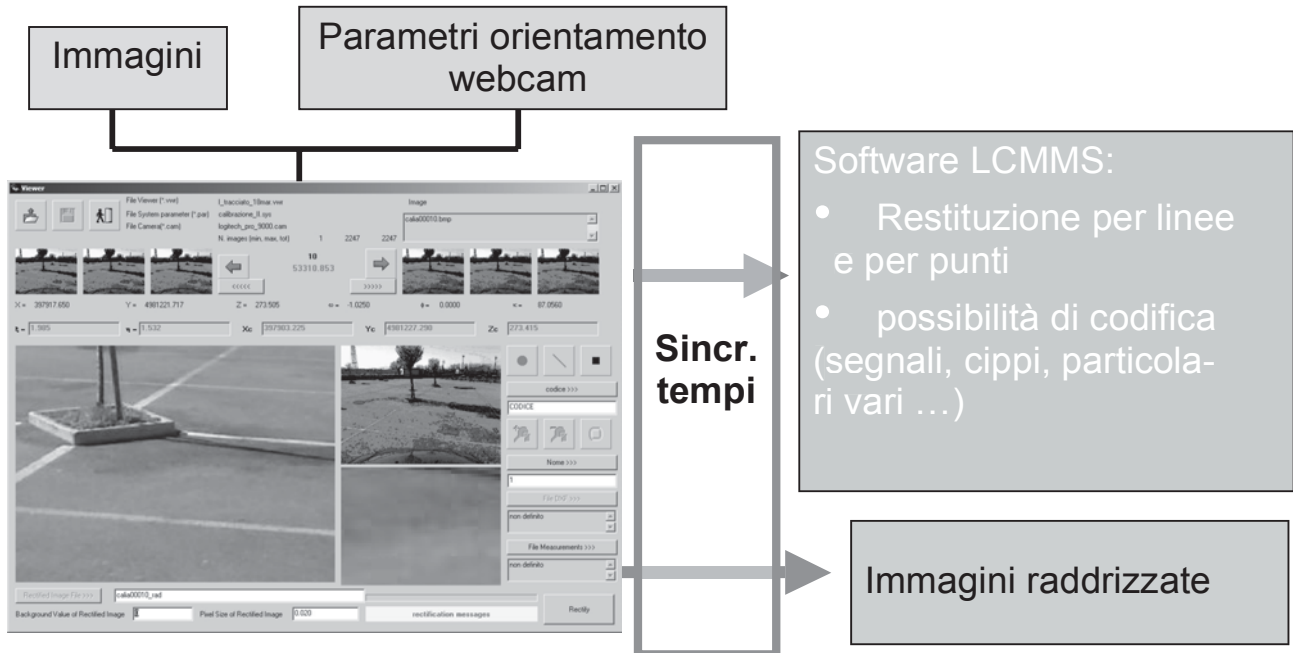


Figura 3 –La restituzione

La restituzione per linee e per punti prevede la possibilità di codifica per un successivo inserimento delle entità restituite all'interno di un GIS.

I risultati

Il rilevamento degli assi stradali con tecniche GNSS, una volta raggiunto il fissaggio dell'ambiguità di fase, raggiunge comodamente le precisioni (1 m) normate dal D.M. 1/6/01. In figura 4 sono riportate le differenze tra il rilievo di un tracciato stradale di 5 km percorso due volte per verifica. Gli scarti sono di tipo centimetrico e il maggior motivo a cui imputare le differenze maggiori è legato alla condotta di guida centrata (fig. 4).

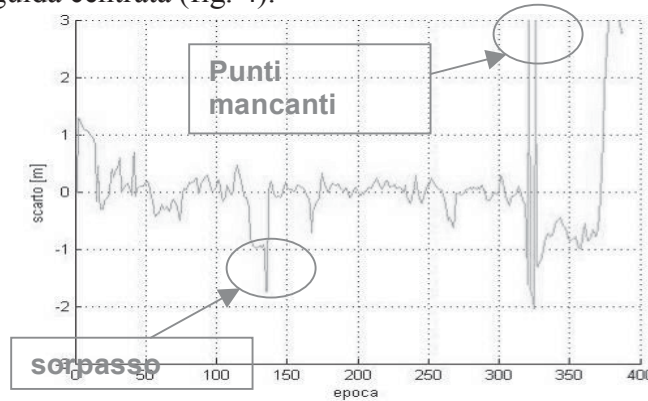


Figura 4 – Scarti planimetrici su un tracciato stradale di 5 km ripetuto

Per quanto riguarda la restituzione dei particolari di dettaglio, da test su di un poligono rilevato con modalità RTK, si notano scarti plano-altimetrici che possono essere contenuti entro i 10 cm con distanza di presa di circa 10 m (figura 5). La precisione diminuisce all'aumentare della distanza di presa. In fig. 5 si nota ancora la sovrapposizione dei punti rilevati con RTK (intersezioni segnaletica orizzontale) con l'immagine raddrizzata e visivamente sono valutabili gli scarti in pochi cm.

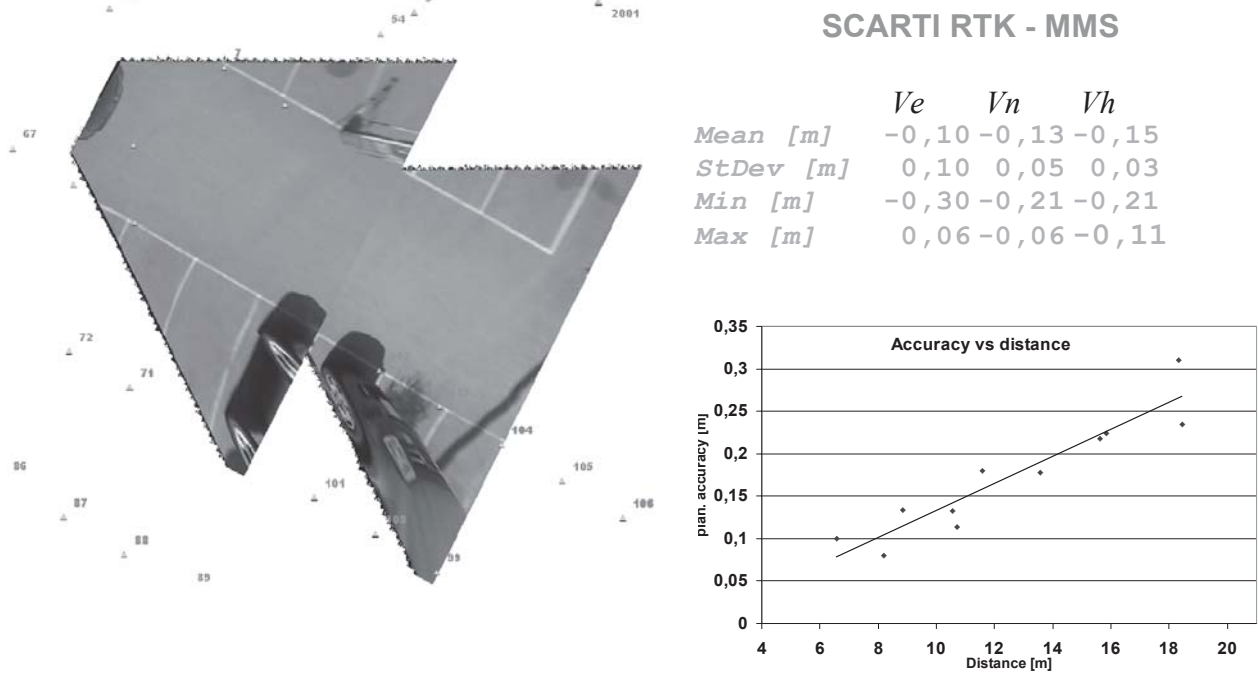


Figura 5 – Test sui risultati delle restituzione

Bibliografia

- Cina A.; Lingua A.; Piras M. (2008). Low cost mobile mapping systems: an Italian experience. 2008 IEEE/ION Position Location and Navigation Symposium. Monterey, California. May 5-8, 2008. (pp. 1033-1045). ISBN/ISSN: 1-4244-1537-3.
- Schwarz K. P., El-Sheimy N, Mobile mapping systems – state of the art and future trends, Int. Archives of photogrammetry and remote sensing, Istanbul 2004.