



Tra i Tecnici di settore la tecnologia Mobile Mapping su un veicolo stradale è considerata e favorita nella messa a punto di soluzioni per le applicazioni di rilevamento stradale

L'EVOLUZIONE DEI VEICOLI AD ALTO RENDIMENTO PER IL RILIEVO STRADALE

Ciro Palermo*
Luciano Cera**
Franco Bidetta**

Tecnologie & Sistemi



Figura 1 - Il veicolo Giotto

1. La tecnologia Mobile Mapping

Il principio su cui si basa è semplice: qualsiasi informazione raccolta dal veicolo in corsa (grazie ad un sistema di sensori montati a bordo) è associata a un'informazione spaziale (attraverso un sistema di posizionamento che può essere, nei casi più semplici, costituito da un ricevitore GPS o da un odometro) e pertanto riferita a un certo punto del tracciato o della sede stradale, consentendo così la realizzazione e l'aggiornamento di basi di dati georiferiti necessari per la messa a punto di sistemi informativi essenziali nella gestione della rete stradale.

Le caratteristiche che hanno determinato il successo dei sistemi di questo tipo - che nel seguito indicheremo con l'acronimo MMS (Mobile Mapping System) e che sono noti anche come laboratori cartografici mobili o veicoli per il rilievo ad alto rendimento - sono essenzialmente le seguenti:

E' un principio analogo e complementare, a quello che presiede il funzionamento dei navigatori satellitari, fondati anch'essi sull'associazione tra un'informazione posizionale (rilevata in tempo reale da un ricevitore GPS) e una base di dati georiferiti, che però in questo caso è nota a priori; in altri termini, un sistema di rilevamento con tecnologia Mobile Mapping è orientato alla raccolta e al georiferimento dei dati, mentre un navigatore è orientato alla presentazione di dati georiferiti (che peraltro in gran parte provengono da campagne di rilevamento con tecnologia Mobile Mapping).

- ◆ la drastica riduzione dei tempi di rilievo, con produttività anche oltre 100 km/giorno;
- ◆ la disponibilità di dati ridondanti per estrarre, in modo accurato, le informazioni necessarie;

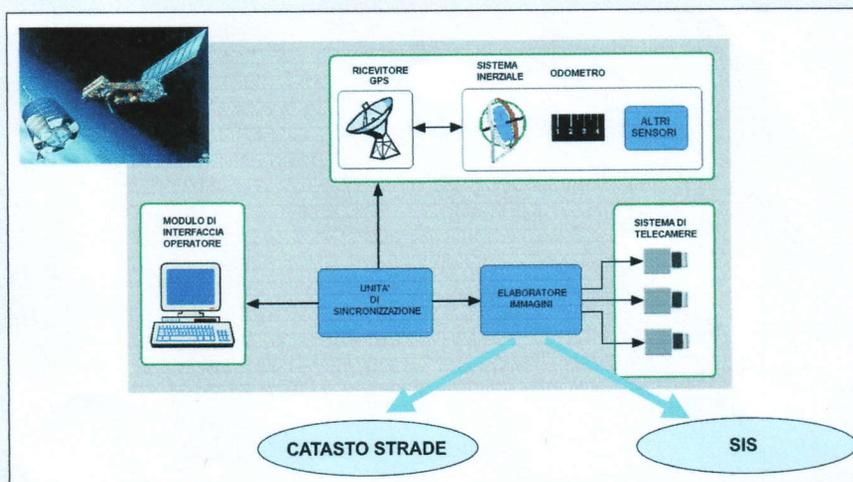


Figura 2 - I componenti minimi di un veicolo ad alto rendimento



- ♦ la disponibilità nel tempo dei dati raccolti durante le missioni con possibilità di effettuare elaborazioni successive e integrative nel momento in cui ciò si renda necessario;
- ♦ l'ampia documentazione fotografica della rete viaria con dettaglio superiore anche rispetto alla fotografia aerea.

Le prime applicazioni produttive risalgono a metà degli anni Ottanta; la tecnologia ha subito nel tempo notevoli evoluzioni ma lo schema funzionale è rimasto sostanzialmente invariato, prevedendo al minimo i seguenti componenti funzionali fra loro integrati (Figura 2):

- ♦ un componente posizionale traiettografico, tipicamente basato su GPS variamente integrato con sensori inerziali e odometrici;
- ♦ un gruppo di sensori di varia natura in cui sono storicamente presenti componenti di rilievo video per successive elaborazioni fotogrammetriche e ai quali, nel tempo, si sono aggiunti componenti specializzati in funzione al particolare scopo del rilievo;
- ♦ un componente di sincronizzazione che si occupa di eseguire il georiferimento del dato rilevato da ciascun sensore utilizzando i dati del componente posizionale;
- ♦ un componente di controllo del rilievo e di immagazzinamento dei dati.

La configurazione di un MMS è molto variabile in funzione delle tipologie di rilievo che il sistema potrà eseguire; si tratta pertanto di progettare i vari componenti utilizzando strumentazione con caratteristiche qualitative e di costo adeguate.

A titolo di esempio, si può considerare che un MMS in grado di eseguire rilevamenti per analisi qualitative a vista del fondo stradale potrà essere realizzato con un semplice componente posizionale basato sull'odometro o su un navigatore satellitare di qualità consumer caricato con le mappe della porzione di rete stradale di interesse; il sensore sarà, ad esempio, una fotocamera digitale a media risoluzione, mentre la sincronizzazione potrà avvenire in base alla distanza percorsa (Figura 3), ottenendo una precisione di alcuni metri sul dato rilevato - sicuramente sufficienti per gli scopi prefissi - con costi di allestimento contenuti entro poche migliaia di Euro.

Un MMS utilizzato per rilievi di precisione (come quelli richiesti per il catasto stradale) dovrà invece essere in grado di garantire precisioni decimetriche sulle misure del fondo stradale e precisioni metriche sul posizionamento assoluto; di conseguenza, sarà almeno

attrezzato con un sistema traiettografico di precisione, almeno con una coppia di camere digitali ad alta risoluzione configurate per ripresa stereografica e un componente molto accurato di georiferimento e di sincronizzazione, con costi di allestimento superiori di uno - se non due - ordini di grandezza rispetto al precedente esempio (Figura 4).

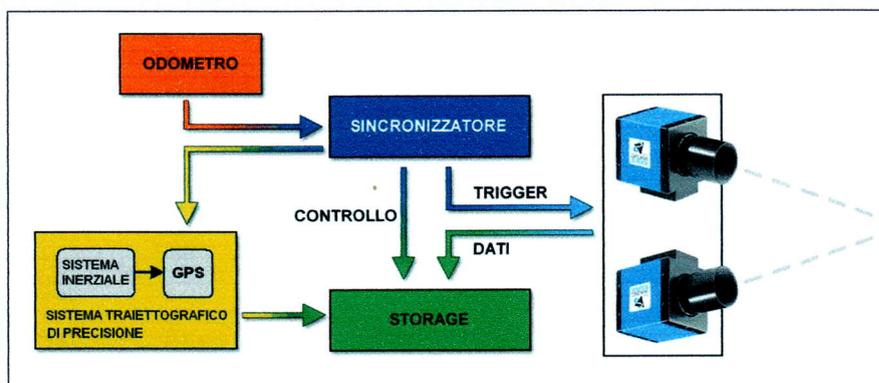


Figura 4 - Lo schema funzionale di un MMS complesso

Una tecnica tipicamente utilizzata negli MMS è il cosiddetto "georiferimento diretto" che consente di associare in modo "nativo" i parametri di restituzione fotogrammetrica alle immagini, diversamente ad esempio di quanto accade nella fotogrammetria tradizionale in cui il georiferimento delle immagini è "indiretto", nel senso che i parametri di restituzione fotogrammetrica vengono calcolati ex post in base alle coordinate note a priori di opportuni insiemi di punti visibili nelle fotografie.

I parametri di georiferimento diretto sono costituiti dalla posizione e dall'inclinazione del centro di presa all'istante dello scatto (forniti nel sistema di riferimento in cui dovranno essere date le misure finali) oltre che dai parametri propri del sistema fotocamera-obiettivo invariati rispetto alla posizione e al tempo e valutati a tantum. Il georiferimento diretto, se accurato, consente una drastica riduzione dei tempi di elaborazione delle immagini ai fini del calcolo delle caratteristiche geometriche degli oggetti visibili nelle fotografie.

Con riferimento allo schema funzionale di un MMS precedentemente descritto, le cause di errore - e dunque la precisione ottenibile nelle misure eseguite attraverso il sistema stesso - sono riconducibili ai singoli componenti:

- ♦ precisione del dato posizionale-traiettografico dipendente sia dalla qualità della strumentazione (GPS, dGPS, sistema inerziale, odometro) sia dalla sofisticatezza del sistema di elaborazione e di fusione delle misure eseguite. In condizioni operative ottimali e con strumentazione di qualità, la precisione posizionale planimetrica può raggiungere anche l'ordine di alcuni centimetri; tipicamente, si parla di poche decine di centimetri in presenza di correzione differenziale con un sistema inerziale di medio livello;
- ♦ precisione delle misure eseguite a partire dai dati rilevati dai sensori; nel caso di una coppia di fotogrammi a media risoluzione elaborati con tecniche stereoscopiche, la precisione delle misure sul fondo stradale (valutata ripetendo le misure su coppie diverse di fotogrammi) varia tra 5-10 cm in condizioni ottimali e 20-50 cm nei casi peggiori; in caso di elaborazioni monoscopiche, la precisione degrada circa a valori pari al doppio di quelli citati; sulla precisione, oltre alla risoluzione dei fotogrammi inci-

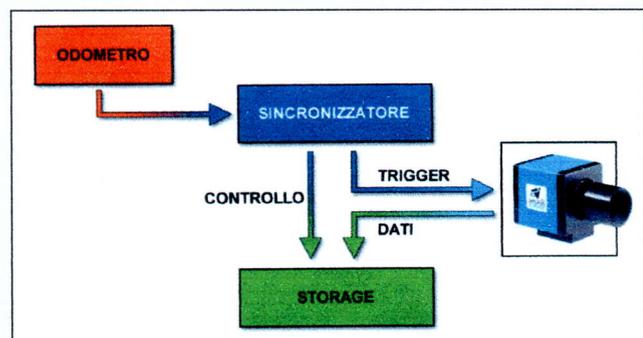


Figura 3 - Lo schema funzionale di un MMS semplice



dono la stabilità delle camere e la qualità dei parametri di calibrazione;

- ◆ accuratezza della sincronizzazione tra lo scatto fotografico e l'istante di effettuazione della misura posizionale, che incide sul georiferimento in funzione della velocità, della frequenza posizionale del sistema traiettografico, della particolare traiettoria e può comportare errori variabili tra pochi centimetri e decine di centimetri; spesso non viene eseguita una sincronizzazione esplicita ma si fa in modo che il sottosistema posizionale e le telecamere condividano lo stesso riferimento temporale procedendo poi con interpolazioni in postelaborazione con notevole carico di lavoro e possibilità di errori grossolani (inesattezze) sulle sequenze.

2. Il progetto GIOTTO

Il progetto GIOTTO (Gps with Imu, Odometer and Telecamera for Transport Optimization) nasce nel 2003 da un'esperienza pilota effettuata nella provincia di Teramo per dar vita al Catasto delle Strade. Il progetto è stato da poco ultimato nella sua forma "evoluta" grazie a un finanziamento concesso dalla Regione Abruzzo nell'ambito dei Bandi DOCUP, progetti di ricerca, innovazione e trasferimento tecnologico.

GIOTTO è un framework di sviluppo per veicoli MMS finalizzati al rilievo delle pertinenze stradali che evolve da due precise esigenze progettuali:

- ◆ consentire lo sviluppo modulare di un veicolo MMS a partire da una configurazione di base minima a investimento ridotto per poi espanderla introducendo, secondo necessità, ulteriori sensori di vario tipo;
 - ◆ dare una soluzione strutturale al problema della sincronizzazione.
- Il punto di forza di GIOTTO è costituito dalla presenza di un componente hardware di sincronizzazione, predisposto per i principali protocolli di comunicazione, che costruisce funzionalmente un "hub" grazie al quale si aggregano, in modo incrementale, gli altri componenti del sistema (componente posizionale, sensori, componenti di controllo, storage).

Il componente hardware di sincronizzazione, denominato SIN.ODO (Sincronizzatore Odometrico) (Figura 5), è integrato da un software di controllo per la calibrazione e la parametrizzazione del sistema (Figura 6).



Figura 5 - Il SIN.ODO, nella versione 002/01/2006

La configurazione "di base" di start-up del sistema prevede la possibilità di utilizzare anche il solo odometro quale sorgente posizionale. In questa configurazione di base sono presenti anche una camera digitale CCD a colori ad alta risoluzione, un computer con funzioni di storage e un tastierino per il georiferimento di eventi puntuali.

Le sperimentazioni hanno permesso di valutare che questa soluzione, abbinata alla conoscenza a priori dei tracciati stradali, consente di garantire precisioni sulla posizione planimetrica entro i 3 m, sufficienti per molte applicazioni di settore.

Tra le più significative si segnalano:

- ◆ la realizzazione di basi di dati relative alla pavimentazione stradale, alla segnaletica orizzontale, verticale e luminosa, alle barriere di sicurezza, necessarie alla realizzazione di sistemi informativi finalizzati al monitoraggio e alla manutenzione programmata della rete stradale;
- ◆ la raccolta dinamica di dati sul traffico;
- ◆ la raccolta di dati significativi per la valutazione della sicurezza;
- ◆ la predisposizione di basi di dati georiferite per la gestione delle flotte, ad esempio dati sulle fermate, sulla segnaletica, sulle intersezioni, sui percorsi alternativi da incrociare con i percorsi di linea e gli orari ai fini di gestire una flotta di mezzi pubblici, ecc.;
- ◆ la raccolta di dati significativi per il supporto ai servizi di emergenza e di protezione civile.



Figura 6 - La schermata iniziale del software G8

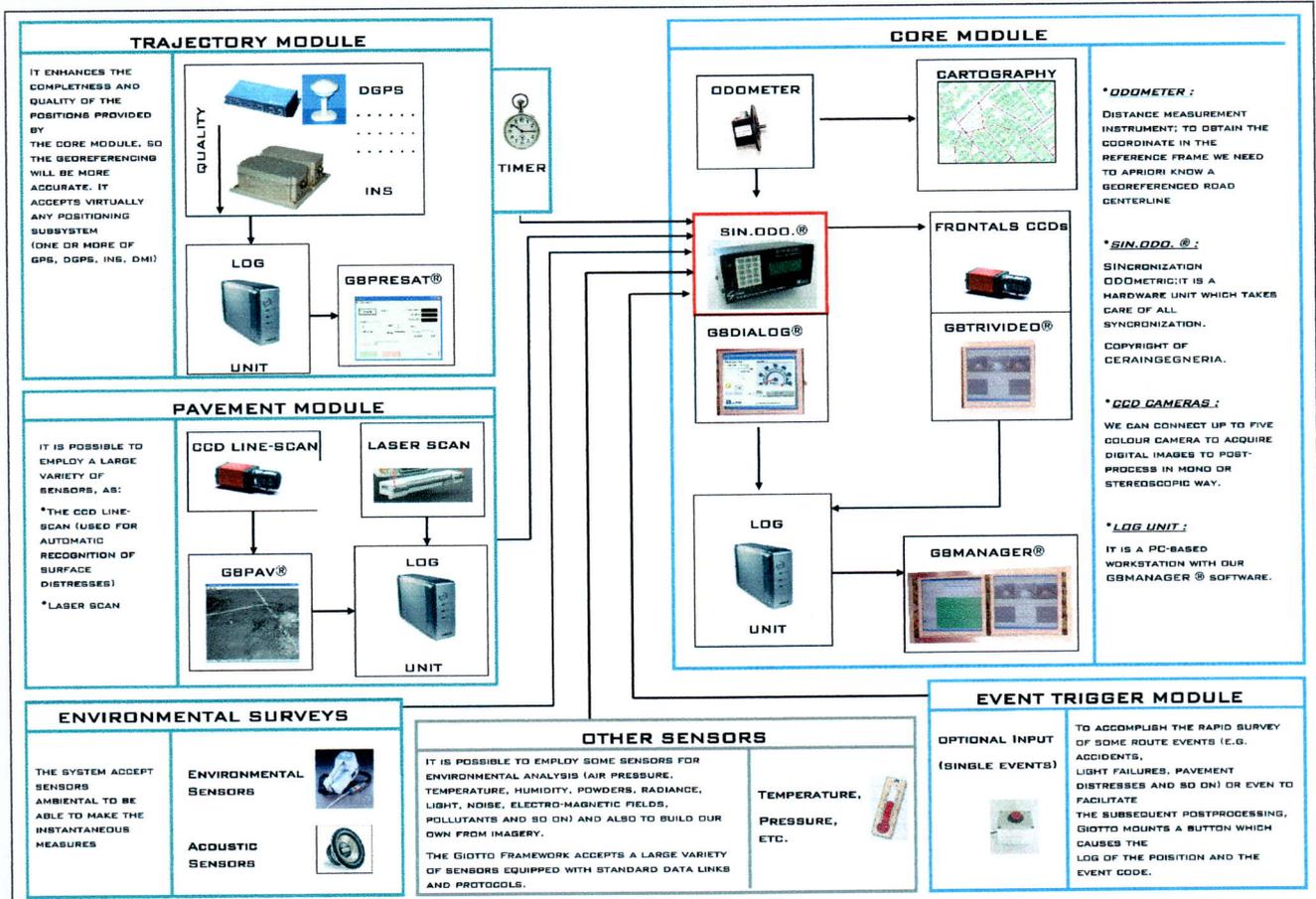


Figura 7 - L'architettura del sistema

Configurazioni evolute comprendono varie fotocamere CCD, profilometro, camere lineari a montaggio verticale, odometro di precisione e sistema posizionale GPS/INS integrato.

L'architettura del sistema (Figura 7) realizza inoltre un'importante separatazza funzionale tra la componente posizionale e quella di sincronizzazione (attualmente non presente nella maggior parte dei sistemi esistenti).

Il sincronizzatore può funzionare:

- ◆ sul tempo, in base al segnale GPS o in base a una sorgente esterna diversa;

- ◆ sullo spazio, in base al conteggio degli impulsi del sensore odometrico o al dato del sistema posizionale;
- ◆ in modalità combinata con controllo incrociato.

La messa in funzione è molto semplice e si basa sulle seguenti funzioni:

- ◆ calibrazione, per adattare lo strumento ai sensori collegati;
- ◆ intervallo di presa, per impostare l'intervallo (in tempo o in distanza) tra due accessi ai sensori;
- ◆ controllo di rilevatore eventi, per georiferire eventi puntuali (per esempio, cippi, accessi, segnali, ecc.) segnalati dall'operatore con tastierino.

Conclusioni

La tecnologia MMS su veicolo stradale è ormai ampiamente affermata e in continua evoluzione, sia per il moltiplicarsi delle esigenze di rilevazione finalizzate alla costruzione di sistemi gestionali della rete stradale sia per l'abbassamento dei costi della tecnologia. L'esperienza portata avanti fino ad oggi ha permesso di mettere a punto un'importante innovazione strutturale, provando come la separatazza funzionale della componente di sincronizzazione possa portare a una razionalizzazione e a una semplificazione dell'architettura degli MMS e alla sua modularizzazione, con positive ricadute sulla definizione del piano degli investimenti.

- * Università IUAV di Venezia
- ** Cera Ingegneria Giulianova
- ** Cera Ingegneria Giulianova

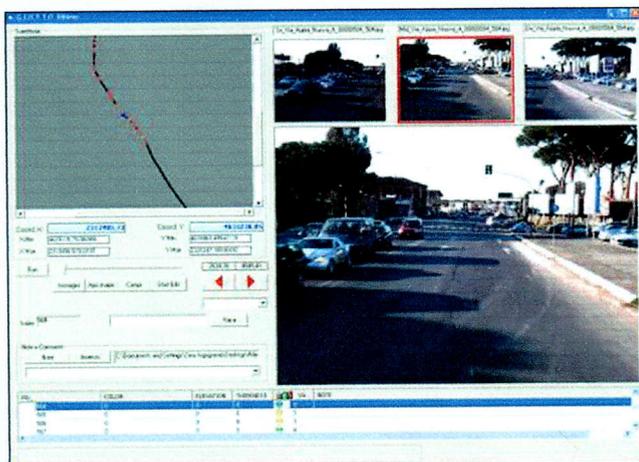


Figura 8 - Il software di visione