

Integrazione di sensori a basso costo per il controllo di flotte di autoveicoli

Guido Fastellini, Fabio Radicioni, Aurelio Stoppini

DICA – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, Via G. Duranti 93
06125 Perugia, tel. 075 5853765, fax 075 5853756, e-mail topos@unipg.it

Riassunto

Il presente lavoro riporta le più recenti esperienze del Laboratorio di Geomatica del DICA nel settore dei sistemi integrati di posizionamento composti da sensori a basso costo. Lo studio è finalizzato al controllo di una flotta di autoveicoli per servizi di trasporto pubblico e scolastico. Dopo aver individuato i componenti hardware e software adatti all'applicazione in oggetto, si è proceduto alla installazione nei veicoli e nel centro di controllo della flotta e quindi a una serie di test per la verifica del corretto funzionamento del sistema. I test sono stati eseguiti in ambienti critici quali aree urbane e strade fiancheggiate da vegetazione. Per le verifiche sono stati utilizzati sistemi di posizionamento di caratteristiche più avanzate e si è fatto ricorso a dati e servizi di posizionamento forniti da una rete GNSS permanente. E' stato anche analizzato il problema di ridurre le discontinuità nel posizionamento satellitare dovute a ostruzioni mediante dispositivi inerziali a basso costo (MEMS), che generalmente presentano un elevato livello di deriva e di rumore nella misura, sperimentando diverse tecniche di integrazione tra sensori.

Abstract

In the present paper are described the most recent experiences of the DICA Laboratory of Geomatics on integrated positioning systems composed by low cost sensors. The study is finalised to the control of a fleet of vehicles for public and scholastic transport service. After a selection of appropriate hardware and software components, and the implementation of such devices on the vehicles and the fleet control centre, a series of tests have been carried out to verify the correct operation of the system. The tests have been performed in critical environment such as urban areas and roads with vegetation on the border. For the verification have been used positioning systems with more advanced characteristics, also recurring to data and positioning services supplied by a permanent GNSS network. It has also been analysed the problem of reducing the outages of the satellite positioning due to obstructions by means of low cost inertial devices (MEMS), which generally present a high level of drift and noise, experimenting various techniques of sensors integration.

1. Introduzione

Il posizionamento cinematico per mezzo di sensori integrati (GNSS, inerziali, odometri, ...) ha assunto in tempi recenti un'importanza notevole per le tante applicazioni (*Mobile Mapping, Machine Control, Precision Farming, ...*) che richiedono il tracciamento e in alcuni casi anche la determinazione dell'assetto di un veicolo. La disponibilità sul mercato di ricevitori GNSS e sensori inerziali (MEMS) a basso costo rende oggi possibile lo studio e la realizzazione di sistemi integrati rivolti al mercato di massa o comunque ad applicazioni a vasta diffusione.

Le prestazioni dei sistemi di posizionamento vengono sensibilmente incrementate nelle aree in cui è possibile accedere a correzioni differenziali GNSS offerte da una rete di stazioni permanenti. Il DICA gestisce attualmente la rete GNSS permanente GPSUmbria (Università di Perugia e Regione

Umbria) che eroga servizi di posizionamento in post-processamento e in tempo reale a copertura dell'intero territorio umbro. Con i dati di tale rete e le tecnologie disponibili presso il Laboratorio, sono state condotte negli ultimi anni ricerche sull'analisi di sequenze di posizioni ottenute in post-processamento e in tempo reale mediante ricevitori GNSS integrati da sistemi GNSS/inerziali ad alte prestazioni (*navigation grade*) installati su veicoli sperimentali.

I sistemi di cui sopra offrono ottime prestazioni sia in termini di affidabilità che di accuratezza, e le analisi eseguite in passato lo hanno confermato. Come contropartita, il costo elevato ne restringe il campo di applicazione, rendendoli improponibili nei casi in cui il numero di veicoli da controllare sia alto e il budget da investire per ciascun veicolo sia modesto. In queste situazioni (come il caso descritto nel seguito) è necessario basare l'applicazione su hardware a basso costo, selezionandone i componenti in modo da ottenere prestazioni adeguate ai requisiti, e verificandone il corretto funzionamento mediante il confronto con sistemi di caratteristiche più elevate.

2. Infomobilità e trasporto pubblico

Per *infomobilità* si intende la tecnologia che si occupa della creazione di sistemi informativi basati sulla comunicazione tra mezzi in movimento ed un centro di controllo. Il monitoraggio dei veicoli adibiti al trasporto pubblico costituisce un settore applicativo fondamentale dell'infomobilità.

L'elemento essenziale è dato dalla determinazione della posizione di ciascun veicolo in tempo reale attraverso un ricevitore satellitare GPS/GNSS. Un modem GSM/UMTS (oppure radio) consente di comunicare immediatamente le coordinate acquisite dal ricevitore al centro di controllo, il quale, attraverso l'automatica sovrapposizione a video su opportuna cartografia, permette di monitorare in continuo il tragitto di ogni mezzo. La presenza di un ricevitore satellitare consente di poter conoscere istante per istante anche i parametri cinematici del veicolo, quali la velocità e l'accelerazione/decelerazione, e di memorizzarli (funzionalità di "scatola nera") ove richiesto.

La disponibilità di un modem per la comunicazione con il centro di controllo costituisce un canale di comunicazione tra il veicolo e la sala operativa che permette lo scambio di ulteriori informazioni:

- concernenti il servizio, ad esempio l'orario di arrivo del mezzo alla fermata, evidenziando la presenza e la misura di eventuali ritardi;
- relative al mezzo: da una centralina, informazioni meccaniche e di usura del veicolo utili a prevenire guasti; inoltre possono essere inviati allarmi relativi a soste impreviste e incidenti;
- relative all'utenza: numero passeggeri saliti, scesi e presenti nel mezzo; in questo modo è possibile realizzare statistiche di impiego anche relative a singole zone o fermate;
- invio di informazioni all'autista o direttamente alla centralina di gestione, ad esempio nel caso di modifica del tragitto (servizio di trasporto flessibile a chiamata dell'utente);
- nei punti di interscambio, migliore interazione con altre linee, mezzi di mobilità alternativa, ecc.

Anche le fermate possono essere dotate di un modem GSM/UMTS o radio e di un visualizzatore per poter rappresentare ad esempio il tempo stimato di arrivo del bus, informazione semplice per un sistema di questo tipo, ma di fondamentale importanza per gli utenti.

L'interfaccia nel centro di controllo può essere di tipo *web-based*, interfacciata con cartografia web come Google Earth. In questo modo, oltre al gestore del sistema, anche un utente abilitato può conoscere in tempo reale la posizione del bus che dovrà utilizzare, potendo quindi ottimizzare i tempi di attesa alla fermata. Nel caso del trasporto scolastico, oltre alla conoscenza della posizione può essere attivato un servizio di segnalazione alle famiglie mediante sms di eventuali ritardi.

L'introduzione di un sistema di monitoraggio dei veicoli adibiti al trasporto pubblico consente vantaggi sia per l'azienda che per l'utenza. L'Italia (e l'Umbria in particolare) è caratterizzata da un basso utilizzo dei mezzi pubblici: per aumentare il numero degli utenti occorre migliorare la qualità del servizio. Un sistema informativo di questo tipo aumenta l'efficienza del servizio ottimizzando tempi e linee e migliorando la sicurezza dei passeggeri e degli operatori. Ne deriva anche una razionalizzazione dei costi, per la capacità di adeguare il servizio alle effettive necessità.

3. Il sistema realizzato

Per l'azienda cooperativa ACAP di Perugia, che si occupa di trasporto pubblico e scolastico con minibus, è stato progettato e realizzato un sistema che consente il monitoraggio e la gestione in tempo reale di una flotta composta da circa 100 veicoli.

L'azienda aveva già acquisito in precedenza un software (*MicroTPL* di Microdata, CB) impiegato per il "servizio di trasporto a chiamata". In circa 100 veicoli è stato installato un dispositivo hardware in grado di effettuare posizionamenti in tempo reale, dialogare con il centro di controllo e permettere sia agli autisti che allo stesso centro di controllo un controllo costante dei parametri del servizio. Le funzionalità del software *MicroTPL* sono state incrementate di conseguenza.

L'articolazione del sistema è rappresentata schematicamente nella figura 1. Il ricevitore GPS a bordo del mezzo riceve i segnali di codice dai satelliti GPS e determina la posizione tridimensionale (latitudine, longitudine e altezza WGS84, coincidenti con ETRF89-2000 nell'ambito della accuratezza raggiunta - alcuni metri) del mezzo. Tale dato viene inviato via modem GPRS al centro di controllo, che provvede all'archiviazione del flusso di dati proveniente da ciascun veicolo in un database SQL, e alla visualizzazione in tempo reale della posizione di tutti i mezzi operativi su una cartografia a video che riporta la viabilità ed i tracciati delle linee. Il display del dispositivo di bordo presenta all'autista la situazione dei dati di viaggio (tempi percorrenza, fermate, variazioni rispetto all'orario previsto, ecc.) e gli permette di comunicare e interagire con il centro di controllo.

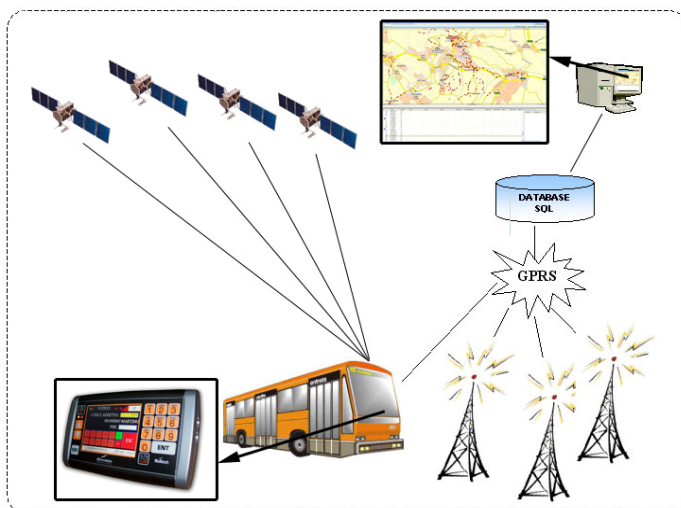


Figura 1 – Schema del sistema di controllo flotta ACAP.



Figura 2 – Terminale di bordo e sua installazione nei mezzi ACAP.

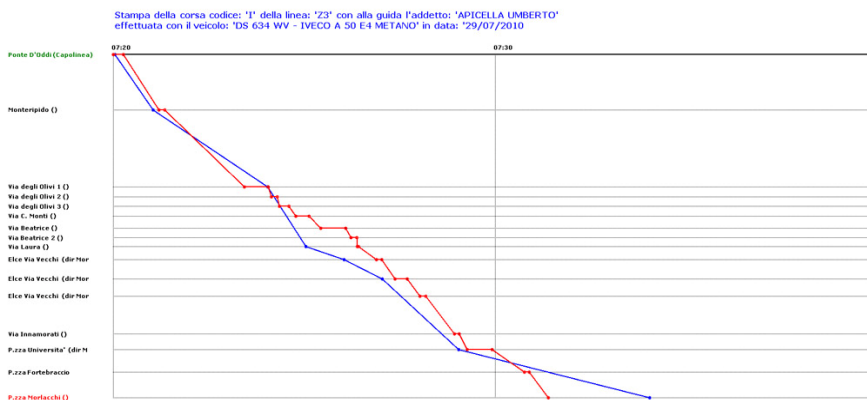


Figura 4 – Grafico relativo ad un turno di una linea. In blu il percorso programmato e in rosso il percorso reale: gli scostamenti sono limitati a circa due minuti al massimo

4. Test per la validazione del sistema e per la sperimentazione di tecnologie migliorative

La strumentazione utilizzata nei test, installata su un veicolo del DICA, è la seguente (fig. 5):

1-2) *Topcon Hiper-Pro*: ricevitori di classe geodetica GPS/Glonass. Possibilità sia di soluzione completa (posizione + velocità) in post-processamento utilizzando i dati delle stazioni permanenti della rete GPSUmbria e in tempo reale tramite correzioni NRTK dalla Rete GPSUmbria. Con il fissaggio delle ambiguità iniziali, le soluzioni dei tracciati hanno una precisione sub-decimetrica (sia in RT che in post-processamento).

3) *Falcom Fox-LT*: sistema per la localizzazione di veicoli AVL (Automotive Vehicle Location) dotato di chip-set ad altissima sensibilità GPS di nuova generazione U-Blox 5 (50 canali di solo codice C/A in L1) e di un modulo GPRS Quad Band configurabile dall'utente. Il Falcom Fox-LT è utilizzabile per molte applicazioni quali il tracciamento di veicoli in RT, gestione flotte, antifurto (accelerometro a 3 assi), servizi di emergenza e di sicurezza, verifica delle rotte, etc.

4) *XSENS MTi-G*: sistema integrato che effettua un "data fusion" delle soluzioni GPS (ricevitore di solo codice C/A in L1) con quelle di una Unità di Misura Inerziale (IMU) basata su un MEMS e che complessivamente fornisce oltre ai dati di navigazione (posizione e velocità 3D) anche l'assetto 3D (angoli di Eulero o quaternioni del body frame) e le accelerazioni 3D del veicolo. La sinergia GPS-IMU consente di avere dati continui di navigazione ed assetto a frequenze molto elevate (sino a 150 Hz) anche in presenza di ostacoli alla ricezione satellitare. Per contro il MEMS utilizzato presenta notevoli derive nelle soluzioni quando i periodi di non visibilità satellitare (GPS outages) superano parecchi secondi.

5) *MisMatch*: sistema installato nei bus ACAP, descritto al punto precedente.

6) *Magnex*: ricevitore GPS a basso costo di solo codice C/A in L1, Bluetooth & data logger con 44 canali. Chip-set SkyTraq Venus 5 (44 canali) ad alta sensibilità di tracking (< 158 dBm) con possibilità di supporto dei satelliti geostazionari EGNOS, memoria interna flash per la memorizzazione del percorso. Il maggior numero di canali migliora la velocità di acquisizione e ri-acquisizione, mentre la più elevata sensibilità di tracking (valore in dBm più alto) offre prestazioni superiori nei canyon urbani (presenza di palazzi) e sotto la vegetazione più fitta. Per la navigazione può essere collegato (via Bluetooth) ad uno Smart-Phone o un PDA o un Notebook.

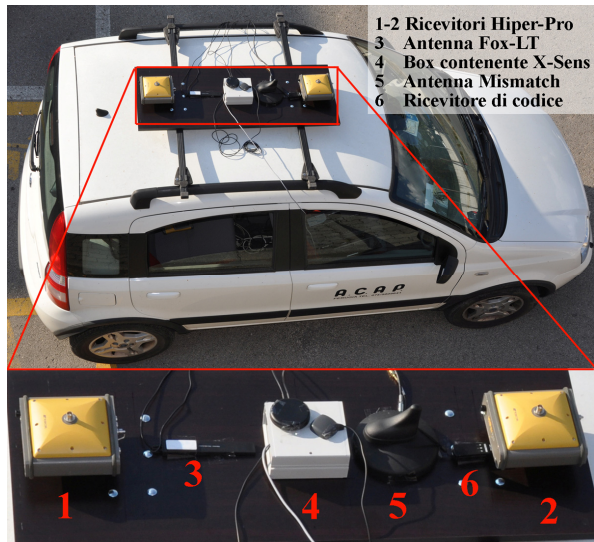


Figura 5 – Veicolo strumentato utilizzato per i test.

Con il veicolo sopra descritto sono stati eseguiti numerosi percorsi, accumulando una notevole mole di dati parte dei quali sono tuttora in corso di elaborazione. Si forniscono di seguito alcuni primi risultati del confronto tra le posizioni ottenute con il sistema Mismatch montato nei veicoli ACAP e le posizioni molto più accurate ottenute dal post-processamento Hiper-Pro (fase doppia frequenza). La figura 6 mostra un tratto di un percorso test. I puntini rossi rappresentano le soluzioni ottenute dal terminale Mismatch, mentre quelli in ciano individuano le posizioni Hiper-Pro. Il grafico di figura 7 rappresenta gli scarti trovati tra le due soluzioni su un percorso di test di circa 8 km.



Figura 6 – Confronto tra posizioni Mismatch e Hiper-Pro postprocessato.

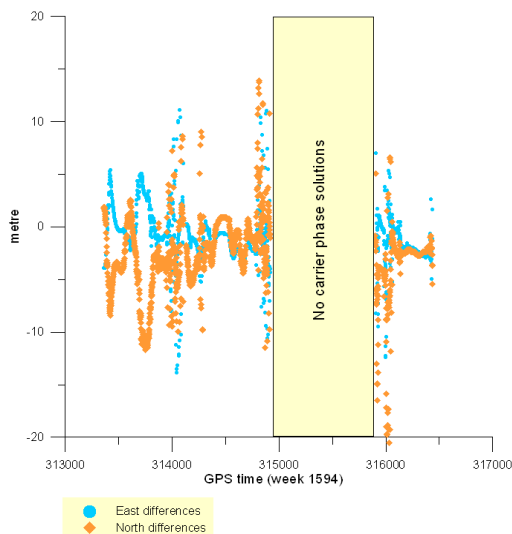


Figura 7 – Scarti N ed E tra posizioni Mismatch e Hiper-Pro postprocessato.

Per la maggior parte delle epoche lo scarto tra le due soluzioni si mantiene entro i valori ragionevolmente attesi (sotto i 10 metri), e solo saltuariamente tale limite viene superato. E' in corso di elaborazione, e verrà presentata in altre sedi, un'analisi approfondita di tutte le numerose registrazioni prodotte con i test eseguiti.

Bibliografia

Brigante R., Fastellini G., Radicioni F., Schiavoni A., Stoppini A. (2008): Analisi delle prestazioni di sistemi di posizionamento e orientamento per veicoli stradali. Atti XII Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila, Ottobre 2008.

Manzino A. M., Cina A., Roggero M., Tornatore V. (2009): Impiego delle reti GNSS per la infomobilità. Capitolo 3 del volume "Lo sviluppo delle tecnologie per le reti geodetiche", M. Barbarella, F. Radicioni e F. Sansò editori, CISIS.