

Valutazione di un sistema GPS RTK per le misure dei moti nave

Prof. Giovanni Carrera – DINAV, Università di Genova

Abstract

The aim of this experiment is to find and test a low cost satellite GPS system in order to make accurate measurements on ship motions and trim.

The fundamental principle of a GPS attitude determination system is showed in fig.1 for two antennas system. A signal travelling at the speed of light arrives at the antenna closer to the satellite slightly before reaching the other. It is possible to determine the relative range between GPS antennas mounted on board by measuring the difference in GPS carrier phase between antennas. In this case roll and yaw can be measured, with a third non collinear antenna, the pitch too.

The system, as shown in fig.3, is composed by three carrier phase GPS receivers with low multi-path active antennas and a RTK (*Real Time Kinematic*) software, that can acquire data from several receivers and elaborate them in real time. The software used for these tests is capable of handling code and carrier phase data from several receivers simultaneously, while providing up to centimetre accuracy from single or dual frequency receivers with a sample rate up to 10 Hz. It includes also a very fast Kalman Filter, a KAR (*Kinematic Ambiguity Resolution*), a moving baseline and an accurate tropospheric and ionospheric modelling. With these characteristics it is possible to measure angular motions with an higher accuracy and no drift in comparison with traditional mechanical or optical gyroscopes and with lower prices, also with baselines few meters long.

This first experiment was carried out on a large roof with the intention to test the software capabilities for a future purchase. Although not optimal matched components have been used in this experiment, the results have been very encouraging. All three antennas were mounted on a rigid frame in a “T” arrangement with telescopic arms. The frame inclinations, caused by the insertion of a box under the body support, were measured by means of two inclinometers and acquired as reference by a second PC. The receivers were connected to the main PC via serial communication ports. The diagram in fig.4 shows the comparison between the roll measured by the inclinometer and the one elaborated by RTK software.

Receivers, antennas and software are already bought and a second experiment will be carried out on board, as soon as there is a chance. If there is any opportunity to get through it would be welcome.

Introduzione

Scopo di queste prove è quello di una prima valutazione delle prestazioni di un sistema GPS per la misura in tempo reale del rollio, beccheggio ed imbardata di una imbarcazione ed anche dei moti lineari. Il sistema, nella sua versione minima, è realizzato con 3 ricevitori GPS che operano in codice e fase con antenne amplificate e a bassa sensibilità al multipath ed utilizza un programma RTK (*Real Time Kinematic*) che è in grado di acquisire dati provenienti da diversi ricevitori e di elaborarli in tempo reale. Queste tecniche, sviluppate e sperimentate recentemente in campo aerospaziale per le misure di assetto dei velivoli, possono trovare applicazione anche bordo di navi.

Principio di funzionamento

Le misure di assetto, indicando con questo termine l'inclinazione del piano individuato dalle tre antenne rispetto ad un sistema di coordinate locali, richiedono necessariamente dei ricevitori che operino anche sulla fase della portante usata dai satelliti per trasmettere i dati. I ricevitori impiegati lavorano sul codice C/A e sulla portante L1. Non sono adatti per questo uso i ricevitori che operano sui soli codici, che sono i più diffusi ed economici. Nelle misure di fase si può arrivare facilmente all'accuratezza centimetrica, con un sistema di due o più antenne, mentre con i codici si arriva al metro. Semplificando notevolmente il principio di funzionamento, si può risalire agli angoli misurando la differenza di fase della portante tra le antenne, come si vede in fig.1 per il rollio. Con due antenne, disposte trasversalmente allo scafo, si può ricavare l'angolo di rollio e l'imbardata. Quindi, oltre ai normali usi del GPS, esso misura con precisione l'assetto trasversale, il moto di rollio, e la rotta. Se le antenne sono disposte per chiglia si misura il beccheggio e l'imbardata. Questi angoli vengono ricavati dagli sfasamenti della portante del satellite. Installando un terzo

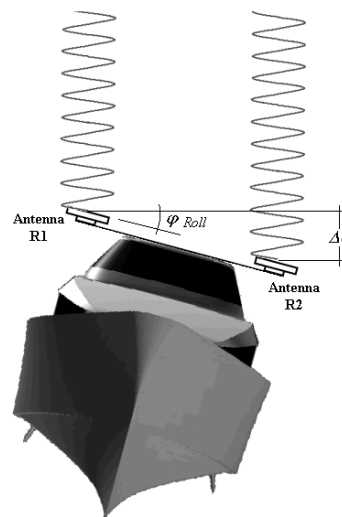


Fig.1

ricevitore con l'antenna posta, per esempio, a prora, si può determinare anche il beccheggio.

Se è piuttosto facile misurare porzioni d'onda $\Delta\phi$, non è subito possibile conoscere il numero intero di onde $N\lambda$ che separano le antenne da ogni satellite, questa incognita viene chiamata "ambiguità di fase". Per risolvere l'ambiguità di fase sono state sviluppate varie tecniche che richiedono parecchie misure (15-30 minuti) sui vari satelliti con le antenne ferme. Una volta eliminata l'ambiguità di fase è possibile muovere l'imbarcazione, l'importante è non perdere più il contatto con i satelliti. Per aggiustare le momentanee perdite di segnale occorre fare uso di filtri di Kalman.

Per misure su mezzi veloci occorre operare con sistemi RTK che, con algoritmi ancora più sofisticati come la KAR (*Kinematic Ambiguity Resolution*), riescono a fornire fino a 10 dati al secondo con un'accuratezza intorno al cm nel piano x,y e circa il doppio sulla quota z. L'accuratezza della misura angolare dipende dalla lunghezza della linea di base, dalla geometria e dal numero dei satelliti presenti, e da problemi di percorsi multipli (*multipath*). Con pochi metri di linea di base si raggiunge facilmente un'accuratezza intorno a 0.1° .

La struttura di misura ed il sistema di acquisizione satellitare

Per facilitare le misure di assetto è preferibile montare le antenne su un supporto rigido a geometria nota, da posizionare poi sulla nave. Naturalmente è possibile posizionare le antenne direttamente sulla nave, in tal caso occorre fare una apposita misura statica per determinare le loro posizioni spaziali. In fase sperimentale è stata realizzata una struttura a "T" a geometria variabile, come si vede in fig.2. Mediante i bracci telescopici ed i supporti a vite è possibile variare le dimensioni e mettere in bolla la struttura.



Fig. 2

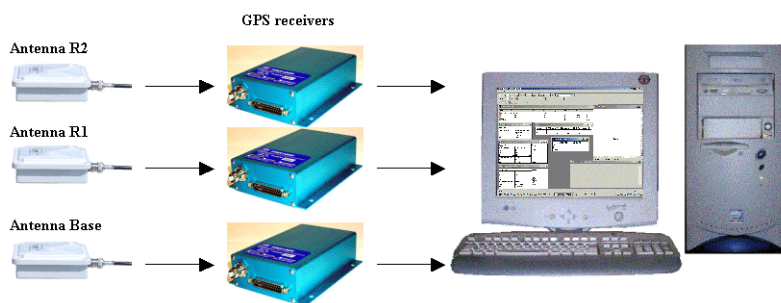


Fig. 3

Le inclinazioni sono state misurate da un inclinometro biassiale, per avere un riferimento di confronto sugli angoli di rollio e beccheggio. Esso è stato montato sul raccordo centrale della struttura ed è stato acquisito da un secondo computer. In fig.3 è mostrato il sistema di assetto satellitare, esso è composto da tre antenne amplificate a basso 'multipath', tre ricevitori GPS ad

inseguimento di fase ed un programma RTK sul PC di acquisizione ed elaborazione.

Descrizione delle prove e risultati ottenuti

Queste prime prove sono state fatte a terra, su un terrazzo. La struttura è stata messa in bolla e si è avviato il programma. Dopo circa 30 minuti, la deviazione standard era inferiore ai 3 cm. Si è lasciato il sistema fermo per altri 5 minuti in modo da avere un sufficiente numero di posizioni per le misure statiche, quindi è stato posto uno spessore, alternativamente sotto ogni piede, in modo da creare angolature di $8-9^\circ$. Durante queste prove erano in visibilità almeno 6-7 satelliti.

Dalla statistica eseguita su 200 misure a punto fisso si sono ottenute σ di 2 ± 4 mm sul piano x,y e 6 ± 7 mm su z.

Il confronto tra le distanze tra le antenne fatte con il metro e quelle ricavate dalle posizioni GPS hanno avuto scarti massimi di solo 3 mm. La fig.4 mostra la prova dinamica, il confronto degli angoli di rollio misurati dagli inclinometri e ricavati dal programma RTK. Anche in questo caso le differenze sono state molto piccole.

Pur essendo una sola prova preliminare per valutare l'acquisto dei componenti, ed essendo molti componenti non del tutto idonei per questo tipo di rilievi, i risultati sono stati molto incoraggianti. Attualmente si è acquistato il sistema completo e presto si potranno eseguire prove a bordo, non appena si avrà l'opportunità di farle.

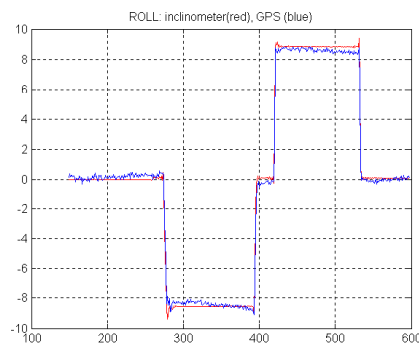


Fig. 4