

# LA RIDUZIONE DEI DISTURBI NELLE MISURE INS

Noemi Emanuela CAZZANIGA<sup>(\*)</sup>, Gianfranco FORLANI<sup>(\*\*)</sup>

<sup>(\*)</sup> DIIAR - Politecnico di Milano - P.za Leonardo da Vinci, 32 - 20133 Milano - noemi.cazzaniga@polimi.it

<sup>(\*\*)</sup> Università degli Studi di Parma - Dip. Ing. Civile - V.le delle Scienze - 43100 Parma - gianfranco.forlani@unipr.it

## Riassunto esteso

I sensori inerziali sono oggi ampiamente utilizzati per il posizionamento cinematico di veicoli rilevatori o di aeromobili (principalmente per fini fotogrammetrici o per il rilievo laser a scansione). I dati inerziali, come tutte le misure reali, sono costituiti sia da una componente di segnale sia da una di rumore. La presenza di quest'ultima comporta ovviamente un degrado nella stima delle grandezze d'interesse, siano esse angoli d'assetto, velocità o posizioni dell'inerziale, problema che si fa sentire soprattutto nei dispositivi cosiddetti strapdown a basso costo. Tuttavia il disturbo, nella realtà, non è sempre assimilabile a rumore bianco, perchè a volte presenta una o più frequenze dominanti. Questo è dovuto alla non accidentalità delle cause che lo generano: ad esempio, le vibrazioni del mezzo, ecc... che si sovrappongono al segnale vero e proprio, ovvero quello generato dal moto del body.

Alcune componenti del disturbo sono spesso caratterizzate da frequenze elevate rispetto a quelle proprie del movimento del body. Viene quindi naturale pensare di applicare un filtro passa-basso, solitamente un filtro FIR (finite impulse response) al segnale, come per esempio una media mobile, per eliminare le frequenze indesiderate prima di procedere all'integrazione dei valori di accelerazione o di velocità. Tale tipo di filtro produce sempre una distorsione del segnale e può essere disegnato in modo tale da distorcere la sola fase in modo lineare (e risulta quindi semplice correggere tale distorsione per mezzo di una semplice traslazione del segnale filtrato) oppure in modo da distorcere l'ampiezza. La scelta di quale filtro applicare al caso specifico può essere legata all'entità delle distorsioni indotte. Questa procedura può essere applicata all'inizio dell'elaborazione del segnale, eliminando così tutti quei disturbi dovuti alle vibrazioni del mezzo. E' bene però tenere presente che lo stesso filtro di Kalman, che viene quasi universalmente utilizzato in fase di trattamento dei dati INS, è già di per sé un filtro passa-basso, per cui l'applicazione di un ulteriore filtro può risultare ridondante. Inoltre, le frequenze del rumore spesso non sono eliminabili semplicemente per mezzo dell'applicazione di un filtro passa-basso, poiché possono ricadere nella zona dello spettro in cui è presente anche il segnale che si vuole depurare. L'applicazione di un filtro con frequenze di cut-off troppo basse porterebbe in questo caso a una distorsione inaccettabile del segnale.

La componente di noise presente nella banda del segnale generato dal movimento del veicolo può essere attenuata per mezzo di una procedura di denoising che sfrutta l'analisi wavelet.

La trasformata wavelet di una  $f$ , come noto [1], fornisce una serie di coefficienti, funzione di  $s$  e  $p$ :

$$W(s, p) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \cdot \psi(s, p, t) dt$$

in cui  $\psi$  è una funzione che prende il nome di ondina o wavelet,  $s$  è un parametro che permette di scalare la funzione  $\psi$ , mentre  $p$  permette di traslarla. E' possibile mettere in corrispondenza il fattore di scala delle wavelet con il concetto di frequenza di un segnale. Si può intuire infatti che se il fattore di scala è elevato si ha una wavelet con una oscillazione più lunga e quindi una pseudo-frequenza bassa e viceversa. In questo caso quindi, una separazione tra coefficienti di scala bassa e

di scala elevata permette una separazione tra pseudo-frequenze elevate e basse. Tale separazione non equivale esattamente a una separazione tra alte e basse frequenze.

Se si effettua la sintesi, ovvero la ricostruzione del segnale originario a partire dai coefficienti, utilizzando solo quelli di scala alta, si ottiene un segnale “filtrato” principalmente nelle alte frequenze, ma non solo. E’ possibile iterare questa procedura ottenendo una decomposizione multilivello, in cui ad ogni passo vengono decomposte solo le componenti a scala alta. La ricostruzione del segnale, per mezzo del procedimento di sintesi delle sole componenti ad alta scala ottenute per ogni livello, comporta una riduzione del rumore sempre più accentuata all’aumentare del livello di decomposizione. E’ interessante notare che si può applicare questa procedura anche a un segnale non stazionario, potendo in aggiunta identificare a posteriori l’istante di tempo in cui il comportamento è cambiato (per esempio sono comparse delle nuove frequenze), cosa impossibile da fare utilizzando la classica trasformata di Fourier.

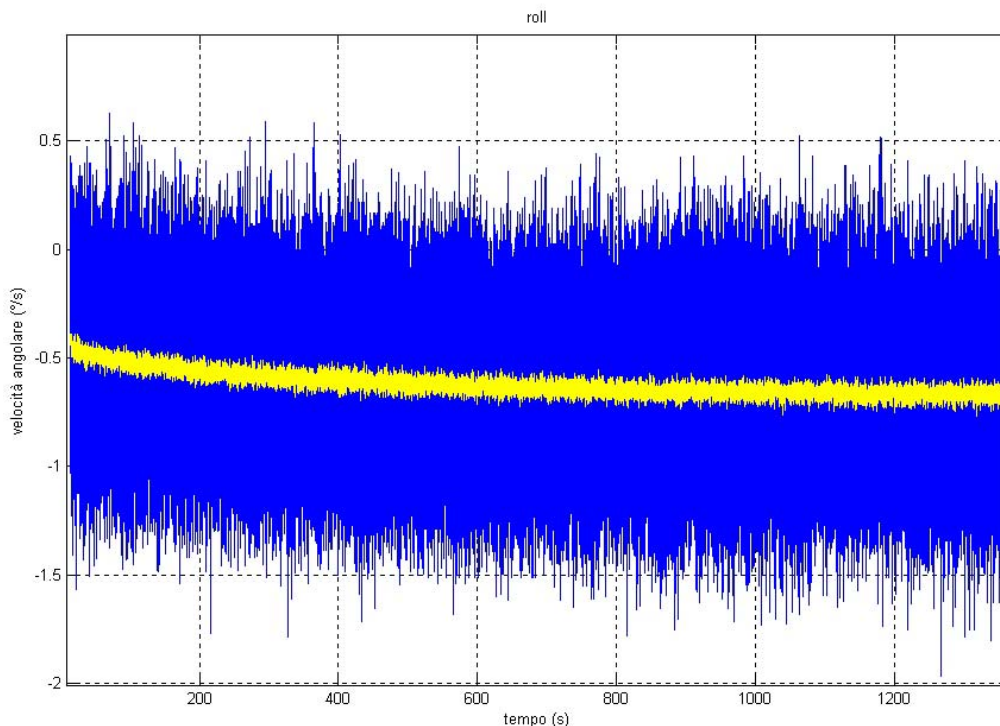


Figura: in blu è rappresentato il segnale originale misurato (misure di velocità angolare grezze da giroscopio), in giallo il segnale depurato dal noise con decomposizione wavelet di Haar arrestata all’ordine 4. Il trend delle misure, legato alla variazione di temperatura in cui sono state effettuate le misure, pressochè invisibile nei dati originari, è molto più evidente dopo il wavelet denoising.

Questo tipo di procedura risulta quindi di particolare utilità nella depurazione di segnali in cui i campioni sono molto numerosi e rumorosi, come succede nel caso delle misure inerziali, poiché è in grado di ridurre anche di un ordine di grandezza la componente di rumore presente. Il risultato, in termini sia di angoli sia di posizioni, è una variazione temporale delle grandezze più liscia, mentre è ininfluenza sulla deriva del sensore nel tempo. Per un impiego nel settore del Mobile Mapping, questo si traduce in una traiettoria ed in una variazione dei parametri di assetto delle camere più realistiche, specie dovendo i dati dell’inerziale essere ulteriormente interpolati agli istanti di scatto.

### Bibliografia

- [1] G. Kaiser, “*A Friendly Guide to Wavelets*”, Birkhäuser, 1994.
- [2] J. Skaloud, “*Optimizing Georeferencing of Airborne Survey Systems by INS/DGPS*”, PhD Thesis, University of Calgary, Canada, 1999.