

Capitolo 6

Prove sperimentali

In questo capitolo riportiamo le prove più significative effettuate in laboratorio.

6.1 Tecnologia utilizzata

Le prove sperimentali sono state effettuate con un veicolo Koala[8] (vedi fig.6.1) di tipo skid steering dotato di encoder con risoluzione 1pulse/0.045mm di spostamento lineare per ogni ruota. Il veicolo ha 3 ruote per ogni lato, simmetriche, attuate da uno step-motor a bassa risoluzione: la conformazione del robot implica che lo slittamento delle ruote avviene ogni volta che il veicolo si muove lungo una traiettoria curva. Queste condizioni rendono difficile l'utilizzo dell'odometria per localizzare e controllare il robot e motivano l'uso del visual servoing.

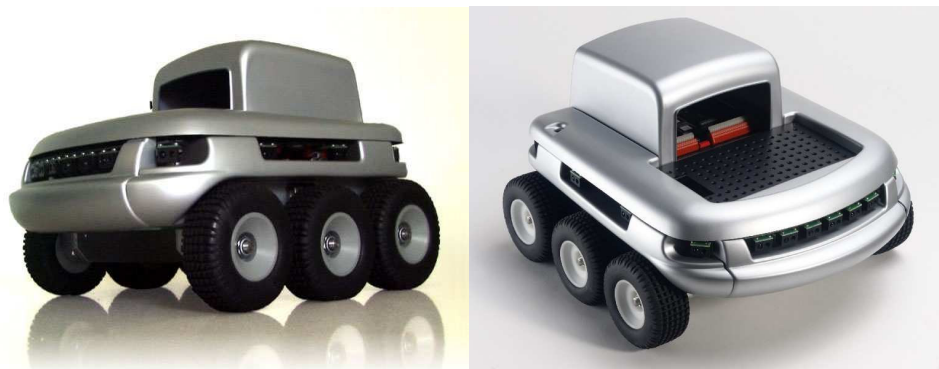


Figura 6.1: *Il veicolo utilizzato nelle prove sperimentali.*

6. Prove sperimentali

Sul veicolo è stata montata una web-cam economica Kodak EZ200[9] (vedi fig.6.2). L'asse verticale passante per il pinhole della videocamera interseca l'interasse nel punto centrale e l'asse principale della videocamera corrisponde con la direzione di avanzamento del robot: la videocamera è pertanto solidale al veicolo. L'altezza del pinhole della telecamera è di 19cm da terra.



Figura 6.2: *La videocamera utilizzata nelle prove sperimentali.*

La piattaforma hardware utilizzata è un Pentium II a 400MHz con 256MB di RAM. La comunicazione tra il PC e il robot avviene tramite un cavo seriale RS-232.

La piattaforma software è stata realizzata in C++. Per l'elaborazione del flusso video e l'implementazione del tracking delle feature è stata utilizzata la libreria Intel OpenCV[10].

La fig.6.3 rappresenta uno screenshot del software utilizzato per le prove sperimentali.

6.2 Stima delle coordinate delle feature in ter- na solidale al robot

Si analizzano i risultati ottenuti in laboratorio. Si mettono a confronto i filtri discussi nei capitoli 3 e 4. Si vedrà che entrambi i filtri danno una buona stima delle coordinate, ma con il filtro di Kalman esteso più lento del filtro alternativo.

6.2.1 Prova sperimentale 1

Filtro utilizzato : alternativo;

6.2 Stima delle coordinate delle feature in terna solida al robot

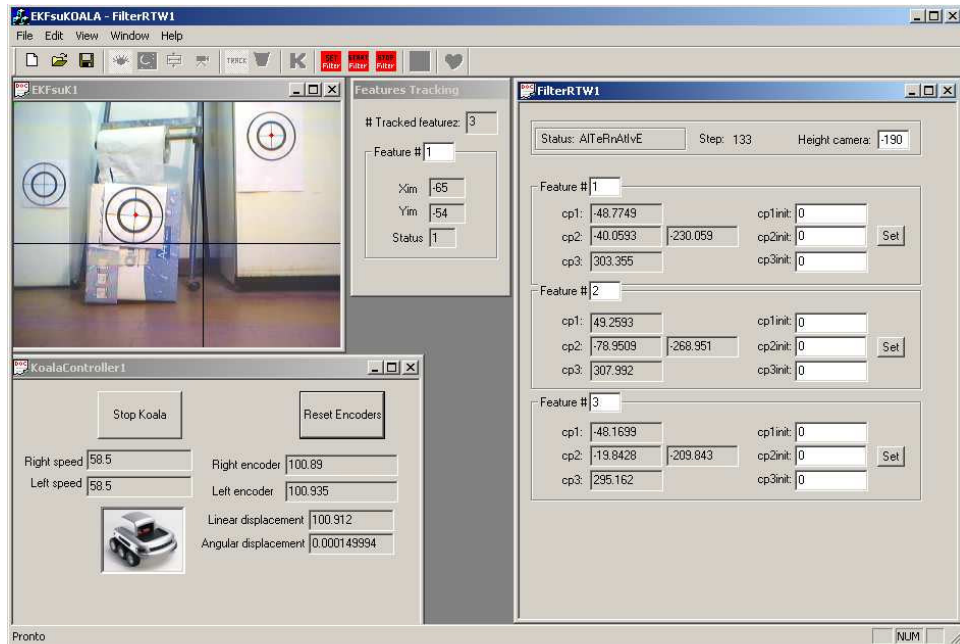


Figura 6.3: Screenshot del software implementato per le prove sperimentali.

Tempo : 250sec;

Controlli al robot : avanti e indietro con picchi di $u_1 = 60\text{mm/sec}$ per la velocità lineare;

Coordinate iniziali feature reali : ${}^C P_1 = [28\text{cm}, -30\text{cm}, 152\text{cm}]$;

Coordinate iniziali feature stimate : ${}^C P_{1st} = [703\text{mm}, -1000\text{mm}, 4285\text{mm}]$;

I risultati della prova sono riportati nelle fig.6.4, fig.6.5 e fig.6.6. La linea in grassetto nella fig.6.5 indica il valore reale dell'altezza.

6.2.2 Osservazioni sulla prova sperimentale 1

I risultati dimostrano una buona convergenza della stima, con tempi paragonabili a quelli ottenuti in simulazione.

6.2.3 Prova sperimentale 2

Filtro utilizzato : EKF con $R = 0.001 * \text{eye}(2)$ e $Q = \text{eye}(3)$;

6. Prove sperimentali

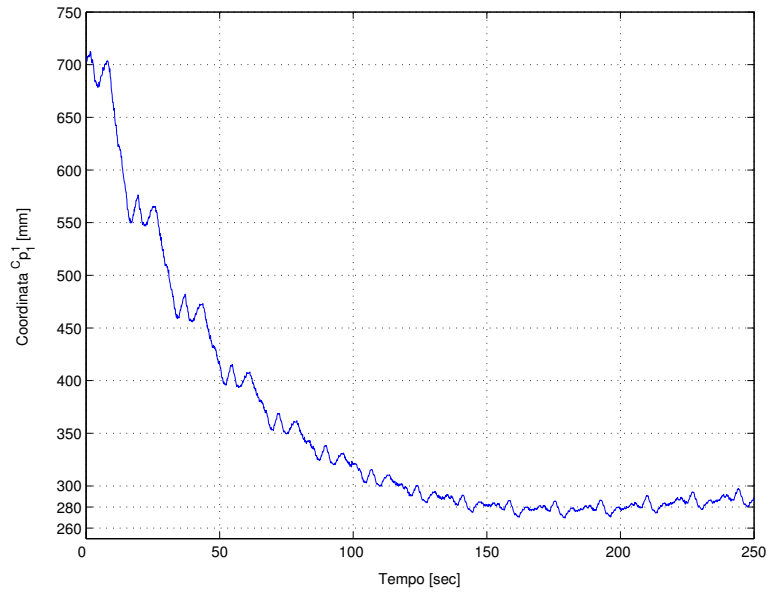


Figura 6.4: Prova sperimentale 1: andamento della coordinata C_{p1} .

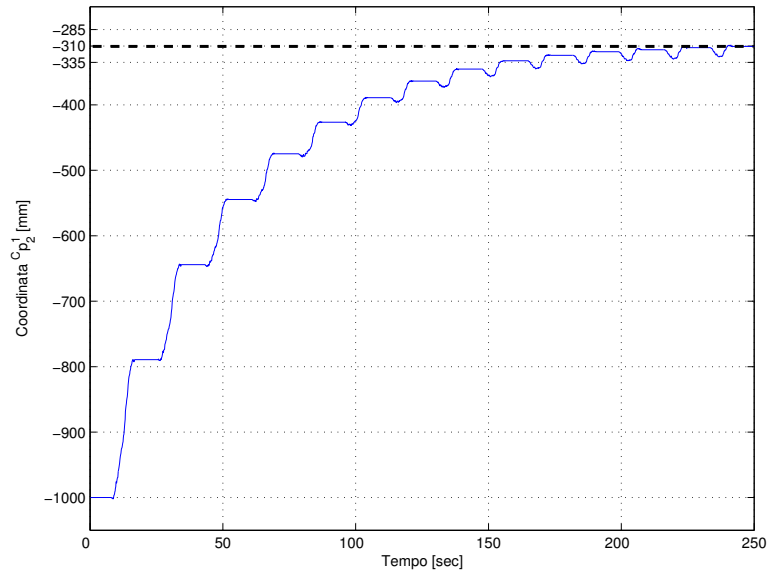


Figura 6.5: Prova sperimentale 1: andamento della coordinata C_{p2} .

6.2 Stima delle coordinate delle feature in terna solidale al robot

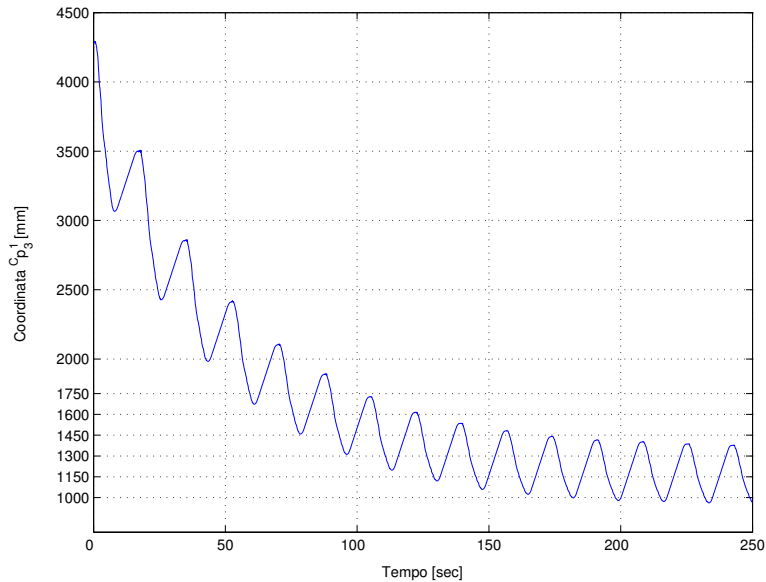


Figura 6.6: Prova sperimentale 1: andamento della coordinata C_p3^1 .

Tempo : 340sec;

Controlli al robot : avanti e indietro con picchi di $u_1 = 60mm/sec$ per la velocità lineare;

Coordinate iniziali feature reali : ${}^C P_1 = [28cm, -30cm, 145cm]$;

Coordinate iniziali feature stimate : ${}^C P_{1st} = [727mm, -1000mm, 4180mm]$;

I risultati della prova sono riportati nelle fig.6.7, fig.6.8 e fig.6.9. La linea in grassetto nella fig.6.8 indica il valore reale dell'altezza.

6.2.4 Osservazioni sulla prova sperimentale 2

Questa prova è stata effettuata in condizioni molto simili alla precedente, utilizzando il filtro di Kalman esteso invece del filtro alternativo. La stima è corretta anche in questo caso, anche se i tempi di convergenza sono più elevati rispetto a quelli ottenuti con il filtro alternativo. Ciò è in linea con quanto ottenuto nelle simulazioni.

6. Prove sperimentali

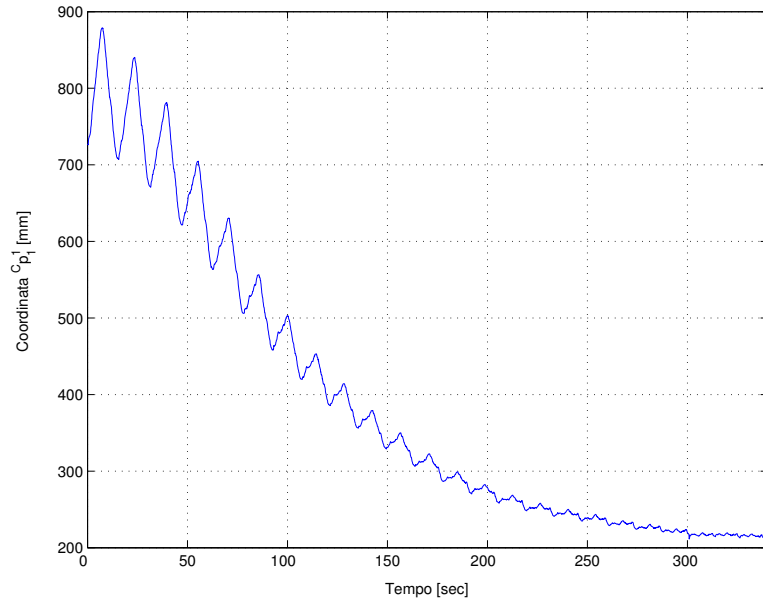


Figura 6.7: Prova sperimentale 2: andamento della coordinata C_{p_1} .

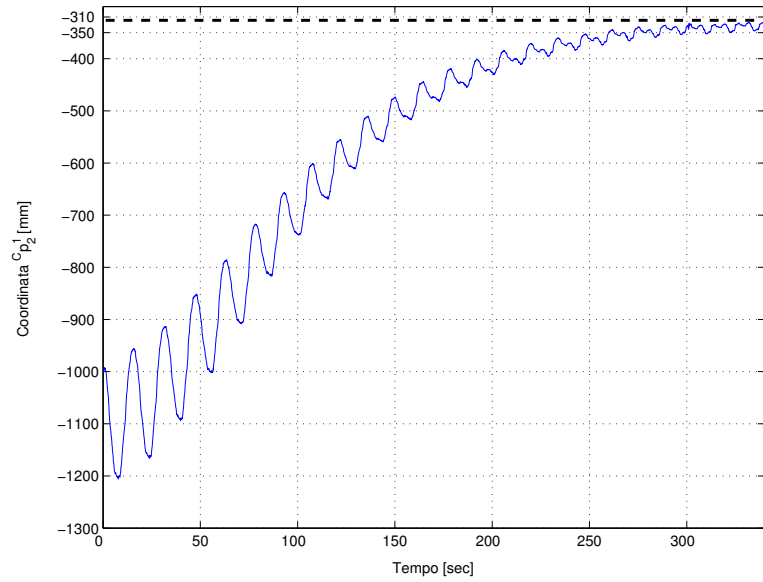


Figura 6.8: Prova sperimentale 2: andamento della coordinata C_{p_2} .

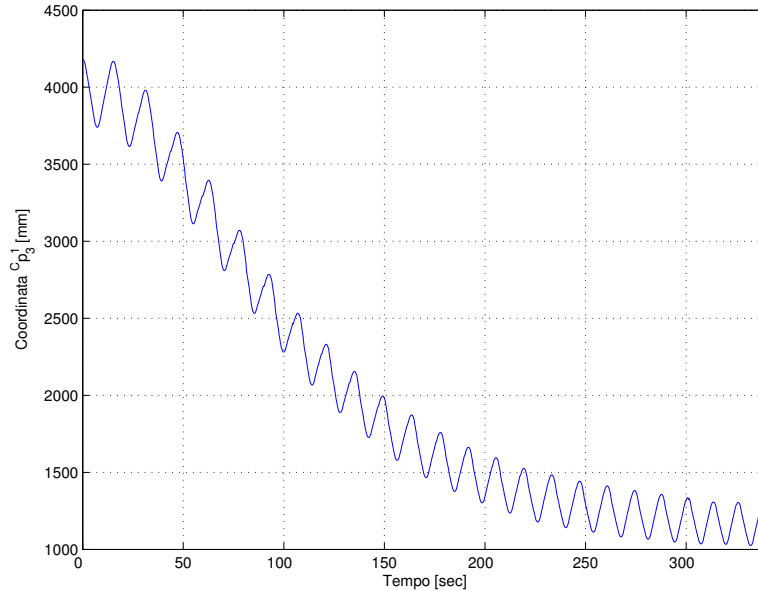


Figura 6.9: Prova sperimentale 2: andamento della coordinata $C_{p_3}^1$.

6.2.5 Considerazioni sulle simulazioni

Nelle prove sperimentali si sono presentati di frequente fenomeni di slittamento delle ruote, anche se il controllo prevedeva la sola velocità lineare: ciò ha influito sui tempi di convergenza ma non sulla bontà della stima finale. I fattori più importanti per il buon funzionamento delle procedure descritte sono:

- la telecamera deve essere perfettamente calibrata e in asse con l'uniceclo. Ciò implica un'attenta taratura prima di effettuare le prove;
- la luminosità dell'ambiente deve essere stabile per permettere un buon funzionamento dell'algoritmo di tracking;

I sostenuti tempi di convergenza dipendono dal fatto che le stime iniziali sono significativamente lontane dai valori reali.

6.3 Conclusioni e sviluppi futuri

In questo lavoro di tesi si sono elaborate delle procedure per la localizzazione di un veicolo autonomo sulla base dell'integrazione delle misure provenienti da una telecamera a basso costo e dagli encoder.

6. Prove sperimentali

In particolare il filtro di Kalman esteso è stato utilizzato per:

- migliorare la localizzazione del veicolo avendo una conoscenza parziale della geometria dell'ambiente di lavoro (altezza delle feature);
- stimare le coordinate 3D delle feature per rilasciare il vincolo della conoscenza geometrica dell'ambiente per la localizzazione.

In particolare, per la stima delle feature, è stato implementato un filtro ad hoc più efficiente e robusto dell'EKF. Le prove di laboratorio dimostrano la validità dei metodi proposti per la stima delle coordinate delle feature.