

Motion planning and control  
Report del sesto assignment di platforms and algorithms for  
autonomous systems

ALESSANDRO APPIO

Matricola n. 207228  
*corso di laurea magistrale in informatica*  
296403@studenti.unimore.it

# Contents

<b>1</b>	<b>Superamento di ostacoli a bassa velocità</b>	<b>3</b>
1.1	Parametri . . . . .	3
1.2	Risultati . . . . .	3
1.2.1	Velocità 1 . . . . .	3
1.2.2	Velocità 2 . . . . .	5
1.3	Ottimizzazione . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Superamento di ostacoli ad alta velocità</b>	<b>7</b>
2.1	Parametri . . . . .	7
2.2	Risultati . . . . .	7
2.2.1	Purepursuit . . . . .	7
2.2.2	mpc . . . . .	8

# 1 Superamento di ostacoli a bassa velocità

## 1.1 Parametri

- Velocità 1:  $10 \text{ m/s}$
- Velocità 2:  $15 \text{ m/s}$
- Velocità iniziale:  $0 \text{ m/s}$
- Accelerazione iniziale:  $0 \text{ m/s}^2$
- Time step:  $0.05 \text{ s}$
- Parametri planner
  - $\Delta T = 0.2$
  - $\text{MAX\_T} = 5.0 \text{ s}$
  - $\text{MIN\_T} = 4.5 \text{ s}$
  - $\text{K\_J} = 0.1$
  - $\text{K\_T} = 0.5$
  - $\text{K\_D} = 0.5$
  - $\text{K\_LAT} = 1.0$
  - $\text{K\_LON} = 0.5$

## 1.2 Risultati

L'obiettivo del primo esercizio è dimostrare il funzionamento del planner a basse velocità. A tal fine, verrà utilizzato il controllore Pure Pursuit. In tutti gli esercizi, la simulazione è configurata per interrompersi al termine del primo giro.

### 1.2.1 Velocità 1

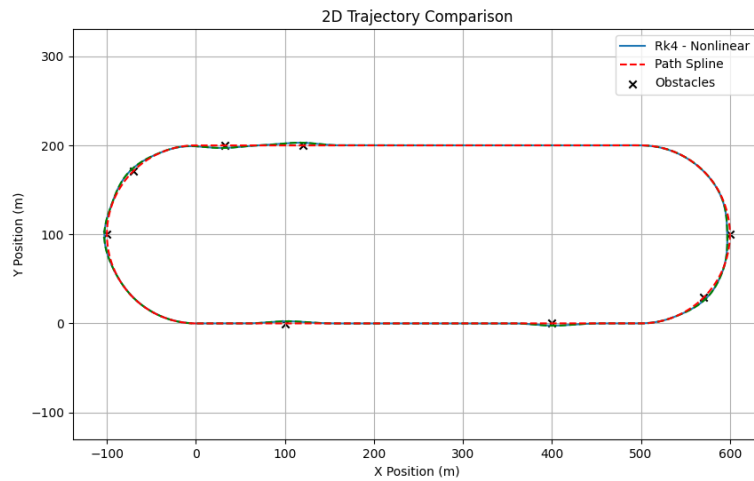


Figure 1: Traiettorie seguita da purepursuit a  $v=10 \text{ m/s}$

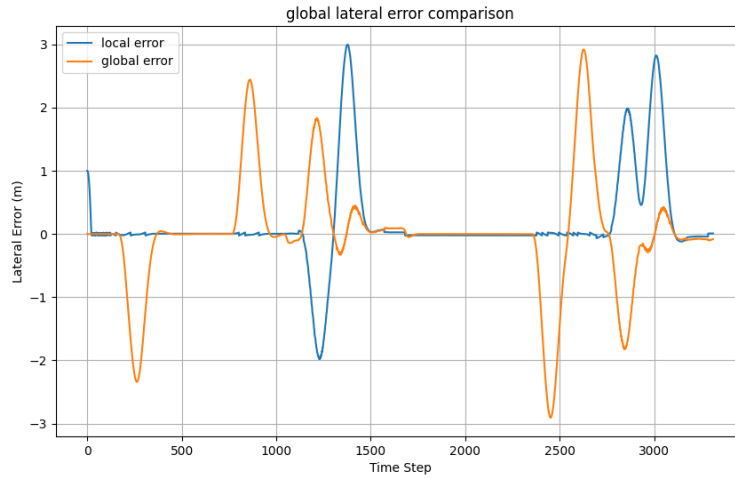


Figure 2: Errore laterale commesso da purepursuit a  $v=10 \text{ m/s}$

La Figura 1 illustra le diverse traiettorie coinvolte, in dettaglio:

- La traiettoria rossa rappresenta il percorso della pista
- La traiettoria verde corrisponde a quella calcolata dal planner per evitare gli ostacoli
- La traiettoria blu indica quella seguita dal controllore Pure Pursuit

La Figura 2 invece, mostra l'errore laterale commesso dal controllore:

- La curva arancione rappresenta l'errore relativo alla traiettoria della pista (errore globale)
- La curva azzurra rappresenta l'errore relativo alla traiettoria calcolata dal planner (errore locale)

Come evidenziato nell'ultimo grafico, il controllore riesce a seguire con buona precisione la traiettoria calcolata dal planner, pur manifestando un errore iniziale in corrispondenza delle curve della pista. Dall'analisi dell'errore globale, si può osservare come il planner consenta al veicolo di evitare con successo gli ostacoli presenti lungo il percorso.

### 1.2.2 Velocità 2

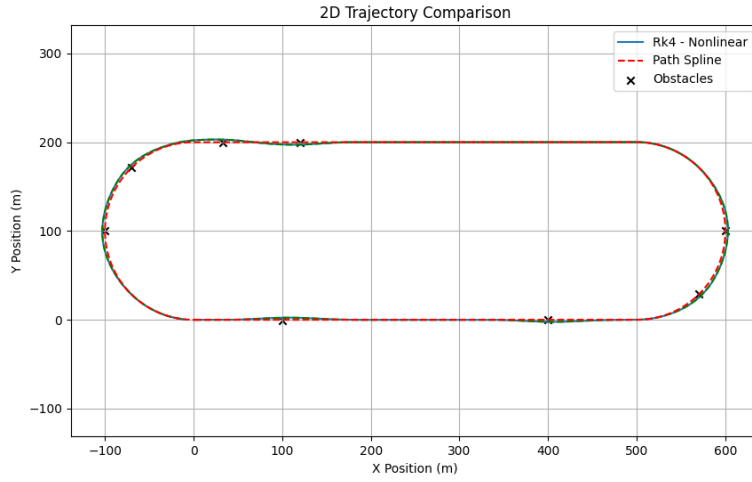


Figure 3: Traiettoria seguita da purepursuit a  $v=15\text{m/s}$

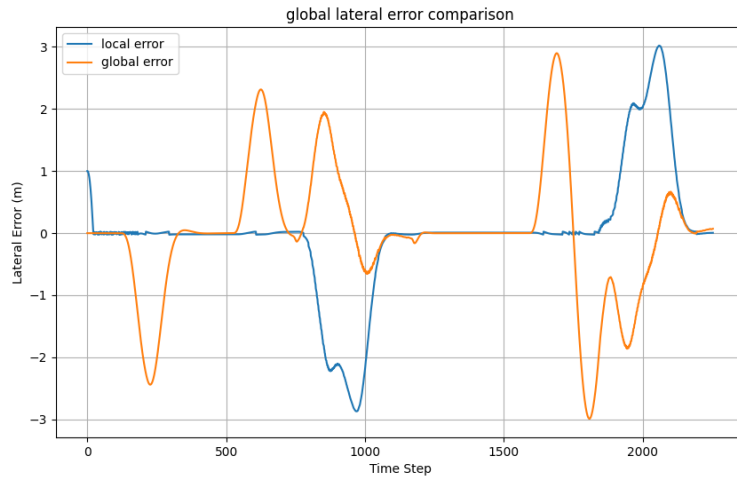


Figure 4: Errore laterale commesso da purepursuit a  $v=15\text{ m/s}$

In questa sezione si evidenzia che il planner e il controllore continuano a operare in modo efficace anche a seguito di un leggero incremento della velocità target. Il veicolo riesce comunque a evitare gli ostacoli, sebbene si registri un incremento dell'errore locale.

## 1.3 Ottimizzazione

Per concludere questa sezione, è opportuno evidenziare le prestazioni osservate su questo controllore. Durante i test, è emerso che il planner richiede un tempo di esecuzione compreso tra 0.3 e 0.45 secondi. Tale intervallo potrebbe essere ulteriormente ridotto incrementando il valore di  $\Delta T$  o riducendo la differenza tra MAX\_T e MIN\_T. Questi accorgimenti consentirebbero di ottimizzare i tempi di esecuzione, mantenendo invariato il tempo di rendimento complessivo. Un ulteriore miglioramento potrebbe consistere nella riduzione degli spazi di manovra laterali del planner. Limitando gli intervalli entro cui il controllore effettua il sampling, si potrebbero

infatti ridurre i tempi di esecuzione. Tuttavia, i test hanno evidenziato che tale intervento risulta significativamente meno conveniente, poiché comprometterebbe la capacità del sistema di calcolare traiettorie efficienti.

## 2 Superamento di ostacoli ad alta velocità

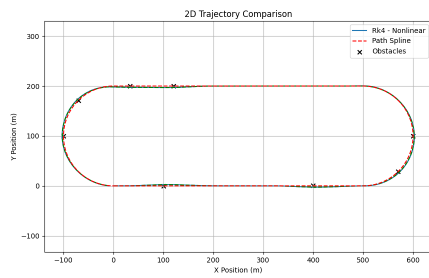
### 2.1 Parametri

- Velocità 1:  $20 \text{ m/s}$
- Velocità 2:  $25 \text{ m/s}$
- Velocità iniziale:  $0 \text{ m/s}$
- Accelerazione iniziale:  $0 \text{ m/s}^2$
- Time step:  $0.05 \text{ s}$
- Parametri planner
  - $\Delta T = 0.2$
  - $\text{MAX\_T} = 5.0 \text{ s}$
  - $\text{MIN\_T} = 4.5 \text{ s}$
  - $\text{K\_J} = 0.1$
  - $\text{K\_T} = 0.5$
  - $\text{K\_D} = 0.5$
  - $\text{K\_LAT} = 1.0$
  - $\text{K\_LON} = 0.5$

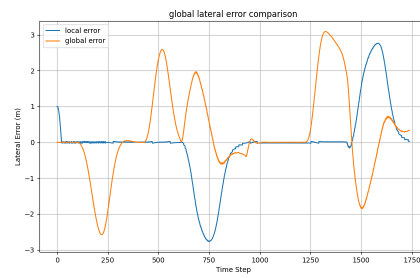
### 2.2 Risultati

Nel corso dello svolgimento dell'assignment, non è stato possibile calibrare il controllore Stanley in modo che seguisse correttamente la traiettoria generata dal planner. Pertanto, di seguito vengono riportati esclusivamente i migliori risultati ottenuti con i controllori Pure Pursuit e MPC.

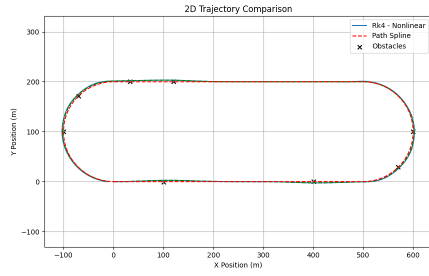
#### 2.2.1 Purepursuit



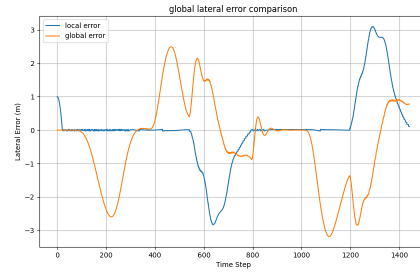
(a) Traiettoria seguita da purepursuit a  $v=20 \text{ m/s}$



(b) Errore laterale commesso da purepursuit a  $v=20 \text{ m/s}$



(a) Traiettoria seguita da purepursuit a  $v=25$   $m/s$

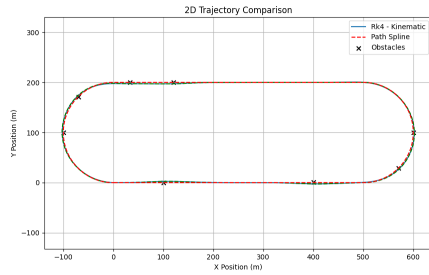


(b) Errore laterale commesso da purepursuit a  $v=25$   $m/s$

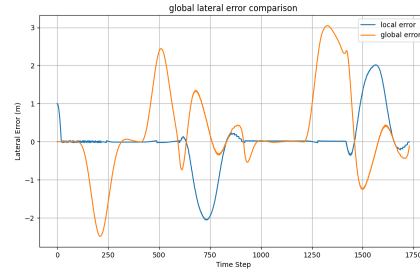
Come evidenziato nelle Figure 5b e 6b, l'aumento della velocità target comporta un incremento dell'errore laterale locale. Tuttavia, il controllore continua a seguire efficacemente la traiettoria calcolata dal planner, riuscendo comunque a evitare gli ostacoli.

In particolare, si osserva che per entrambe le velocità considerate l'errore massimo si attesta intorno a  $\pm 3 m/s$ . È importante notare, però, che nel caso di una velocità target pari a  $25 m/s$ , l'errore risulta meno stabile e si registra un aumento dell'errore globale.

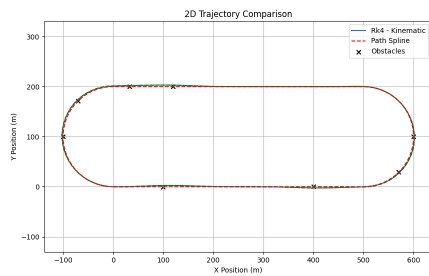
### 2.2.2 mpc



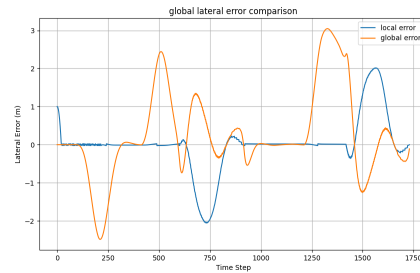
(a) Traiettoria seguita da mpc a  $v=20$   $m/s$



(b) Errore laterale commesso da mpc a  $v=20$   $m/s$



(a) Traiettoria seguita da mpc a  $v=25$   $m/s$



(b) Errore laterale commesso da mpc a  $v=25$   $m/s$

Analizzando le prestazioni del controllore MPC, si osserva che l'errore complessivo non solo risulta ridotto, ma appare anche stabile. Da ciò si deduce che sarebbe possibile incrementare ulteriormente la velocità target per questo controllore senza compromettere le sue prestazioni.