

Ottimizzazione del Path Tracking con Model Predictive Control per Autonomous Racing in FITENTH

Laurea Triennale in Informatica

Vincenzo Siano

Relatore: **MATTEO LUPERTO**

Correlatori: **NICOLA BASILICO**

MICHELE ANTONAZZI



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO**

Contesto

- Nuovo settore competitivo:
Autonomous Racing
- Comunità come **F1TENTH**, con
veicoli in scala 1:10
- Sfide tecnologiche: il **Path Tracking**



Problema

Far seguire al veicolo un certo percorso, composto da un insieme di punti (**waypoint**).

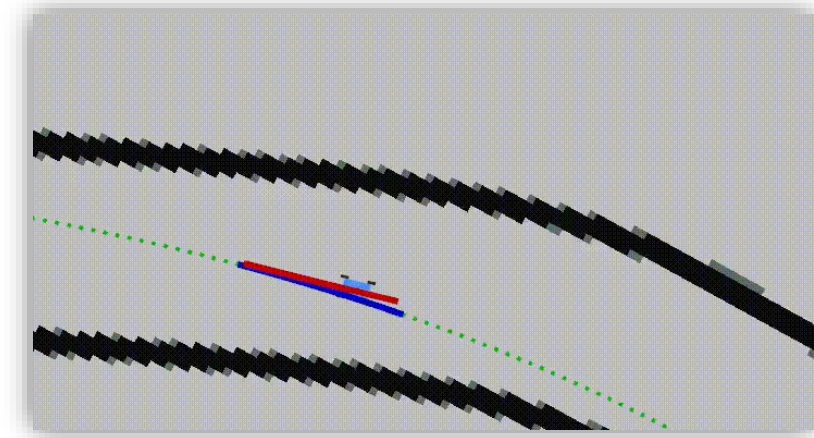
- Ostacoli principali:
 1. controllare un veicolo
 2. gestire velocità elevate

Diversi tipi di controllori: (1) **reattivi** e (2) **ottimali**



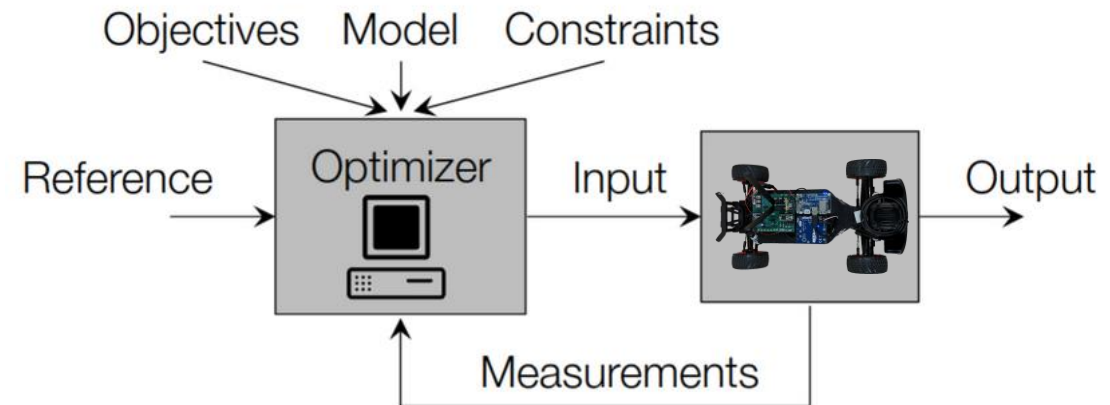
Obiettivi

- sviluppare un **sistema funzionante** di guida autonoma di un veicolo simulato **FITENTH**
- **ottimizzazione** della traiettoria calcolata mediante **Model Predictive Control (MPC)**
- applicabilità in circuiti di **Formula 1** in scala 1:10
- analizzare i risultati e confrontare le prestazioni con **Pure Pursuit**



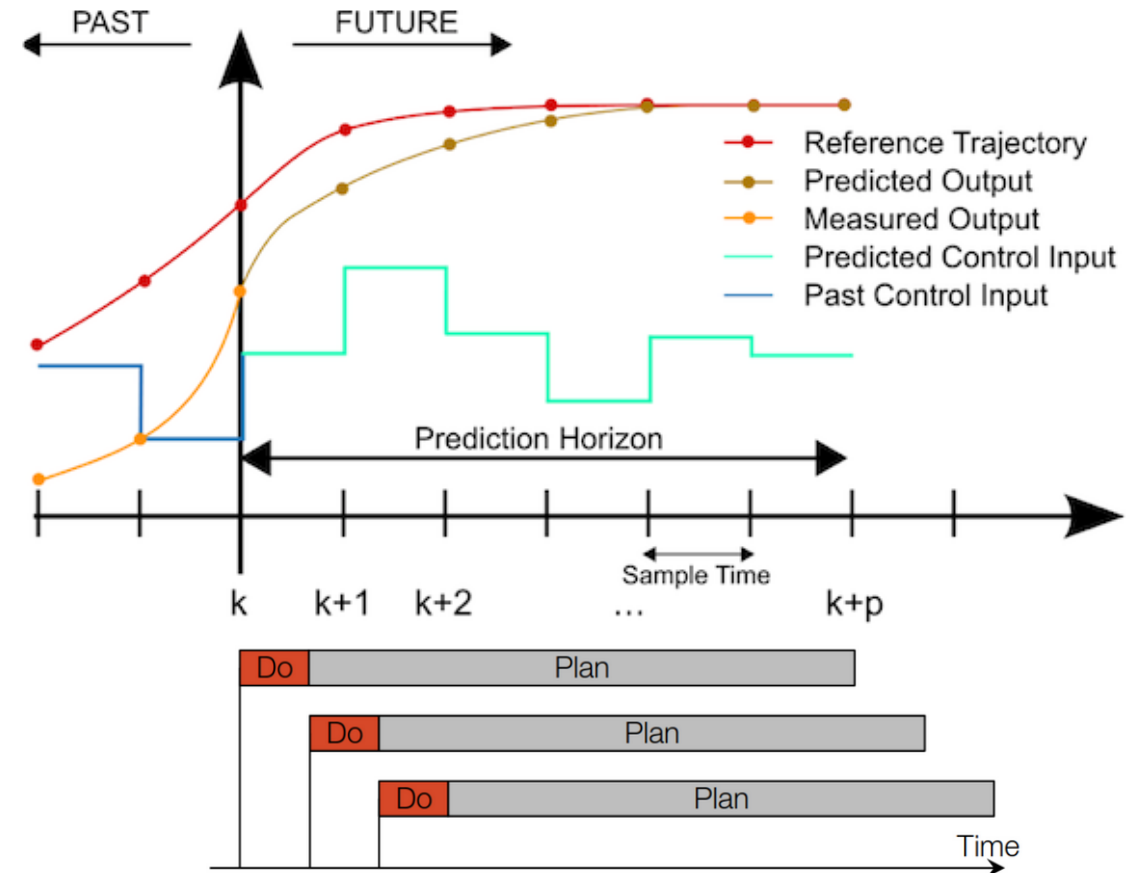
Model Predictive Control (MPC)

- Algoritmo «**predittivo**» che genera, per **N** passi futuri, *input ottimali* per il veicolo
- Problema di **controllo ottimale convesso**
 1. *Modello della dinamica*
 2. *Funzione Obiettivo*
 3. *Vincoli del sistema*



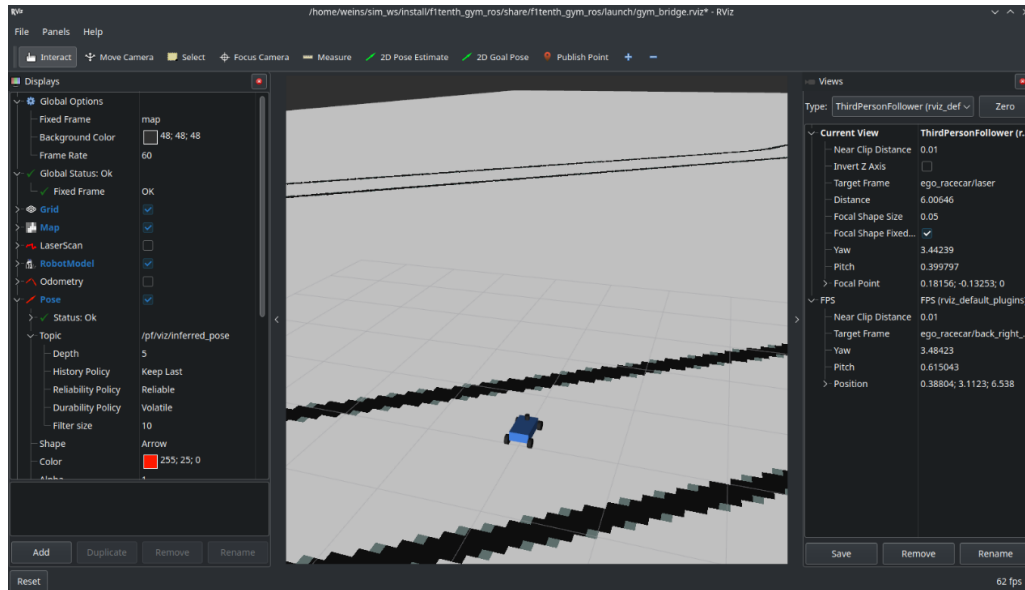
MPC: Receding Horizon Control

- Processo **iterativo**:
 1. misura lo **stato corrente**
 2. calcola la sequenza di controllo ottimale per una **finestra limitata** nel *futuro*
 3. applica solo il **primo** input
 4. ripete per **riplanificare**
- Riduce la **dimensione** del problema



Tecnologie utilizzate

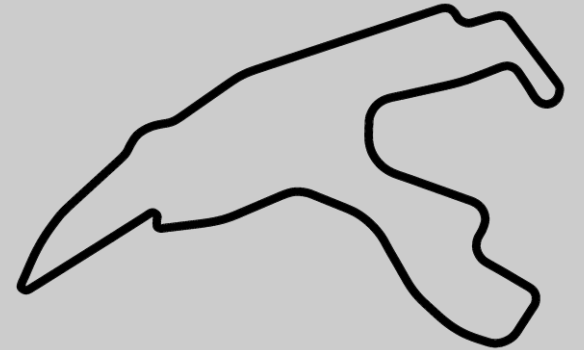
ROS 2



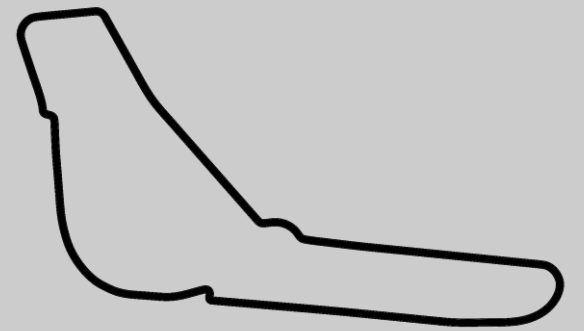
Implementazione

1. organizzazione dei **parametri di MPC** in *file* appositi
2. impostazione del **problema** di ottimizzazione
3. definizione di **obiettivo** e **vincoli**
4. «**tuning**» dei *pesi* per ottimizzare le **prestazioni**
 - ▶ **equilibrio** tra reattività e stabilità
 - ▶ tre profili di guida: (1) **Safe** (2) **Fast** e (3) **HP**

Spa-Francorchamps



Monza

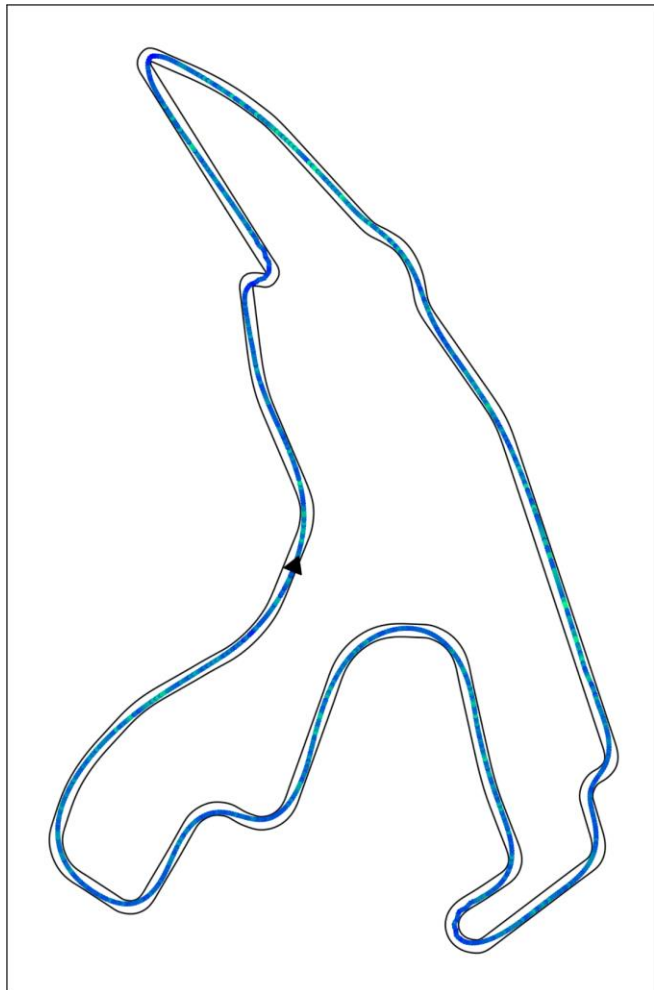


Analisi dei risultati

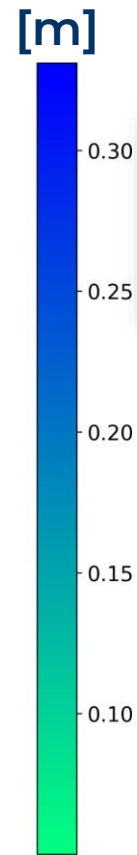
- **metriche** specifiche per misurare il sistema
 - ▶ errore di tracking (*crosstrack*)
 - ▶ tempo sul giro (*lap time*)
 - ▶ velocità
 - ▶ consumi e angolo di sterzata
- confronti tra **MPC** e *Pure Pursuit*
- valutazione dei profili di guida

Errore di tracking su Spa

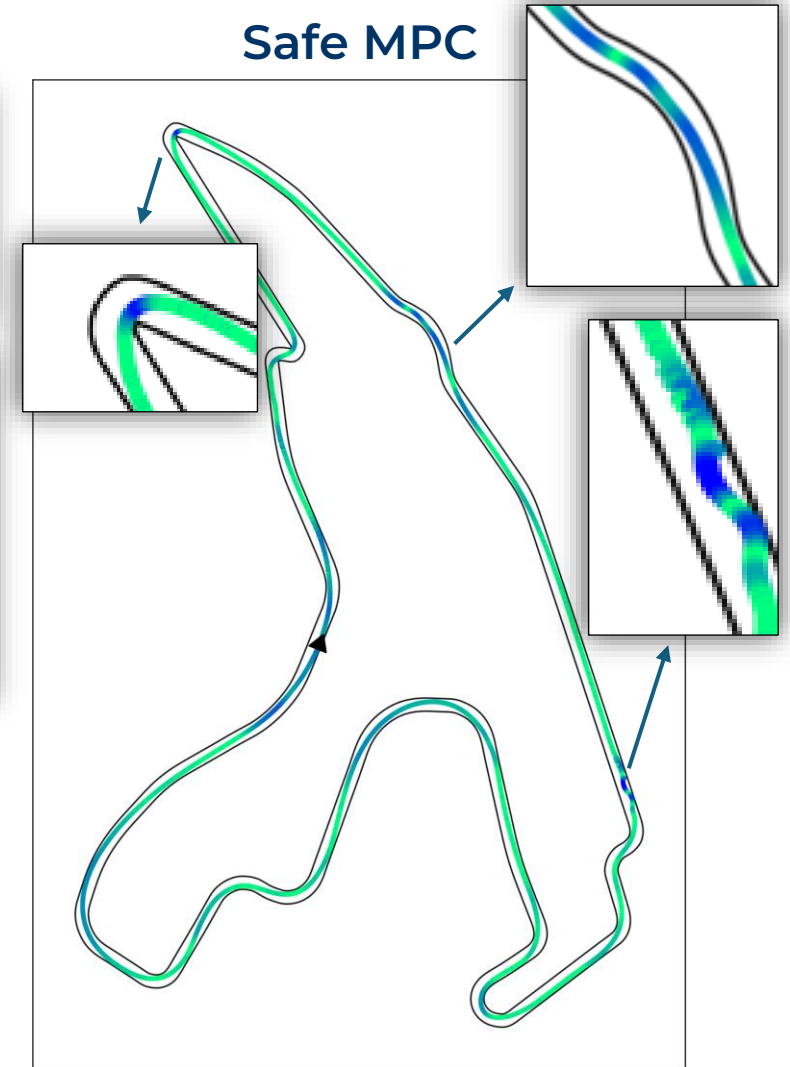
Pure Pursuit



High Performance MPC

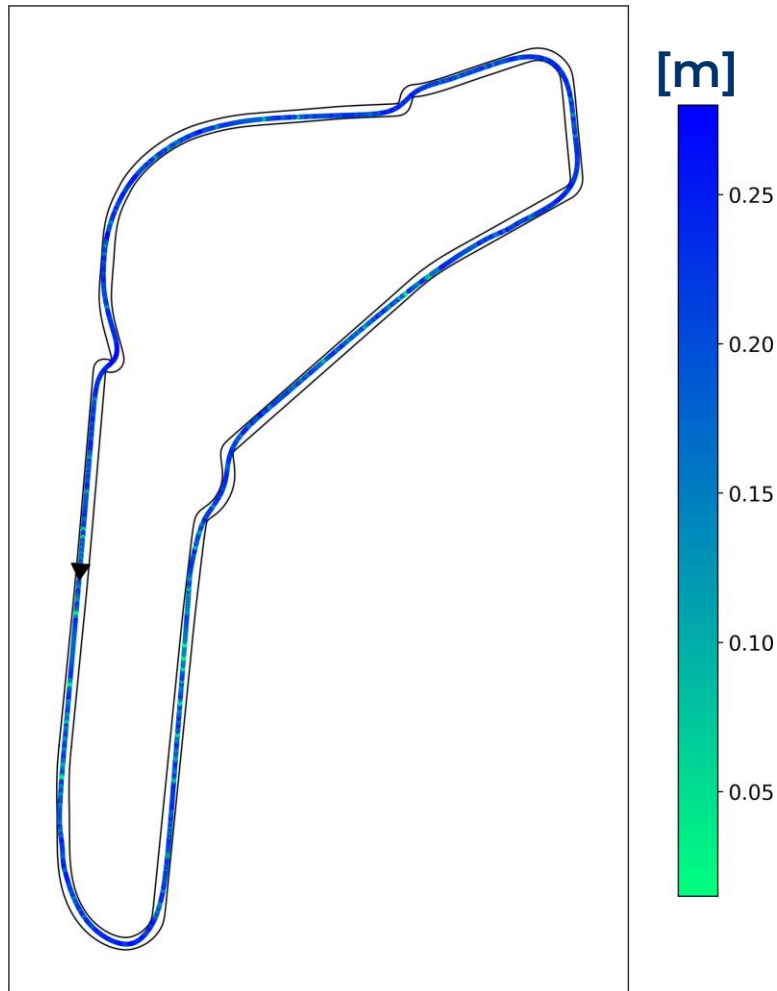


Safe MPC

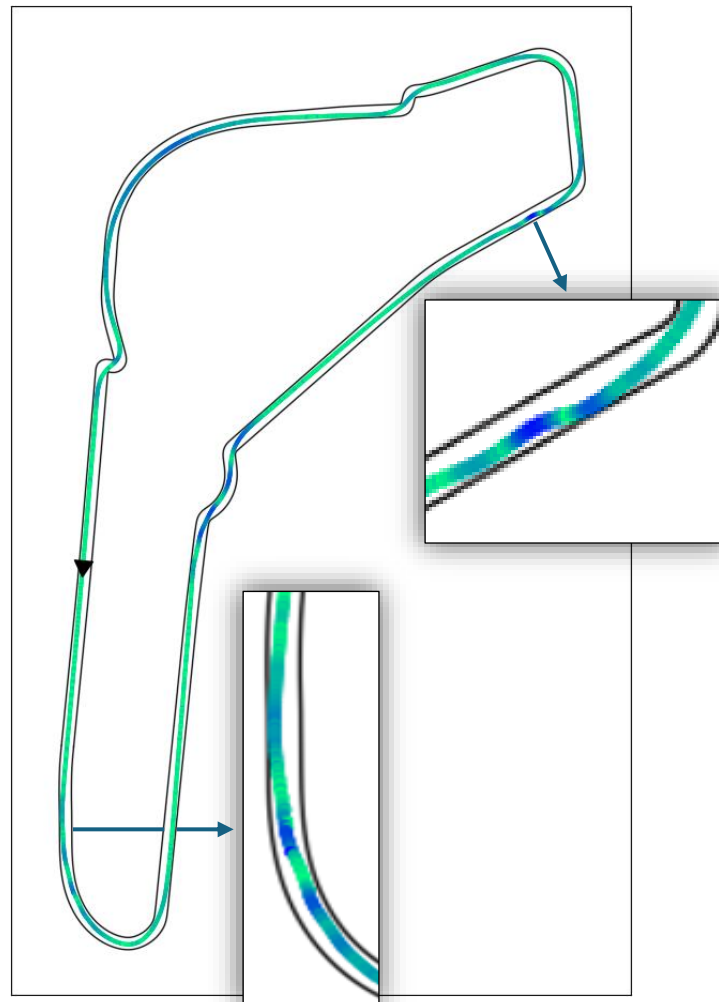


Errore di tracking su Monza

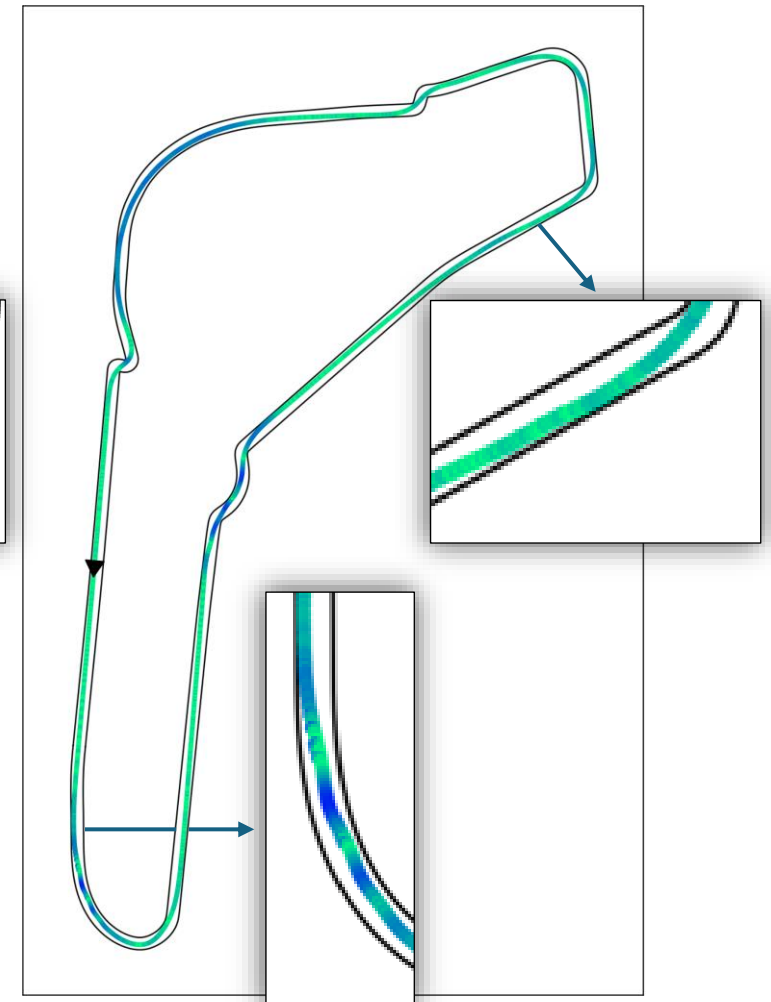
Pure Pursuit



High Performance MPC

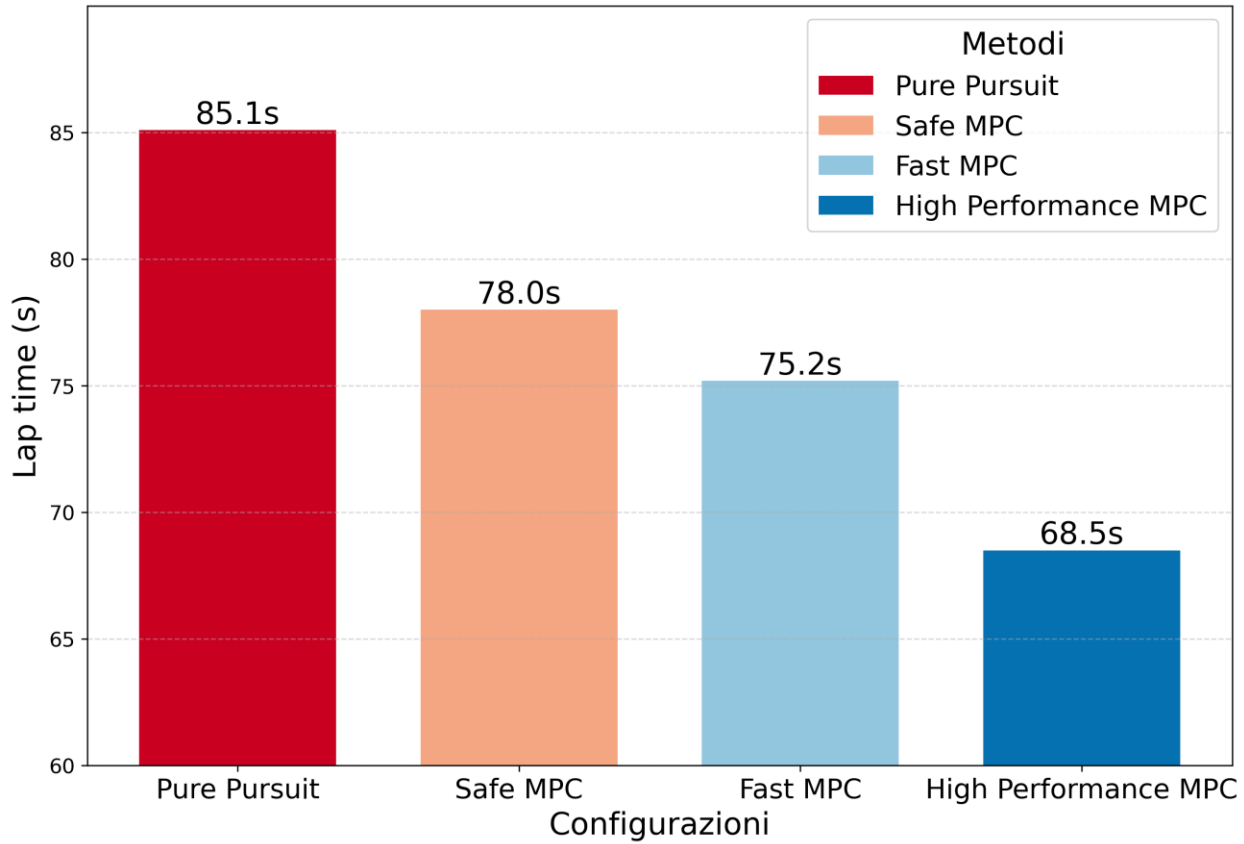


Safe MPC

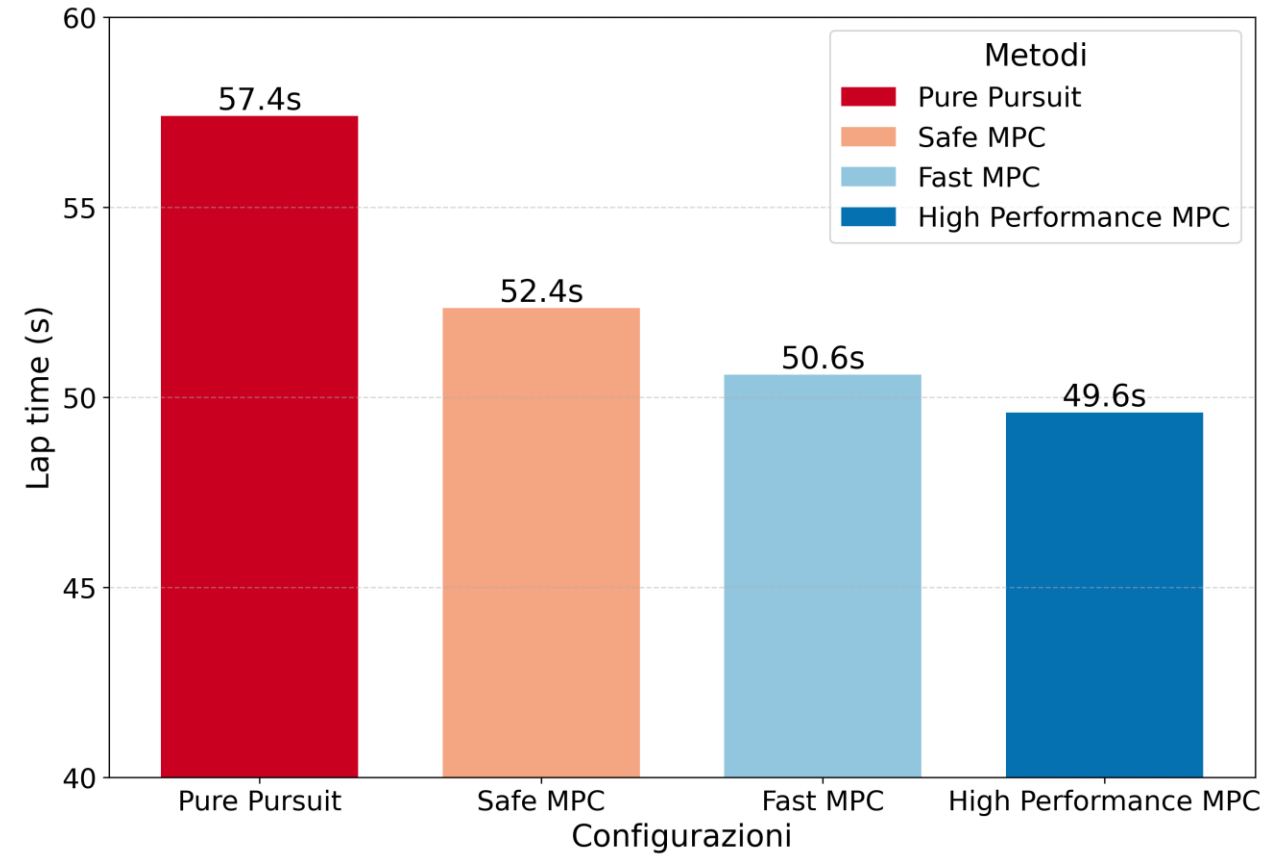


Tempo sul giro

Spa-Francorchamps

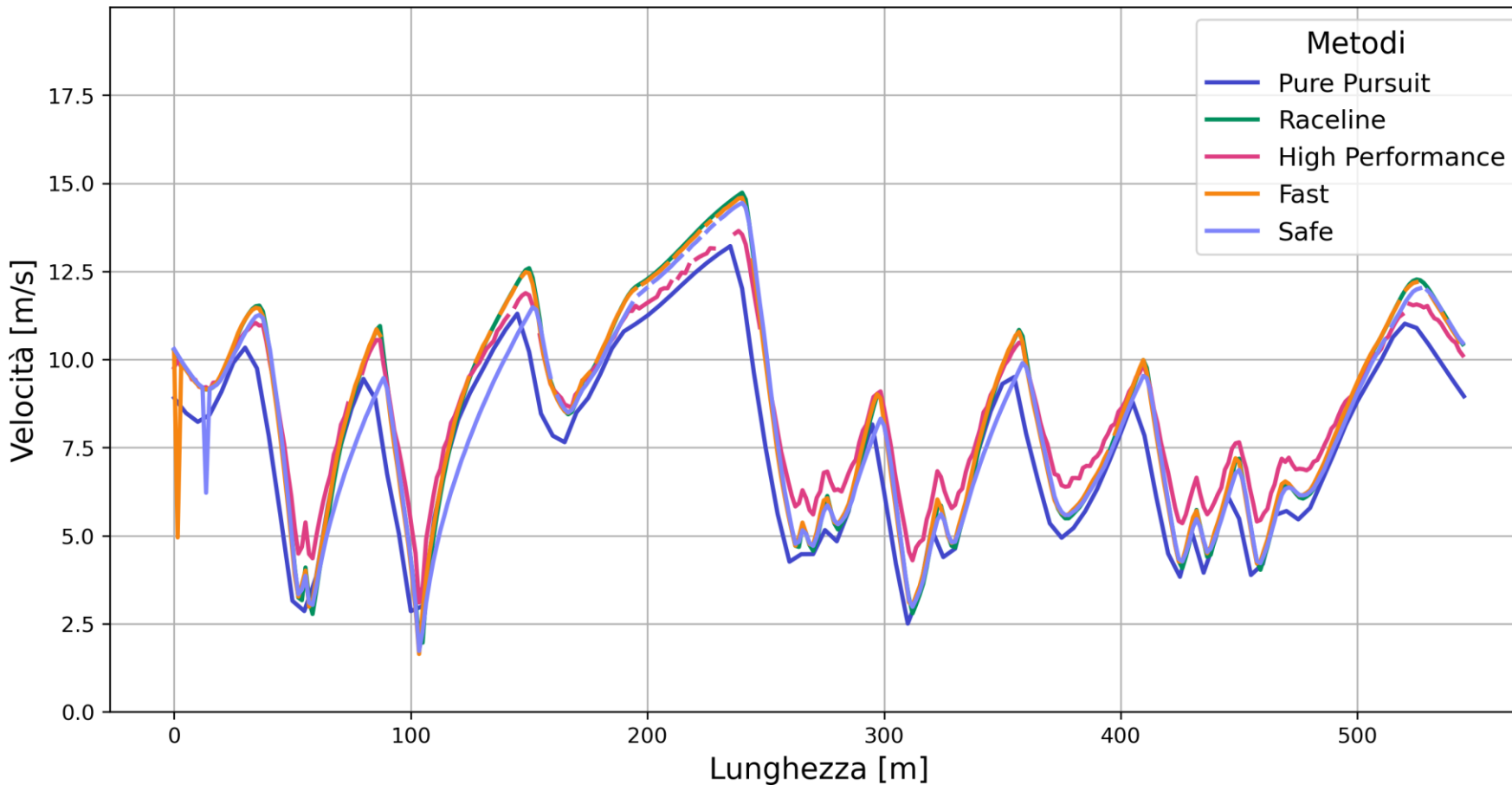


Monza



Velocità

Spa-Francorchamps



Spa-Francorchamps

Metodo di controllo	Media	
	[m/s]	[km/h]
Pure Pursuit	7.56	27.2
Safe MPC	8.07	29
Fast MPC	8.34	30
HP MPC	8.6	31

Monza

Pure Pursuit	8.82	31.8
Safe MPC	9.25	33.3
Fast MPC	9.72	35
HP MPC	9.77	35.1

Conclusioni

Sistema di controllo avanzato che ottimizza
il *path tracking* con **MPC**

1. viene **minimizzata** la deviazione dalla linea di riferimento e si riducono i **tempi sul giro**
2. rispetto al **Pure Pursuit**, ogni profilo di **MPC** ha:
 - ▶ una **traiettoria** più precisa
 - ▶ **lap time** inferiori
 - ▶ **consumi** ridotti
3. «**High Performance MPC**» è il più performante in uno scenario di gara estremo

Grazie per l'attenzione



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO