

FA/MA: Entwicklung eines Modellprädiktiven Reglers unter Verwendung von Control Barrier Functions

Beschreibung und Aufgabenstellung

Durch den Einsatz zusätzlicher Aktuatoren wie Torque Vectoring und Hinterachslenkung lassen sich sowohl die Fahrdynamik als auch die Effizienz moderner Fahrzeuge deutlich verbessern. Gleichzeitig führen die daraus resultierenden zusätzlichen Freiheitsgrade zu einer erhöhten Systemkomplexität und bringen potenzielle Risiken mit sich. Fehlerhafte Reglerimplementierungen oder Hardwaredefekte im Steuergerät können unsichere Stelleingriffe zur Folge haben. Um die Auswirkungen solcher Störungen auf die Fahrsicherheit zu minimieren, wird ein übergeordneter Sicherheitsfilter eingesetzt.

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Sicherheitsfilter in Form eines modellprädiktiver Regler (MPC) unter Verwendung von Control Barrier Functions (CBF) entwickelt werden. Der Einsatz von CBFs ermöglicht eine formale Absicherung des Reglers hinsichtlich der Einhaltung vorgegebener Zustandsbeschränkungen. Zu den zu überwachenden Stellgrößen zählen die elektrischen Antriebsmomente sowie der Lenkwinkel der Hinterachse.

Aufgrund der ausgeprägten Nichtlinearität des Fahrzeugmodells wird zunächst ein eingangsaffines Stellvertretermodell benötigt, um die effiziente Anwendung von CBFs zu ermöglichen. Auf Basis dieses Modells sollen anschließend geeignete CBFs für den MPC entworfen, implementiert und analysiert werden. Bei erfolgreicher Umsetzung besteht die Möglichkeit, den entwickelten Regler auf einem Prototypensteuergerät zu realisieren und in einem Testfahrzeug zu erproben.

Anforderungen

- Gute Kenntnisse im Bereich der Fahrzeugdynamik
- Gute Kenntnisse im Bereich der Modellprädiktiven Regelung
- Gute Kenntnisse in Matlab/Simulink

Bei Interesse/Fragen melden Sie sich gerne per E-Mail oder telefonisch bei mir (telefonisch eingeschränkte Erreichbarkeit).

(sebastian.lippold@isys.uni-stuttgart.de, +49 711 685-69898)

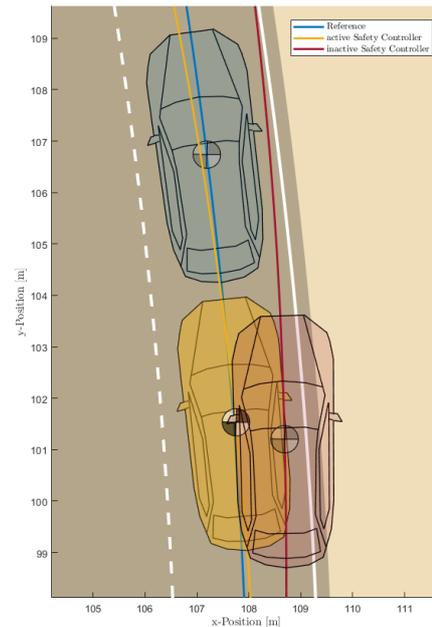


Figure 1: Spurabweichung eines Fahrzeugs mit und ohne aktivem Sicherheitsregler

FA/MA: Development of a Model Predictive Controller using Control Barrier Functions

Task definition

The integration of additional actuators, such as torque vectoring and rear-axle steering, can significantly enhance both the driving dynamics and efficiency of modern vehicles. However, the resulting increase in degrees of freedom also raises overall system complexity and introduces potential risks. Faulty controller implementations or hardware failures in the control unit may lead to unsafe actuator commands. To mitigate the impact of such faults on driving safety, a higher-level safety filter is employed.

This thesis focuses on developing a safety filter in the form of a model predictive controller (MPC) utilizing Control Barrier Functions (CBFs). The integration of CBFs enables formal verification of the controller's compliance with predefined state constraints. The control variables subject to monitoring include the electric drive torques and the rear axle steering angle.

Due to the nonlinearity of the vehicle model, an input-affine surrogate model is first required to enable the efficient application of CBFs. Based on this model, suitable CBFs will be designed, implemented, and evaluated within the framework of a MPC. Upon successful implementation, the controller may be deployed on a prototype electronic control unit and tested in a real vehicle.

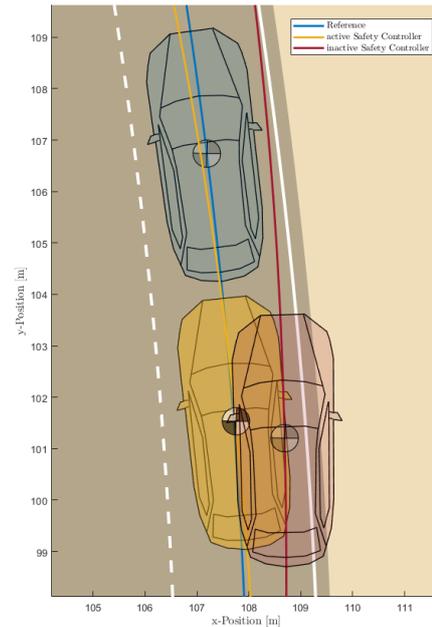


Figure 1: Lane deviation of a vehicle with and without active safety controller

Requirements

- Good knowledge in the field of vehicle dynamics
- Good knowledge in the field of model predictive control
- Good knowledge in Matlab/Simulink

If you are interested or have any questions, please contact me by e-mail or telephone (limited availability by telephone).

(sebastian.lippold@isys.uni-stuttgart.de, +49 711 685-69898)