

Der Einsatz von Fahr simulatoren bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen an einem Anwendungsbeispiel

Dr.-Ing. Tom Tiltmann, Dipl.-Ing. Andreas Friedrichs

Am Zentrum für Lern- und Wissensmanagement und Lehrstuhl für Informatik im Maschinenbau (ZLW/IMA) der RWTH Aachen wurde ein Lkw-Fahr Simulator entwickelt, der erstmals die Fahr simulation und Verkehrsberechnung zum Interactive Driving Simulator (InDriveS) kombiniert. In Echtzeit werden dabei die Auswirkungen des Fahrverhaltens auf den umgebenden Verkehr und umgekehrt berücksichtigt. Integrativer Bestandteil der Simulationsumgebung ist eine Software-in-the-Loop- und Hardware-in-the-Loop-Entwicklungsumgebung. Mit Hilfe von InDriveS lassen sich dabei alle Phasen der Systementwicklung (Analyse, Entwurf, Modellbildung, Simulation, Implementierung sowie Test und Evaluierung) von neuen Fahrzeugtechnologien wie z. B. Informations- und Assistenzsystemen in der Automobilindustrie unter Berücksichtigung des Straßenverkehrs und des Fahrerverhaltens durchführen.

Im Entwicklungsprozess von Fahrzeugtechnologien werden Simulationswerkzeuge und -methoden in den Phasen der Konzepterstellung, Funktionsentwicklung, Systemtest sowie bei der Evaluierung und Freigabe der Applikationen eingesetzt. Die virtuelle Entwicklung und Funktionsüberprüfung erfolgt dabei mit Hardware-in-the-Loop (HIL) und Software-in-the-Loop (SIL) Entwicklungswerkzeugen und ermöglicht neben einer Zeit- und Kostenersparnis auch einen hohen Reifegrad insbesondere von sicherheitskritischen Applikationen.

Für den Entwurf von Steuerungen und Regelungen in der Fahrzeugtechnik insbesondere für Fahrerassistenzsysteme kann das V-Modell herangezogen werden. Zunächst muss für den Systementwurf die Aufgabenstellung formuliert und ein Lasten- und Pflichtenheft aufgestellt werden. Im nächsten Schritt wird der zu regelnde Prozess analysiert und in einem Modell abgebildet. Anschließend kann die Simulation des Systems und der Regler bzw. Steuerungen erfolgen, um geeignete Algorithmen zu entwickeln und zu erproben. Daraufhin wird die Codierung und Implementierung der Algorithmen auf der Zielhardware vorgenommen. Der Implementierungsphase folgt die Testphase, wobei zunächst die Regler- und Steuereinheiten in einzelnen Komponenten (Modultest) und je nach Anforderung und Komplexität in immer größeren Teilsystemen getestet werden (Systemtest). Die Inbetriebnahme und der Abnahmetest der Regelung bzw. Steuerung erfolgt dann am Ende (Gesamttest). Diese Schritte können iterativ erfolgen, wobei zum einen einzelne Schritte übersprungen werden können und zum anderen sich aber auch Iterationsschleifen innerhalb dieser Vorgehensweise ergeben können.

Für die meisten Schritte dieses Entwicklungsprozesses stehen heutzutage viele Werkzeuge zur Verfügung, die den jeweiligen Entwicklungsschritt unterstützen. Dennoch ergeben sich Probleme an den Schnittstellen zwischen den verschiedenen Schritten bzw. den eingesetzten Werkzeugen, z. B. durch verschiedene Darstellungsformen der Werkzeuge oder bei der Konvertierung der Modelle und Daten. Außerdem ist bei dieser Vorgehensweise zunächst nur ein iteratives Vorgehen in vertikaler Richtung vorhanden, so dass Probleme bei den Komponenten-

Adresse

Dennewartstraße 27
52068 Aachen

Telefon

02 41 80 911-00

Durchwahl – 40

Fax

02 41 80 911-22

Internet

www.zlw-ima.rwth-aachen.de

E-Mail

tiltman

@zlw-ima.rwth-aachen.de

Mitglied der Aixcore Group

www.aixcore.com

tests erst erkannt werden, nachdem die Entwicklungsschritte bis zu diesem Punkt durchgeführt wurden.

Für die Entwicklung und Erprobung der Regelungs- und Steuerungsalgorithmen von Fahrerassistenzsystemen werden innerhalb der Simulationsumgebung von InDriveS alle Phasen des V-Modells unterstützt. Für die Spezifikations- und Designphase stehen sowohl die kombinierte Fahr- und Verkehrsfluss-Simulation für die Modellierung und Simulation der Prozesse bzw. Verkehrsszenarien zur Verfügung als auch das Simulationswerkzeug MATLAB/Simulink für den Entwurf der Regelungen und Steuerungen. Die Implementierung und Erprobung der Regelalgorithmen (Software) und der Applikationen (Hardware) erfolgt dann über die drei Schnittstellen: Ethernet-Netzwerkverbindung (TCP/UDP), serielle RS422-Schnittstelle und CAN-Bus. Bei der Erprobung und dem Test der Systeme muss dabei zwischen Software-in-the-Loop und Hardware-in-the-Loop Entwicklung unterschieden werden.

Unter Software-in-the-Loop wird die prototypische Umsetzung und Implementierung eines Regelalgorithmus auf einer Echtzeit-Zielplattform verstanden. Ziel ist es dabei, die Robustheit der verwendeten Regelalgorithmen am Prozess zu untersuchen und das in der Systemsimulation erzielte Verhalten zu verifizieren. Die Reglereinstellungen können dann gestützt auf den Erkenntnissen der Simulation verfeinert bzw. verbessert werden. Hierzu erfolgt die Codierung, Implementierung und Erprobung der Regelungen in der Simulationsumgebung von InDriveS. Dies geschieht über die TCP/UDP-Schnittstelle, wobei beliebige MATLAB/Simulink-Modelle für Fahrzeug-, Sensor- und Reglermodelle oder auch steuergerätauglicher Quellcode in die Simulation integriert und in Echtzeit getestet werden. Durch die schnelle und flexible Realisierung und Erprobung der Algorithmen in der Simulationsumgebung lassen sich die Konzepte schnell umsetzen und optimieren.

Unter Hardware-in-the-Loop wird die Untersuchung eines Regelungs- bzw. Steuerungsprototypen auf der Zielhardware verstanden, der mit einem simulierten Prozess verbunden ist. In der Automobilindustrie spricht man von Hardware-in-the-Loop, wenn z. B. ein Motorsteuergerät durch ein entsprechendes Hardware- bzw. Software-Paket auf die Funktionstüchtigkeit hin untersucht wird. Innerhalb des Lkw-Fahrerhaus können über den CAN-Bus verschiedene Hardwarekomponenten (z. B. Steuergeräte, Aktoren) in die Simulation mit eingebunden oder über die RS422-Schnittstelle dSpace-Werkzeuge (z. B. Autobox) an InDriveS angekoppelt werden.

Durch die Kombination der Fahr- und Verkehrsfluss-Simulation mit der integrierten SIL-/HIL-Entwicklungsumgebung steht somit ein ganzheitliches Entwicklungswerkzeug zur Verfügung. InDriveS ermöglicht dadurch eine schnelle, sichere und kostengünstige Entwicklung bis hin zum Gesamttest von Fahrerassistenzsystemen, Sensoren und Aktoren.

Die Auswertung der Systemtests und die Evaluierung der Fahrerassistenzsysteme erfolgt mit Hilfe von InDriveS auf insgesamt drei verschiedenen Betrachtungsebenen:

1. *Mensch* (Integration des Menschen in die Simulation): Mit Hilfe von InDriveS kann die Belastung und Beanspruchung der Lkw-Fahrer (Adaptionsphänomene, Reaktionszeiten, Gefährdungspotential) sowie der Akzeptanz der Fahrer-

assistenzsysteme von den Menschen untersucht werden. Darüber hinaus kann der Aufbau und die Ergonomie der Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) des Fahrerassistenzsystems evaluiert werden.

2. *Organisation* (Datenauswertung der verkehrlichen Wirkungen): Die Auswertung der verkehrlichen Wirkungen spielt eine entscheidende Rolle für die Evaluierung der Fahrerassistenzsysteme. Zu den wichtigsten Größen gehören hier die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverteilungen, der Kraftstoffverbrauch, die Schadstoffemissionen und die Reisezeit der einzelnen Fahrzeuge sowie der Verkehrsdurchsatz und die Verkehrsdichte innerhalb der Simulationen. Diese Daten können z. B. für eine Wirkungsanalyse der Fahrerassistenzsysteme in Bezug auf die Umweltwirkungen und Wirtschaftlichkeit sowie der Integration in den Straßenverkehr herangezogen werden.
3. *Technik* (Datenauswertung der Fahrzeug- und Automatisierungstechnik): Hierzu gehören die Zustandsgrößen der Simulationsmodelle wie z. B. Bremspedalposition, Drosselklappenstellung, Motordrehzahl, Motormoment, Gierrate. Die Daten werden insbesondere für die Systementwicklung z. B. der Regleralgorithmen, Steuergeräte etc. benötigt. Mit Hilfe eines interaktiven 3D-Videoplayers kann jeder Zeitpunkt der Simulation nachträglich aus jeder Perspektive betrachtet, analysiert und ausgewertet werden.

Im Rahmen des Vortrages werden die Möglichkeiten des Lkw-Fahrsimulators anhand des Anwendungsbeispiel „Lkw-Konvois“ dargestellt. Innerhalb des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Verbundprojektes „KONVOI“ werden in einem interdisziplinären Forschungsteam Lkw-Konvois in virtuellen und realen Fahrversuchen erprobt und deren Wirkungen auf den umgebenden Verkehr untersucht.

Hierbei wird am Beispiel der Querverführung von Lkw-Konvois aufgezeigt, wie die Systementwicklung, -erprobung, -test und -auslegung mit dem Lkw-Fahrsimulator nach dem V-Modell innerhalb des Verbundprojektes erfolgt. Dies kann auf beliebige Fahrerassistenzsysteme und Regel- und Steuerungsalgorithmen übertragen werden.

Darüber hinaus wird im Vortrag auf das Design von Fahrsimulatoruntersuchungen (Versuchsdesign) eingegangen und dies praxisnah dargestellt. Das Versuchsdesign teilt sich dabei in die vier Phasen: Versuchsaufbau Fahrsimulatoranlage, Probandenauswahl, „Simulator Sickness“-Test und Versuchsdurchführung im Simulator (Akzeptanz, Belastung und Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen) auf. Im Rahmen des Vortrages werden dabei die ersten Ergebnisse der Akzeptanzuntersuchungen in der Einstellungsphase kurz dargestellt und wie die Gestaltung und Entwicklung der Mensch-Maschine-Schnittstelle des Fahrerinformationssystems zur Organisation und Betriebsführung von Lkw-Konvois im Rahmen des Verbundprojektes KONVOI durchgeführt wurden.