



© dSpace

Vehicle-in-the-Loop-Simulation für das automatisierte Fahren

Eine virtuelle Welt für selbstfahrende Automobile

Für das automatisierte Fahren ist das Nachstellen von Fahrsituationen in der Realität äußerst aufwendig. Doch allein durch Software-Simulationen ist oft keine ausreichende Testabdeckung zu erreichen. Mit dem Vehicle-in-the-Loop-Verfahren lässt sich die Lücke zwischen simuliertem und realem Fahrversuch schließen.

Dr. Gregor Sievers, Caius Seiger und Jan Deppermann

Reale Fahrzeugtests sind nach wie vor ein wichtiger Bestandteil des Optimierungs- und Validierungsprozesses von Steuergerätefunktionen. Sie decken nicht nur das gesamte Fahrzeug und den Steuergeräteverbund ab, sondern beziehen auch den Fahrer und sein Fahrverhalten während dieser Tests mit ein. Für den Test von Funktionen für Fahrerassistenzsysteme

und das automatisierte Fahren (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS; Autonomous Driving, AD) werden diese Tests am realen Fahrzeug jedoch immer komplexer. Jede zu testende Fahrsituation umfasst nicht nur das Fahrzeug selbst, sondern auch die anspruchsvolle dynamische Fahrzeugumgebung. Das Nachstellen einer solchen Umgebung auf einer Teststrecke ist ei-

ne aufwendige und schwer zu koordinierende Aufgabe.

Um den Aufwand zu verringern, eine reale Verkehrssituation zu planen und den Ausgangszustand nach jedem Testlauf wiederherzustellen, kann stattdessen eine simulierte Umgebung für Fahrzeugtests zum Einsatz kommen (**Aufmacherbild**). Das reale Fahrzeug wird dazu mit einer virtuellen Umgebung

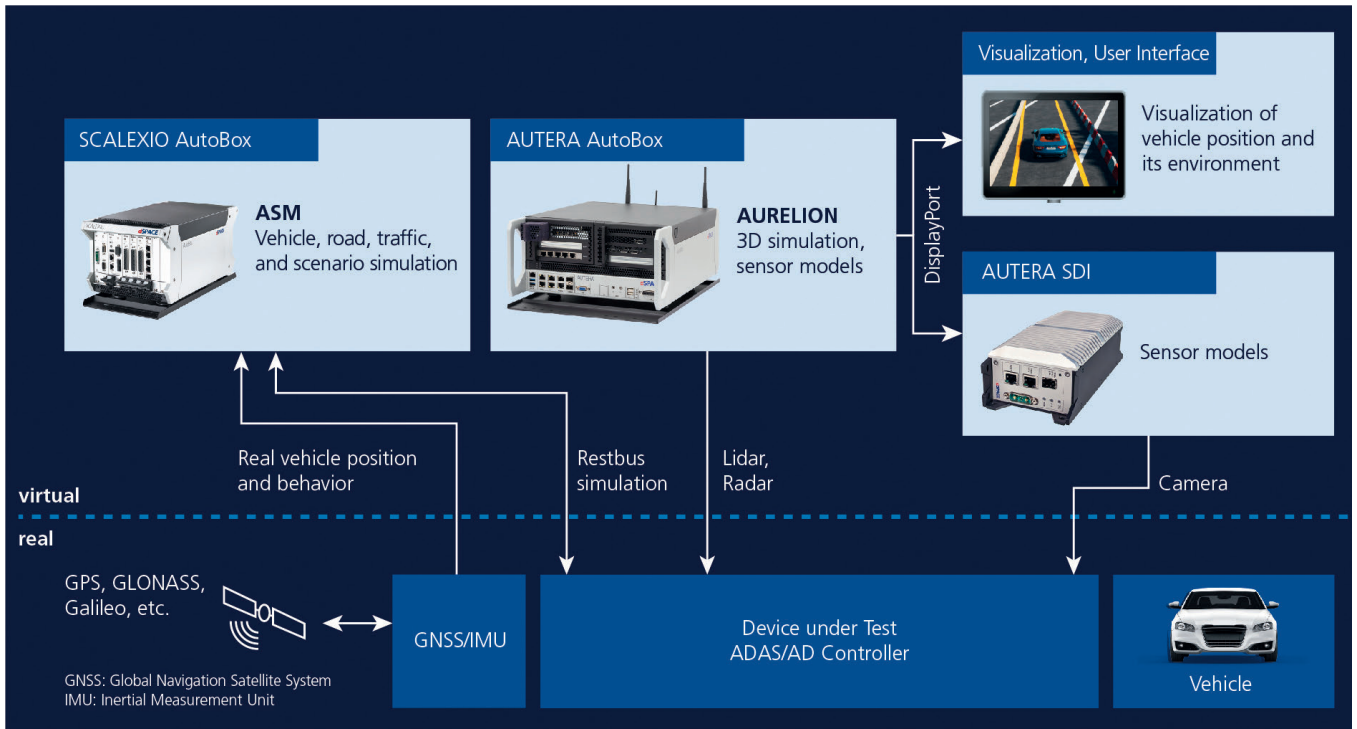


Bild 1: Komponenten eines typischen Vehicle-in-the-Loop-Systems © dSpace

synchronisiert, indem die realen Fahrzeugbewegungen zur Laufzeit mittels eines hochpräzisen Global-Navigation-Satellite-System-Sensors (GNSS) und integrierter Inertial Measurement Unit (IMU) gemessen und in den simulierten Fahrzeugklon eingespeist werden. Der Fahrzeugklon übernimmt so alle Bewegungen des realen Fahrzeugs und wird zusammen mit seiner virtuellen Umgebung auf einem Echtzeitsystem simuliert [1]. Am Fahrzeugklon angebrachte virtuelle Sensoren erfassen die virtuelle Umgebung. Deren simulierte Sensordaten werden dann an das reale Fahrzeug als „System under Test“ (SUT) gesendet. Damit kann das SUT im Closed-Loop-Betrieb auf die eingespeisten Sensordaten reagieren [2]. Dieser Ansatz, bei dem ein reales Fahrzeug gleichzeitig in der echten und simulierten Welt fährt, wird Vehicle-in-the-Loop (ViL) genannt.

Komponenten eines ViL-Systems

Das Vehicle-in-the-Loop-System besteht aus verschiedenen Hardware-Komponenten, auf denen die Fahrzeugumgebung simuliert wird (Bild 1). Die dSpace Scalexio AutoBox ist ein Echtzeitsystem, das speziell für den Einsatz im Fahrzeug konzipiert ist. Mit ihren konfigurierbaren I/O-Modulen fungiert

sie als Bus-Gateway zwischen den zu testenden ADAS- und AD-Steuergeräten und dem restlichen Busnetzwerk des Fahrzeugs. Zusätzlich wird ein Klon des Ego-Fahrzeugs mit seiner Umgebung auf dem Echtzeitprozessor des Systems simuliert. Diese Simulation wird ähnlich wie in einem Labor-Anwendungsfall (Hardware-in-the-Loop, HiL) als Quelle für eine Vielzahl von Sensorsimulationen und Restbus-Implementierungen verwendet. Als Schnittstellen für die Restbus- und Sensordaten stehen alle verbreiteten Automotive-Schnittstellen wie Automotive Ethernet, CAN, LIN und FlexRay bereit.

Hochauflösende Sensorrohdaten werden auf der GPU einer dSpace Autera AutoBox simuliert. Die simulierten Radar- und Lidardaten können dem Steuergerät, zum Beispiel über Bussysteme wie Automotive Ethernet und SOME/IP, bereitgestellt werden. Simulierte Kameradaten werden zunächst an das Autera SDI übertragen, das Kameras auf physikalischer Ebene vollständig ersetzt. Das Autera Sensor Data Interface (SDI) stellt alle verbreiteten Kameraschnittstellen wie MIPI, TI FPD-Link III und IV sowie Maxim GMSL bereit. Die Berechnung der Kamera-Sensormodelle ist zwischen Autera AutoBox und SDI aufgeteilt. Einzelne Sensoren können hierbei über eine Datenrate von bis zu

10 Gbit/s verfügen. An die Autera AutoBox ist ein Touchscreen angeschlossen, um das ViL-System überwachen, steuern und konfigurieren zu können. Dieses liefert dem Fahrer wichtige Rückmeldungen über das Fahrscenario und visualisiert die Umgebung.

Berechnung von Sensorrohdaten in Echtzeit

Zur Steuerung eines automatisierten Fahrzeugs muss die Steuereinheit ein detailgetreues dreidimensionales Abbild seiner Umgebung erzeugen, um darauf basierend einen sicheren Fahrweg planen zu können. Um Sensorrohdaten in einem Vehicle-in-the-Loop-Anwendungsfall bereitzustellen, lassen sich zwei wichtige Anforderungen ableiten: Zum einen besteht ein hoher Anspruch an die Qualität der Sensordaten, weil die Perzeptionsalgorithmen Hindernisse wie Fahrzeuge und Fußgänger korrekt erfassen müssen. Zum anderen müssen diese Daten in Echtzeit generiert und dem Steuergerät bereitgestellt werden, um die Funktionalität zu gewährleisten. Um beiden Ansprüchen zu genügen, ist ein grafikartenbeschleunigter Ansatz zur Generierung der Sensorrohdaten notwendig, wie er zum Beispiel von dSpace Aurelion bereitgestellt wird [3].

Vergleich zwischen einem realen und einem simulierten Test

Das Aufmacherbild zeigt ein Beispiel für ein ViL-Szenario mit niedriger Geschwindigkeit. Das ViL-Testfahrzeug (Ego) fährt auf einem leeren Parkdeck. Um dem Fahrer des Ego-Fahrzeugs eine Referenz zu geben, wird dieselbe Parkdeckstruktur vom Testsystem simuliert und dem Fahrer auf einem Monitor dargestellt. Für die Durchführung des Testfalls wird die simulierte Umgebung jedoch mit anderen Fahrzeugen und Verkehrsteilnehmern angereichert.

Während das Ego-Fahrzeug fährt, verlässt eines dieser simulierten Fahrzeuge seinen Parkplatz und fährt in den Weg des Testfahrzeugs ein. Das wird vom simulierten Frontradar erkannt und die Information an das reale ADAS-

AD-Steuergerät gesendet. Das Steuergerät leitet sofort einen Notbremseingriff ein, der das Fahrzeug zum Stehen bringt.

Schlussfolgerung

Die Vehicle-in-the-Loop-Simulation ist eine anspruchsvolle Möglichkeit, die Verarbeitung von Sensordaten für ADAS- und AD-Funktionen zu testen. Hierbei wird das Zusammenspiel aller Fahrzeugfunktionen und das Verhalten des Fahrers in einem Testfahrzeug abgesichert. Die realistische Simulation der Fahrzeugumgebung sowie der Fahrzeugsensorik ist eine kosteneffiziente Testmethodik zur Absicherung von Funktionen für das automatisierte Fahren. ■ (eck)

www.dspace.com

Quellenverzeichnis

- [1] C. Seiger, G. Sievers. Sensorrealistische Simulation in Echtzeit, HANSER Automotive 07/2020
 [2] Virtual Vision Test, dSPACE Magazin 1/2021
 [3] C. Seiger, P. Meyer, M. Epping. GPU accelerated ray-tracing for realistic sensor simulation, Driving Simulator Conference 09/2021



Jan Deppermann ist Application Engineer bei dSpace. © dSpace



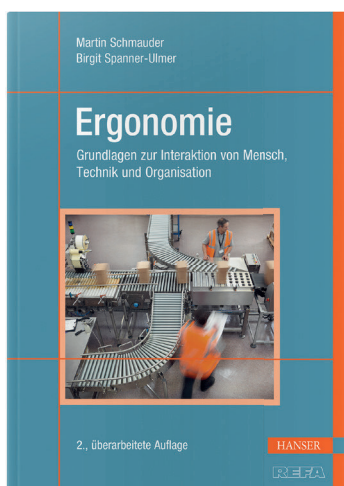
Caius Seiger ist operativer Produktmanager Sensor Simulation und Gruppenleiter bei dSpace. © dSpace



Dr. Gregor Sievers ist operativer Produktmanager ESI Unit und Gruppenleiter bei dSpace. © dSpace

HANSER

Fachwissen für Planung und Praxis



In diesem Lehrbuch wird aufgezeigt, wie man Arbeitssysteme wirtschaftlich und human gestaltet. Leser erhalten hier eine zeitgemäße Grundausbildung in Ergonomie.

Mit diesem Buch erlangen Sie Fachkenntnisse zum Wesen des Wasserstoffs und zur Wasserstofftechnologie sowie zu den betriebswirtschaftlichen Randbedingungen des Wasserstoffeinsatzes.



Schmauder, Spanner-Ulmer
Ergonomie

2. Auflage | € 49,99 | ISBN 978-3-446-47106-1

Schmidt
Wasserstofftechnik

2. Auflage | € 99,99 | ISBN 978-3-446-47228-0