

Sicherheitsfunktionen erlebbar testen



Bei der BMW AG wurden neue Entwicklungsmethoden gesucht, um den Anforderungen an Reproduzierbarkeit und Aussagegüte gleichermaßen gerecht zu werden. Dazu wurde die Methode Vehicle-in-the-Loop von IPG Automotive zur Entwicklung der Funktionen Spurwechselwarnung und Seitenkollisionswarnung im aktuellen BMW 7er und 5er implementiert.

SPURWECHSELWARNUNG UND SEITENKOLLISIONSWARNUNG

Die zwei Systeme Spurwechselwarnung und Seitenkollisionswarnung unterstützen den Fahrer bei der sicheren Durchführung eines Überholmanövers. Die Spurwechselwarnung erfasst dabei andere Verkehrsteilnehmer, die sich im Seiten- und Heckbereich des Fahrzeugs befinden oder annähern. Erkennt das System ein anderes Fahrzeug, wird der Fahrer über ein aufleuchtendes Warn-

symbol im Außenspiegel gewarnt. Zeigt der Fahrer trotz dieser Warnung durch Setzen des Fahrtrichtungsanzeigers eine Überholabsicht an, wird die Warnung verstärkt: Durch das nun blinkende Warnsymbol und eine Vibration des Lenkrads wird der Fahrer deutlich auf die drohende Seitenkollision hingewiesen. Wenn der Fahrer weiterhin die Warnungen ignoriert und durch eine Lenkbewegung in Richtung des zweiten Fahrzeugs eine gefährliche Annäherung entsteht, wird die Seitenkollisionswar-

nung aktiviert. Diese stellt ein für den Fahrer deutlich wahrnehmbares aber stets beherrschbares Lenkmoment in die Gegenrichtung. Auf diese Weise wird die gefährliche Situation entschärft, **BILD 1**.

EIN MAXIMUM AN SICHERHEIT

Da in gewissen Situationen beide Systeme funktional ineinandergreifen, wird ein Entwicklungsprozess benötigt, der in allen Verkehrssituationen den



© IPG, BMW

robusten Einsatz der Gesamtfunktion sicherstellt. Eine Vielzahl der relevanten Situationen können im klassischen Systemversuch nur mit hohem Aufwand dargestellt werden. Neben der Reproduzierbarkeit stellen auch die Sicherheitsvorkehrungen bei der Versuchsdurchführung eine Herausforderung dar. In der reinen Simulation hingegen sind die genaue Modellierung der Regelstrecke, nämlich des Versuchsfahrzeugs, und die zur Verfügung stehende Rechenleistung oftmals limitierende Faktoren.

Die Methode Vehicle-in-the-Loop setzt dabei auf die Kombination beider Welten. Das reale und fahrbereite Versuchsfahrzeug wird in eine virtuelle Verkehrssituation versetzt. Der Versuchsingenieur hat dadurch die Möglichkeit, ohne Kollisionsgefahr mit realen Verkehrsobjekten die Systeme im Zusammenspiel abzustimmen. Die Verkehrssituationen können per Knopfdruck präzise wiederholt oder bei Bedarf verändert werden. So können zum Beispiel Relativgeschwindigkeiten variiert und Abstände zu

AUTOREN



Dipl.-Ing. Michael Überbacher ist Mitarbeiter in der Versuchsmethodik, Virtualisierung und Simulation für automatisiertes Fahren und Fahrerassistenzsysteme bei der BMW AG in München.



Dipl.-Ing. Philip Wolze ist Mitarbeiter im Systemversuch und Applikation für automatisiertes Fahren und Fahrerassistenzsysteme bei der BMW AG in München.



Dipl.-Ing. Thomas Burtsche ist Leiter Versuchsmethodik, Virtualisierung und Simulation für automatisiertes Fahren und Fahrerassistenzsysteme bei der BMW AG in München.

Verkehrsobjekten verringert werden, ohne die Gefahr in der Versuchsdurchführung zu verändern, **BILD 2**.

VEHICLE-IN-THE-LOOP: FAHRZEUGENTWICKLUNG ERLEBEN

Das Herzstück der Methode bildet ein Versuchsfahrzeug auf einem freien Testgelände, das mit einem inertialen Navigationssystem (INS) ausgestattet ist. In der offenen Integrations- und Testplattform CarMaker, mit der das Fahrzeug verbunden wird, kann ein komplettes Verkehrsszenario erstellt und in das Fahrzeug eingespeist werden. Die Testszenerien sind individuell konfigurierbar (zum Beispiel mit Gegenverkehr, Straßenmarkierungen oder Beschilderungen). Beim Testen mit Vehicle-in-the-Loop werden über virtuelle Sensoren Umgebungsinformationen modelliert oder an das reale Steuergerät übertragen. Die virtuelle Umgebung kann dem Fahrer über diverse Anzeigetechniken dargestellt werden – beispielsweise über einen Monitor, per See-Through-Technik auf eine AR-Brille etc. Die Methode gewährleistet eine subjektive Bewertung bei gleichzeitig hoher Reproduzierbarkeit, was angesichts der üblichen sensorischen Streuung sehr hilfreich ist, speziell bei komplexen Szenarien.

VORTEILE DER INTEGRATION IN DIE TESTKETTE

Die Kombination aus konventionellem Fahrversuch mit simulierten Verkehrssituationen birgt in vielerlei Hinsicht Vorteile. Neben Sicherheit und Reproduzierbarkeit spielen auch Aspekte wie Aufwand, Kosten und Durchgängigkeit eine Rolle. Der Entfall von zusätzlichen Versuchsfahrzeugen und den dafür benötigten Versuchsfahrern ist als positiver Kosteneffekt für die Versuchsdurchführung zu nennen. Je nach zu untersuchendem Szenario entfällt die Sperrung von Versuchsstrecken zur exklusiven Nutzung. Für Testszenerien, in denen sich das Versuchsfahrzeug nicht oder nur sehr langsam bewegt, können sogar Parkplätze oder Verbindungswege zur Versuchsdurchführung genutzt werden. Die Abhängigkeit von anderen Nutzern eines Testgeländes nimmt dadurch stark ab.

Die Durchgängigkeit in der Testkette lässt sich über alle Instanzen hin steigern. Durch Vehicle-in-the-Loop wird es

ermöglicht, die bereits in der Simulation genutzten Testszenarien direkt in den Fahrversuch zu übernehmen. Somit können beispielsweise Manöverkataloge angelegt werden, die zu beliebigen Zeitpunkten in der Entwicklung zum Einsatz kommen. Die einzelnen Variationen von Testszenarien können bereits am Büroarbeitsplatz vorbereitet und mit kurzen Fahrzeugzugriffszeiten im Realversuch beurteilt werden.

ANFORDERUNGEN FÜR DEN TEST

Das Testen der genannten Funktionen hat eine Reihe von spezifischen Anforderungen an die Testumgebung zur Folge, die virtuell einfacher berücksichtigt werden können. Ein generelles Ziel bei der Funktionsentwicklung ist die Absicherung des Übergangsbereichs, im Fall der beschriebenen Funktionen also das Warnverhalten bei Objekten, die in der Spur versetzt fahren – insbesondere bei geringen Fahrzeugabständen. Dafür ist die Reproduzierbarkeit der Versuchssituationen notwendig, auch um Änderungen in der Software verlässlich absichern zu können. Um die Situationskomplexität bewältigen zu können, muss die Simulationsumgebung verschiedene Bedingungen erfüllen. So müssen beispielsweise die Positionen und Geschwindigkeiten der Objekte in den verschiedenen Spuren definiert oder diesen Parametern verschiedene Fahrmanöver wie Geschwindigkeitsänderungen oder Pendeln aufgeprägt werden können. Die vielfältigen Ereignisse müssen dabei durch unterschiedliche Triggermechanismen auslösbar sein, beispielsweise durch das Erreichen eines bestimmten Relativabstands zwischen Egofahrzeug und Verkehrsobjekt, oder durch das Erreichen einer bestimmten Zielgeschwindigkeit durch den Testfahrer. Um dem Testfahrer die Situation erlebbar und nachvollziehbar zu machen, muss nicht zuletzt das gesamte Szenario inklusive der virtuellen Objekte im Fahrzeug visualisiert werden. Dafür kommt das in CarMaker integrierte Visualisierungswerkzeug IPG-Movie zum Einsatz.

TECHNISCHE UMSETZUNG

Die Funktionen Seitenkollisionswarnung und Spurwechselwarnung bei BMW stützen sich auf die gesendeten Informationen der im Fahrzeug verbauten Radare und Kameras. Diese Sensoren

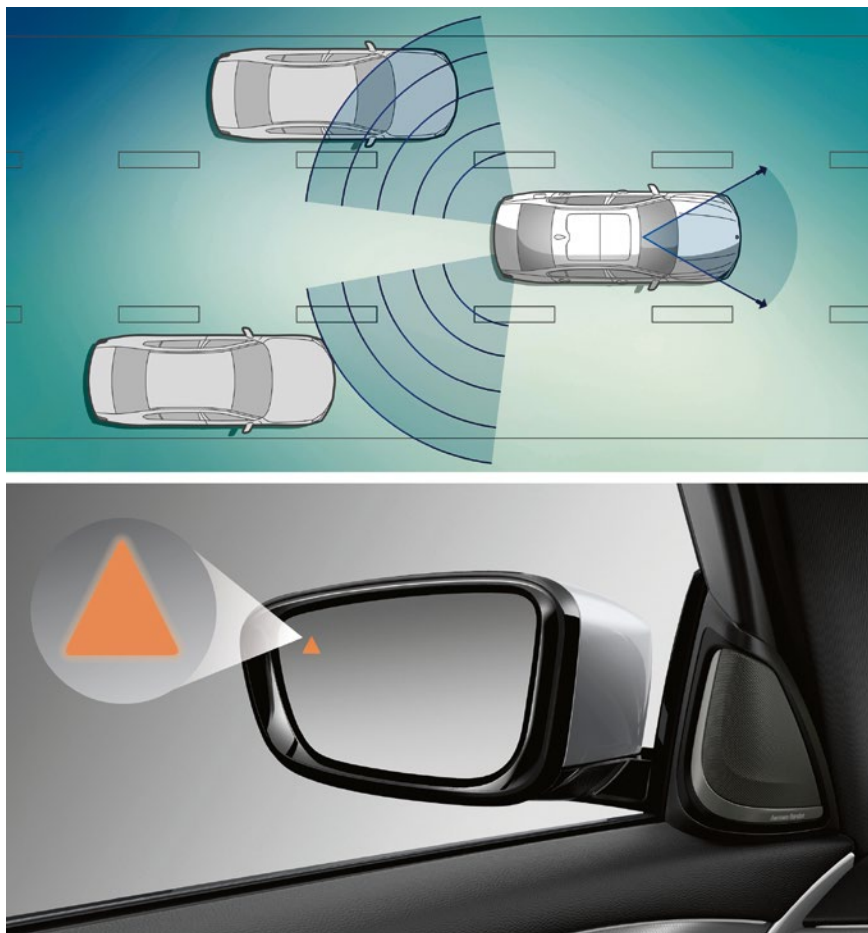


BILD 1 Spurberechnung: Fahrzeuge im toten Winkel (oben) werden dem Fahrer über ein Warnsymbol im Außenspiegel angezeigt (unten) (© BMW)

werden im Vehicle-in-the-Loop-Aufbau entweder auf Bus-Ebene komplett ersetzt, oder es werden Rohdaten über eine Debugging-Schnittstelle in den realen Sensor eingespeist, der diese selbst aufbereitet und auswertet.

Die Rohdatenberechnung findet dabei in Echtzeit auf Basis von virtuellen Sensoren direkt in CarMaker statt. Die errechneten Daten werden dann über Ethernet unter Verwendung von UDP in die realen Komponenten eingespeist. Alternativ können die Daten auch auf Bus-Ebene in das Fahrzeugbordnetz gespeist werden. Das bedeutet, dass die realen Steuergeräte deaktiviert und durch eine Restbussimulation ersetzt werden. Dabei werden alle Informationen, die von den Funktionen benötigt werden, dynamisch aus der Umfeldsimulation berechnet. Die Daten kommen dabei von den verschiedenen in CarMaker vorhandenen virtuellen Sensoren (zum Beispiel Line- oder Free-Space-Sensor)

und werden für die Restbussimulation aufbereitet. Von der zu testenden Funktion nicht benötigte Signale werden mit plausiblen Ersatzwerten befüllt.

Der eigentliche Prüfling ist das zentrale Fahrerassistenz-Steuergerät, das über Ethernet (Some/IP) und CAN mit den Sensorsteuergeräten verbunden ist. Die CarMaker-Simulation mit allen Sensorberechnungen läuft dabei auf einem Echtzeitrechner (RoadBox), der im Testfahrzeug verbaut ist und über einen separaten Host-PC, zum Beispiel ein Laptop, angesteuert werden kann. Zusätzlich wird an den Echtzeitrechner das INS sowie die benötigten Fahrzeugbusse angebunden, um die Fahrzeugposition, -bewegung, -orientierung sowie weitere Fahrzeuggrößen zu bestimmen und an die Simulation übergeben zu können. Das Egofahrzeug in der Simulation spiegelt dabei das vollständige Verhalten des Testfahrzeugs in der Realität wider, **BILD 3**.



BILD 2 Das Versuchsfahrzeug in einem sicheren Umfeld ohne fremde Objekte (oben) sowie eine Beispielszenarie (unten), die in das Versuchsfahrzeug eingespeist wird (© IPG, BMW)

Mithilfe dieses Vorgehens können beide Funktionen mit der Vehicle-in-the-Loop-Methode entwickelt und abgesichert werden und befinden sich im aktuellen BMW 7er und BMW 5er in Serie.

DAS SICHERE TESTEN DER ZUKUNFT

Die vorgestellte Methodik Vehicle-in-the-Loop bringt einige große Vorteile für Entwicklung und Test mit sich: Die Reproduzierbarkeit der Szenarien vereinfacht das Testen von komplexen Verkehrsszenarien und gestattet die Untersuchung des dezidierten Einflusses einzelner Parameteränderungen. Die Sicherheit der Versuchsdurchführung ermöglicht den einfachen Test sicherheitskritischer Fahrmanöver. Die einfache Übertragbarkeit von Szenarien und Testfällen von anderen Testinstanzen in das Fahrzeug erlaubt die einfache Überprüfung von Testergebnissen im Fahrzeug. Diese Vorteile der Methodik sind auch bei Entwicklung und Test von Funktionen des automatisierten Fahrens von Belang, weshalb BMW die Methodik für die eigenen Anwendungen weiter ausbauen und anwenden wird.

LITERATURHINWEIS

[1] Bock, T.: Vehicle in the Loop – Test- und Simulationsumgebung für Fahrerassistenzsysteme. Göttingen: Cuvillier-Verlag, 2008

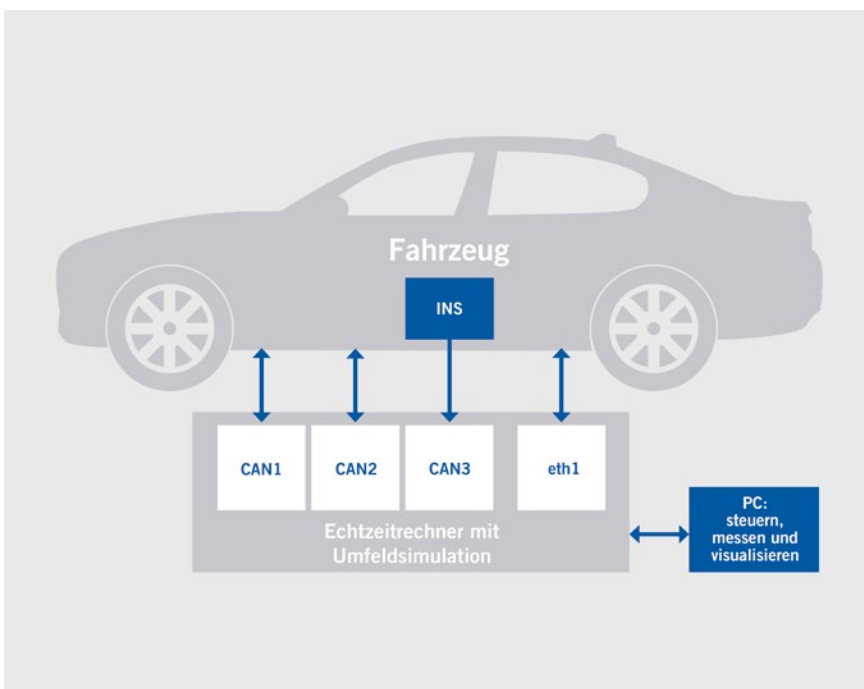


BILD 3 Schematische Darstellung des Aufbaus Vehicle-in-the-Loop (© IPG, BMW)

DANKE

Die Autoren bedanken sich für den technischen Support und die Umsetzung im Projekt bei Patrick Deisenhofer und Paul Tschirner von IPG Automotive.



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:
www.atz-worldwide.com