

Perfekte Nachbildung

Dieser Artikel gibt den Stand zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung wieder. Der Inhalt kann inzwischen veraltet sein.

09/09/2021 Hardware-in-the-Loop hilft dabei, Funktionen effizienter zu entwickeln und früher zu testen. Porsche Engineering nutzt HiL-Systeme an verschiedenen Standorten weltweit - auch um Fahrzeugfunktionen an die Anforderungen vor Ort anzupassen.

Zur Entwicklung eines neuen Automobils geho□ren ausgiebige Testfahrten von insgesamt mehreren Millionen Kilometern mit Prototypen in den verschiedenen Entwicklungsstufen. Nur so ko□nnen alle Systeme auf Herz und Nieren gepru□ft werden. Solche Erprobungen sind in der Praxis noch fester Bestandteil im Gesamtentwicklungsprozess, doch die Fortschritte bei den modernen Fahrassistenzsystemen erfordern andere Strategien.

Denn allein fu□r den Test einer teilautonomen Fahrfunktion mu□ssten Ingenieure diese u□ber mehrere Jahre hinweg auf der Straße erproben. Darum ru□cken Computersimulationen immer sta□rker in den Fokus. Auch bei Porsche Engineering: Dort nutzen die Experten in zahlreichen Projekten Hardware-in-the-Loop (HiL), eine Methode, die sich in Komponententests bewa□hrt hat und zunehmend auch fu□r

hochkomplexe Systeme Anwendung findet.

Hardware-in-the-Loop ist das Bindeglied zwischen Software und der Ziel-Hardware im Fahrzeug. Der HiL-Pru□fstand fungiert dabei als Nachbildung der realen Umgebung eines Steuergera□tes oder eines Steuergera□teverbundes. Die Elektronik des angeschlossenen Steuergera□tes wird mit elektrischen Steuersignalen versorgt, die Signale der Bus-Systeme von einer Restbussimulation. Dieser Zustand la□sst sich fu□r das Steuergera□t nicht vom Betrieb im Fahrzeug unterscheiden. Zu Testzwecken lassen sich so auch gezielt Fehlinformationen auf die Sensor-Schnittstellen und Datenbusse des Fahrzeugs geben, um beispielsweise die Auswirkungen einer defekten Kurbelwelle oder den kompletten Ausfall eines anderen Fahrzeugsystems zu simulieren und so die Diagnose des Steuergera□tes abzusichern.

Bibliothek mit Simulationsmodellen

Grundlage fu□r die HiL-Simulationen sind detaillierte mathematische Software-Modelle, die mit Matlab/Simulink erstellt werden und die physikalischen Prozesse im Fahrzeug nachbilden. Sie sind in Bibliotheken abgelegt, aus der die Modellierer passende Module entnehmen und diese – beispielsweise je nach Motorvariante oder Fahrwerkstyp – zu einem Gesamtsimulationsmodell zusammenstellen ko□nnen. In der Bibliothek finden sich unter anderem Modelle fu□r das Verhalten eines Ansaugsystems oder des Verbrennungsraums, aber auch komplexe Modelle verschiedener Fahrwerke mit oder ohne adaptiver Luftfederung, Wankstabilisierung und unterschiedlichsten Ra□dern.

Durch den Zugriff auf die Bibliotheken muss nicht jedes HiL-Simulationsmodell neu programmiert werden. Es reicht vielmehr, die vorhandenen Module zu konfigurieren und zu parametrieren. Allerdings ist die Nachbildung der physikalischen Prozesse im Fahrzeug sehr rechenintensiv und erfordert eine entsprechende Infrastruktur. „Wir haben mehrere sehr leistungsstarke Rechner in den HiL-Pru□fsta□nden verbaut und ko□nnen so heute problemlos einzelne Teilmodelle physikalisch korrekt in Echtzeit abbilden. Es gibt auch Modelle der gesamten Fahrzeugvernetzung, des Fahrers und der Umwelt. Aber in einigen komplexen Abla□ufen, wie dem gesamten Verbrennungskreislauf im Motor, muss man sich derzeit noch Abhilfe verschaffen“, berichtet Jo□rg Turowski, der als Fachprojektleiter bei Porsche Engineering fu□r die Antriebs-HiL-Systeme verantwortlich ist.

Deshalb nutzen die HiL-Experten neuronale Netze, die im Gegensatz zu den physikalischen Modellen deutlich weniger Rechenleistung erfordern. Sie werden unter anderem dafu□r genutzt, physikalische Modelle
zu vereinfachen. In einem Simulationsmodell eines Motors wird beispielsweise aus den Ansteuersignalen des Motorsteuergera□tes der Ablauf des Verbrennungsprozesses berechnet. Als Ausgabegro□ßen liefert die Simulation Werte wie die erzeugten Momente und Sensorsignale, die wieder zuru□ck ins Motorsteuergera□t eingespeist werden. Durch den Einsatz eines neuronalen Netzes mu□ssen diese Ausgangswerte nicht mithilfe einer physikalisch korrekten Formel berechnet werden, stattdessen liefert sie das neuronale Netz in Echtzeit. Dafu□r muss es aber zuvor mit den Daten eines realen prototypischen Motors oder eines nicht echtzeitfa□higen physikalischen Modells angelernt

werden. Porsche Engineering setzt neuronale Netze seit Jahren sehr erfolgreich in den Simulationsmodellen ein.

Messung und Regelung

Sensoren liefern den Input fu×r das elektronische Steuergera×t, das diese gemessenen Ist-Werte mit Soll-Werten vergleicht. Weichen die Ist-Werte von den Soll-Werten ab, veranlasst das Steuergera×t u×ber Aktoren entsprechende Korrekturen.

Die Mo×glichkeiten zur Validierung von Software sind durch HiL-Pru×fsta×nde nahezu unbegrenzt. „Mit Hardware-in-the-Loop lassen sich selbst Testfa×lle analysieren, die nur sehr schwer auf der Straße oder im Feldtest untersucht werden ko×nnen", erkla×rt Heiko Junker, Leiter Fachdisziplin Elektronik Antriebsstrang bei Porsche Engineering. Das gilt insbesondere fu×r die Untersuchung von Extremsituationen.

„Mit einigen dieser Tests wa×re im Fahrzeug ein hohes Risiko fu×r Per- sonen- und Sachscha×den verbunden", erga×nzt Turowski. „Mit Hardware-in-the-Loop lassen sie sich hingegen beliebig oft und exakt wiederholen." Als Beispiele nennt er Tests bei hohen Geschwindigkeiten, das bewusste U×berschreiten von Grenzwerten und die Pru×fung von Softwarereaktionen auf Signale, die nur bei einem Unfall ausgelo×st werden. „Das ist wichtig, um beispielsweise Schutzfunktionen abzusichern", so Turowski.

Beim Einsatz von Hardware-in-the-Loop profitiert Porsche Engineering von seinen langja×hrigen Erfahrungen auf dem Gebiet der Simulation. Hinzu kommt, dass im kompletten Absicherungs- und Integrationsprozess die identischen Simulationsmodelle verwendet werden. „So ko×nnen wir viele Synergien nutzen", sagt Junker. „Dabei helfen uns auch vollautomatisierte Prozesse, vom Lastenheft bis zum Testergebnis.

Wir setzen dafu×r Testspezifikationsgeneratoren und Testfallgeneratoren ein." Kunden profitieren von einer Dienstleistung aus einer Hand: Porsche Engineering bietet ihnen ein komplettes Paket an – vom Konzept u×ber den Aufbau und die Inbetriebnahme bis zur Restbussimulation und physikalischen Modellbildung. Hinzu kommt die detaillierte Analyse der Testergebnisse, inklusive Empfehlungen zu mo×glichen Abhilfema×nahmen.

Interkontinentale Kooperation

In den HiL-Projekten arbeiten mehrere Standorte von Porsche Engineering eng zusammen. Diese interkontinentale Kooperation auf Basis der gleichen Prozesse, Techniken und Methoden bietet Junker und Turowski die Mo×glichkeit, Aufgaben nach Verfu×gbarkeit von Ressourcen, Know-how und mit Ru×cksicht auf die Besonderheiten der Ma×rkte weltweit zu verteilen.

Wa✖hrend zum Beispiel der Standort in Mo✖nsheim die Hardware-in-the-Loop-Pru✖fsta✖nde vor Ort fu✖r Bauteil- und Funktionsentwickler bereitstellt und die Konzepte fu✖r zuku✖nftige HiL-Systeme entwickelt, werden in Prag die Tools fu✖r die automatisierte Testfallimplementierung und -auswertung kontinuierlich optimiert sowie eigene HiL-Systeme fu✖r die Testfalldurchfu✖hrung betreut. In Shanghai wiederum ist man auf die Erstellung von physikalischen Simulationsmodellen und das Einbinden und Anlernen der neuronalen Netze spezialisiert.

„Außerdem ko✖nnen wir den Zeitunterschied zwischen Deutschland und China nutzen", berichtet Junker. „Wenn wir hier bei HiL-Tests einen Fehler im Simulationsmodell finden, kann er in Shanghai u✖ber Nacht analysiert werden." Dort sowie an den anderen internationalen Standorten Cluj, Prag und Ostrava unterha✖lt Porsche Engineering Laborfla✖chen mit insgesamt mehr als 60 HiL-Pru✖fsta✖nden. Hinzu kommen weitere rund 40 Pru✖fsta✖nde in Deutschland, sodass sich der stetig steigende Testbedarf abdecken la✖sst. In Zukunft wird der Einsatz von Hardware-in-the-Loop-Technologie weiter zunehmen, denn der Trend zu immer weniger realen Prototypen wird sich weiter fortsetzen. „Darum bauen wir unsere HiL-Kapazita✖ten kontinuierlich aus", so Junker.

Die fu✖r hochkomplexe Simulationsmodelle no✖tige Rechenleistung steht bereit, denn sie la✖sst sich durch die Verlagerung von Modellteilen in die Cloud fast beliebig steigern. „Zudem sind die Steuergera✖te an den Pru✖fsta✖nden bereits heute mit dem Backend verbun- den", sagt Turowski. „So lassen sich auch Cloud-Funk- tionen fru✖hzeitig absichern." Selbst der vo✖llige Ersatz von Prototypen erscheint mo✖glich: „Wir arbeiten daran, mehrere Komponenten-HiL-Systeme in der Cloud zu einem virtuellen Gesamtfahrzeug zusammenzuschalten", so Junker.

Info

Text: Andreas Burkert

Text erstmals erschienen im Porsche Engineering Magazin, Ausgabe 2/2021.

Verbrauchsdaten

911 Targa 4S (Vorgängermodell)

*Weitere Informationen zum offiziellen Kraftstoffverbrauch und den offiziellen spezifischen CO_2-Emissionen neuer Personenkraftwagen können dem „Leitfaden über den Kraftstoffverbrauch, die CO_2-Emissionen und den Stromverbrauch neuer Personenkraftwagen" entnommen werden, der an allen Verkaufsstellen und bei DAT (Deutsche Automobil Treuhand GmbH, Helmuth-Hirth-Str. 1, 73760 Ostfildern-Scharnhausen, www.dat.de) unentgeltlich erhältlich ist.

Bildunterschriften

Pfad: Perfekte Nachbildung/Bilder/Bild_2.jpg
Titel: Kompetenz: Porsche Engineering profitiert beim Einsatz von HiL von seiner langjährigen Erfahrung mit Simulationen, 2021, Porsche AG
Bildunterschrift: Expertise: Beim Einsatz von HiL profitiert Porsche Engineering von seinen langjährigen Erfahrungen mit Simulationen.

Linksammlung

Link zu diesem Artikel
https://newsroom.porsche.com/de/2021/innovation/porsche-perfekte-nachbildung-hardware-in-the-loop-25660.html

Media Package
https://pmdb.porsche.de/newsroomzips/55df4d5a-6712-4566-ba8b-6f507c54026b.zip

Externe Links
https://christophorus.porsche.com/en.html

Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft
Porscheplatz 1
70435 Stuttgart