



Virtuelles Testen von Perzeptionssystemen

Martin Herrmann, Dr. Andreas Höfer, IPG Automotive GmbH

Wir haben mit Martin Herrmann (Business Development Manager ADAS and Automated Driving) und Dr. Andreas Höfer (Team Lead Product Management Simulation Software) darüber gesprochen, wie CarMaker 10 die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen und autonomen Fahrfunktionen mithilfe des Radar RSI Sensormodells sowie der neuen Visualisierung MovieNX unterstützen kann.

Welche Rolle spielt die Umfeld-erfassung für autonome Fahrfunktionen?

Herrmann: Autonome Fahrfunktionen sind zwingend auf eine zuverlässige Perception angewiesen. Allein mit dem realen Fahrversuch lassen sich die Entwicklung und der Test dieser Systeme nur schwer umsetzen, vor allem da kritische und schwierige Situationen für die Umfelderkennung normalerweise nur sehr selten in der Realität zu finden sind. Aufgrund der beinahe unbegrenzten Menge von möglichen Szenarien ist das Testen und Absichern im virtuellen Fahrversuch extrem wichtig.

Im Bereich ADAS/AV ist die Umgebungserfassung dabei eine der größten Herausforderungen. Beispielsweise

dürfen unvorhergesehenes Verhalten von anderen Verkehrsteilnehmern oder schwierige Umweltbedingungen die Funktion der Systeme nicht negativ beeinflussen.

Welche Schwierigkeiten können bei der Entwicklung autonomer Fahrfunktionen auftreten?

Herrmann: In der Realität, etwa auf dem Prüfgelände, ist der Test dieser Funktionen aus verschiedenen Gründen schwierig. Der Verkehr in der echten Welt ist nur sehr schwer und unter großem Materialeinsatz auf dem Prüfgelände darstellbar. Für die Perception ist außerdem die Infrastruktur, also auch Gebäude und Fahrbahnbegrenzungen, sehr wichtig – meist muss man hier mit dem existierenden Aufbau auf

dem Gelände leben. Auch die unterschiedlichen Tageszeiten und Wetterverhältnisse können nicht beliebig abgebildet werden. Darüber hinaus sind manche für die Absicherung benötigten Verkehrssituationen gefährlich für Mensch und Material. Außerdem können bereits aufgenommene Sensordaten nicht mehr ohne Einschränkungen wiederverwendet werden, sobald die Sensortechnologie verändert wird beziehungsweise die Sensoren am Fahrzeug neu angeordnet werden.

Das simulative Testen der Perception wird deshalb immer wichtiger und ist mittlerweile ein unverzichtbarer Baustein für die Absicherung autonomer Fahrfunktionen. CarMaker eignet sich sehr gut für die Simulation autonomer Fahrfunktionen und kann

im gesamten Entwicklungsprozess eingesetzt werden. Dabei sprechen wir von sehr großen möglichen Testumfängen im Bereich MIL/SIL sowie einer Durchgängigkeit bis hin zu HIL/VIL.

Die Anwender können mithilfe der Simulation mit verschiedenen Sensor-konfigurationen experimentieren oder Sensorkonzepte testen, die noch gar nicht als realer Prototyp verfügbar sind. Auch der Kostenaspekt ist durchaus beachtenswert – man kann mit der Simulation sehr viel konzeptuelle Vorarbeit leisten, bevor reale Sensoren benötigt werden.

CarMaker bietet dafür verschiedene Sensormodellklassen an. Können Sie diese näher erläutern?

Höfer: Insgesamt gibt es drei verschiedene Sensormodellklassen. Die sogenannten idealen Sensormodelle geben alle relevanten detektierten Objekte aus, ohne technologiespezifische Effekte zu berücksichtigen, die zu typischen fehlerhaften Informationen führen. Diese Modellklasse wird für Tests der Fahrfunktion auf Basis idealer Umweltinformationen, also ohne den Perzeptionsanteil, genutzt. Oder auch als Referenz bei der Bewertung der Objekterkennung oder Sensorfusion.

Die zweite Modellklasse, die HiFi-Sensormodelle, gibt ebenfalls eine Objektliste aus, reichert die Informationen aber durch technologiespezifische, physikalische Effekte und stochastische Fehlermodelle an. Sie wird für den allgemeinen Test der Assistenz- oder Fahrfunktion verwendet.

Die dritte Modellklasse besteht aus den Raw Signal Interfaces (RSI), also Rohsignalschnittstellen. Diese stellen realistische Eingangsdaten für Perzeptionsalgorithmen des Sensors bereit, dazu gehören zum Beispiel Bilddaten für die Kamera oder Punktwolken für den Lidar. Für die entsprechende Generierung der Rohsignale werden in dieser Klasse detaillierte physikalische Effekte bei der Signalausbreitung und der Interaktion mit anderen Objekten berücksichtigt.

Das Verhalten der Sensormodelle und der Funktionen, die auf deren Informationen aufbauen, kann in allen denkbaren Verkehrssituationen auf beliebigen Straßenabschnitten und unter diversen Umweltverhältnissen reproduzierbar untersucht werden. In CarMaker sind alle relevanten Sensortechnologien, also Radar, Lidar, Kamera und Ultraschall, verfügbar. Man muss dabei hervorheben, dass alle Sensormodelle sehr performant und echtzeitfähig sind.

Welche Auswirkung hat die Verwendung von RSIs auf die Szenariendefinition?

Herrmann: Je nach Detailgrad der Sensorsimulation sind unterschiedliche Abstraktionsgrade für die geometrische Modellierung der Umgebung geeignet. Die einfacheren Sensormodellklassen benötigen keine besonders detaillierte Umgebung, da sie geometrische Effekte abstrahiert abbilden.

Im Falle des RSI ist es aber so, dass die 3D-Umgebung entsprechend detailliert sein muss. Für die präzise Sensorsimulation werden hier Raytracing- und Rasterisierungsverfahren angewendet. Für diese Verfahren ist eine entsprechend detaillierte Umgebung die Grundvoraussetzung für realistisches Sensormodellverhalten. Im Grunde ist der Aufbau, beziehungsweise der Detailgrad der 3D-Umgebung, hier genauso relevant wie das Sensormodell an sich. Auch die sensorspezifischen Materialeigenschaften der gesamten Umgebung, inklusive aller Verkehrsteilnehmer, sind bei der Verwendung eines RSI grundlegend wichtig. Daraus berechnet sich unter anderem, wie stark ein Lidar-Strahl reflektiert wird.

Beim Aufbau der 3D-Umgebung muss man allerdings kein Modellierungsexperte sein: Die Objektdatenbank in CarMaker enthält sehr viele Modelle von Fahrzeugen über Gebäude bis hin zu Vegetation, und alle Modelle sind mit entsprechenden Materialeigenschaften ausgestattet. Sie können also sehr einfach in den Szenarien platziert werden.

Welche Auswirkung hat die Verwendung von RSIs auf die benötigte Hardware?

Herrmann: Die Verwendung stellt hohe Anforderungen an die Rechenleistung, insbesondere an den Grafikprozessor (Graphics Processing Unit, GPU). Wie bereits erwähnt muss die simulierte Umgebung detailliert modelliert sein. Nehmen wir mal an, dass ein vollständiges autonomes Fahrzeug simuliert werden soll, das mit 20 oder mehr detaillierten Sensormodellen ausgestattet ist, die ein rechenaufwändiges Raytracing-Verfahren nutzen. Hier kann nur durch die Verwendung mehrerer GPUs und die Verteilung der Rechenlast eine hohe Geschwindigkeit bzw. die Echtzeitfähigkeit gewährleistet werden.

Für einen hohen Testdurchsatz reicht die Beschleunigung des einzelnen virtuellen Fahrversuchs allerdings nicht aus. In diesem Fall kann eine Parallelisierung auf Fahrversuchsebene genutzt werden, die eine nahezu lineare Skalierung ermöglicht. Der Anwender kann sowohl auf einem Rechner mit mehreren CPU- oder GPU-Kernen Tests parallel durchführen als auch innerhalb eines Netzwerks mehrere Rechner gleichzeitig einsetzen oder sogar ganze Rechencluster – lokal oder in der Cloud – verwenden.

Gab es schon entsprechende Aktivitäten, um Sensormodelle zu validieren?

Höfer: Ja, in der Tat. Es gab eine Kooperation mit Magna Electronics, mit der wir das Ziel verfolgt haben, unser Raytracing-basiertes Sensormodell Radar RSI mithilfe von Messungen eines realen Radarsensors zu validieren – und zwar bezüglich aller relevanten Effekte, die ein realer Radarsensor aufweist.

Es sollte veranschaulicht werden, dass das Modell dazu geeignet ist, einen realen Sensor realitätsgetreu abzubilden. Schlussendlich waren wir in der Lage, das Modell zu validieren und einen sehr hohen Reifegrad zu erlangen. Projekte dieser Art sind sehr spannend, daher wird uns dieses Thema sicher noch eine Weile begleiten.



Darstellung der Punktwolke des Lidar RSI

Mit dem Wissen über die Validität von Modellen lassen sich Entwicklungsprozesse auf Basis einer simulationsgestützten Absicherung und Homologation von Systemen entwerfen. Für Fahrdynamikfunktionen wie ein ESP ist ein solches Vorgehen unter der Nutzung von CarMaker ja schon gängige Praxis.

Welche Neuerungen gibt es in diesem Bereich in CarMaker 10?

Höfer: Die sichtbarste Neuerung ist MovieNX. Dies ist der Nachfolger des bekannten IPGMovie und bietet ein völlig neues Niveau der Visualisierungsqualität. Trotz dieser Qualität wird aber auch in komplexen Szenen eine sehr hohe Performanz erreicht. Für die zunehmend simulationsbasierte Entwicklung kamerabasierter Funktionen ist das besonders wichtig. Bei der Entwicklung von MovieNX arbeiten wir sehr eng mit unseren Partnern von UNIGINE zusammen.

Darüber hinaus investieren wir auch weiterhin in all unsere Sensorsimulationstechnologien. Beim Lidar RSI haben wir die Interaktion des Laserstrahls mit der Umgebung weiterentwickelt. Die Abbildung verschiedener Materialtypen und deren Einfluss auf die Reflexionen sind näher an der Realität als je zuvor.

Auch beim Ultraschall RSI haben wir das Interaktionsmodell erweitert, das nun zusätzliche Interaktionspunkte der simulierten Schallwelle mit der Umgebung berücksichtigt und eine noch realistischere Simulation des resultierenden Schalldrucks ermöglicht.

Gibt es auch Neuigkeiten bei der Szenarienmodellierung?

Höfer: Ja, tatsächlich haben wir auch hier einige Highlights. Das Straßenmodell wurde um die Möglichkeit zur Abbildung detaillierter Verkehrsinseln und Bürgersteige erweitert. Zusammen mit einer Überarbeitung des Kreuzungsmodells,

das die Modellierung sehr komplexer Kreuzungen aus der echten Welt vereinfacht, bietet dies völlig neue Möglichkeiten, beispielsweise für sehr realistische Innenstädte.

Außerdem wurde die Verkehrssimulation auf Autobahnen und ähnlichen Straßen um die Möglichkeit automatischer Überholmanöver erweitert, womit der Modellierungsaufwand für Autobahn-szenarien gesenkt wird.

Auch unser Fahrermodell IPGDriver hat einige Funktionserweiterungen und neue Manöroptionen bekommen. Diese zielen unter anderem auch auf die erweiterte Kompatibilität zum ASAM-Standard OpenSCENARIO. Das ist ein Thema, an dem wir derzeit intensiv arbeiten.

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für dieses aufschlussreiche Gespräch genommen haben.