



Autonome Fahrt der Tandemwalze BW 154 durch den Autonomie-rechner, während Sensoren die Umwelt sowie das Maschinen-nahfeld überwachen.

Technische Universität Kaiserslautern

Auf dem Weg zur autonomen Straßenfertigung

Kooperation und Kommunikation von vollauto-matisierten Nutzfahrzeugen in der Baustelle von morgen am Beispiel von BOMAG Tandemwalzen.

Ein Zwischenbericht des 5G-AMMCOA Projekts für hochzuverlässige und echtzeitfähige Vernetzung von Land- und Baumaschinen.

Der Betrieb von Bau- und Landmaschinen unterliegt besonders hohen Anforderungen bezüglich Effizienz, Präzision und Sicherheit, um die komplexen und vielseitigen Aufgabengebiete erfolgreich zu bewältigen. Automatisiertes und perspektivisch autonomes

Arbeiten sind hierbei wichtige Konzepte, deren Umsetzung für die Zukunftsfähigkeit einschlägiger Produkte sowie Organisationen entscheidend wird. Hierbei differenziert sich das Anwendungsfeld der Bau- und Landmaschinen in verschiedenerlei

Hinsicht von dem Einsatzgebiet des autonomen und vernetzten Fahrens innerhalb eines digitalisierten Straßenverkehrs. Dabei sind als Besonderheiten und Herausforderungen unter anderem die Nicht-verfügbarkeit digitalisierter Karten oder genauer Lokalisierung in störungsbehafteten, sich stetig wandelnden Arbeitsumfeldern anzuführen. Insofern ist die Erhebung derartiger Informationen essentiell für einen erfolgreichen Betrieb von automatisierten Maschinen in deren Einsatzgebieten. Eine sehr hohe Bedeutung ist außerdem dem koordinierten Einsatz von Fahrzeugflotten beizumessen.

Viele Hürden, ein Lösungsansatz.

Hieraus entsteht eine Notwendigkeit, autonome Flottenverbände zu koordinieren und somit auch bei einer unzureichenden Funknetzabdeckung durch Netzwerkbetreiber eine bisher nicht vorhandene lokale Kommunikationsinfrastruktur zur Verfügung zu stellen. Diese sollte zum einen möglichst autark agieren, zum anderen aber auch in Weitverkehrsnetzen eingebunden werden können.

Das BMBF-geförderte Projekt Autonomous Mobile Machine Communication for Off-Road Applications (5G-AMMCOA) erforscht Lösungen für die genannten Problemstellungen mit Fokus auf lokalen, infrastrukturlosen, 5G-basierten Kommunikationstechniken. Neben diesen werden entsprechende Kooperations- und Kommunikationskonzepte für autonome Nutzfahrzeuge entwickelt, die in komplexen, unstrukturierten Umgebungen solch hohe Kommunikationsbandbreiten nutzen können, um effizienter und sicherer zu agieren.

Forschungspartner, wie BOMAG GmbH, Core Network Dynamics, Fraunhofer HHI, Infineon Technologies AG, John Deere, Robot Makers GmbH sowie TU Kaiserslautern mit den Lehrstühlen Funkkommunikation und Navigation (WiCoN) sowie Robotersysteme (RRLab) befassen sich unter anderem mit der Entwicklung kostengünstiger neuer Funkhardware, die Fahrzeuge breitbandig verknüpft, um Vorteile von hochgradig verbundenen Arbeitsprozessen zwischen mobilen Maschinen auszuschöpfen, aber

auch mit der autonomen Steuerung von vernetzten Fahrzeugflotten.

Ein konkreter Anwendungsfall von 5G-AMMCOA ist der koordinierte Einsatz von Baumaschinen in der Straßenfertigung.

Hier stellt die Kommunikation sowie Kooperation unterschiedlicher Baumaschinen wie Straßenfertiger, Beschicker, Walzen und Lkw aufgrund strengster zeitlicher Beschränkungen in der Anwendung eine große Herausforderung dar. Beispielsweise bestehen enge Fristen bezogen auf das Einbauen von Asphalt und dessen Verdichtung. Somit ist die gesamte Baustellenlogistik darauf ausgerichtet, den Straßenfertiger mit einem kontinuierlichen Massenstrom zu versorgen.

Ziel des Projekts

Eine Zielsetzung ist es, dass Straßenwalzen, basierend auf der Bewegung des Fertigers, autonom den Asphalt bearbeiten. Hierbei herrschen unterschiedlichste Anforderungen an die Kommunikationsqualität der Teilnehmer, was einen direkten Einfluss auf die Steuerung ausübt. Zum Beispiel sendet der Fertiger mit mittlerer Bandbreite Daten über die eingebaute Asphaltfläche an die Straßenwalzen, welche sich wiederum eng koordinieren und hohe Bandbreiten mit

Die Testplattformen des 5G-AMMCOA Projekts BW 154 (links) und BW 174 (rechts) bei ersten Ansteuerungsexperimenten.



niedriger Latenz benötigen, um Sensordaten auszutauschen. Während des Bauprozesses verlassen und betreten einzelne Maschinen den Verbund, diese kommunizieren auf Langstrecke mit niedriger Bandbreite und hoher Latenz.

Die Testplattformen von 5G-AMMCOA sind zwei schemelgelenkte BOMAG Tandemwalzen der Typen BW 154 AP-4 AM und BW 174 AP-4 AM. Jede Walze verfügt über ein Kantenandrück- und Schneidgerät sowie einen Splittstreuer. Zusätzlich ist die Bandagenvibration steuerbar sowie die Steifigkeits- und weitere Asphaltparameter messbar. Die vollständige Ansteuerung der Maschinen erfolgt über eine CAN-Bus Schnittstelle durch einen separaten Autonomierechner. Jede Walze verfügt dabei über Umweltsensorik, wie Laserscanner und Stereokameras, um neben dem autonomen Wirken im Verbund auch einen zuverlässigen Alleinbetrieb zu gewährleisten. Dies ist aus Gründen der Sicherheit und Verfügbarkeit zwingend erforderlich. Zum einen besteht das Risiko eines unvorhergesehenen

Eindringens von Hindernissen oder Personen in den Wirkungsbereich der Maschinen. Zum anderen soll auch bei Sensor- oder Kommunikationsstörungen ein Ausfall des gesamten Verbundes verhindert werden.

Es folgt die Automatisierung der Maschinen einem mehrstufigen Vorgehen.

Im ersten Schritt die Evaluierung des Szenarios, potentieller Sensorsichtfelder und damit verbundener Risiken in einer Simulationsumgebung stattfindet, bevor im nachfolgenden Schritt die realen Plattformen auf den autonomen Betrieb vorbereitet werden.

Zur Überprüfung und Messung der Anwendbarkeit erfolgt eine erste experimentelle Ausführung anhand von virtuellen Tests. Gerade in Straßenbauszenarien birgt diese Vorgehensweise aufgrund der Sperrigkeit und Schwere der Maschinen sowie der hohen Anzahl an Fahrzeugen enorme Vorteile. So ermöglichen derartige Tests eine frühzeitige, schnelle und kosteneffiziente Problemidentifikation, da keine komplexen Versuchsaufbauten notwendig sind. Weiterhin sind alle Simulationsparameter kontrollierbar, was die Option einer kontrollierbaren und reproduzierbaren Evaluation bietet.

Kontakt

BOMAG GmbH
Hellerwald
56154 Boppard
www.bomag.de

Ansprechpartner:
Dr. Peter Decker
Tel.: +49 6742 100-418
peter.decker@bomag.com

.....
Simulation des Straßenfertigungsbetriebs auf der rekonstruierten Bundesstraße B10 unter Berücksichtigung von Störeinflüssen wie Baustellenverkehr sowie herumlaufenden Arbeitskräften.



Im konkreten Anwendungsfall wurde zur Schaffung einer realistischen Testumgebung die Bundesstraße B10 nahe Pirmasens auf dem Teilabschnitt Waldfriedhof bis Münchweiler vollständig rekonstruiert. Der Einsatz moderner Visualisierungs- und Physikengines, wie der hier verwendeten Unreal Engine, ermöglichen nahezu fotorealistisches Rendern und performante Darstellung von großen, komplexen Szenarien. Somit können Sensordaten, wie etwa Kameradaten realistisch und qualitativ gleich zu realen Bildern simuliert werden. Beispielsweise wurden Störgrößen wie Staub, Licht- und Schattenfall, welche sich stark auf die Qualität der Datenauswertung auswirken, simuliert.

Mithilfe von aufgezeichneten Daten realer Fertigungsprozesse auf der B10 konnten durchgeführte Walzfahrten virtuell in dem simulierten Straßenabschnitt wiedergegeben und die Sensorik somit unter nahezu realen Konditionen getestet werden. Neben der detailgetreuen Modellierung der Umwelt, Maschinen und Sensorik wurden ebenso Baustellenverkehr und Baustellenarbeitende simuliert, um deren Einfluss auf die Steuerung und potentielle Risikofelder zu untersuchen. Die Evaluationsergebnisse wurden für die simulierte sowie die reale Sensorpositionierung

an den Maschinen berücksichtigt. Weiterhin ermöglicht das Wiederspielen von realen Trajektorien in der Simulation ein tieferes Verständnis davon, wie die Maschinen in realen Umfeldern eingesetzt werden und bietet damit die Chance, Steuerungskonzepte anhand dessen abzustimmen.

Basierend auf den Simulationsresultaten wurde die Sensorik der beiden Tandemwalzen adaptiert und die Umwelterfassung in ersten realen Tests validiert.

Hierbei überwachen Laserscanner tote Winkel, während Stereokameras Abstandsbilder der Front- und Heckbereiche um das Fahrzeug generieren. Diese werden in der lokalen Navigation und Kollisionsvermeidung berücksichtigt. Ergänzend sind beide Walzen mit einem GPS sowie einer Inertialeinheit zur präzisen Lokalisation ausgestattet. In darauffolgenden Tests wurden semiautonome Joystickfahrten, in denen der Fahrer durch die Kollisionsvermeidung der Steuerung unterstützt wurde, Trajektorienverfolgung sowie Punktfahrten erfolgreich durchgeführt.

Der simulierte Straßenfertiger und der Beschicker tragen eine Asphaltfläche auf, die von den Tandemwalzen verdichtet wird.

Kontakt

TU Kaiserslautern
 Lehrstuhl für
 Robotersysteme
 Gottlieb-Daimler-Str. 48
 67663 Kaiserslautern
agrosy.cs.uni-kl.de

Ansprechpartner:
 Prof. Dr. Karsten Berns
 Tel.: +49 631 205-2613
 Fax.: +49 631 205-2640
berns@cs.uni-kl.de

Patrick Wolf
 Tel.: +49 631 205-3588
 Fax.: +49 631 205-2640
patrick.wolf@cs.uni-kl.de

