



Dipl.-Ing. Thorsten Lüttel
 Universität der Bundeswehr
 München,
 Institut für Technik Autonomer
 Systeme
 thorsten.luettel@unibw.de



Dipl.-Ing. (FH) Michael Manz
 Universität der Bundeswehr
 München,
 Institut für Technik Autonomer
 Systeme
 michael.manz@unibw.de

Tracking-Verfahren für unbemannte Fahrzeug-Konvois

Selbstständig agierende unbemannte Landfahrzeuge (UGV) bieten die Möglichkeit, die Gefährdung des Soldaten im Einsatz stark zu reduzieren, zum Beispiel in Transport- oder Aufklärungsaufgaben. Ein Forschungsprojekt der Universität der Bundeswehr München (UniBW München) beschäftigt sich mit autonomen Fahrzeug-Konvois, speziell der dazu erforderlichen permanenten und robusten Erkennung eines Führungsfahrzeugs in Kamera- und LIDAR-Daten (Light detection and ranging).

Gegenüber der reinen Teleoperation, die unter Funklöchern und der hohen kognitiven Belastung des Bedieners leidet, bietet die Integration autonomer Teilfunktionen in das UGV viele Vorteile. Derzeit sind autonome Fahrzeug-Konvois das im Militär am ehesten denkbare Szenario für den Einsatz von UGV. Ein Forschungsprojekt der UniBw München hat hierzu Verfahren entwickelt, die auf dem Demonstrator MuCAR-3 implementiert und getestet wurden (Abbildung 1).

Grundlage für ein autonomes Transportfahrzeug im Konvoi ist eine äußerst robuste und kontinuierliche Wahrnehmung eines bestimmten Führungsfahrzeugs. Im entwickelten Verfahren stützt sich die Detektion des Führungsfahrzeugs entweder auf Daten eines LIDAR-Systems (Velodyne HDL-64E), auf Bilder einer Farbkamera oder eine Kombination aus beiden. Ein leistungsfähiger Bordrechner ermöglicht eine Schätzung der Relativposition des Führungsfahrzeugs gegenüber dem UGV in Echtzeit, unabhängig von GPS-Informationen oder anderen externen Daten, welche kommuniziert werden müssten. Um die Wahrnehmung des Fahrzeugs in komplexer Umgebung zu ermöglichen, wird die Position in allen sechs Freiheitsgraden



Abb. 1: MuCAR-3 (Munich Cognitive Autonomous Robot Car, 3rd Generation) im Szenario „Transport-Movement“ während der M-ELROB (Military European Land Robot Trial) 2010

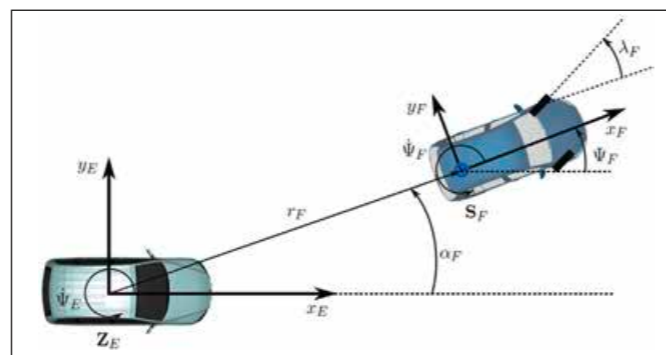


Abb. 2: Führungsfahrzeugposition in egozentrischen Zylinderkoordinaten



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
 Hans-Joachim Wünsche
 Universität der Bundeswehr
 München,
 Institut für Technik Autonomer
 Systeme
 joe.wuensche@unibw.de

(Orts- und Winkellage im Raum) geschätzt. Zusätzlich wird über die Schätzung des Lenkwinkels und der Geschwindigkeit des Führungsfahrzeugs eine zeitliche Vorhersage der Bewegung des Fahrzeugs ermöglicht (Abbildung 2).

Grundlage des Algorithmus bildet der sogenannte 4D-Ansatz, eine räumlich-zeitliche Modellierung des Führungsfahrzeugs und der Eigenbewegung des UGV. Ein 3D-CAD-Modell – bestehend aus Punkten, Linien und Flächen – dient dabei der Beschreibung der Form und der Erscheinung des Führungsfahrzeugs in den Sensordaten (Abbildung 3). Dieses CAD-Modell und die Fahrzeugdynamik bilden zusammen mit den geschätzten Fahrzeugzuständen die interne Modellvorstellung der Umwelt zu einem bestimmten Zeitpunkt. Ausgehend von der Modellvorstellung werden für den nächsten Zeitpunkt mögliche Positionen des Führungsfahrzeugs im 3D-Raum generiert und in die Sensordaten (z.B. Farbbild) projiziert. Diese Hypothesen werden anhand selbstständig erlernter Farb-, Gradienten- (z.B. Hell-Dunkel-Übergänge an Fensterrahmen) und Hindernissignaturen des Führungsfahrzeugs bewertet. Aus den am besten bewerteten Hypothesen wird anschließend eine Schätzung der Führungsfahrzeugposition und -dynamik abgeleitet und damit die interne Modellvorstellung aktualisiert.

Durch die Fahrzeugumgebungserfassung mittels Kamera und LIDAR ist das vorgestellte System in der Lage, auch in schwierigen Situationen – wie bei teilweiser Verdeckung des Führungsfahrzeugs, starkem Regen oder komplexen Lichtverhältnissen wie bei tiefstehender Sonne – ein Fahrzeug in unstrukturiertem Gelände robust zu verfolgen. Das UGV fährt dabei genau in der Fahrspur des Führungsfahrzeugs und kürzt auch in engen Kurven den Weg nicht ab (Abbildung 4). Bisher wurden dabei mit MuCAR-3 – begrenzt durch die Sensorreichweite – Geschwindigkeiten bis ca. 80 km/h erreicht.

Mit dem entwickelten System ist ein robustes unbemanntes Konvoi-Fahren auf und abseits von Wegen möglich. Das System wurde auf der M-ELROB 2010 (Military European Land Robot Trial) in allen Schwierigkeitsstufen erfolgreich demonstriert. Aktuelle Arbeiten befassen sich mit der Weiterentwicklung der Algorithmen für die Anforderungen einsatznaher Szenarien mit mehreren Fahrzeugen und größeren Abständen sowie mit der Portierung auf ein militärisches Transportfahrzeug vom Typ Rheinmetall MAN Military Vehicles (RMMV) HX 58.

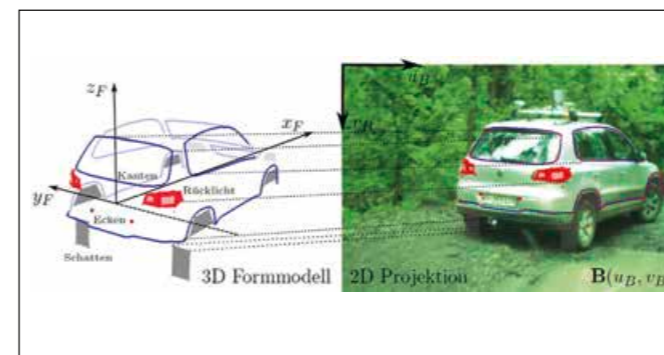


Abb. 3: Projektion aller charakteristischen Merkmale aus dem 3D-Formmodell in die Bildebene



Abb. 4: Visualisierung der Fahrspurgenerierung (links), wobei die grünen Punkte die lokalen Wegpunkte und deren Positionsunsicherheit repräsentieren. Zusätzlich sind die Hindernisdaten (rote Punkte) in ein georeferenziertes Luftbild eingetragen. Auf der rechten Seite ist die interne Modellvorstellung dem realen Farbbild überlagert