

Dipl.-Inform. Dennis Faßbender
Universität der Bundeswehr München,
Institut für Technik Autonomer Systeme

info@unibw.de

Carsten Fries, M. Sc.
Universität der Bundeswehr München,
Institut für Technik Autonomer Systeme

info@unibw.de

TULF – Automatisiertes Folgen im Konvoi

Unbemannt betriebene Landfahrzeuge (UGV) bieten die Möglichkeit, die Gefährdung des Soldaten im Einsatz stark zu reduzieren. Im Rahmen der F&T-Studie „Technologie-träger Unbemanntes Landfahrzeug“ (TULF) wurden die Folgealgorithmen der Universität der Bundeswehr München (UniBwM) aus den Studien MuCAR auf ein militärisches Transportfahrzeug portiert und erprobt.

Um in militärischen Konvois im Einsatzgebiet die Gefährdung zu reduzieren, können UGV teleoperiert bedient werden, was jedoch mit einer hohen kognitiven Belastung des Bedieners verbunden ist und eine stabile Funkkommunikation erfordert. Diese Nachteile können durch (teil)autonome Funktionen zum großen Teil kompensiert werden.

Das Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr (BAAINBw) verfolgt im Rahmen der F&T-Studie TULF das Ziel, bereits bestehende, in der Regel für andere Plattformen konzipierte Autonomiealgorithmen auf einen militärischen Lkw zu portieren und zu erproben, insbesondere Algorithmen für das automatisierte Folgen im Konvoi sowie zur Wegpunktnavigation. Zur Kommunikation der Softwarekomponenten sollte die Middleware ROS (Robot Operating System) verwendet werden. Als Plattform wurde ein HX58 des Herstellers Rheinmetall MAN Military Vehicles (RMMV) ausgewählt und zu einer Robotik-Plattform umgerüstet (Abbildung 1). Die verschiedenen Softwarekomponenten im TULF kommunizieren über die Middleware ROS (Robot Operating System).



Abb. 1: TULF (Technologieträger Unbemanntes Landfahrzeug) im Testgelände. Der Rheinmetall MAN Military Vehicles (RMMV) HX58 wurde mit einem Drive-By-Wire-System, Sensorik und Rechnern zu einer Robotik-Plattform umgerüstet. Der montierte Leitstandscontainer dient zur Teleoperation. Im Hintergrund ein Führungsfahrzeug vom Typ MAN 5t mil gl



Abb. 2: TULF mit eingerüsteter Sensorik. Nur die für das automatisierte Folgen verwendeten Sensoren sind beschriftet

Dipl.-Ing. Thorsten Lüttel
Universität der Bundeswehr München,
Institut für Technik Autonomer Systeme

info@unibw.de

Die in den letzten Jahren am Institut für Technik Autonomer Systeme (TAS) der UniBwM entwickelten Folgealgorithmen, die sich auf den European Land Robot Trials auf der Plattform MuCAR-3 bewährt haben, wurden im Verbund mit den Partnern Rheinmetall Landsysteme und Diehl BGT Defence auf TULF portiert und stellen eine der Kernkomponenten für das autonome Folgen im Konvoi bereit.

Dieses erfordert die robuste, kontinuierliche Wahrnehmung des dem TULF zugewiesenen Führungsfahrzeugs (FF). Hierzu werden auf dem TULF die Daten bordeigener Sensoren, d. h. einer Farbkamera sowie zweier LiDAR-Sensoren (Abbildung 2) fusioniert, um in Echtzeit die Zustände des FF (Position, Orientierung, Geschwindigkeit, Lenkwinkel) zu schätzen.

Im Einzelnen: Für die Fahrzeugerkennung wird zunächst manuell ein 3D-Modell erstellt, welches markante Merkmale des FF enthält und somit dessen Form sowie die Erscheinung in den Sensordaten beschreibt (Abbildung 3). In Kombination mit dem Wissen über die Dynamik des eigenen Fahrzeugs (TULF) sowie einem einfachen Modell der Dynamik des FF mit den geschätzten Zuständen des FF erhält man eine interne Modellvorstellung der Umwelt zu einem gewissen Zeitpunkt („4D-Ansatz“). Darauf basierend wird eine Vielzahl von Hypothesen berechnet, die beschreiben, wo sich das FF zum nächsten Zeitpunkt im 3D-Raum befinden wird. Die Abbildungen dieser Hypothesen

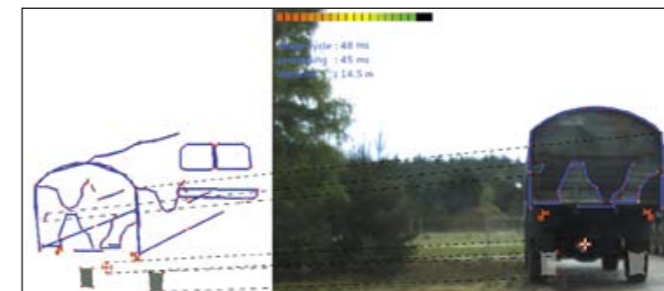


Abb. 3: Projektion aller charakteristischen Merkmale (Farbflächen, markante Eckpunkte, Kanten) aus dem 3D-Modell in die Bildebene

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Wünsche
Universität der Bundeswehr München,
Institut für Technik Autonomer Systeme

info@unibw.de

in den Sensordaten werden anhand von visuellen Merkmalen sowie Hindernisdaten der Laserscanner mit einem Partikelfilter bewertet. Die bestbewertete Hypothese wird zur Schätzung der Fahrzeugzustände verwendet. TULF nutzt dann die Historie der geschätzten Positionen zum spurtreuen Folgen unter Beachtung eines einstellbaren Sicherheitsabstands.

Im Laufe der F&T-Studie wurden mithilfe dieses Verfahrens längere autonome Konvoifahrten des TULF hinter einem MAN 5t mil gl sowie einem VW Tiguan durchgeführt. Speziell beim Einsatz militärischer FF waren neue Herausforderungen zu bewältigen. So erschwert die kontrastarme Lackierung die Erkennung des Fahrzeugs im Kamerabild, und der Folgealgorithmus muss in schwerem Gelände auch Abrisse der Sichtverbindung auf hügeligen oder kurvigen Strecken tolerieren (Abbildung 4). In solch anspruchsvollen Szenarien hat sich die merkmalsbasierte Fusion von Kamera- und Laserdaten bewährt und ermöglicht auch bei starkem Regen oder tiefstehender Sonne eine durchgehende Fahrzeugverfolgung.

Weitere F&T-Studien am Institut beschäftigen sich derzeit mit Multi-Fahrzeug-Konvois, dem Fahren bei Dunkelheit sowie einer nahtlosen Umschaltung von Fahrzeugverfolgung auf autonome Navigation entlang erkannter Wege, z. B. bei temporärem Verlust des FF.



Abb. 4: Autonome Konvoifahrt des TULF hinter Führungsfahrzeug vom Typ MAN 5t mil gl. Die Merkmale aus dem 3D-Modell werden gemäß der geschätzten 3D-Fahrzeugposition in die Bildebene projiziert und dem Kamerabild überlagert dargestellt