Intelligente Mobile Systeme in Such- und Rettungseinsätzen

Sabine Müller und Martin Müller

Intelligente Mobile Systeme (IMS) sollen gefährliche Einsätze unterstützen, die heute noch von Menschen oder Tieren unter Einsatz ihres Lebens durchgeführt werden müssen. Dies trifft neben Kampfeinsätzen insbesondere auf militärische und zivile Such- und Rettungseinsätze (SAR) sowie auf Einsätze im Katastrophenschutz (wie z. B. in beschädigten Atomkraftwerken oder kontaminiertem Gelände) zu. Leistungsfähige IMS für SAR sind noch Mangelware. Aktuell führte dies dazu, dass in Fukushima der Zustand lange Zeit unklar war, weil Menschen wegen der hohen Strahlendosis den inneren Bereich nicht betreten konnten und leistungsfähige, robuste IMS für diesen Zweck fehlten.

Das Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen (INT) beobachtet solche kritischen Technologien und bewertet deren Fortschritte. Mit Unterstützung von internationalen Experten werden der aktuelle Stand sowie die zukünftige längerfristige Entwicklung der dazu notwendigen komplexen Systeme und deren Teiltechnologien im Rahmen von Technologie-Roadmaps analysiert. Diese sollen Entscheidungsträger aus der Wirtschaft und dem öffentlichen Sektor bei ihrer Entscheidungsfindung und Langfrist-Planung unterstützen, indem sie zukünftige Entwicklungen von Technologien und Systemen im Kontext unterschiedlicher Umfeld-Szenarien prognostizieren.

Roadmap und Anforderungen für IMS

Eine aktuell in Erstellung befindliche Roadmap konzentriert sich auf die Entwicklung intelligenter boden- und luftgestützter, unbemannter Fahrzeuge für SAR-Anwendungen (Search and Rescue) in geschlossenen Räumen, wie z. B. eingestürzten oder kontaminierten Gebäuden oder U-Bahnschächten. Der betrachtete Zeitraum umfasst dabei circa 15 Jahre. Vor allem das Navigieren durch unterschiedlichste Umgebungen, das Erkennen und Lokalisieren von Opfern oder Gefahrenherden sowie die Erstellung eines Lagebildes stehen dabei im Vordergrund. Auch eine erste Notversorgung verschütteter oder eingeschlossener Personen durch IMS ist denkbar. Um diese Aufgaben zu bewältigen, muss ein solches System unter anderem aus Technologien der folgenden Bereiche aufgebaut sein.

Autoren:
Dr. Sabine Müller, Dr. Martin Müller, Wissenschaftliche Mitarbeiter, Fraunhofer Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen (INT)

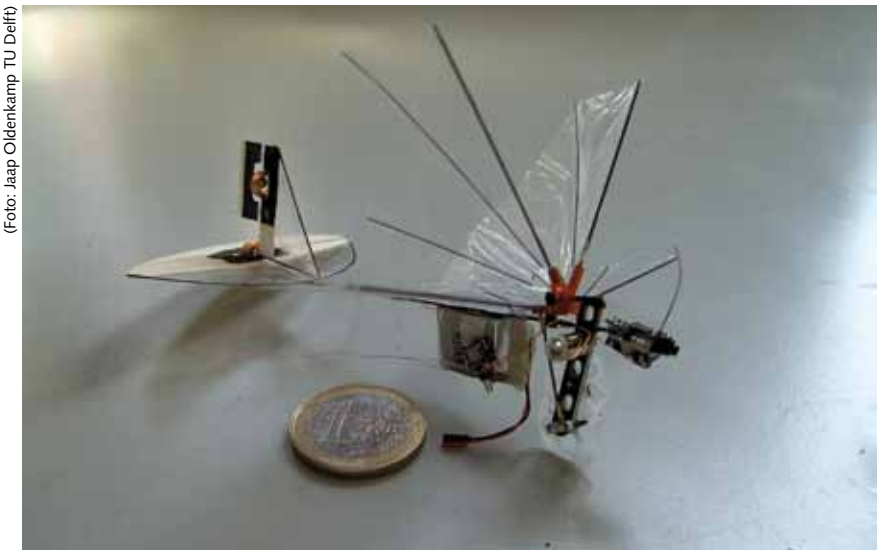
Sensorik

Die Navigation kann durch bildgebende Sensoren (z. B. Kamerasysteme) durchgeführt oder maßgeblich unterstützt werden. Mittels nachgelagerter Bildverarbeitung können Objekte identifiziert werden. Wärmebildkameras eignen sich zum Auffinden von Personen, da diese eine Differenz zur Umgebungs-

(Foto: Public Domain Mike1024)

SAR-Roboter „Hector" der Technischen Universität Darmstadt in der Testumgebung beim Wettbewerb Robocup Rescue 2010. Ausgestattet mit unterschiedlichen Sensoren ist das intelligente mobile System in der Lage, Opfer in einer solchen Testumgebung zu identifizieren.

(Foto: Jaap Oldenkamp TU Delft)



Prototyp „Delfly micro" der TU Delft (Niederlande). Mit einer Flügelspanne von nur 10 cm scheint dieses System besonders geeignet für einen Einsatz in geschlossen Räumen. Es wiegt nur 3 Gramm und ist ausgestattet mit einem Kamerasystem inkl. Funkübertragung.

temperatur aufweisen. Die räumliche Erfassung der Umgebung kann z.B. mittels Laserscannern oder Time-of-Flight-Kameras bewerkstelligt werden, indem Laufzeit oder Phasenverschiebung eines ausgesandten Signals gemessen werden. Auch optische und akustische Abstandssensoren spielen eine wichtige Rolle. Ultraschallsensoren eignen sich als einfache Annäherungssensoren zur Kollisionsvermeidung. Mittels akustischer Sensoren können Geräusche nicht nur detektiert, sondern ggf. auch lokalisiert werden (akustische Kameras), so dass Hilfesuchende gefunden werden können. Gassensoren können sowohl zum Auffinden von Opfern als auch zur Detektion gefährlicher Substanzen beitragen.

Kommunikation

Geht man davon aus, dass auf eine vorhandene Kommunikationsinfrastruktur, wie z. B. Mobilfunk oder WLAN, in einem Katastrophenszenario nicht (mehr) zurückgegriffen werden kann, müssen vor Ort neue Kommunikationsmöglichkeiten eingerichtet werden. Insbesondere ferngesteuerte Systeme, die außerhalb des Sichtfeldes des Bedieners betrieben werden, sind auf Datenverbindungen mit hohen Transferraten angewiesen, da das Kamerasignal des IMS in Echtzeit übertragen werden muss.

Prinzipiell kann eine Datenverbindung bei bodengebundenen Systemen drahtlos oder kabelgebunden realisiert werden. Dabei birgt eine Kabelverbindung zwar einige Risiken, wie z. B. die störungsfreie Nachführung des Kabels. Andererseits kann das mitgeführte Kabel auch als Stabilisierungshilfe oder als Schutz vor dem Herunterfallen an Kanten dienen sowie die Bergung des IMS nach einem Einsatz erleichtern. Für fliegende Systeme kommt jedoch nur eine drahtlose Lösung in Frage. Bei der drahtlosen Kommunikation kann es durchaus sehr schwierig sein, eine Verbindung mit ausreichender Bandbreite stabil zur Außenwelt aufrecht zu erhalten. Eine Lösung liefern mobile Ad-Hoc-Netze, die sich selbstständig aufbauen und konfigurieren. Indem ein IMS immer dann einen neuen Repeater installiert, wenn die Signalstärke zum vorherigen kritisch wird, können größere Funkstrecken auch in Gebäuden erzielt werden.

Durch zukünftige autonome Systeme wird das Kommunikationsproblem zwar entschärft, da diese für ihre Missionsdurchführung nicht mehr auf die stete Verbindung zu einem Bediener angewiesen sind. Für die Lagebilderstellung und -aktualisierung bleibt die regelmäßige Kommunikation zu einer zentralen Station jedoch unerlässlich.

Antrieb

Bei bodengebundenen Systemen spielen neben den konventionellen Rad- und Kettenantrieben zunehmend auch biologisch inspirierte Antriebsformen, wie z. B. Laufen oder Kriechen, eine Rolle, da diese sich besser auf unwegsames Terrain einstellen können. Allerdings sind deren Bewegungsmuster durchaus komplex und benötigen ggf. ein sensorisches Feedback. Es kann auch Sinn machen, mehrere Antriebsarten zu kombinieren.

Bei fliegenden Systemen wird der Antrieb nach der Auftriebsart (z.B. Flügel oder Rotor) charakterisiert. Die Fähigkeit zum Schwebeflug ist innerhalb von Gebäuden eine zwingende Voraussetzung. In geschlossenen Räumen müssen fliegende Systeme möglichst klein, robust und präzise steuerbar sein.

Datenfusion und Bildverarbeitung

Große Teile der Systemsteuerung basieren auf Videobildern und deren automatisierter Auswertung. Die Muster- und Objekterkennung spielen daher eine entscheidende Rolle. Je ausgefeilter diese Technologien werden, desto autonomer können Roboter in ihrer Umgebung navigieren.

Bei der Sensordatenfusion wird aus vielen Einzelinformationen ein Gesamtbild erzeugt. Aufgrund der Heterogenität der einzelnen Sensordaten ist dies eine äußerst komplexe Aufgabe. Auch wenn hierbei in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt wurden, bleibt dies dennoch aufgrund der Bedeutung für IMS ein wichtiger Forschungsbereich in den kommenden Jahren.

Navigation

Da Satellitensignale kaum störungsfrei in geschlossene Räume vordringen können, müssen andere Technologien zur Navigation eingesetzt werden. Bei der Koppelnavigation wird durch Integration der Daten von Lage- und Beschleunigungssensoren die zurückgelegte Wegstrecke und daraus die aktuelle Position berechnet. Zur Posi-

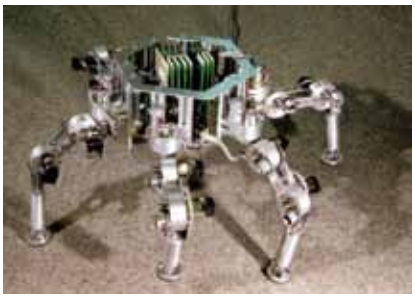
tionsbestimmung lassen sich ggf. auch Funktechnologien, wie z.B. WLAN oder RFID, verwenden, sofern diese in der Umgebung vor Eintritt des Katastrophenereignisses vorhanden waren und intakt geblieben sind.

Zur Orientierung in unbekannten oder nicht mehr intakten Umgebungen kann Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) eingesetzt werden. Hierbei erstellt das IMS eine Karte von der Umgebung und ermittelt seine eigene Position in Relation zur Umgebung. In Verbindung mit weiteren Sensoren können dann Gegenstände oder Personen im Gebäude lokalisiert werden, um weitere Rettungsmaßnahmen einzuleiten.

Intelligenz

Um das Ziel der Übertragung komplexer, kritischer Aufgaben, weg vom intelligenten menschlichen Bediener hin zum IMS im SAR-Einsatz, zu erreichen, bedarf es noch wesentlicher Fortschritte im Bereich der Künstlichen Intelligenz und der Kognitiven Robotik. Bis dahin können verbesserte Mensch-Maschine-Schnittstellen die Leistungsfähigkeit ferngesteuerter Systeme erheblich verbessern. Technologien aus dem Bereich Virtual Reality ermöglichen dem Bediener dabei eine präzise intuitive Steuerung. Eine Zwischenstufe hin zur Autonomie ist die sogenannte Sliding Autonomy – auch Adjustable Autonomy. Hierbei wird die Kontrolle über Teilaufgaben dynamisch entweder dem teil-/autonomen Roboter oder einem menschlichen Operator – z.B. bei kritischen Aufgaben – übertragen.

(Foto: Fraunhofer IFF)



Insektenähnlicher Roboter „Katharina" für unwegsames Gelände vom Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF).

Leistungsfähigkeit aktueller Systeme

Erste Rettungsroboter wurden bereits mit unterschiedlichem Erfolg eingesetzt. Noch benötigen sie jedoch in der Regel eine Fernsteuerung durch den Menschen. Die Intelligenz ist somit größtenteils ausgelagert auf den menschlichen Bediener. Dabei kann die Aufrechterhaltung einer stabilen Kommunikation zwischen Bediener und IMS innerhalb von Gebäuden oder vom Gebäudeinneren nach außen problematisch sein. Die Fähigkeit zu autonomem Handeln befindet sich erst in einer frühen Entwicklungsphase. In den Roboterwettbewerben (z. B. RoboCup Rescue) sind bereits einige teilautonome Systeme in Erprobung, die in der Lage sind, z.B. autonom zu navigieren oder ähnliche einfachere Aufgaben auszuführen. Noch schneiden diese Systeme allerdings schlechter ab, zumal die Fähigkeit zur autonomen Bewältigung der gestellten Aufgaben nicht gesondert bewertet wird.

(Foto: FZI Karlsruhe)

Insektenartiger Laufroboter „Lauron" des Forschungszentrums Informatik Karlsruhe (FZI). Dieser biologisch motivierte Laufroboter wurde entwickelt, um statisch stabiles Laufen in unwegsamem Gelände zu erforschen. Durch die flexible verhaltensbasierte Steuerung kann sich LAURON unbekannten Situationen anpassen.

Fazit

Jede der hier erwähnten Teiltechnologien und die sehr unterschiedlich ausgeprägten Entwicklungsstände beeinflussen den Fortschritt beim SAR-Einsatz von IMS. Nur wenn alle Komponenten zuverlässig funktionieren, kann auch das gesamte System seinen Auftrag erfüllen und den Einsatz von menschlichen Rettungskräften substituieren oder sinnvoll ergänzen. Einige der nötigen Technologiebereiche weisen bereits einen hohen Reifegrad auf (z. B. Sensorik). Auch die Navigation innerhalb geschlossener Räume hat bereits große Fortschritte gemacht, so dass in naher Zukunft teilautonome Systeme im Einsatz denkbar sind, die sich in einem unbekannten Umfeld zumindest autonom fortbewegen und orientieren können, bei komplexeren Aufgaben jedoch noch die Einbindung eines menschlichen Bedieners benötigen. Es gibt aber auch noch einige relevante Technologiebereiche, die für SAR-Einsätze in geschlossenen Räumen noch intensiv weiter erforscht und entwickelt werden müssen, insbesondere auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz und der Fähigkeit zum autonomen Handeln. Auch wenn es bereits weltweit große Forschungsanstrengungen gab und gibt, sind für das Erreichen einer vollen Autonomie noch erhebliche Fortschritte notwendig, so dass IMS bei ihren Einsätzen auch in den kommenden 15 bis 20 Jahren noch in erheblichem Maße auf die Interaktion mit einem menschlichen Bediener angewiesen sein werden.