

**10. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
29. bis 30. März 2012 in Aachen**



**„Benutzerinteraktion beim Online-Monitoring der
Navigation eines auto-nomen Rollstuhls“**

Leila Zouaghi, Achim Wagner, Essameddin Badreddin
Lehrstuhl für Automation, Institut für Technische Informatik, Universität Heidelberg,
Mannheim, Deutschland
E-Mail: leila.zouaghi@ziti.uni-heidelberg.de, achim.wagner@ziti.uni-heidelberg.de,
badreddin@ziti.uni-heidelberg.de

Copyright: VDI Verlag GmbH
Band: Fortschritt-Bericht VDI Reihe 17 Nr. 286 „Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin“
Editors: Prof. Dr.-Ing. Dr. med. Steffen Leonhardt, Prof. Dr.-Ing. Dirk Abel, Prof. Dr.-
Ing. Klaus Radermacher, Christian Brendle, Henry Arenbeck, Kurt Gerlach-
Hahn, Kirska Dannenberg
ISBN: 978-3-18-328617-1
Pages: 46-47

Benutzerinteraktion beim Online-Monitoring der Navigation eines autonomen Rollstuhls

Leila Zouaghi, Achim Wagner und Essameddin Badreddin

Lehrstuhl für Automation, Institut für Technische Informatik, Universität Heidelberg, Mannheim, Deutschland
 leila.zouaghi@ziti.uni-heidelberg.de
 achim.wagner@ziti.uni-heidelberg.de
 badreddin@ziti.uni-heidelberg.de

Einleitung

Sicherheitskritische komplexe Systeme, ob in der Automobilindustrie, in der Luft- und Raumfahrt oder in der Medizin, setzen einen sicheren Betrieb und eine hohe Verlässlichkeit voraus. Der Einsatz geeigneter Verfahren zur Systemüberwachung (Monitoring) und Fehlerdiagnose stellt eine Möglichkeit dar, diesen Anforderungen Rechnung zu tragen. Denn durch eine frühzeitige Fehlererkennung können geeignete weiterführende Maßnahmen getroffen werden, was eine Entstehung von Schäden im System oder in seiner Umwelt verhindert. Weiterhin können durch ein verlässliches Monitoring unnötige Fehlalarme, die den Nutzer unnötig verunsichern oder auch die Wartungskosten erhöhen, vermieden werden. Rehabilitationsroboter wie z. B. intelligente Rollstühle, die Menschen mit eingeschränkten motorischen Fähigkeiten beim Erreichen bestimmter Zielpunkte in einer Umgebung unterstützen, werden als sicherheitskritische Systeme eingestuft, denn die Nutzersicherheit hängt vom korrekten und sicheren Navigationsverhalten des Assistenzsystems ab. In dieser Arbeit wird ein Ansatz für das Online-Monitoring eines autonomen Rollstuhls vorgestellt. Dieses verfügt über eine Vielfalt von Prozessen, die von einer robusten Schätzung des aktuellen Systemzustands über eine hybride Umgebungsmodellierung, die sowohl geometrische als auch topologische Eigenschaften der Umgebung umfasst, bis hin zu natürlich und intuitiv bedienbarer Mensch-Maschine-Schnittstelle reichen.

Generischer Ansatz für hybrides verteiltes Monitoring

Der verwendete Ansatz für ein hybrides Monitoring basiert auf Interaktion diskreter Modelle (Petrinetze) und numerischer Filter (Particle Filter) in einem vereinheitlichten Modell, das sogenannte „Modified Particle Petri net“ [1]. Der Particle Filter stellt den kontinuierlichen Teil in diesem Modell dar und liefert eine Schätzung vom kontinuierlichen Systemzustand. Diese erfolgt durch Verwendung von Differentialgleichungen, die im Petrinetz eingebettet sind und die kontinuierliche Dynamik des Systems beschreiben. Der diskrete Systemzustand, in dem das System in einem bestimmten Zeitpunkt sich befindet, ergibt sich aus der Schätzung der Markierung des Petrinetzes. Diese Schätzung erfolgt in einem zweistufigen Prozess: (i) eine Vorhersage der erwarteten Markierungen im Petrinetz, (ii) eine Korrektur dieser Markierungen gemäß einer Beobach-

tung (Sensormessung). Um Systeme mit hoher Komplexität handhabbar zu machen, ist es sinnvoll, eine Zerlegung des Gesamtsystems in Subsysteme vorzunehmen. Im Bereich mobiler Roboter wurde eine generische, verschachtelte, verhaltensbasierte Systemstruktur entwickelt [2], welche wesentliche Vorteile für die Modellierung komplexer dynamischer Systeme bietet. Ein verteiltes Monitoring innerhalb dieser verschachtelten Struktur [3] ermöglicht es, dass der Monitor einer Verhaltensebene seine Meldungen dem Monitor der nächsten Verhaltensebene zur Verfügung stellt. Somit erhält der Monitor auf höchste Ebene eine Gesamtsicht über den globalen Zustand des Systems.

Systembeschreibung

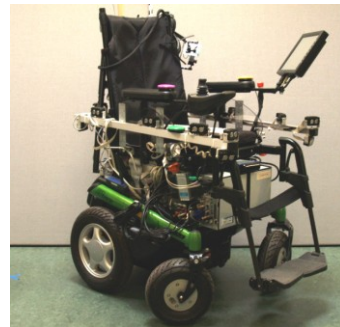


Abb.1: Autonomer Rollstuhl

Unser System ist ein Elektrorollstuhl vom Typ (OttoBock GmbH, B600) s. Abb.1, dessen gewünschtes Gesamtverhalten sich aus diversen Grundverhalten nach der oben beschriebenen verschachtelten Struktur zusammensetzen lässt [4]. Jede Verhaltensebene in diesem System übernimmt eine spezielle Aufgabe (z.B. Pfadplanung, Navigation, Kollisionsvermeidung, etc.), besitzt einen lokalen Monitor und kommuniziert mit den benachbarten Ebenen über klar definierte Schnittstellen, s. Abb.2. Der Benutzer des Rollstuhls hat die Möglichkeit, den Rollstuhl mit Joystick interaktiv zu bedienen oder über eine grafische Benutzerschnittstelle eine gewünschte Zielposition vorzugeben. Diese Benutzereingabe wird an die unteren Ebenen als spezifische Sollwerte (Position, Geschwindigkeit, Raddrehzahl, etc) weitergeleitet und ausgeführt. Eine beliebige Trajektorie kann als Kombinationen aus Kurven und Geradeausfahren beschrieben werden. Im einfachsten Fall wird dieses Rollstuhlverhalten mit drei Zuständen angegeben, nämlich "geradeaus fahren", "links abbiegen" und "rechts abbiegen". Diese bilden die Zustände des Petrinetz-basierten Monitors der Ebene „Geschwindigkeitsregelung“ (Abb.2). Das Monitor

für die Navigation und Pfadplanung, der sich auf höhere Ebene der Struktur sich befindet überwacht dann die Ausführung der kompletten Zielliste und stellt fest ob der Rollstuhl seine geplanten Zielknoten erreicht oder nicht.

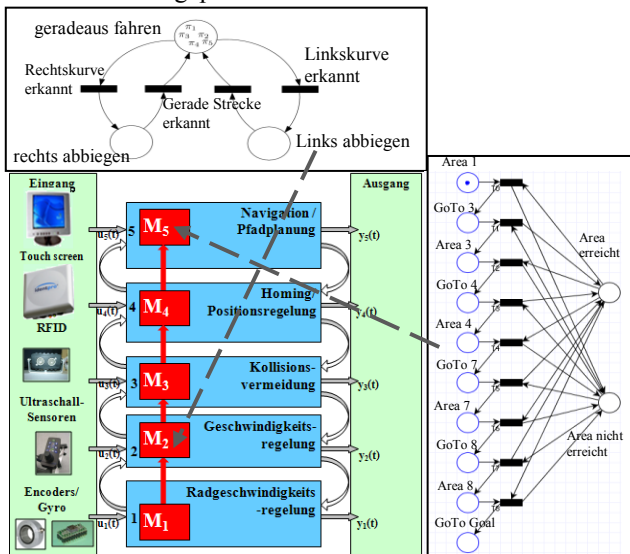


Abb.2: Kontroll- und Monitoringstruktur des Rollstuhls mit Beispielen für Particle-Peternetz-basierten Monitoren

Entwicklung eines geometrisch-topologischen Umgebungsmodells für die Rollstuhlnavigation

Wenn der Rollstuhl bestimmte Zielpunkte in der Umgebung anfahren soll, benötigt er eine interne Repräsentation der Umgebung, ein sogenanntes „Umgebungsmodell“. In dieser Arbeit ist das Umgebungsmodell eine Kombination aus einer topologischen und einer geometrischer Karte. Die geometrische Repräsentation der Umgebung wird vom Particle Filter verwendet, um die Rollstuhlposition relativ zum nächsten Zeitpunkt anhand der Odometrie-Messungen zu schätzen. Um von einem Startpunkt zu einem Endpunkt fahren zu können, wurden Wegpunkte (WP) definiert. Diese werden unter Berücksichtigung der durch die Spezifikation [5] gegebenen Positionsunsicherheit um Bereiche „WP_areas“ erweitert, wo RFID-Tags als Landmarken platziert werden. Somit werden die Knoten der topologischen Karte für die Umgebung markiert.

Entwicklung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle

Um das Umgebungsmodell zu visualisieren, dem Nutzer die Auswahl von Zielpunkten zu ermöglichen und um Statusinformationen des Roboters wie Position, aktueller Zustand sowie Fehlermeldungen dem Nutzer mitzuteilen, wurde eine graphische Bedienoberfläche entwickelt (Abb.3). Diese ist intuitiv und einfach zu bedienen: Der Nutzer wählt sein Fahrziel über Touchscreen direkt auf der Karte aus. Basierend auf diese Eingabe wird dann das Monitor-Modell der vorliegenden Mission online generiert [6].

Ergebnisse

Abbildung 4 zeigt sowohl die tatsächliche als auch die mit dem Particle Filter geschätzte Trajektorie des Rollstuhls. Anhand der detektierten RFID-Landmarken wird geschätzt, ob der Rollstuhl innerhalb eines Bereiches

„WP_Area“ oder auf dem Weg zum nächsten Bereich ist und mit welcher Wahrscheinlichkeit (Prozentwert) er sich in diesem Zustand befindet. Abweichungen in der Position oder nicht erkannte Landmarken werden vom Monitor festgestellt und als Fehler auf der GUI gemeldet.

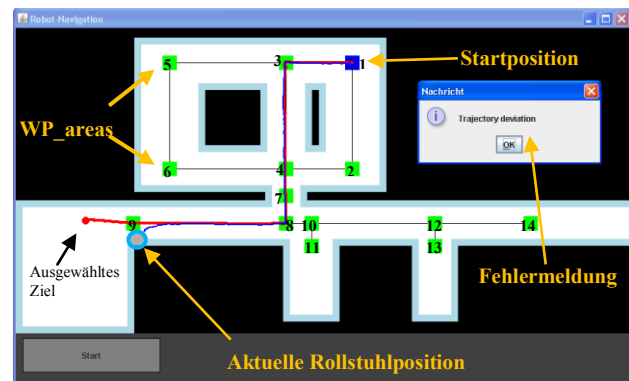


Abb.3: GUI für die Benutzerinteraktion

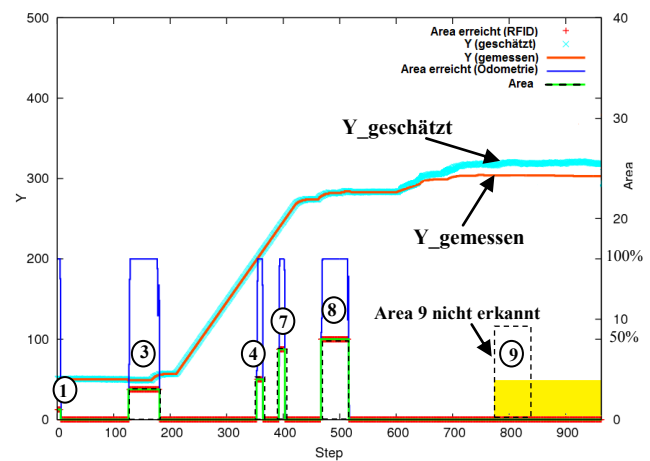


Abb.4: Die Schätzergebnisse bei Trajektorienabweichung

Literatur

- [1] L. Zouaghi, A. Wagner and E. Badreddin, “Modified Particle Petri Nets for Hybrid Dynamical Systems Monitoring Under Environmental Uncertainties”. IEEE/SICE International Symposium on System Integration 2011, submitted for publication.
- [2] E. Badreddin (1989), Recursive Control Structure for Mobile Robots. International Conf. on Intelligent Autonomous Systems 2 (IAS.2), Amsterdam, pp. 11-14
- [3] L. Zouaghi, A. Wagner and E. Badreddin, “Hybrid, Recursive, Nested Monitoring of Control Systems Using Petri Nets and Particle Filters”. Proceedings of the 40th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks, DSN 2010, Chicago, IL USA.
- [4] C. Bartolein, A. Wagner, M. Jipp, E. Badreddin (2009). Dependable System Design for Assistance Systems for Electrically Powered Wheelchairs. International Workshop on the Design of Dependable Critical Systems.
- [5] L. Zouaghi, A. Wagner and E. Badreddin (2011). Monitoring of Hybrid Systems using Behavioural System Specification. The 18th IFAC World Congress, IFAC 2011.
- [6] L. Zouaghi, A. Alexopoulos, A. Wagner, E. Badreddin, “Probabilistic Online-Generated Monitoring Models for Mobile Robot Navigation Using Modified Petri Net”. The 15th International Conference on Advanced Robotics, June 20-23, 2011, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia