Ein autonomer mobiler Roboter mit elektronischer Nase

Achim Lilienthal, Andreas Zell / Michael Wandel, Udo Weimar
Universität Tübingen, WSI-RA / Universität Tübingen, IPC
Köstlinstraße 6, D-72074 Tübingen / Auf der Morgenstelle 8, D-72076 Tübingen
{lilien, zell}@informatik.uni-tuebingen.de / {mw, upw}@ipc.uni-tuebingen.de

30. Juni 2000

Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt erste Ergebnisse des Projekts "Sinnesorgane für mobile Roboter" vor. Ein Teilziel dieser Gemeinschaftsarbeit ist es, einen mobilen Roboter mit einer elektronischen Nase zur Detektion, Lokalisierung und Kartographierung von Gasen zu entwickeln. Die mit dem Roboter ARTHUR durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß mit einem solchen Aufbau eine entfernte Gasquelle in einer natürlichen Umgebung detektiert werden kann. Außerdem ergaben sich Hinweise auf mögliche Optimierungen des Verfahrens bezüglich der Durchführung der Messungen sowie der Anbringung der Sensoren am Roboter.

1 Einleitung

Seit einiger Zeit werden unter der Bezeichnung "elektronische Nase" Systeme zur Detektion und Identifizierung von flüchtigen Substanzen untersucht und unter Laborbedingungen angewandt [2]-[5], jedoch bislang noch wenig auf Robotern eingesetzt[1]. Der Begriff der elektronischen Nase [6] umfaßt in seiner üblichen Definition [7] neben einem Array von chemischen Sensoren auch ein nachgeschaltetes Mustererkennungssystem, welches die Identifizierung einzelner Gerüche ermöglicht.

Ein Einsatz eines solchen inzwischen auch kommerziell erhältlichen Systems auf einem autonomen mobilen Roboter ist besonders im Hinblick auf die Entwicklung eines elektronischen Wachmanns wünschenswert, da auf diese Weise ein Roboter befähigt werden könnte, beispielsweise ausströmendes Gas oder auslaufendes Lösungsmittel zu detektieren und eventuell auch zu orten. Um grundlegende Erkenntnise über die Möglichkeit eines solchen Einsatzes zu gewinnen, wurde der autonome mobile Roboter ARTHUR mit einer elektronischen Nase ausgestattet und unter "natürlichen" Bedingungen getestet. Dies bedeutet, daß wichtige Versuchs-Parameter wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Strömungsgeschwindigkeit im Vergleich zu Durchführung im Labor relativ großen, nicht kontrollierbaren Schwankungen unterworfen sind

Die im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes "Sinnesorgane für mobile Roboter" durchgeführten Experimente sollten Aufschluß über folgende grundsätzliche Fragen geben:

- Ist es prinzipiell möglich, mit einer auf einem mobilen Roboter angebrachten elektronischen Nase eine erhöhte Konzentration einer flüchtigen Substanz auch in einer "natürlichen" Umgebung nachzuweisen ?
- Ist unter den angeführten Bedingungen die Detektion eines Konzentrations-Gradienten und somit die Ortung der Gasquelle möglich ?
- In welcher Weise kann durch die einstellbaren Versuchsparameter die Detektion und Ortung der Gasquelle optimiert werden ?

2 Systemaufbau

Zur Durchführung der Experimente wurde der auf der Basis des mobilen Outdoor-Roboters ATRV-Junior der Firma RWI weiterentwickelte Roboter ARTHUR mit einer elektronischen Nase ausgestattet. Die im folgenden beschriebenen Versuche zielten nicht auf eine Identifizierung von Gasen ab. Daher wurde versucht, den Aufbau flexibel zu halten und hinsichtlich der Detektion eines im Voraus festgelegten Stoffes (Ethanol) zu optimieren. Als Messsystem wurde das kommerziell erhältliche VOCmeter Vario gewählt [8]. Die Messungen selbst wurden mit je zwei Schwingquarzen (QMB) und zwei Metalloxidsensoren (MOX), die sich besonders zur Detektion von Ethanol eignen, durchgefürt, wobei die Sensormodule - jeweils in einer MOX, QMB-Kombination - am Ende zweier 60 cm langen Führungsschienen aus Aluminium angebracht wurden.

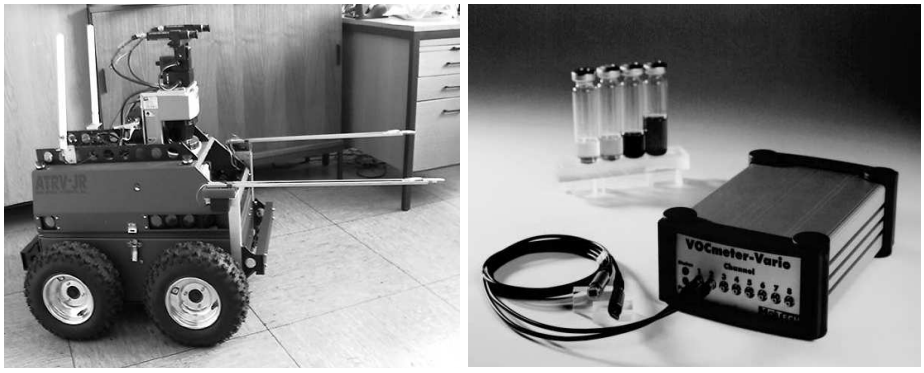

Abbildung 1: Der autonome, mobile Roboter Arthur (links) und das Basisgerät der elektronischen Nase [8] (rechts). Die zylinderförmigen Sensoreinheiten sind in der linken Abbildung zu erkennen. Sie ragen leicht über die an der Frontseite des Roboters angebrachten Führungsschienen hinaus.

3 Versuchsdurchführung

Um die Ausbildung eines Konzentrationsgradienten beobachten zu können und dabei den Einfluss von Luftströmungen möglichst gering zu halten, sollte das Experiment in einem großen, nicht belüfteten Raum stattfinden. Zu diesem Zweck konnte ein ca. 20 m langer und 2.5 m breiter Flur in einer leerstehenden Wohnung benutzt werden, wobei die Fenster und Türen während der Versuchsdurchführung geschlossen blieben.

Im Lauf einer Messreihe wurde in der Mitte des Flures mehrmals mit einer definierten Geschwindigkeit "eindimensional" auf- und abgefahren und sowohl die aktuelle Position, als auch die Messwerte der vier Gassensoren und die mit einem ortsfesten Thermometer gemessene Temperatur ständig protokolliert. Am Anfang einer Messreihe stand in jedem Fall eine Referenzmessung, bei der keine Ethanolquelle vorhanden war. Im Unterschied dazu wurde vor den folgenden Fahrten (zum Zeitpunkt $t = 0\,s$) ein mit 0.5 l Ethanol gefülltes Becherglas mit einer Grundfläche von etwa $130\,cm^2$ am Ende des Ganges ($s = 0\,m$) platziert. Aufgrund der aktivierten Hindernissvermeidung lag der Umkehrpunkt der durchgeführten Fahrten etwa $50\,cm$ vor der Ethanolprobe.

Als Analyt wurde Ethanol verwendet, da für diese Substanz sensitive Sensoren zur Verfügung standen und die Handhabung als unproblematisch anzusehen ist.

4 Ergebnisse

In Abb.2 sind die Werte der MOX-Sensoren gegen die seit dem Öffnen der Ethanolquelle vergangene Zeit aufgetragen. Ausserdem ist in das Diagramm bezüglich einer zweiten y-Achse auch die Bewegung des Roboters in Form der gegen die Zeit aufgetragenen Entfernung von der Ethanolquelle eingezeichnet (gepunktete Linie). Es ist klar zu erkennen, daß die Meßkurve in der Nähe der Gasquelle stark ansteigt. Weiterhin ist die langsame Erhöhung der Basislinie während der Dauer der Messung ($1.5\,h$) zu sehen. Hierin zeigt sich die allmähliche Ausbreitung des flüchtigen Ethanols im Flur. Dagegen zeigten die Referenzfahrten ein völlig anderes Bild. Die Messwerte der MOX-Sensoren blieben während der Fahrt konstant und ein Anstieg der Basislinie konnte, nachdem die Gassensoren ihren Gleichgewichtszustand erreicht haben, nicht beobachtet werden.

Bei der Betrachtung der Messwerte zeigte sich weiterhin, daß der bei Annäherung an die Quelle auftretendene Peak bei zu geringer Fahrtgeschwindigkeit weniger stark ausgeprägt erscheint. Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, daß die Messkurven zusätzliche Peaks aufweisen, die besonders bei stehendem Roboter gehäuft auftreten. Es ist anzunehmen, daß sie durch schwache Luftbewegungen hervorgerufen werden, die auch bei geschlossenen Türen und Fenstern nicht zu vermeiden sind. Die Türen schließen den Raum natürlich nicht hermetisch gegen die Außenwelt ab, so daß sich Strömungen durch Zugluft ergeben. Zudem wird diese unregelmäßige Zugluft durch ortsfeste Konvektionsströmungen überlagert, die durch Schwankungen der lokalen Temperatur (etwa eine Erwärmung unter einem Dachfenster, durch das die Sonne in den Raum scheint) bewirkt werden.

5 Ausblick

Das in dieser Arbeit vorgestellte mobile Robotersystem erlaubt die Detektion flüchtiger Substanzen über eine größere Entfernung. Auch die Ortung einer Gasquelle erscheint nach den vorgestellten Ergebnissen durchaus möglich. Um diesen Punkt demonstrieren zu können, ist vorgesehen, mit dem Roboter automatisch eine Geruchskarte einer zweidimensionalen Grundfläche erstellen zu lassen und auf diese Weise beispielsweise eine Ethanolquelle in einer Turnhalle zu lokalisieren.

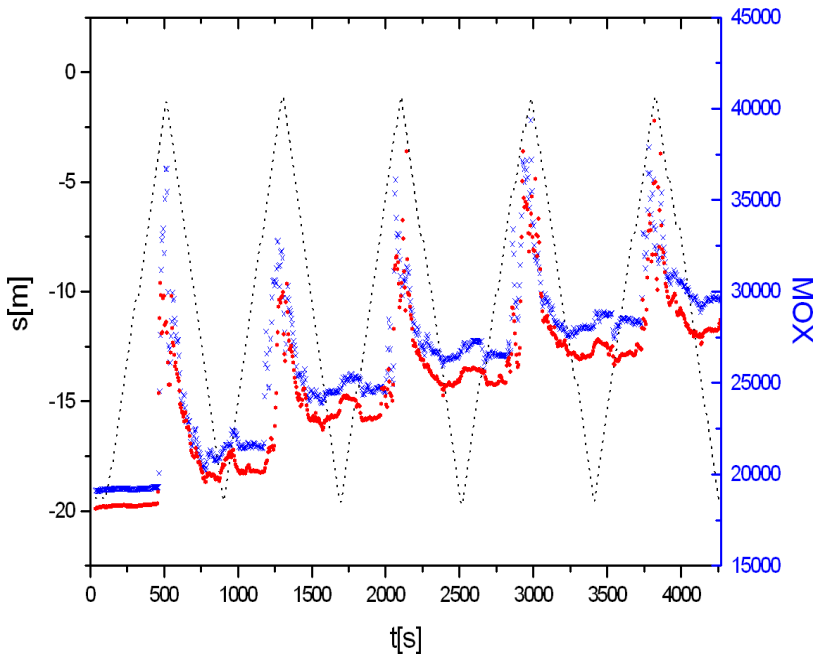

Abbildung 2: Messwerte der Metalloxid-Sensoren (MOX) während eines Versuchsreihe, in der sich der Roboter mit einer Geschwindigkeit von $5\,cm/s$ bewegte. (Beschreibung siehe Text)

Literatur

[1] T. Sharpe, B. Webb: *Simulated and situated models of chemical trail following in ants.* From Animals to Animats 5: Proceedings of the 5th Conference on Simulation of Adaptive Behaviour 195-204

[2] K. Persaud, G. H. Dodd: *Analysis of discrimination mechanisms of the mammalian olfactory system using a model nose*, Nature 299 (1982) 352-355

[3] A. Ikegami, M. Kaneyasu: *Olfactory detection using integrated sensors.* Proceedings of the 3rd International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers 85), IEEE Press, New York (1985) 136-139

[4] H. Ulmer, J. Mitrovics, Gerd Noetzel, U. Weimar, W. Göpel: *Odours and flavours identified with hybrid modular sensor systems.* ACS Symposium Series: "Chemical Sensors and Interfacial Design" 31 (1998) 307-315

[5] J. Mitrovics, H. Ulmer, U. Weimar, W. Göpel: *Modular Sensor Systems for Gas Sensing and Odour Monitoring: The MOSES Concept.* ACS Symposium Series: "Chemical Sensors and Interfacial Design" 31 (1998) 307-315

[6] J. W. Gardner: *Pattern recognition in the Warwick electronic nose.* 8th International Congress of the European Chemoreception Research Organisation, Coventry, UK (1988) 9

[7] J. W. Gardner, P. N. Bartlett: *A Brief Hystory of Electronic Noses.* Sensors and Actuators B 18-19 (1994), 211-220

[8] MoTech Reutlingen www.motech.de/pdf/VARIO.pdf, Produktbeschreibung VOCmeter-Vario