

Rapid Prototyping für mobile Roboter

VolksBot bietet alle Module für die Systementwicklung

Das Fraunhofer-Institut für Autonome Intelligente Systeme (AIS) entwickelte mit dem „VolksBot“ einen modularen Roboter für Ausbildung, Forschung und Industrie. Mit einem omnidirektionalen Kamera-System und einer modularen Steuerungs-Software kann der Roboter sofort eingesetzt werden, z.B. zur Erprobung einer mobilen Echtzeit-Farbbildverarbeitung.

Von Dr. Ansgar Bredenfeld und Thomas Wisspeintner

Der VolksBot ist ein modularer, mobiler Roboter für Forschung, Lehre und industrielle Anwendungen. Mit ihm bietet das Fraunhofer-Institut für Autonome Intelligente Systeme (AIS) [1] ein vollständig funktionsfähiges System, das auch Neulingen einen schnellen Einstieg in das Forschungsfeld der mobilen Robotik erlaubt. Der Aufwand für eigene Entwicklungen wird mit den bereits verfügbaren Modulen drastisch reduziert. Die schnelle Integration eigener Sensor-Module, das Rapid Prototyping neuer Roboter-Anwendungen und die Erforschung neuer Methoden und Ver-

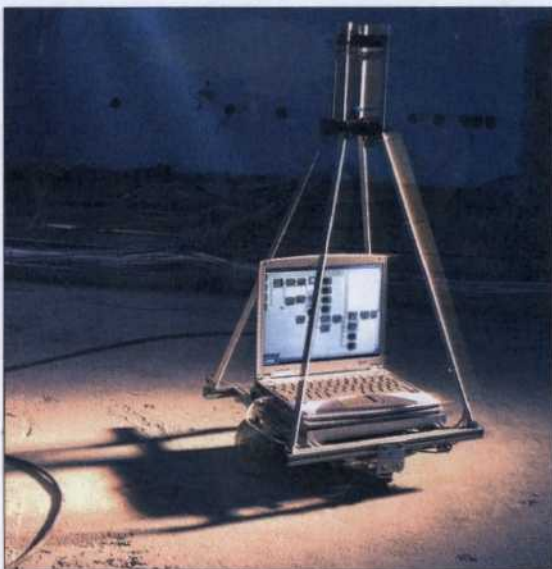


Bild 1. Das Grundmodell des VolksBot ist ein zentraler Hauptrahmen, der den Modulen Antrieb, Stromversorgung, Elektronik, Kamera-System und Steuerrechner als Basis dient.



Bild 2. Bei der „Outdoor-Versuchsplattform“, mit der die Sensorik für die Erfassung der Umgebung erprobt werden kann, sorgen Komponenten des VolksBot für die Navigation und die Auswertung der Sensordaten.

fahren im Umfeld mobiler Robotik werden so unterstützt. Gleichzeitig ist der VolksBot ein Instrument für die interdisziplinäre Ausbildung im Hochschulbereich sowie in der betrieblichen und schulischen Ausbildung [2].

► Konzept für eine Roboter-Plattform

Die Konzeption des VolksBot beruht auf Modulen und offenen Schnittstellen – sowohl bei der Hardware als auch bei der Software. Zu den Hardware-Modulen gehören der Antrieb, die Stromversorgung, die Elektronik, ein omnidirektionales Kamera-System und der Steuerrechner. Diese sind mechanisch mit einem zentralen Hauptrahmen verbunden, können auf diesem variabel positioniert werden und lassen sich einfach

austauschen. Der Grundrahmen ist aus Profilen aufgebaut, so können mechanische Varianten schnell erprobt werden. Das erlaubt eine rasche Veränderung des Roboters in Größe, Form oder Fahrwerksauslegung (Bild 1). Das Herzstück des Roboters ist stets ein Notebook, das über Standard-Schnittstellen mit einem mitgelieferten Bildverarbeitungssystem und der Motoransteuerung des VolksBot verbunden wird. Die Steuerungs-Software des VolksBot wird auch auf einer „Outdoor-Versuchsplattform“ eingesetzt (Bild 2).

► Komponenten des VolksBot

Die zentrale Steuerung des VolksBot erfolgt mit einem herkömmlichen Notebook, daran werden die Sensoren und die Aktoren über Standard-Schnittstellen angeschlossen. Zwei Komponenten des VolksBot lassen sich auch unabhängig einsetzen: der Motor-Controller TMC 200 und die omnidirektionale Kamera AISVision. Letztere wird über eine Firewire-Schnittstelle mit dem Notebook verbunden; für die Anbindung des Motor-Controllers stehen eine RS-232- sowie eine USB-Schnittstelle zur Verfügung.

Motor-Controller TMC 200

Der Motor-Controller TMC 200 (Bild 3) wurde speziell für die Ansteuerung der beiden Gleichstrom-Motoren von Maxon [3] auf Basis des 16-bit-Mikrocontrollers C164 von Infineon entwickelt. Der TMC 200 wertet den Fahrweg aus (Odometrie), schützt den Motor vor thermischer Überlastung und überwacht die Batteriespannung. In Verbindung mit Standard-Impulsgebern lassen sich Regelkreise für die Drehzahl mit hoher Regelgüte realisieren. Es können maximal drei Gleichstrom-Motoren mit einer Dauerleistung von jeweils 200 W angesteuert werden.

Kamera-System AISVision

Das omnidirektionale Kamera-System AISVision ist der zentrale Sensor für die Wahrnehmung der Umgebung. Es besteht aus einer CCD-Kamera, einem hyperbolischen Spiegel und einer Bild-



Bild 3. Mit der Motorcontroller-Platine TMC 200 lassen sich bis zu drei 200-W-Gleichstrom-Motoren ansteuern. Der Controller kann auch in anderen Anwendungen als kostengünstige Motoransteuerung eingesetzt werden.

verarbeitungs-Software (Bild 4). Der hyperbolische Spiegel ist über eine torsionssteife und vibrationsarme Rahmenkonstruktion fest mit der Kamera verbunden. Damit entfallen – gegenüber herkömmlichen Lösungen für omnidirektionale Kamera-Systeme mit Glaszylindern – sämtliche Probleme im Zusammenhang mit Streulicht und Reflexionen. Der Spiegel selbst besteht aus einer harten Aluminiumlegierung, die in einem speziellen Verfahren nach Bearbeitung und Beschichtung passiviert wird. Die Oberfläche ist kratzfest, gegen Korrosion geschützt und kann leicht gereinigt werden. Die Form des Spiegels wurde für den Einsatz auf dem VolksBot optimiert, sie kann aber auch an andere Anwendungen angepasst

werden, in denen eine Rundumsicht erforderlich ist, z.B. im Bereich der Sicherheitstechnik für die Überwachung von Räumen. Der Entwurf eines neuen Spiegels erfolgt, indem dieser zunächst in seinem geplanten Arbeitsumfeld simuliert und anschließend iterativ in der Simulation verbessert wird, bis er die gewünschten Abbildungseigenschaften erreicht.

Als Bildaufnehmer kommt eine kompakte

CCD-Kamera zum Einsatz, die mit einer maximalen Auflösung von 640×480 Pixeln und einer Bildwiederholrate von 30 Bildern/s unkomprimierte Bilddaten über eine Firewire-Schnittstelle zum Bordrechner des Roboters überträgt, der die Bildverarbeitung in Echtzeit durchführt. Für die Bilderfassung und eine Farbraum-Transformation steht die Software „AISVision“ zur Verfügung. Diese bedient sich so genannter „Pixel Sampling“-Verfahren, bei denen das Bild über repräsentative Pixel zerlegt und nicht in eine quadratische Pixelstruktur übertragen wird. Auf diesen Bildraum können dann alle Methoden der klassischen Bildverarbeitung angewendet werden, wie z.B. morphologische Bildoperationen oder Skelettierung.

Das Kamera-System mit der zugehörigen Software bietet mit seiner 360-Grad-Erfassung die Grundlage für Experimente im Bereich der digitalen Echtzeit-Bildverarbeitung. AISVision ist unabhängig vom VolksBot für alle Anwendungen geeignet, in denen eine omnidirektionale Bilderfassung erforderlich ist.

► Integration der Komponenten

Das Komponentenkonzept des VolksBot wird auch in der Auslegung der zentralen Steuer-Software deutlich. Die Software erfasst und verarbeitet Sensordata

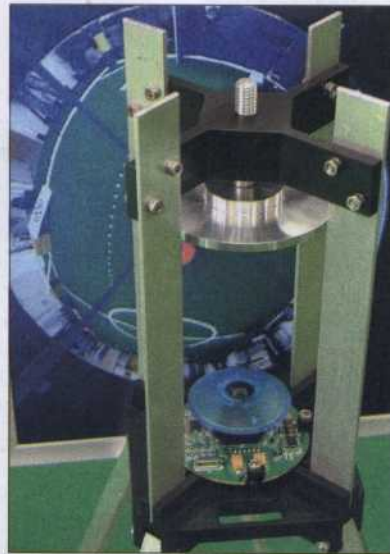


Bild 4. Für die erforderliche Rundumsicht benötigt das AISVision-System nur eine CCD-Kamera, die über einen hyperbolischen Rundumspiegel den gesamten Halbraum erfasst und über Firewire mit dem Steuerrechner verbunden wird.

EVOLUTION

Die nächste Generation.

Anpassungsfähig und unabhängig – mvBlueLYNX – die intelligente Kamera für Anwendungen wie: OCR/OCV, Data Matrix, Farbklassifizierung, Objekte erkennen und vermessen.

DIGITALE BILDVERARBEITUNG

INTELLIGENTE KAMERAS

FRAME GRABBER

SOFTWARE TOOLS

AUTOMATICA

1. Internationale Fachmesse Robotik + Automation

15.-19. Juni 2004 - München

Halle A2 - Stand 402

MATRIX VISION GmbH

Talstrasse 16 · DE-71570 Oppenweiler

Tel.: 07191/9432-0

info@matrix-vision.de · www.matrix-vision.de

ten, steuert die Bewegungen des Roboters und lässt somit den Roboter gemäß dem Programm für die Bewegungssteuerung in seiner Umwelt agieren. Daneben muss die zentrale Steuer-Software die Kommunikation mit anderen Robotern über WLAN sicherstellen, falls es sich um Anwendungen mit mehreren Robotern handelt. Per WLAN kann eine Datenverbindung zu einem externen Steuerrechner aufgebaut werden, über die Kommandos zum Roboter oder Diagnose-, Sensor- oder Bilddaten an den externen Steuerrechner übertragen werden können. Diese externe Datenverbindung ist in der Regel nicht erforderlich, da der VolksBot autonom agieren kann.

Als Integrations-Software für die Komponenten kommt das Produkt

„Iconnect“ der Firma micro-epsilon [4] zum Einsatz, mit dem industrielle Anwendungen visuell programmiert werden können. Die Software macht es möglich, Windows-Programme anhand eines Blockschaltbildes zu entwickeln. Die grafische Darstellung wird nach einem patentierten Verfahren in einen sofort ausführbaren dynamischen Ablauf umgesetzt, der den Roboter steuert. Iconnect führt parallele Datenflussdiagramme quasi parallel (multi threaded) aus und synchronisiert diese bei Bedarf automatisch. Sensor-Daten werden in Echtzeit erfasst, verarbeitet und angezeigt; zeitgleich werden die Motoren über den TMC 200 angesteuert.

Iconnect dient dem VolksBot zudem als Integrationsrahmen für die Entwicklung eigener Software-Kompo-

ponenten. Die bereits vorhandene Modul-Bibliothek ermöglicht eine schnelle Realisierung von Signalverarbeitungsfiltern, Verhaltensprogrammen oder Bildverarbeitungs-Algorithmen – auch ohne umfangreiche Programmierkenntnisse. Die so entworfenen Subsysteme können dann in anderen Anwendungen wiederverwendet werden. Mit der Bildverarbeitungs-Software für das AIS-Vision-Kamerasystem und der Ansteuerungs-Software für den TMC 200 stehen bereits vordefinierte Module in Iconnect zur Verfügung.

Eine Besonderheit stellt die Schnittstelle des Programms für die Bewegungssteuerung des Roboters zur Sensorik und Aktorik dar: Diese ist über ein Kommunikations-Modul realisiert, das eine leistungsfähige CORBA-Kommunikationsschicht (Common Object Request Broker Architecture) enthält. Über die offene, systemunabhängige CORBA-Schnittstelle lassen sich eigene Steuerprogramme als externe Komponenten direkt mit Iconnect verbinden. Dies ist von Vorteil, wenn die Steuerprogramme durch externe Software-Werkzeuge erzeugt wurden (Bild 5).

► Einsatzgebiet mobile Robotik

Der VolksBot ist ein modular aufgebauter mobiler Roboter, der als experimentelle Basis für Entwicklung und Erforschung von neuen Anwendungen im Umfeld der mobilen Robotik dient. Die Spanne reicht von einer mobilen Sensordaten-Erfassung bis zur Prototypen-Evaluierung künftiger Serviceroboter. Der Entwicklungsaufwand wird durch den VolksBot drastisch reduziert. Die Möglichkeit, den mechanischen Rahmen auf einfache Weise zu verändern, gewährleistet die problemlose Anpassung an unterschiedliche Anwendungen. Die schnelle Integration eigener Sensor-Module, das Rapid

BUCHTIPP Komponentenbasiertes Software-Design

Die visuelle komponentenbasierte Software-Entwicklung hat sich in den letzten Jahren für die Aufgaben der Bild- und Signalverarbeitung als Methode durchgesetzt. Der Grund dafür ist, dass sich durch die Wiederverwendung von parametrisierten Basialgorithmen auch größere Software-Projekte schnell und mit minimalem Kostenaufwand durchführen lassen. In dem vorliegenden Buch zeigen die Autoren, wie das Software-Werkzeug „Iconnect“ diese methodische Vorgehensweise unterstützt.

Das Buch bringt nach einer kurzen methodischen Einführung eine ausführliche Anleitung zum Umgang mit „Iconnect“. Vier weitere Kapitel führen in die Hauptanwendungen ein: Signalverarbeitung und Regelung, Bildverarbeitung, Softcomputing sowie Embedded Internet. Daran schließen sich für den Leser leicht nachvollziehbare

Anwendungsbeispiele an – von der Dickenmessung bis zur Standardaufgabe der Regelungstechnik, dem inversen Pendel. Dem Buch liegt das Programm „Iconnect“ in der Version 5.1 bei.

Beide Autoren kommen aus der industriellen Praxis, einer von ihnen hat zudem einen Lehrauftrag an der Universität. Die Erfahrungen der Autoren kommen dem Buch zugute; die Darstellung bleibt nicht bei einer

bloßen Programmbeschreibung stehen und sie bieten auch eine praxisgerechte Einführung in die Grundlagen und Begriffe der Anwendungsfelder.

Mandl, R.; Sick, B.: *Messen, Steuern und Regeln mit Iconnect. Komponentenbasierte Bild- und Signalverarbeitungsanwendungen visuell programmiert.* Verlag B.G. Teubner, Wiesbaden. 1. Aufl. 2003, 812 S., 49,90 Euro, ISBN 3-528-05812-0.



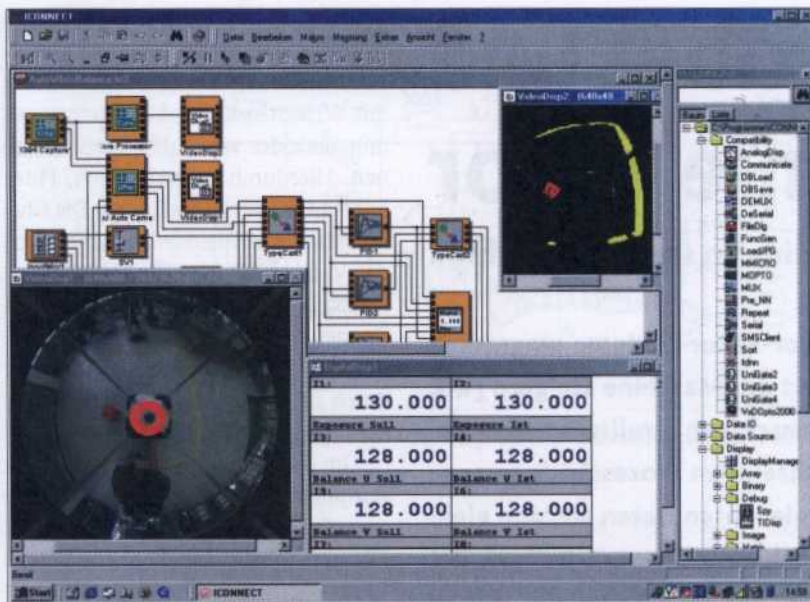


Bild 5. Bildschirmdarstellung eines Signalfuss-Graphen von Iconnect, des Bildes der Rundumsicht-Kamera und einer Kontrollausgabe der Bildverarbeitungs-Software.

Prototyping neuer Anwendungen und die Erforschung von neuen Methoden und Verfahren im Umfeld der mobilen Robotik werden möglich durch die modulare Software und die Wiederverwendbarkeit der bereits in Iconnect reichhaltig vorliegenden Signalverarbeitungs-Module.

Weiterhin dient der VolksBot der interdisziplinären technischen Ausbildung in Schule, Hochschule und Industrie. Weltweite Initiativen, wie etwa der RoboCup mit seinen fußballspielenden Robotern, haben gezeigt, dass mobile Roboter, die sich autonom in einer dynamischen Umwelt orientieren müssen, ein ideales Szenario darstellen, in dem die interdisziplinäre Zusammenarbeit in einem Team von Entwicklern gefordert ist. Die Spanne der Disziplinen reicht von der Mechatronik über die Elektrotechnik bis hin zur Informatik und Erforschung von Verfahren der „Künstlichen Intelligenz“. Mit dem VolksBot wird der

kostengünstige Einstieg in dieses interessante interdisziplinäre Gebiet möglich. *jw*

Internet-Links

- [1] www.fraunhofer.ais.de
- [2] www.volksbot.de
- [3] www.maxonmotor.com
- [4] www.micro-epsilon.de



Dr. Ansgar Bredenfeld

studierte Elektrotechnik an der Universität Dortmund. Seit 1990 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der ehemaligen GMD. Im Jahr 1996 promovierte er an der Universität Paderborn. Heute leitet er die Abteilung „Behavior Engineering“ des Fraunhofer-Instituts für Autonome Intelligente Systeme (AIS) in Sankt Augustin. Sein besonderes Interesse gilt dem Gebiet des Software-Engineering für autonome Robotersysteme.

► E-Mail: ansgar.bredenfeld@ais.fraunhofer.de



Thomas Wisspeintner

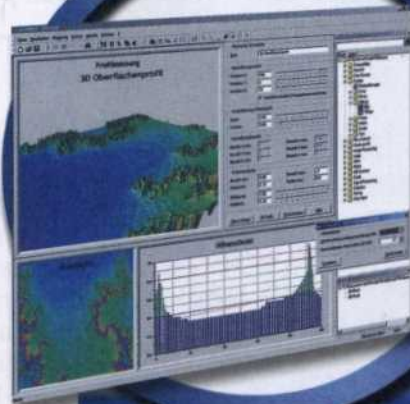
studierte Elektro- und Informationstechnik mit Schwerpunkt Mechatronik an der Technischen Universität München. In seiner Diplomarbeit, die er am Fraunhofer-Institut AIS schrieb, beschäftigte er sich mit der Spezifikation, Entwicklung und Realisierung eines Manipulators für mobile Roboter. Seit 2002 leitet er das Projekt VolksBot bei Fraunhofer AIS und ist seit 2003 Geschäftsfeldbeauftragter für den Bereich Ausbildungsrobotik.

► E-Mail: thomas.wisspeintner@ais.fraunhofer.de

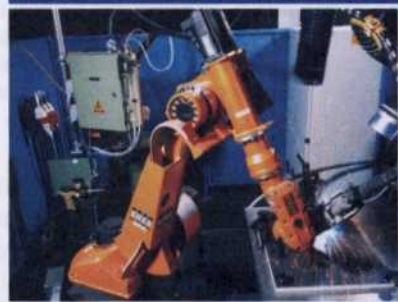


Mit Abstand
der bessere Weg.
Applikations-Software für
den industriellen Einsatz.

ICONNECT ist eine modular aufgebaute Software für das Messen, Steuern, Regeln und Automatisieren. Per Drag & Drop lassen sich komplexe Signalgraphen realisieren - ohne Programmierkenntnisse!



Anwendungsbeispiel Bildverarbeitung: Steuerung und Auswertung einer echten 3D-Lageerkennung im Raum. ICONNECT wertet in Echtzeit die Koordinaten des Objekts aus und gibt sie an die Steuerungseinheit des Roboters weiter.



www.micro-epsilon.de

MICRO-EPSILON Messtechnik GmbH & Co. KG
Königbacher Str. 15 · 94496 Ortenburg
Tel. 08542-168-0 · Fax 08542-16890
info@micro-epsilon.de