

ISG-virtuosM – Das Gateway zwischen industrieller Echtzeit-Steuerungstechnik und dem Open Source Roboterbetriebssystem ROS

Dipl.-Ing. Simon Hoher, Industrielle Steuerungstechnik GmbH
Dipl.-Ing. Florian Weißhardt, Fraunhofer IPA
Dipl.-Ing. Ulrich Eger, Industrielle Steuerungstechnik GmbH
Dipl.-Ing. Ulrich Reiser, Fraunhofer IPA

Kurzfassung

Das Roboterbetriebssystem ROS bietet viele hoch entwickelte Softwarekomponenten, die zur Erhöhung der Flexibilität auch von industriellen Anwendungen nutzbringend einsetzbar sind. Insbesondere in den Bereichen 2D- und 3D-Bildverarbeitung sowie kollisionsfreie Bewegungsplanung sind bereits hochwertige Komponenten verfügbar. Die Automatisierungstechnik ist bis heute stark durch proprietäre Schnittstellen zur echtzeitfähigen industriellen Steuerungstechnik und somit durch starke Abhängigkeiten von bzw. Bindungen an Roboter- und Steuerungshersteller geprägt. In diesem Beitrag wird ein Gateway vorgestellt, das beliebige industrielle Steuerungstechnik (z.B. von Siemens, Beckhoff, Fanuc, Fagor) mit dem Roboterbetriebssystem ROS verbindet. Durch einen vollautomatischen Import-Wizard ist das Gateway bereits nach wenigen Minuten projektiert und voll einsatzfähig.

1. Einführung

Das Roboterbetriebssystem ROS hat sich innerhalb von sechs Jahren in der Robotik-Forschung etabliert, so dass nun eine Vielzahl von hoch entwickelten Softwarekomponenten verfügbar sind [1], [2], [3]. Um die einfache Austauschbarkeit von Komponenten zur Navigation, Bewegungsplanung und 2D-/3D-Wahrnehmung zu gewährleisten, hat die ROS-Entwickler-Gemeinschaft Schnittstellenstandards geschaffen. Diese de facto Standards der Open-Source-Entwicklergemeinschaft plant die ROS-Industrial-Initiative nun auf die Industrierobotik zu übertragen.

Das Open Source Roboterbetriebssystem (ROS) bietet viele hoch entwickelte Softwarekomponenten, die auch zur Erhöhung der Flexibilität von industriellen Anwendungen nutzbringend einsetzbar sind. Insbesondere in den Bereichen 2D- und 3D-Bildverarbeitung und kollisionsfreie Bewegungsplanung sind bereits hochwertige Komponenten verfügbar. Die ROS-Industrial-Initiative, die auf europäischer Ebene vom Fraunhofer IPA koordiniert wird, möchte das Potenzial von ROS nun auch für industrielle Anwendungen nutzen. In Kooperation mit der weltweiten Entwicklergemeinschaft wird das Open Source Framework hinsichtlich der zusätzlichen nicht-funktionalen Anforderungen aus der Industrie – wie z. B. Robustheit, Zuverlässigkeit und Sicherheit – weiterentwickelt.

Durch den Einsatz von ROS-Industrial profitiert die Industrie demnach an folgenden Stellen [2]:

- Intelligente Softwarekomponenten für übergeordnete Steuerungsaufgaben, wie 2D- und 3D-Bildverarbeitung und kollisionsfreie Bahngenerierungen in flexiblen? Produktionszellen
- Deutliche Senkung von Installationszeiten und Integrationsaufwand
- Vereinfachung der Austauschbarkeit von Hardwarekomponenten durch standardisierte Schnittstellen

Die Automatisierungstechnik ist bis heute stark durch proprietäre Schnittstellen zur echtzeitfähigen industriellen Steuerungstechnik und somit durch starke Abhängigkeiten von bzw. Bindungen an Roboter- und Steuerungshersteller geprägt. Im Gegensatz zu ROS liegt bei der industriellen Steuerungstechnik das Hauptaugenmerk auf einer echtzeitfähigen Bahngenerierung im Millisekunden-Steuerungstakt. Eine Verbindung der übergeordneten Steuerungsaufgaben mit der industriellen Steuerungstechnik ist deshalb wünschenswert.

Proprietäre Schnittstellen von Robotik- und Automatisierungskomponenten verursachen einen hohen Zeit- und Kostenaufwand - insbesondere wenn herstellerübergreifende Systeme integriert werden sollen. Oft zwingt dieser hohe Integrationsaufwand Endkunden zum Verbleib in der abgeschlossenen Produktpalette eines bestimmten Herstellers („vendor lock-in“), auch wenn aus technischer und wirtschaftlicher Sicht für einzelne Lösungen bessere Alternativen anderer Hersteller auf dem Markt verfügbar wären.

Allerdings müssen Automatisierungslösungen immer flexibler werden um am Markt bestehen zu können. Aufgrund einer immer größeren Anzahl von kundenspezifischen Produkten und variablen Produktionsvolumina sind wandelbare Produktionsanlagen nötig. Wandelbarkeit erfordert wiederum den verstärkten Einsatz von Sensorik und intelligenten Softwarekomponenten zur Auswertung der Daten.

2. Gesamtarchitektur

Durch das Gateway ISG-virtuosM zwischen echtzeitfähiger industrieller Steuerungstechnik und dem Roboterprogrammiersystem ROS ist es erstmalig möglich, Daten zwischen ROS und industrieller Steuerungstechnik mit industrieller Sensorik komfortabel auszutauschen. Effiziente Algorithmen sorgen dafür, dass Daten konsistent und verlustfrei übertragen werden. Die Daten werden dabei im Echtzeittakt der industriellen Steuerungstechnik kommuniziert. Es besteht Steuerungsechtzeit zu Feldbussen wie ProfiBus, ProfiNet, EtherCAT, CANOpen und vielen weiteren Feldbussen.

Auf der ROS-Seite übernimmt das Gateway die Rolle des ROS-Knotens, der beliebig viele Messages auf unterschiedlichen Topics senden und lesen kann. Auf der Steuerungsseite wiederum übernimmt das Gateway die Rolle des Multi-Slave-Feldbussystems, so dass lediglich die Bus-Master-Konfiguration für die Datenkommunikation mit dem ROS-System erweitert werden muss.

Weiterhin agiert das Interface-Gateway auch als Mastersystem der oben genannten Feldbussysteme. Dies ermöglicht es dem Anwender, komfortable industrielle Sensorik anzuschließen, da diese meistens über einen industriellen Feldbus-Slave-Anschluss verfügen. Dieser Aspekt ist insbesondere dann interessant, wenn industrielle Sensorik direkt mit dem ROS-System verbunden werden soll.

Der komplette Funktionsumfang an der Feldbusschnittstelle ist integrierbar. Dafür stehen Datenhandler für Feldbustechnik (CANOpen, SDO-Handler, ProfiBus DPV-Handler) bereit. Die Unterstützung für funktionale Sicherheitstechnik ist ebenfalls gegeben, da das Gateway Lösungen für ProfiSAFE und TwinSAFE bereitstellt. Eine Anbindung an OPC DA 2.0, OPC DA 3.0 und OPC UA DA runden die Konnektivität des Gateways ab.

Als Zielplattform für die Kommunikation mit ROS und industrieller Feldbustechnik wurde ein Windows 7 System mit Echtzeitbetriebssystemerweiterung gewählt. Das Einlesen der ROS-Daten in Windows 7 erfolgt mit Hilfe der Windows-Portierung win_ros der ROS Hydro Distribution. Diese Daten werden im Windows-Gateway eingelesen und über einen FIFO-Mechanismus an die Echtzeitbetriebssystemerweiterung kommuniziert (siehe Bild 2). Der FIFO-Mechanismus ist - je nach Echtzeitbetriebssystemerweiterung - mit Shared Memory (SHM), ADS oder über TCP/IP implementiert. Im Echtzeit-Gateway werden die ROS-Daten dann in Feldbus-Daten konvertiert oder an das Simulationssystem weitergeleitet. Als Echtzeitbetriebssystemerweiterungen sind TwinCAT 3.1 32-bit, TwinCAT 3.1 64-bit, TwinCAT 2.11, RTX für Windows, VxWorks, InTime und RTLinux realisiert. Dadurch ist eine Feldbusanbindung in die jeweiligen industriellen Steuerungsplattformen gegeben. Zuletzt werden die aufbereiteten Daten an die Feldbus-Treiber weitergeleitet.

Sobald die Daten in dem Echtzeit-FIFO vorliegen, werden diese noch im Feldbustakt an den Feldbus-Treiber gesendet. Aufgrund der Nicht-Echtzeit des Windows 7 Betriebssystems kann es jedoch zu einer kleinen Latenzzeit im Millisekundenbereich zwischen den Lese-Schreibvorgängen von ROS und Feldbustechnik kommen.

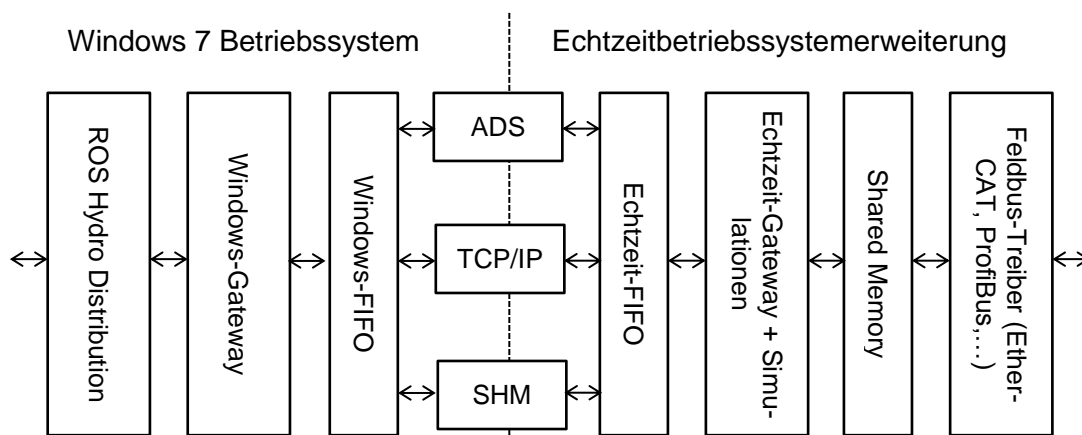


Bild 2: Kommunikation zwischen ROS und industrieller Feldbustechnik

4. Projektierung

Die Projektierung des Gateways ist innerhalb weniger Minuten abgeschlossen. Die I/O-Feldbusprojektierung auf Seiten der industriellen Steuerungstechnik wird vollautomatisch über einen Import-Wizard eingelesen. Aufgrund der automatischen Übernahme der E-CAD-Konfiguration durch den Import von CFG-Dateien (Siemens), TSM-Dateien (TwinCAT 2) und SLN-Dateien (TwinCAT 3) ist eine durchgängige Verwendung der Daten aus der Elektronikonstruktion möglich. Die ROS-Daten können ebenfalls als Bausteine im Blockschaltbild-Editor angelegt und über ein komfortables Benutzer-Interface projektiert werden. Die einzelnen Datenverbindungen werden als Bausteine in einen Blockschaltbild-Editor importiert. Über Signalverbindungen werden die Bausteine dann per Drag-And-Drop miteinander verbunden und die Gateway-Verbindung wird realisiert.

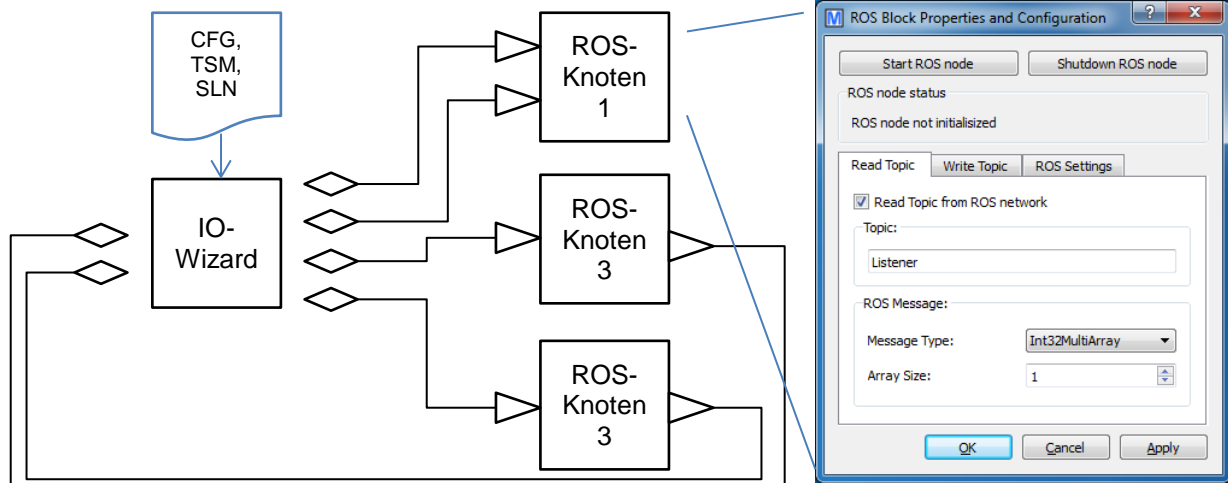


Bild 3: Übernahme der E-CAD-Konfiguration (links) und der ROS-Daten (Rechts) im Blockschaltbild-Editor des Gateways

5. Zusammenfassung

Dieser Beitrag schließt eine wichtige Lücke zwischen der industriellen Steuerungstechnik und dem Roboterprogrammiersystem ROS. Durch das Gateway ISG-virtuosM werden Endkunden erstmalig in die Lage versetzt, die Vorteile beider Welten zu nutzen und effizient miteinander zu koppeln. Das Gateway, das bereits nach wenigen Minuten vollständig projektiert ist, hebt das „vendor lock-in“ in dem sich die Automatisierungstechnik derzeit befindet vollständig auf. Zukünftig kann die Automatisierungstechnik die aus technischer und wirtschaftlicher Sicht beste Alternative wählen.

Sowohl Anwendung/Nutzen als auch Eigenschaften des Gateways sind in nachfolgender Tabelle nochmals zusammengefasst.

Anwendung / Nutzen	Eigenschaften Gateway
Steuerung virtueller Komponenten zusammen mit bereits vorhandenen realen Komponenten	Gemischter Betrieb von realen und simulierten Komponenten (HILS) implementiert
Zuverlässiges und zukunftsorientiertes Gateway	Einsatz standardisierter Automatisierungsplattformen mit erprobter Feldbus-technik
Verfügbar für alle gängigen Steuerungstechnologien und deren Kombinationen	Unterstützung zahlreicher Feldbusse wie ProfiBus, ProfiNet, EtherCAT ... (auch gleichzeitig)
Kombinierbar mit weiteren Automatisierungskomponenten	OPC-Client und ROS-Knoten verfügbar
Unterstützung von funktionaler Sicherheitstechnik	Lösungen für ProfiSafe, TwinSAFE vorhanden
Kompletter Funktionsumfang an der Feldbusschnittstelle testbar	Datenhandler für Feldbustechnik (CANopen SDO-Handler, ProfiBus DPV-Handler)

	verfügbar
Integration des Gateways in die jeweilige Steuerungsplattform möglich	Lauffähig auf unterschiedlichen Echtzeitplattformen wie VxWorks, RTX, Intime, TC3, RTLinux
Komplexe Simulationsmodelle und umfangreiche 3D-Visualisierungen realisierbar	Simulationssystem unterstützt 64-bit-Windows und 64-bit-Echtzeitplattformen
Reproduzierbare Ergebnisse in Steuerungsechtzeit (1msec)	Innovative Rechenalgorithmen spezialisiert auf Echtzeitbetriebssysteme
Wiederverwendung bereits realisierte Lösungen	Individuelle Bibliotheken
Umfangreiche Engineering-Unterstützung	Anzeigefunktion von Daten
Vergleichbarkeit der Ergebnisse	Speichern/Tracen von Daten
durchgängige Verwendung der Daten aus der Elektrokonstruktion	automatische Übernahme von E-CAD-Konfigurationen durch Import von (*.cfg) Daten
einfache Integration der Robotertechnologie in die Simulation	umfangreiche Roboter-Bibliotheken

Quellen

- [1] Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., ... & Ng, A. Y. (2009, May). ROS: an open-source Robot Operating System. In ICRA workshop on open source software (Vol. 3, No. 3.2, p. 5).
- [2] Edwards, S., & Lewis, C. (2012, May). ROS-Industrial—Applying the Robot Operating System (ROS) to Industrial Applications. In IEEE Int. Conference on Robotics and Automation, ECHORD Workshop.
- [3] Bubeck, A., Gruhler, M., Reiser, U., & Weißhardt, F. (2014). Vom fahrerlosen Transportsystem zur intelligenten mobilen Automatisierungsplattform. In Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik (pp. 221-233). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie für die Förderung der Veröffentlichung durch das Projekt ReApp im Rahmen der Ausschreibung Autonomik 4.0 (Förderkennzeichen: 01MA13001A).

Drives

Bewegungssteuerung und Schwingungsdämpfung