

# 4DIAC – Ein Open Source Framework für verteilte industrielle Automatisierungs- und Steuerungssysteme

Thomas Strasser<sup>1</sup>, Alois Zoitl<sup>2</sup> und Gerhard Ebenhofer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Energy Department – Electrical Energy Systems  
AIT Austrian Institute of Technology  
Giefinggasse 2, 1210 Wien, Österreich  
thomas.i.strasser@ieee.org

<sup>2</sup>Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik  
Technische Universität Wien  
Gußhausstr. 27-29 / E376, 1040 Wien, Österreich  
zoit@acin.tuwien.ac.at

<sup>3</sup>Robotik und Adaptive Systeme  
PROFACTOR GmbH  
Im Stadtgut A2, 4407 Steyr-Gleink, Österreich  
gerhard.ebenhofer@profactor.at

**Abstract:** Dieser Beitrag gibt einen Überblick über das IEC 61499 Referenzmodell für verteilte Steuerungssysteme sowie über den aktuellen Stand der Open Source Initiative „4DIAC – Framework for Distributed Industrial Automation and Control“, welche es sich zum Ziel gesetzt hat, eine quellenoffene IEC 61499 Referenzimplementierung zur Verfügung zu stellen, die den Anforderungen Portabilität, Konfigurierbarkeit und Interoperabilität genügt. Die 4DIAC Open Source Initiative ist sowohl für akademische Forschung als auch für die Verwendung in industriellen Prototypen und Produkten gedacht, wobei durch die Kooperation von Forschung und Industrie eine gute Basis für die Anwendung von IEC 61499 Applikationen geschaffen werden soll. Der Beitrag befasst sich weiters noch mit ausgewählten Steuerungsbeispielen auf Basis von 4DIAC und schließt mit einem Ausblick über zukünftige Entwicklungen der 4DIAC Open Source Initiative.

## 1 Einleitung

Generell ist die Automatisierungs- und Steuerungstechnik durch eine hohe Vielfalt an proprietären Produkten geprägt. Obwohl sich in den letzten 15 bis 20 Jahren der IEC 61131 Standard [IEC03] von der International Electrotechnical Commission (IEC) durchsetzen konnte und sich praktisch jede Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) nach den diversen Sprachen dieser Norm programmieren lässt, bleiben für den Anwender bzw. Steuerungstechniker noch viele Punkte (wie z.B. die Architektur für verteilte Steuerungen, eventbasierte Abarbeitung, etc.) ungelöst. Ein weiterer Nachteil der IEC 61131 sind die zahlreichen proprietären Dialekte und Abwandlungen dieses Standards die in dieser Zeitspanne entstanden sind.

Von der IEC wurde deshalb im Jahr 2005 der Standard für verteilte Steuerungssysteme, die IEC 61499 [IEC05], veröffentlicht, der sich der offenen gebliebenen Punkte der IEC 61131 annehmen und die folgenden Eigenschaften aufweisen soll: Portabilität, Konfigurierbarkeit, und Interoperabilität. Die IEC 61499 würde hier erhebliche Vorteile bieten, allerdings ist sie in der automatisierungstechnischen Praxis noch sehr wenig verbreitet. Die Open Source Initiative 4DIAC [4DIw] hat sich daher zum Ziel gesetzt, die Anwendung des Standards IEC 61499 in der Automatisierungstechnik zu fördern. Dafür wird ein Framework bereitgestellt, welches obige Anforderungen nach Portabilität, Konfigurierbarkeit und Interoperabilität erfüllt.

## **2 Die IEC 61499 im Überblick**

Die IEC 61499, die im Jänner 2005 veröffentlicht wurde, bietet eine technische Grundlage um ein offenes, verteiltes Steuerungssystem zu realisieren. Der Standard befasst sich mit verteilten Steuerungssystemen die den Umgang mit Automatisierungsprozessen in Zukunft erleichtern sollen. Das Basiskonzept stellt die Verwendung von Funktionsblöcken in verteilten Systemen dar, die einzelne, abgeschlossene und wiederverwendbare Softwarekomponenten repräsentieren [LEW01]. Der Einsatz von Funktionsblöcken erweist sich als großer Vorteil, da dieses Prinzip sowohl die Kapselung von Software als auch die Darstellung von Software und Algorithmen als virtuelle Hardwareblöcke zulässt. Alle Aufgaben und Algorithmen sowie deren Daten werden als Funktionsblöcke abgebildet. Der Standard enthält keine Vorschriften, die systemspezifische Eigenschaften einzelner industrieller Anwendungen definieren [LEW01]. Der gesamte Standard ist in die folgenden vier Abschnitte unterteilt [IEC05]: Teil 1: *Architektur*, Teil 2: *Anforderungen für Softwaretools*, Teil 3: *Anwendungsrichtlinien* (wurde zwischenzeitlich aber zurückgezogen) und Teil 4: *Regeln für die Einhaltung des Standards*. Das vorrangige Ziel bei der Entwicklung der IEC 61499 war die Realisierung von verteilten Steuerungssystemen. Dazu definiert dieser Standard das Systemmodell, das Applikationsmodell, das Gerätemodell das Ressourcenmodell sowie das Funktionsblockmodell. Um das Erzeugen und Ändern einer IEC 61499 Steuerungsapplikation möglichst flexibel gestalten zu können, bietet der Standard ein Management-Interface mit speziellen Managementkommandos welches im Managementmodell definiert ist. Es umfasst das Erzeugen, Löschen, Starten, Stoppen, Beenden und Abfragen von Softwarekomponenten einer Steuerungsapplikation und bildet die Basis für das Konzept des dynamisch (online) rekonfigurierbaren Steuerungssystems.

## **3 4DIAC – Ein IEC 61499 Open Source Projekt**

Die 4DIAC Open Source Initiative [4DIw] wurde gemeinsam von PROFACTOR GmbH und der Technischen Universität Wien (Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik) im Sommer 2007 ins Leben gerufen und wird von der O<sup>3</sup>neida Organisation [O3Nw] unterstützt. O<sup>3</sup>neida ist eine internationale Organisation die sich der Förderung und Stärkung von Anwendungen mit verteilter Automatisierungstechnik verschrieben hat, wobei der Standard IEC 61499 eines der wichtigen Grundelemente dafür ist. Die 4DIAC Open Source Initiative ist in die zwei folgenden Projekte gegliedert, die unter der

Eclipse Public License (EPL) v 1.0 verfügbar sind: (1) *4DIAC Runtime Environment* (kurz *FORTE*): Laufzeitumgebung für IEC 61499, implementiert in C++ und (2) *4DIAC-IDE*: Engineering-Werkzeug für IEC 61499, die auf dem Eclipse Framework aufbaut.

### 3.1 4DIAC-RTE / FORTE

Bei der Entwicklung der FORTE wurde auf drei Gesichtspunkte besonders Rücksicht genommen: (1) FORTE soll auch für kleine Plattformen (z.B. Mikrocontroller) einsetzbar sein, (2) die Implementierung soll Echtzeitanforderungen genügen können und (3) FORTE soll möglichst plattformunabhängig sein. Deshalb wurde eine C++ Implementierung vorgenommen, die auf ein Betriebssystem aufgesetzt werden muss. Abbildung 1 zeigt die grundsätzliche Architektur der FORTE Laufzeitumgebung. Um möglichst große Plattformunabhängigkeit zu erreichen, wurde der sog. *FORTE Abstraction Layer* eingeführt, der Zugriffe auf unterlagerte Funktionalitäten von Hardware und Betriebssystem kapselt.

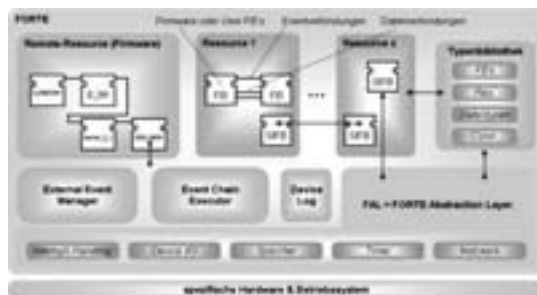


Abbildung 1: Struktur der 4DIAC Runtime Environment

### 3.2 4DIAC-IDE

Bei der Entwicklung der 4DIAC-IDE wurde im Besonderen darauf geachtet, dass die Konzepte für das Engineering von verteilten Applikationen möglichst gut und für den Anwender einfach unterstützt werden. Abbildung 2 zeigt einen Screenshot der 4DIAC-IDE, wobei versucht wurde, die wichtigsten Elemente auf einen Blick darzustellen. Die 4DIAC-IDE wurde auf Basis des Eclipse Frameworks erstellt, da es hierfür bereits eine Vielzahl an vorgefertigten Komponenten (Plug-Ins genannt) gibt, die die Entwicklung eines solchen Werkzeugs sehr gut unterstützen. Folgende Elemente sind in der 4DIAC-IDE enthalten: *Projektverwaltung*, *Editoren*, *Bibliotheken*, und *Download/Deployment*.

## 4 Anwendungsbeispiele

Ziel von 4DIAC ist die Bereitstellung einer einfach erweiterbaren Plattform für Forschungs- und Industrieprojekte im Umfeld verteilter Steuerungen. Es soll auf einer erprobten Basis aufgesetzt werden können, um sich auf die neuen Aspekte der Forschung und Entwicklung im Steuerungsbereich konzentrieren zu können. Dieses Angebot wird bereits mehrfach genutzt. Im Folgenden werden zwei 4DIAC Applikationsbeispiele gebracht.

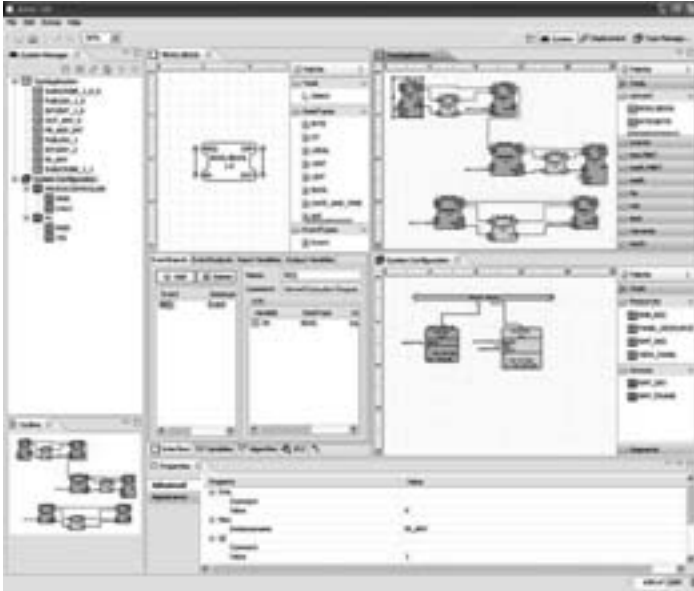


Abbildung 2: Screenshot der 4DIAC-IDE

#### 4.1 Modularer Roboterarm

Anhand eines modularen 6-Freiheitsgrad Vertikal-Knickarmroboter welcher aus mechatronische Antriebsmodulen (kurz: PowerCubes) der Fa. Schunk aufgebaut ist, wurde die Anwendbarkeit des verteilten Steuerungsansatzes auf Basis von 4DIAC untersucht und demonstriert. Jeweils zwei PowerCubes werden über eine PC/104 Hardwareplattform mit einem Linux-Echtzeitbetriebssystem und der FORTE angesteuert. Zu diesem Zwecke wurden eigene IEC 61499 Service Interface FBs für die Ansteuerung der PowerCubes entwickelt, welche auf der Motion Control Spezifikation der PLCopen [PLCw] beruhen. Über diese Service Interface FBs lassen sich die einzelnen PowerCubes über die PC/104 Hardwareplattform ansprechen. Zur Regelung eines jeden einzelnen PowerCube dienen PD-Regler. Jeweils zwei PD-Regler werden auf einer PC/104 Hardwareplattform ausgeführt. Ein PC/104 Modul übernimmt die übergeordnete Koordinationssteuerung der einzelnen PowerCubes. Mit diesem Steuerungskonzept kann jedoch relativ einfach eine neue Konfiguration (Änderung der Hardwaremodule als auch der Steuerungslogik) durchgeführt werden. Ähnlich dem mechanischen/elektrischen Aufbau des Roboters lässt sich die steuerungstechnische Architektur bewerkstelligen.

Um bei der Applikationsentwicklung schon während des Design- und Programmiervorgangs diverse Tests durchführen zu können, wurde weiters eine Anbindung des FORTE Laufzeitsystems an ein 3D Simulationswerkzeug realisiert (siehe Abbildung 3). Dazu wurden eine Bibliothek der PowerCube Module für die 3D Simulation entwickelt, die ähnlich verwendet werden kann, wie die IEC 61499 Bibliothek zu deren Ansteuerung. Durch diesen Ansatz kann schon frühzeitig im Entwicklungsprozess ein Test des Steuerungsprogramms an einer virtuellen Maschine bzw. Roboter durchgeführt werden.

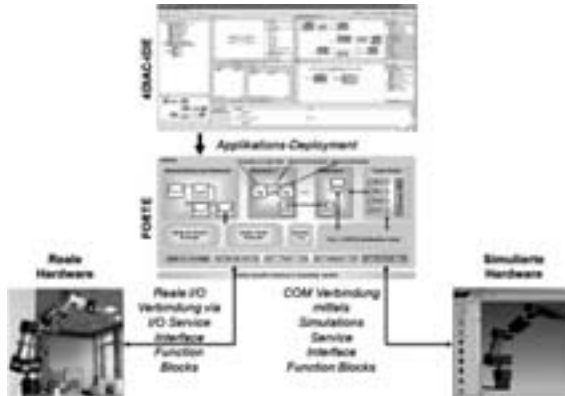


Abbildung 3: Realisierung der Anbindung von simuliertem und realem modularem Roboterarm bestehend aus PowerCube Modulen

## 4.2 Integration von Bildverarbeitung

Eine weitere Anwendung die die besonderen Fähigkeiten des Standards IEC 61499 und der FORTE zu zeigen ist die Integration von Bildverarbeitungstechnologien in ein Automatisierungssystem. Die Grundidee dabei ist die steigende Rechenleistung von Feldgeräten, Sensor und Aktoren. Dies erlaubt nun Vorort in den Feldgeräten Steuerungsfunktionalität einzubauen und in einem verteilten Steuerungssystem zu nutzen. Bei dem in diesem Anwendungsfall eingesetzten Feldgerät handelte es sich um ein intelligentes Kamerasystem der Firma Festo. Dieses Kamerasystem ist mit einem leistungsfähigen  $\mu$ Controller und einer Ethernet Schnittstelle ausgestattet. Durch portieren der FORTE auf die Kamera wird diese ein vollwertiger Teilnehmer im Automatisierungsverbund und ermöglicht direkte Reaktionen des Steuerungsprogramms aufgrund der mit der Kamera detektierten Anlagenzustände. Hierbei ergibt sich das Problem dass Bildverarbeitungsproblemstellungen bisher in eigenen Programmiersprachen oder Programmen gelöst werden. Dadurch müssen für die Integration des Bildverarbeitungssystems in die Automatisierungswelt verschiedene Programme implementiert werden.

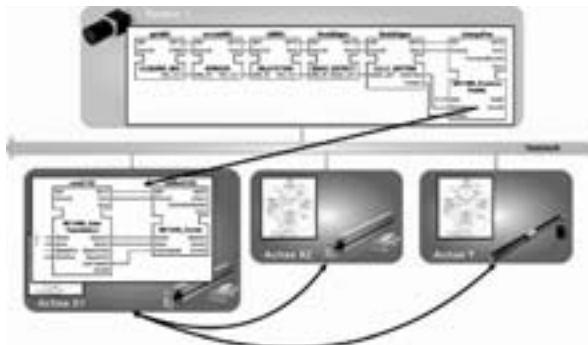


Abbildung 4: Programmierung eines Bildverarbeitungsalgorithmus mit IEC 61499 Funktionsblöcken und dessen Interaktion mit einem Motion System

Um dies zu Vereinheitlichen entwickelten wir eine eigene FB-Bibliothek welche typische Bildverarbeitungsfunktionen kapselt. Dadurch ist es nun möglich durch Aneinanderreihen von diesen Bildverarbeitungs-FBs, wie zum Beispiel Teileerkennung, direkt im Steuerungsprogramm zu spezifizieren und auch direkt im Steuerungsprogramm darauf zu reagieren.

Zur Demonstration dieser Funktionalität wurde die FORTE-Kamera in ein 3 Achs-Portalrobotersystem eingebaut. Jeder Antrieb dieser Achse ist bereits mit einer eigenen IEC 61499 Steuerung ausgestattet und kann mit Funktionsblöcken welche auf der Motion Control Spezifikation der PLCopen [PLCw] beruht gesteuert werden. In der Demonstration galt es nun Teile die auf einer Palette an der Kamera vorbeigeführt werden zu erkennen und in einem zweiten Schritt jenes Teil mit einem Laserpointer zu Markieren welches vom Benutzer Ausgewählt wurde. Für den zweiten Schritt ist es notwendig, dass die Kamera die Achsen des Portalsystems so koordiniert dass sie synchron mit der Palette mitfahren. Somit stellt das Testsystem eine fliegende Säge dar.

## 5 Ausblick

Die 4DIAC Open Source Initiative stellt seit 2007 eine quelloffene Steuerungssoftware auf Basis der IEC 61499 in Form einer Laufzeitumgebung und eines Engineering-Systems unter der Eclipse Public License (EPL) v1.0 zur Verfügung. Auf dieser Basis konnten schon einige Forschungs- und Industrieprojekte umgesetzt werden.

Die weiteren Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten auf diesem Gebiet befassen sich mit den Verbesserungen des Engineering-Systems bzw. dem Engineering-support und der Gewährleistung der deterministischen Abarbeitung von IEC 61499 basierenden Steuerungs- und Rekonfigurationsprogrammen. Aus Sicht eines Steuerungsprogrammierers muss das Engineering-System einen entsprechenden Support des Rekonfigurationsablaufes bieten.

Weitere Tätigkeiten im Rahmen der 4DIAC Initiative sind die Portierung des FORTE Laufzeitsystems auf diverse SPS-Hardware (z.B. Beckhoff, Bachmann, Siemens, etc.) bzw. Embedded Hardware (z.B. Lego Mindstorms NXT).

## Literaturverzeichnis

- [4DIw] 4DIAC Consortium, 4DIAC – Open Source for Distributed Industrial Automation, Open Source Projekt, Online, [www.fordiac.org](http://www.fordiac.org).
- [IEC03] IEC 61131 Standard, Programmable Controllers, International Electrotechnical Commission, Genf, Schweiz, 2nd Edition, 2003.
- [IEC05] IEC 61499 Standard, Function Blocks, International Electrotechnical Commission, Genf, Schweiz, 2005.
- [LEW01] R.W. Lewis, Modeling control systems using IEC 61499, ISBN: 0 85296 796 9, IEE Publishing, 2001.
- [PLCw] PLCopen User Organisation, PLCopen for efficiency in automation, Online, [www.plcopen.org](http://www.plcopen.org).
- [O3Nw] O<sup>3</sup>neida - An Open, Object-Oriented Knowledge Economy for Intelligent Industrial Automation, Online, [www.ooneida.org](http://www.ooneida.org).