

Erweitertes Life-Cycle Management für Geräte in der Automatisierung

Roman Frenzel, Martin Wollschlaeger, Andreas Gössling

Institut für Angewandte Informatik
Fakultät Informatik
Technische Universität Dresden
01062 Dresden
roman.frenzel@inf.tu-dresden.de
martin.wollschlaeger@inf.tu-dresden.de
andreas.goessling@inf.tu-dresden.de

Abstract: Bei der Automatisierung komplexer Anlagen fällt eine Vielzahl von Informationen an, die dem Life-Cycle einzelner Geräte und dem des Gesamtsystems zugeordnet werden können. Dabei sind insbesondere die Feldgeräte Träger und Schlüssel von Informationen. Diese Arbeit diskutiert die Notwendigkeit eines verallgemeinerten gerätezentrierten Informationsmodells für das Life-Cycle Management moderner Automatisierungskomponenten und Feldgeräte.

1 Einleitung

Moderne Automatisierungssysteme sind durch hohe Komplexität gekennzeichnet – einerseits sind die Systeme selbst komplex, andererseits werden ihre Komponenten wie etwa Feldgeräte und industrielle Netzwerke immer komplexer. Dies ist verschiedenen Gründen geschuldet. Hierzu gehören etwa die vom Anwender geforderte Flexibilität, um besser auf Kundenwünsche in einer durch zunehmend globalen Wettbewerb gekennzeichneten Umgebung reagieren zu können. Zu den Gründen gehören aber genauso die steigende Funktionalität und die breitere Anwendbarkeit der Komponenten, die nur so in adäquaten Stückzahlen und damit effektiv hergestellt werden können.

Mit der Steigerung der Komplexität geht eine Verlagerung der Aufwendungen für das Management der Systeme und der Komponenten einher. Gleichzeitig steigt die Menge an Informationen, die mit den Komponenten und dem System assoziiert ist. Diese Menge an Informationen gilt es zu beherrschen, gleichzeitig bildet dieser Informationshaushalt die Basis für Optimierungen und Weiterentwicklungen.

Über die letzten Jahre haben sich verschiedene Ansätze entwickelt, wie moderne Automatisierungssysteme strukturiert werden können. Die Grundlage bildet dabei nach wie vor eine hierarchische Struktur gemäß der klassischen Automatisierungspyramide, wenngleich man heute meist vier Ebenen (ERP-, MES-, Control- und Field-Level) unter-

scheidet. Diese vier Ebenen entsprechen den Schichten, die im IEC 62264 [S95] Standard definiert werden, und zwar in der Nummerierung von ERP als 4 absteigend bis Field-Level mit der Nummer 1. Die vertikale Integration der Komponenten und Subsysteme über diese Ebenen hinweg – hin zu einem durchgängigen Verbund – ist immer noch nicht gelöst. Neben dieser Integration sind aber insbesondere die Prozesse im Life-Cycle der Anlage zu betrachten, die sich auf den verschiedenen Ebenen unterschiedlich darstellen und die miteinander zusammenhängen.

Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang die Automatisierungsgeräte, die einerseits direkt im Produktionsprozess wirken, andererseits eine wichtige Informationsquelle für Funktionen wie Asset Management, Qualitätssicherung oder zustandsorientierte Instandhaltung darstellen. Bedingt durch die Breite der Anwendungsforderungen und durch die Vielzahl der Hersteller hat sich eine extreme Heterogenität entwickelt, die den konsistenten Zugriff auf den Informationshaushalt der Komponenten erschwert.

Daraus ergibt sich die Forderung nach einem geeigneten Informationsmodell, in dem auf Basis der Informationen aus den Komponenten der kontextabhängige Zugriff auf relevante Informationen des Systems in allen Phasen des Life-Cycle möglich wird.

2 Der Life-Cycle einer Fabrikanlage

Die Phasen des Life-Cycle für Komponenten und Systeme werden je nach Ebene der Automatisierungspyramide und je nach Anwendungsdomäne unterschiedlich definiert. Für die weiteren Betrachtungen werden folgende allgemeine Definitionen verwendet.

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen Phasen, die beim Produzenten eines Systems bzw. seiner Komponenten anzusiedeln sind und solchen, die beim Anwender stattfinden. Der Life-Cycle beginnt bei den Produzenten mit der Entwicklung von Automatisierungskomponenten. Nach der Entwicklung werden diese produziert und verkauft. Die weiteren Phasen werden durch den Anwender geprägt. Dieser befasst sich zunächst in einem extrem arbeitsteiligen Prozess mit der Planung des Gesamtsystems (der Anlage). Falls die Planung zufriedenstellend verläuft, wird die Beschaffung der Komponenten veranlasst. Um die Anlage in der Produktionsumgebung des Anwenders erfolgreich einsetzen zu können, muss sie an die speziellen Bedingungen und Konfigurationen angepasst und installiert (errichtet) werden. Daran schließt sich die Inbetriebnahme an, bevor die Anlage produktiv genutzt wird (Betrieb). Abnutzung und Verschleiß bedingen eine spätere Wartung der Anlage. Wenn die Anlage nicht mehr wartbar ist oder sich gravierende Änderungen in ihrer Struktur ergeben, wird die Anlage ganz oder teilweise entsorgt bzw. recycelt.

Aus der Analyse des Life-Cycle einer Fertigungsanlage ergeben sich folgende Phasen:

1. Entwicklung - Von der Menge der Informationen, die über eine Anlage existieren, werden viele bereits in der ersten Phase des Life-Cycle festgelegt. So sind zum Beispiel sämtliche Standards, die berücksichtigt werden müssen, Teile des Entwicklungsprozesses

ses. Außerdem werden hier Sollmaße und Grenzwerte festgelegt. Werden während der Entwicklung Tests durchgeführt, so ergeben sich daraus Überlastungsindikatoren.

2. Produktion - Während die Informationen aus der Entwicklung meist für alle Anlagen desselben Typs gleich sind, fallen bei der Produktion instanzspezifische Informationen zu jeder Anlage an. So legt diese Phase zum Beispiel die tatsächlichen Maße der einzelnen Anlage fest und besondere Umweltbedingungen während der Produktion können dokumentiert werden, sofern diese Einfluss auf die spätere Funktionalität haben.

3. Planung - Die Planung umfasst den Entwurf sämtlicher Systemfunktionen einschließlich funktionaler und konstruktiver Parameter. Dazu werden hauptsächlich gerätetypbezogene Informationen über die einzusetzenden Geräte wie Zertifikate, Informationen über die Benutzerschnittstelle, Einsatzbedingungen und weitere benötigt.

4. Beschaffung - Die Beschaffung einer Anlage versieht diese üblicherweise mit einem Identifikator, die sie in der Fabrik des Anwenders jederzeit auffindbar macht. Dies kann zusätzlich zu einer Seriennummer erfolgen, die der Produzent vergeben hat, oder kann die Seriennummer übernehmen beziehungsweise erweitern.

5. Installation - Die Installation liefert eine große Menge an Konfigurationsdaten und Arbeitsparametern. Diese Daten sind wichtig, um aus Messwerten und Meldungen von Sensoren korrekte Schlüsse ziehen zu können. Allein aus den Herstellervorgaben lassen sich bisweilen keine korrekten Schlüsse ziehen, sofern nicht die Konfiguration der Anlage in ihrer speziellen Umgebung berücksichtigt wird.

6. Inbetriebnahme - Während der Inbetriebnahme sind vor allem Informationen aus vorhergehenden Phasen nötig, um eine möglichst einfache Vernetzung der Anlage sowohl mit dem Produktionsprozess in der Fabrik des Anwenders als auch mit der zugehörigen Informationslogistik zu erreichen. Sowohl Grenzwerte als auch Konfigurationsdaten müssen einer Fabriksteuerung bekannt sein, um die Anlage effektiv und fehlerfrei nutzbar zu machen.

7. Betrieb - Während der Betriebsphase fallen besonders viele Laufzeitdaten an, die eventuell wertvolle Informationen über den Zustand der Anlage enthalten können. Insbesondere im Hinblick auf zustandsorientierte Instandhaltung als Wartungsstrategie ist es essentiell, aus den Laufzeitdaten zusätzlich zur situativen Steuerung der Anlage Informationen über Abnutzung und Lebenserwartung der Anlage und ihrer Komponenten zu ziehen.

8. Wartung - Die Wartung kann Informationen darüber abwerfen, unter welchen Bedingungen Wartungen besonders häufig nötig werden, ob eine geplante Wartung nötig war oder welche Anlagen in einer Fabrik besonders wartungsintensiv sind. Außerdem kann die Wartung, wie bei den Informationen aus der Betriebsphase erwähnt, großen Nutzen aus Informationen aus dem Life-Cycle ziehen.

9. Recycling - Das Recycling von Anlagen und Komponenten umfasst eine ökologisch vertretbare Entsorgung einer Anlage wenn eine Wartung nicht möglich ist oder sich aus ökonomischer Sicht nicht rentiert. Für das Recycling werden hauptsächlich Informatio-

nen über die Zusammensetzung der Geräte und Gerätebestandteile (wie das eingesetzte Dielektrikum bei Kondensatoren) benötigt. Aus den Angaben ergeben sich verschiedene Anforderungen für das Recycling.

Viele Informationen für den Life-Cycle einer Anlage liegen in den Schichten 3 und 4 der Automatisierungspyramide. So enthält Schicht 4 beispielweise Inventarnummern und das Datum der Inbetriebnahme, wogegen Schicht 3 die Position in der technologischen Folge, die Auslastung und zugeordneten Aufträge enthält. Nichtsdestotrotz gibt es Informationen, die nicht sinnvollerweise im MES oder dem ERP gespeichert werden können. So bezieht sich zwar obige Life-Cycle Definition auf eine Anlage, deren Komponenten besitzen jedoch eigene Lebenszyklen, die nicht immer in allen Ebenen referenzierbar sind. Wenn beispielsweise in dem im ERP verwalteten Equipment-Part „Frischwassereinspeisung“ ein einzelnes Ventil verschleißt, ist es ökonomisch nicht sinnvoll, den gesamten Part auszutauschen. Stattdessen wird eben nur das im Field-Level angesiedelte Gerät „Ventil“ ausgetauscht. Dadurch wird es nötig auch für jedes Gerät Informationen zu speichern. Generell gibt es also Informationen über Geräte, die aufgrund des Fokus der Schichten nicht in Schicht 3 oder 4 abgebildet werden können. Um diese Informationen effektiv und einfach erhalten zu können, wurden Identification & Maintenance – Daten eingeführt.

3 Feldgeräte als Identifikatoren für Informationen im System

Die zunehmende Komplexität moderner Feldgeräte erfordert einen stets umfassenderen Bestand an Informationen über sie. Dazu gehören Informationen für die Verwaltung und Änderung der Geräteparameter, um einerseits die Geräte an ihre Einsatzcharakteristik anzupassen und andererseits den Produktionsdurchsatzes zu maximieren.

Über die Kommunikationsnetze werden verschiedene Informationen wie Angaben zur Identifikation, Aussagen über die Rolle des Gerätes im Automatisierungsverbund sowie Zustandinformationen als numerische Werte aus den Geräten gelesen und außerhalb in Informationssystemen interpretiert [WoFr1].

Auf Basis der Gerätedaten wird weiterhin der Zugriff auf zusätzliche Informationen wie Bestellinformationen, Zertifikate, Wartungsinformationen und weitere ermöglicht [WoFr2].

Der Zugriff auf jene Informationen erfolgt bisher jedoch auf einzelne Gerätegruppen und -instanzen bezogen und berücksichtigt nicht die Einordnung in größere (Fabrik-)Umgebungen.

Ein einzelnes Gerät, entweder als Gerätetyp (als eine Klasse von Geräten) oder als Gerät an sich (als eine Geräteinstanz), muss der Ausgangspunkt für die Identifikation sein. Daher müssen die Identifikationsdaten der Schlüssel sein, um auf zugehörige Informationen zugreifen zu können. Dies erfordert eindeutige Identifikationsmethoden und eindeutige Referenzmechanismen mit einer flexiblen Qualifikation der Referenztypen.

Für PROFIBUS und PROFINET wurden durch die PROFIBUS-Nutzerorganisation (PROFIBUS International) einheitliche „Identification & Maintenance Functions“ (I&M Funktionen) definiert [IMG]. Dabei handelt es sich um einen Satz von eindeutigen Datenstrukturen mit festgelegter Semantik.

Die Funktionen dienen zum Auslesen von in den Geräten als numerische Werte gespeicherten Informationen, welche in Informationssystemen außerhalb der Geräte interpretiert werden. Dazu zählen zum einen vom Gerätehersteller festgelegte Identifikationsangaben wie zum Beispiel die Profizugehörigkeit, die Geräteklasse, Revisionsnummern und die Angabe des Geräteherstellers. Zum anderen werden in den Geräten Informationen für die Wartung wie beispielsweise das Installationsdatum, die Funktionskennung und das Ortskennzeichen gespeichert, die zur Laufzeit des Gerätes durch den Anwender festgelegt werden. Sämtliche Parameter sind somit hersteller- und anwendungsabhängig. Sie dienen als Referenz für das gerätebezogene Life-Cycle Management.

4 Erweiterung der Informationen aus dem Life-Cycle für kontextabhängige Anwendungen

Mit den ausgelesenen Daten können die Geräte einerseits identifiziert werden, andererseits wird der Zugriff auf zusätzliche Informationen ermöglicht. Es besteht jedoch keine Möglichkeit, mit den vorhandenen Gerätedaten auf Informationen zuzugreifen, die den Kontext von Geräten in einem größeren Automatisierungsverbund einbeziehen.

Um dies zu erreichen werden verschiedene, den Kontext beschreibende Informationen benötigt. Zu den Informationen gehören beispielsweise die Netzwerkkonfiguration, Schaltungen für die Fehleridentifikation, die technologische Folge der Geräte für eine abhängige Fehleranalyse sowie Angaben bezüglich der Wartungsplanung.

Als Anwendungsbeispiel für solche Informationen kann man die bereits erwähnte zustandsorientierte Instandhaltung betrachten. Sensordaten einzelner Maschinen geben hilfreiche Informationen zum Zustand ebendieser Maschine. Falls aber in einem Feldgerät keine Sensoren vorhanden sind, mit denen man direkte Rückschlüsse auf den Gerätezustand ziehen kann, werden Umgebungsinformationen wichtig. Außerdem werden Kontextinformationen benötigt, um erlangte Daten korrekt zu interpretieren.

Ein Gerät, welches bereits stark abgenutzt ist und Wartungsbedarf hat, erfüllt häufig seine Funktion nicht mehr in vollem qualitativen Umfang. Ein im Fertigungsablauf nachgelagertes Gerät innerhalb derselben technologischen Folge, das durch einen Sensor in die Lage versetzt wird, die Ergebnisse der Bearbeitung durch die sensorisch „blinde“ Maschine zu überprüfen, liefert aber Informationen über mangelhaft bearbeitete Werkstücke. Ziel kann es nun sein, diese Informationen so zu verknüpfen, dass valide Aussagen über den Wartungsbedarf der vorgelagerten Maschine getroffen werden können.

Während in oben genanntem Beispiel nur Messdaten aus einem anderen Gerät verwendet wurden, kann auch die Einbeziehung von Planungsdaten relevant sein. So könnte

etwa ein Gerät Daten liefern, die auf eine deutlich höhere Last als im Durchschnitt hindeuten. Wenn diese Daten für sich interpretiert werden, so deuten sie womöglich auf eine starke Abnutzung des Gerätes hin. Wenn aber Planungsdaten in die Informationsgewinnung einbezogen werden, so kann es sein, dass ein deutlich härteres Material als üblich verarbeitet wird und die höhere Last dadurch hinreichend erklärt wird. In diesem Fall müssen also Daten aus Schicht 3 der Automatisierungspyramide herangezogen werden, um korrekte Schlüsse zu ziehen.

5 Implementierung und Ausblick

Für die Realisierung des kontextabhängigen, erweiterten Life-Cycle Managements wurde ein mögliches Informationsmodell erstellt und prototypisch realisiert (siehe Abbildung 1). Weiterhin wurde eine Klassifikation der für die jeweilige Phase des Lebenszyklus benötigten Dokumente erstellt (siehe Tabellen 1 und 2). Die im Prototyp angebotenen Dokumente können von verschiedenen Informationsquellen und in unterschiedlichen Dokumenttypen und Sprachen abgerufen werden. Die Basis für den Zugriff auf jedes Dokument bilden dabei Web-Services, welche die aus den Geräten ausgelesenen Daten auf physikalische Dokumente abbilden [WoFr2].

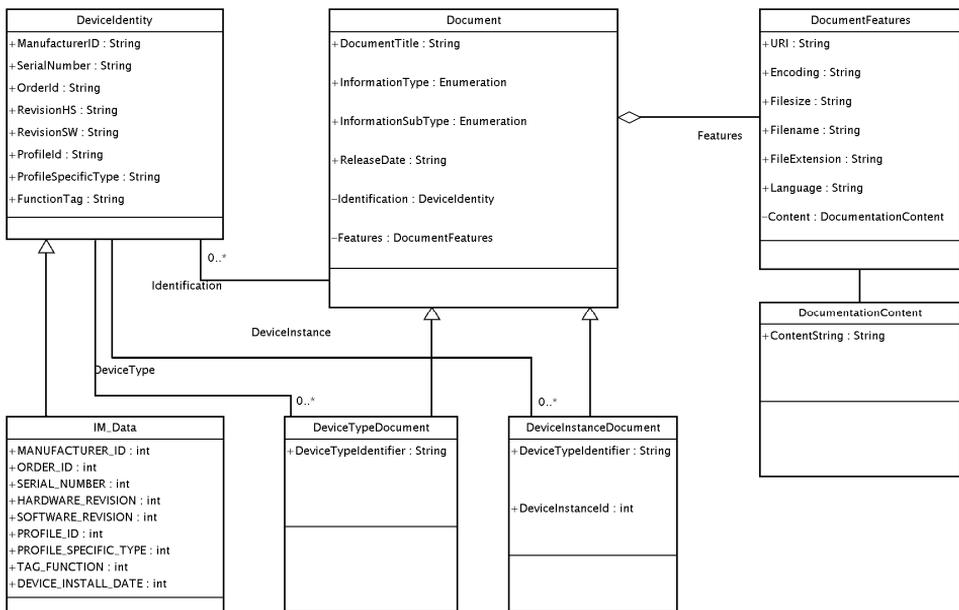


Abbildung 1: Informationsmodell

| Information types | Information subtypes | Planner | Application engineer | System integrator | Operator | Maintenance |
|-------------------|-----------------------|---------|----------------------|-------------------|----------|-------------|
| documentation | device handbook | X | | X | X | X |
| | mounting instructions | X | | X | X | X |
| | connection list | X | | X | X | X |
| certificates | emv certificate | X | X | X | | |
| | ce certificate | X | X | X | | |
| | callibration | X | X | X | | |
| | explosion protection | X | X | X | | |

Tabelle 1: Life-Cycle-abhängiger Zugriff auf gerätetyp-bezogene Informationen (Auszug)

| Information types | Information subtypes | Planner | Application engineer | System integrator | Operator | Maintenance |
|-------------------|----------------------|---------|----------------------|-------------------|----------|-------------|
| instance version | firmwareVersion SW | X | X | X | | X |
| | firmwareVersion HW | X | X | X | | X |
| operational data | currentParameterSet | | | X | X | X |
| | initialParameterSet | | | X | X | X |
| maintenance | manufacturingDate | | | | | X |
| | installDate | | | | | X |
| | lastMaintenanceDate | | | | | X |

Tabelle 2: Life-Cycle-abhängiger Zugriff auf geräteinstanz-bezogene Informationen (Auszug)

Zentrales Element des Informationsmodells ist die Klasse »Document«. Sie enthält als Metadaten allgemeine Angaben des Dokuments wie den Titel, das Veröffentlichungsdatum sowie die Lebenszyklusphase, in der auf die spezifischen Informationen zugegriffen werden kann. Ein Dokument besitzt weiterhin verschiedene Eigenschaften (Klasse »DocumentFeatures«). Dazu zählen die Angabe der Adresse, unter der das Dokument abgespeichert ist, Dateieigenschaften wie der Dateiname, die Dateigröße, die Dateierweiterung, der Kodierungstyp und die Sprache. Der Inhalt des Dokuments ist über die Klasse »DocumentContent« erreichbar. Die Klasse »Document« besitzt zwei Spezialisierungen: die Klassen »DeviceTypeDocument« und »DeviceInstanceDocument«. Sie beschreiben das Dokument, welches einer Klasse von Geräten oder einer Geräteinstanz zugeordnet ist. Dabei besitzen beide Klassen eine Gerätetyp-Identifizierung (eine Geräteinstanz gehört ebenfalls zu einem Gerätetyp). Die Klasse

»DeviceInstanceDocument« besitzt zusätzlich eine Geräteinstanz-Id, welche ein einzelnes Gerät identifiziert. Um das korrekte Dokument referenzieren zu können, wird die Klasse »DeviceIdentity« gemäß ISO 15745 [ISO45] genutzt. Die Klasse »IM_Data« ist die Spezialisierung von »DeviceIdentity« für PROFIBUS und PROFINET und realisiert den Zugriff auf die Gerätedaten nach den Spezifikationen der PROFIBUS-Nutzerorganisation.

Das vorgestellte Modell realisiert den kontextabhängigen Zugriff auf Informationen, welche in Form von beliebigen Beschreibungen vorliegen und bezieht sich zunächst auf Einzelgeräte. Das Modell kann problemlos für den Zugriff auf Informationen von Geräteaggregationen (Gesamtpläne, etc.) erweitert werden, sobald diese als Einheit eindeutig identifizierbar sind – beispielsweise durch Komponenten- sowie Anlagenbezeichner bzw. -seriennummern. Auf den verschiedenen Hierarchieebenen einer komplexen Anlage existieren verschiedene Lebenszyklen, die ihrerseits für den kontextabhängigen Zugriff auf Dokumente genutzt werden können. Darüber hinaus werden durch die Hierarchie selbst weitere Kontextinformationen, zum Beispiel im Sinne der Enthaltenseinshierarchie, definiert.

Für das Beispiel der zustandsorientierten Instandhaltung lässt sich so die Informationsintegration über ein Framework realisieren, wie es in [PreC] vorgeschlagen wird. Dabei liegt der Fokus in der praktischen Umsetzung der dargestellten Konzepte darauf, mithilfe von Kontextinformationen zusätzliche Quellen für die Bewertung und Vorhersage von Maschinenzustandsinformationen zu liefern, die bei der Einzelbetrachtung bisher nicht berücksichtigt werden konnten.

Die Strukturierung und Klassifikation der in den Lebenszyklusphasen benötigten Informationen sind ein erster sinnvoller Ansatz für den Zugriff auf kontextabhängige Informationen. Die müssen ausgebaut und der Standardisierung zugeführt werden.

Literaturverzeichnis

- [S95] International Electrotechnical Commission: IEC 62264 – Enterprise-Control System Integration, IEC, 2003.
- [WoFr1] Wollschlaeger, M.; Frenzel, R.: “An Information Model for Life Cycle Support of Field Device related Documents.“, WFCS 2006 6th IEEE Workshop on Factory Communication Systems, 28. 30.06.2006, Turin. Proceedings, pp.231-234
- [WoFr2] Wollschlaeger, M.; Frenzel, R.: “Handling Field Device Documentations throughout the Life Cycle of Automation Systems - Web-based Information Model and Access Methods.” INDIN 2006 4th IEEE Conf. on Industrial Informatics, 16.-18.08.2006, Singapur. Proceedings.
- [ISO45] ISO 15745-3 “Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 3: Reference description for IEC 61158-based control systems”, ISO, 2003
- [IMG] PROFIBUS “Profile Guidelines, Part 1, Identification & Maintenance functions. Version 1.1”, PROFIBUS International, May 2003, Order-No. 3.502.
- [PreC] Groba, C., Cech, S., Rosenthal, F., Gössling, A.: “Architecture of a Predictive Maintenance Framework”, angenommen für CISIM2007, 6th International Workshop on Computer Information Systems and Industrial Management Applications, 2007.