

Zur semantischen Interoperabilität in der Energiebranche: CIM IEC 61970

Erschienen als:

Zur semantischen Interoperabilität in der Energiebranche: CIM IEC 61970

Mathias Uslar, Fabian Grüning

In: Wirtschaftsinformatik, 49(4), Vieweg Verlag, S.295-303, 9/2007

Die Autoren

Mathias Uslar
Fabian Grüning

Dipl.-Inform. Mathias Uslar
OFFIS – Institut für Informatik
Bereich Betriebliches
Informationsmanagement,
Escherweg 2
26121 Oldenburg
0441 9722-128
uslar@offis.de

Dipl.-Inform. Fabian Grüning
Universität Oldenburg
Abteilung Informationssysteme
26111 Oldenburg
0441 9722-209,
fabian.gruening@informatik.
uni-oldenburg.de

Eingereicht am 2007-02-12,
nach zwei Überarbeitungen
angenommen am 2006-05-14
durch Prof. Dr. Udo Winand

Stromerzeugung liefern, knapper und damit teurer, so dass die Energieversorger bemüht sind, dem Preisdruck auszuweichen, indem sie Alternativen zu diesen Ressourcen zur Energieumwandlung suchen [EURi01, 1ff.]. Dies zeigt sich vor allem in den erneuerbaren Energien wie Windkraft-, Solar, Wasser, Biogas- und Geothermieanlagen. Zum anderen wurde nicht zuletzt durch Vorgaben der Europäischen Union der energiewirtschaftliche Markt geöffnet [EURi03, 1ff.]. Die Marktöffnung wurde durch das „Herauslösen“ der Netze aus den Unternehmen ermöglicht (Unbundling), die bis dahin häufig sowohl die Anlagen zur Stromerzeugung als auch die Netze zur Stromweiterleitung und den Vertrieb des Stroms an den Endkunden umfassten. Durch die Umstrukturierungen ist nun ein Marktumfeld entstanden, das es den Nachfragern des Produkts

Strom ermöglicht, aus den Angeboten vieler Stromanbieter zu wählen. Darüber hinaus wird die Abkehr von CO₂-emittierenden hin zu nachhaltigeren Methoden zur Stromerzeugung im Angesicht globaler Veränderungen des Klimas als dringendes Ziel angesehen, wie es z. B. auch im Kyoto-Protokoll formuliert worden ist.

Diese Entwicklungen haben massive Auswirkungen auf die Energieversorger. Eine Herausforderung besteht darin, die Stromqualität auf einem hohen Niveau zu halten, d. h. für Stabilität von Spannung und vor allem Frequenz zu sorgen. Dieses Problem vergrößert sich, je mehr dezentrale Anlagen in das Niederspannungsnetz einspeisen, wie es z. B. bei Windkraft-, Photovoltaik und Biomasseanlagen der Fall ist.

Weiterhin stellen sich auch an bisherige IT-Systeme der Energiewirtschaft neue

■ 1 Veränderungen der Energieerzeugung und -verteilung

Die Energiebranche befindet sich seit einigen Jahren in einem starken, sich beschleunigenden Wandel, der im Wesentlichen auf zwei Beweggründe zurückzuführen ist. Zum einen werden die endlichen Ressourcen wie Kohle und Öl, deren Verbrennung nach wie vor den Großteil der Energie zur

Kernpunkte

Dieser Beitrag stellt das Common Information Model CIM der IEC (International Electrotechnical Commission) vor, welches als Norm 61970 gepflegt wird. Neben den Rahmenbedingungen für das „heutige“ CIM am Markt werden die historische Entwicklung des CIM, seine Anwendungsgebiete und Serialisierungsformate sowie zukünftige Forschungs- und Einsatzaspekte des CIM in der Energiewirtschaft vorgestellt. Die dabei fokussierten Anwendungsfälle betreffen die Punkte:

- Nachrichtenbasierte Kopplung von Informationssystemen,
- Austausch von Stromnetzdarstellungen mit minimalem Datenoverhead,
- Datenqualitätssicherung mittels ontologiebasierter Metadatenannotierung sowie
- Integration heterogener Standards im Energiebereich.

Der Beitrag stellt für die einzelnen Anwendungsfälle Lösungen vor, die mittels des CIM ein verbessertes Informationsmanagement ermöglichen.

Stichworte: CIM, RDF, OWL, EAI, Differenzmodelle, Metadaten, Energiebranche

Herausforderungen hinsichtlich der Interoperabilität innerhalb und zwischen den Unternehmen z. B. der Austausch von Netzzuständen zwischen Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB) sowie die Modellierung der neuen Komponenten im Energiemarkt.

Auf technischer Seite wird aufgrund der Vielzahl der Anlagen zur Stromerzeugung eine Kommunikationsinfrastruktur, die bis in die Niederspannungsebene reicht, benötigt. Auf dieser Ebene befinden sich die neu einzubindenden dezentralen Anlagen, die zur Netzintegration ebenfalls angesteuert werden müssen. Dieser Aspekt der Feldebenekommunikation muss in der Normung umfassend abgedeckt werden. Zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit und für die Zukunftssicherheit der Investitionen muss die Infrastruktur eine hohe Ausfallsicherheit gewährleisten und skalierbar sein. Auf organisatorischer Seite müssen die Systeme eines Unternehmens kompatibel zu denen der übrigen Marktteilnehmer werden, um Strom als Gut handeln zu können. Eine Kompatibilität zwischen Systemen eines einzigen Unternehmens ist nötig, um Umstrukturierungen zu ermöglichen, bei denen Datenhaltungen zusammengeführt oder aufgespalten werden, um so die Anforderungen des Unbundlings zu erfüllen [XiYX02, 192].

Im Rahmen dieses Beitrages werden vor allem die technischen Implikationen der genannten Veränderungen vorgestellt und Auswirkungen auf die IT-Infrastruktur speziell auf der Ebene von B2BI (Business-to-Business-Integration) und A2A-Kopplung (Application-to-Application) diskutiert [Zhao00, 106ff.], [Zhou, 66f.]. Es werden neben den Grundlagen einer Domänenontologie und eines Datenmodells für den Bereich der Stromwirtschaft, dem Common Information Model CIM (IEC 61970-Familie), daher auch Anwendungen in den Bereichen EAI (Enterprise Application Integration), Austausch von Topologiedaten sowie Metadatenverwaltung auf Basis des CIM vorgestellt. Der Beitrag schließt mit einer Darstellung zum aktuellen Stand der Nutzung des Common Information Model (CIM) in der Praxis sowie notwendigen Änderungen für einen verbesserten Praxistransfer wie etwa der Integration verschiedener Standards unter Aspekten der semantischen Interoperabilität.

■ 2 Das CIM – eine Domänenontologie für den Energiemarkt

2.1 Hintergrund und Aufbau des Common Information Model

Das CIM wurde Mitte der 90er Jahre am EPRI Institut (Electric Power Research Institute) in den USA entwickelt [Podm99, 3016]. Das EPRI ist ein unabhängiges Energieinstitut, das sich durch die Versorger finanziert. Das CIM stellt eine so genannte Domänenontologie dar, d. h. ein Datenmodell, welches Objekte für den Bereich der Energiewirtschaft sowie deren Relationen untereinander repräsentiert und geeignet zur Verfügung stellt. Eine Ontologie ist in diesem Kontext nach Gruber [Grub93, 199f.] eine explizite formale Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung (Begriffsbildung). Dabei werden durch das CIM Konzepte sowie ein Vokabular für den Einsatz in verschiedenen Bereichen der IT-Landschaft von Energieversorgungsunternehmen (EVU) bereitgestellt.

Ende der 90er Jahre ging die Verantwortlichkeit für das CIM in die Hände der IEC (International Electrotechnical Commission) über, die seitdem das CIM pflegt und in eine internationale Norm [IEC03] überführt hat. Aktuell wird das CIM als UML-Modell (Unified Modeling Language) gepflegt und zur freien Verfügung durch die Normungsgruppen bereit gestellt. Es existieren verschiedene Serialisierungen (d. h. Formate zum Austausch von Daten) des CIM, welche im weiteren Beitrag vorgestellt werden. Das UML-Modell untergliedert sich in Pakete, die unterschiedliche Detaillierungsgrade aufweisen. So liegt der Kern des CIM auf der Ebene der physikalischen Netze und nicht auf der betriebswirtschaftlich relevanter Objekte und damit auf einer Abstraktionsebene, die weit entfernt von Objektrepräsentierungen für wertschöpfende Prozesse ist. Das CIM umfasst Objekte und Relationen, die unterschiedlich detaillierten Paketen bzw. Ebenen zugeordnet werden können. Enthalten sind beispielsweise Objekte zur Darstellung von Stromnetztopologien wie Transformator, Leitungen, Leistungsschalter, Umspannungsbereiche und Lastkurven, aber auch betriebswirtschaftliche Objekte wie Verträge, Kunden oder Fahrpläne. Bild 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem UML-Modell des CIM im Bereich Netztopologie, um ein Gefühl für die Art der Modellierung und der Hierarchie im CIM zu vermitteln.

Das Modell untergliedert sich in logische und physikalische Ebenen, die miteinander

verknüpft werden. Dabei werden einzelnen Relationen Kardinalitäten zugewiesen, die der Konsistenzsicherung dienen. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Pakete des CIM findet sich in [Usla06a, 137ff.], aus Gründen des Umfangs wird auf eine Darstellung der einzelnen Paketinhalte verzichtet.

Das CIM ist in seiner Breite und Tiefe das am besten detaillierte Datenmodell im EVU- und Multi-Utilities-Bereich und gegenüber seinem einzigen Mitbewerber MultiSpeak [Mult03] wesentlich stärker verbreitet. Neben dem CIM als Domänenontologie bzw. PIM (Platform-Independent Model in Sinne der Model Driven Architecture MDA) werden zusätzlich noch in der Schwester-Norm IEC 61968 typische Austauschprozesse und Datenstrukturen für spezifische Systeme wie etwa Geoinformationssysteme (GIS), Customer Support Systeme (CSS) oder Distribution Management Systeme (DMS) definiert. Diese Datenstrukturen bilden auf Basis der CIM/XML-Serialisierungen von fachlichen Objekten (Payloads) und somit ein PSM (Platform-Specific Model) gemäß dem Konzept der MDA.

Zusammenfassend bietet das CIM eine semantisch starke Beschreibung der Konzepte, die in der Domäne der Energiebranche sowohl technisch als auch betriebswirtschaftlich relevant sind. An der Erstellung wirken weltweit Unternehmen mit, so dass sichergestellt ist, ein gemeinsames Verständnis über die Bedeutung von Konzepten im Energiebereich zu erlangen. Das CIM ist international genormt und hat seine Praxistauglichkeit bereits durch den Einsatz in den USA und in China bewiesen. Es lässt sich auf verschiedene Arten serialisieren, um einen Datenaustausch auf unterschiedlichen technischen Ebenen vom „Eingebetteten System bis zum EAI-Server“ zu ermöglichen und so zu einem integrativen Faktor bezüglich der Kommunikationsanforderungen in der Energiebranche zu werden.

Der folgende Abschnitt diskutiert die verschiedenen Serialisierungen des CIM auf Basis des UML-Modells, die durch die IEC angeboten und in unterschiedlichen Anwendungszusammenhängen verwendet werden.

2.2 Serialisierungen des Common Information Model

Das CIM wurde zunächst eher als Thesaurus/Glossar und Vokabular denn als umfangreiches Datenmodell gesehen [Podm99, 3016]. Anfangs stand daher lediglich die Begriffsbildung im Vordergrund. Später

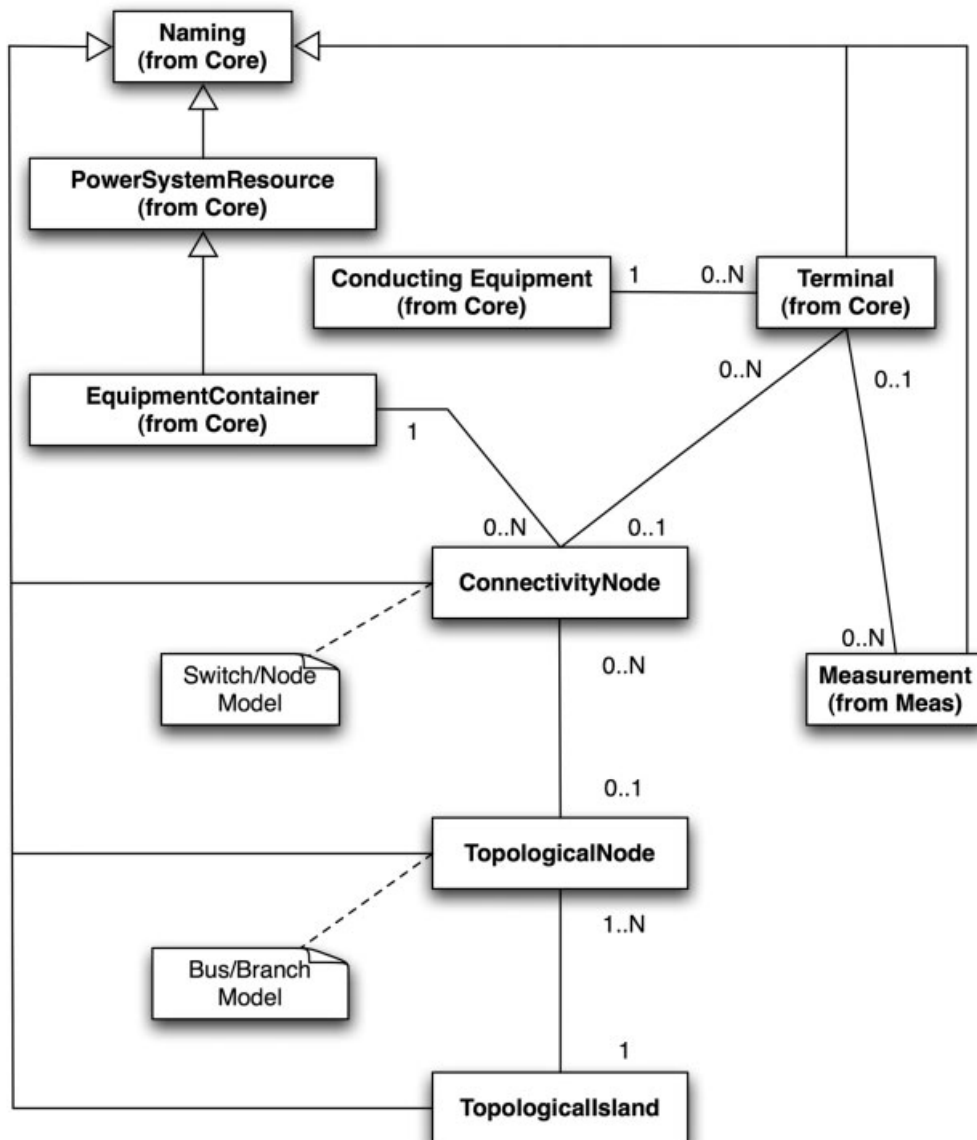


Bild 1 Ausschnitt aus dem CIM-Modell zur Netztopologie

wurde das CIM zu einem datenbankorientierten Datenmodell weiterentwickelt. Es entstand ein erstes E-R-Diagramm auf AutoCAD-Basis, danach eine Microsoft Access-Datenbank, die das CIM darstellte [Usla06a, 136], [WiSu06, 3]. Das CIM wurde schnell zu umfangreich, da viele verschiedene Pakete für verschiedene Klassen von Anwendungssystemen (GIS, CSS, DMS sowie SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), etc.) zur Verfügung standen und längst nicht alle in einer einzigen Datenbank genutzt werden konnten. Ferner spielte das Problem der Granulari-

tät der einzelnen Pakete eine Rolle. Unterschiedliche Detaillierungsgrade würden bei einer „CIM-Datenbank“ dazu führen, dass einige Anwendungsgebiete von einzelnen Applikationen überhaupt nicht genutzt, aber dennoch für eine Kompatibilität und Konformität implementiert werden müssten. Die IEC ging daher einen anderen Weg und beschloss, das CIM als Ontologie in UML-Form und nicht mehr als reines Datenbankschema für den Bereich der Energieversorgung zu etablieren.

Durch die Verwendung eines Plugins für das verwendete UML-Werkzeug ist es

möglich, das CIM im XMI (XML Metadata Interchange) Format zu exportieren und weiterzuverarbeiten. Auf Basis des XMI entstanden - getrieben durch die Anforderungen der Anwender - weitere Serialisierungen, welche im Folgenden vorgestellt werden.

2.2.1 XMI – XML Metadata Interchange

Der XMI Export der UML-Darstellung in eine XML-Darstellung des Datenmodells ist die Basisserialisierung des CIM, welche

auch stets durch die IEC mit einer neuen Version des CIM zur Verfügung gestellt wird. Die aktuelle Version (Mai 2007) ist dabei das CIM 11rev0. Der Export ist lediglich mit Werkzeugen möglich, die die Version 1.3 der UML unterstützen. Auf Basis des XMI setzen Konverter auf [Usla06b, 67], welche mittels integrierter Parser das Datenmodell in eine andere Form überführen.

2.2.2 XML – Extensible Markup Language

Die XML-Schemata für das CIM werden zur Definition oder Erstellung von eigenen Nachrichtentypen für EAI und B2B-Integration genutzt [DaUt04, 4]. Die Norm IEC 61968 definiert verschiedene Anwendungsfälle, abstrakte Schnittstellen und Szenarien, die spezifische Objekte des CIM umfassen. Für diese Anwendungsfälle werden Nachrichten durch die IEC vordefiniert, die „Out-of-the-box“ eingesetzt werden können. Natürlich muss auch im EAI-Bereich ein Anpassen der Nachrichten möglich sein. Dafür existieren Werkzeuge wie etwa das quelloffene CIMTool von Langdale Consultants oder die kommerzielle Lösung MDIWorkbench von Xtensible Solutions [Usla06b, 68].

Basierend auf den Objekten des CIM werden die ausgetauschten Nachrichten mittels eines Werkzeugs erst semantisch

definiert (etwa über Use-case-Diagramme in UML-Werkzeugen oder Templates) und dann Objekte gemäß diesem Bauplan aus dem XMI generiert. Bild 2 stellt diesen Prozess dar. Dadurch können angepasste Nachrichten erstellt werden, die den Bedürfnissen der Nutzer entsprechen und eine vollständige CIM-Objektsemantik umfassen. Anschließend wird der standardisierte Nachrichtenkopf der IEC für das Routing der Nachricht eingebunden. Die Lösung ist dann fertig für das Deployment.

Insgesamt dient die XML-Serialisierung somit der Erstellung von kleinen Objektstrukturen mit CIM-Semantik. Für höherwertige Konstrukte mit komplexeren Zusammenhängen sind andere Serialisierungen erforderlich, die nicht so „zerbrechlich“ sind wie die Baumstrukturen der XML-Instanzen.

2.2.3 RDF – Resource Description Framework

Differenzierte Daten komplexer Stromnetze müssen zwischen einzelnen Übertragungsnetzbetreibern ausgetauscht werden, um globale Anforderungen an die existierenden Verbundnetze zu erfüllen. Unter einem Stromnetz wird in dem Kontext dieses Beitrags die Erfassung und Darstellung der physischen Objekte, ihrer Attribute sowie weiterer dynamischer Informationen wie Schalterstellungen oder Messwerte ver-

standen. Beim Austausch der Serialisierungen dieser Netze fallen enorme Datenmengen an (XML-Dokumente mit einer Größe von mehreren hundert Megabytes), ebenso müssen die Netze schnell auf ihre Gültigkeit durch den Empfänger überprüft werden [UsDa06, 197], [IEC04a]. In den USA, speziell in Kalifornien, existieren seit den 60er Jahren [Silb01, 1f.] Vorschriften für den Austausch von Daten zwischen den einzelnen Übertragungsnetzbetreibern. Die NERC (North American Reliability Council) legte das CIM als Austauschmodell für Stromnetztopologien fest [deRo01, 52], als Serialisierungsformat kommt dabei RDF (Resource Description Framework) in der XML-Form zum Einsatz [IEC04b]. Durch die Verwendung von RDF lassen sich die Graphstrukturen der Stromnetztopologien einfacher als mit den Baumstrukturen eines XML-Dokuments darstellen. Die in RDF-Graphen verknüpften Elemente werden mit RDF-Parsern [deWZ01, 35] verarbeitet. Dabei werden spezielle Profile für die unterschiedlichen Detaillierungsgrade eines modernen SCADA definiert [McMo04, 230]. Diese Profile legen fest, welche Objekte in einer Topologieserialisierung enthalten sein müssen bzw. dürfen [deVo00].

2.2.4 OWL – Web Ontology Language

Die Verwendung von UML zeigt einige Nachteile bei der Erstellung von föderierten Ontologien für das CIM. So ist es schwierig, Modelle mehrerer Unternehmen zusammenzuführen, Pakete des CIM getrennt zu warten und weiterzuentwickeln, das CIM mit anderen Industriestandards zu verbinden und durch Dritte ohne IT- oder Domänenvorwissen erweitern zu lassen. Zusätzlich besteht ein großes Problem bei der Formulierung von semantischen Bedingungen im Modell, beispielsweise muss eine 345 kV Hochspannungsleitung einer Umspannung auch wieder an einem 345 kV Anschluss eines anderen Umspannwerks enden. Solche für Menschen einfache, für Systeme jedoch komplexe Konsistenzbedingungen sind im Datenmodell nicht auszudrücken.

Die IEC setzt daher nach den guten Erfahrungen bei der Nutzung von RDF auf dessen Weiterentwicklung OWL (Web Ontology Language). Zusätzlich besteht durch die Serialisierung des CIM mit OWL die Möglichkeit, eine semantische Integration mit anderen Standards zu erreichen, etwa über Abbildungs- (Mapping) oder Anpassungskonzepte (Alignment).

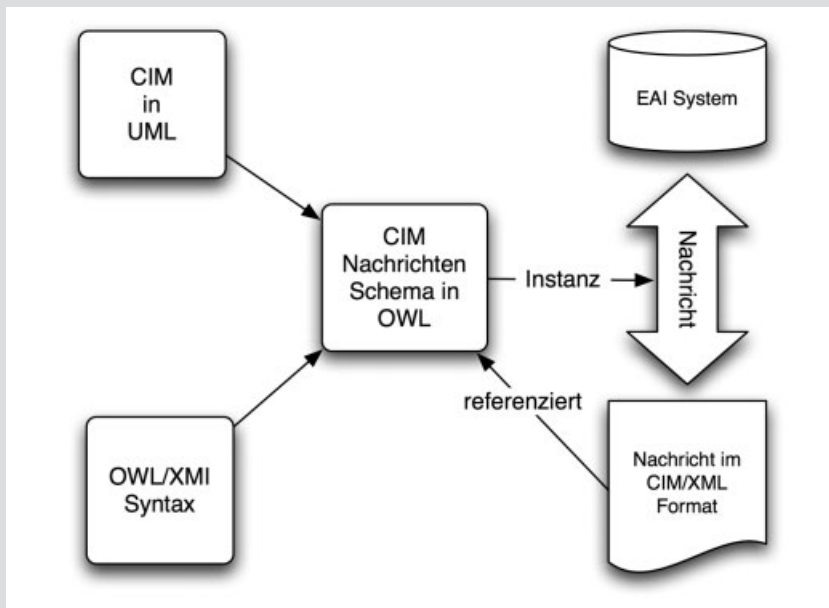


Bild 2 Erstellung von CIM-Nachrichten für die nachrichtenbasierte Kopplung mittels CIM

Im Folgenden werden die kurz vorgestellten Serialisierungsformate durch drei Anwendungsfälle EAI, Austausch von Stromnetzmodellen und Metadatenmanagement beschrieben. Neben diesen vorgestellten existieren noch zahlreiche Anwendungen, die das CIM nutzen (vgl. [LiSc00, 243ff.], [Li00], [ShCH02, 216ff.], [Zhao00]).

■ 3 Anwendungsgebiete für das Common Information Model

EAI - Enterprise Application Integration

Die Integration von heterogenen Anwendungen, wie sie beispielsweise bei einem EVU zu finden sind, bringt offensichtlich eine Reihe von zu lösenden Problemen mit sich. Wie wird es ermöglicht, monolithische Legacy-Anwendungen wie eine FORTRAN-Anwendung mit einem moderneren Client/Server System auf Net Basis zu koppeln? Wie kann man den Anforderungen des informatischen Unbundlings begegnen und beinahe beliebige Systeme Dritter mit Daten versorgen, ohne dabei bestimmte Marktteilnehmer wegen fehlender Kompatibilität zu diskriminieren?

Eine Lösung für diese Probleme ist das Konzept der Enterprise Application Integration, kurz EAI. EAI ist definiert als Mischung von Konzepten, Technologien und Werkzeugen, die in ihrer Gesamtheit die Integration von heterogenen Anwendungen unterstützen [Hamm05, 29f.]. Oftmals wird dabei eine nachrichtenbasierte Kopplung mit der Nutzung von Web Services eingesetzt, um die Integration eigenständiger Anwendungen zu erreichen.

Für die Definition der dabei ausgetauschten Nachrichten im XML-Format zwischen Systemen und Komponenten werden entsprechende Schemata durch die IEC zur Verfügung gestellt. Die vordefinierten Nachrichten des IEC 61968 Standards werden direkt innerhalb der Normung festgelegt [Robi02b]. Um kompatible und standardisierte Schnittstellen zu erhalten, lassen sich durch die Umsetzung eines MDA-Ansatzes auf Basis des CIM mittels Codetransformationen aus dem UML-Modell über das XMI auch benutzerdefinierte, eigene Nachrichten mit CIM-kompatibler Semantik erzeugen.

Das CIM als UML-Modell ermöglicht den Export von XML-Schemata, die auch die spezifischen Vererbungen und Abhängigkeiten des CIM widerspiegeln. Aus

der XMI-Serialisierung lassen sich durch Transformationen über Codegenerator-Frameworks oder spezialisierte Tools auf Basis derselben fachlichen Modelle direkt die verschiedenen im Prozess benötigten Codeobjekte erzeugen.

Dabei kann es sich beispielsweise um Code zur Erzeugung CIM-kompatibler Datenbanktabellen für eine SQL-basierte Datenbank in Form von DDLs (Data Definition Language) handeln oder aber um einen Ausschnitt aus dem CIM, der eine einzelne Nachricht für einen Schritt eines EAI-Prozesses darstellt. Es können so auf Basis der fachlichen Abbildungen (in OWL) direkt aus dem Modell Nachrichtenschemata erzeugt werden, die immer standardkompatibel sind und direkt in einem orchestrierten Prozess auf einer EAI-Plattform eingesetzt werden können. Durch verschiedene Validierungstools (vgl. [Usla06b, 66f.]) lassen sich die erzeugten Nachrichten auch bezüglich der Standardschemata der IEC validieren.

Innerhalb einer service-orientierten Anwendungslandschaft eines Energieversorgers lassen sich unter Verwendung der Konzepte des CIM die benötigten Objekte vollständig semantisch standardisieren. Fehlen bestimmte Attribute oder Objekte, lassen sich diese einfach in einem projektspezifischen UML-Modell integrieren, ein Export in XMI durchführen und durch Tools die gewünschte Nachricht generieren. Sind nur zusätzliche Objekte nötig, lassen sich diese durch die Namespace-Mechanismen in XML sehr schnell mittels Werkzeugen wie Altova Mission Kit in die Nachricht einpflegen.

Durch die Möglichkeit der schnellen Codegenerierung bietet das CIM in EAI/B2B-Integrationsprojekten für Energieversorger einen in der Praxis spürbaren Fortschritt im Bereich der semantischen Integration und Standardisierung. Die CIM-Nachrichten können zur fachlichen Kopplung der heterogenen Systeme im Energiemarkt eingesetzt werden und so die Probleme des Unbundling, welches die Trennung existierender Systeme aber auch die standardisierte Kommunikation mit neuen Dritten erzwingt, lösen.

Austausch von Stromnetzmodellen

Auf Basis des CIM können Netztopologien serialisiert werden. Die durch die Serialisierung entstehenden Instanzmodelle sind zwischen den Marktteilnehmern austauschbar und durch Parser und Profile validierbar. Dies führt dazu, dass die bereits im Beitrag genannten Anwendungs-

systeme wie SCADA, DMS oder Netzzustandsvorhersage übergreifend den CIM Standard implementieren können und inner- und außerhalb des Marktes ein gemeinsames Datenformat etabliert werden kann [UsDa06, 197f.].

Ein solches Modell wurde in Kalifornien (USA) eingeführt und ist dort auch gesetzlich als Format zum Austausch für die dortigen ISO (Independent System Operator) vorgeschrieben [deVo00], [IEC04b]. Aufgrund der Größe und Häufigkeit der ausgetauschten Daten ist es mit existierenden Parsern jedoch zeitaufwändig, bei kleineren Schaltänderungen oder Ausbauten des Netzes aus Sicherheits- und Netzverträglichkeitsgründen stets die gesamte Topologie eines großen Umspannbereiches erneut auszutauschen und zu verarbeiten. Ein solcher Umspannbereich umfasst meist mehrere Umspanner, dutzende von Leitungen und dutzende von Erzeugern und Verbrauchern, die überwacht werden müssen.

Eine Lösung zur Reduktion des absoluten Datenverkehrs ist die Nutzung eines Differenzmodells, bei dessen Verwendung ein so genanntes Diffgramm generiert wird, welches die Änderungen an der aktuellen Standardtopologie umfasst (ähnlich [BeCo06]). Dieses Diffgramm wird anschließend zwischen den Systemen der Marktteilnehmer (hier meist Übertragungsnetzbetreiber) ausgetauscht und verarbeitet [Britt06]. Im konkreten Beispiel in Bild 3 kann man die unterschiedlichen Äste des XML-Baumes, die Forward- und die Reverse-Differences sowie die Dublin Core Metadaten erkennen. Das Beispiel zeigt drei typische Änderungen eines Stromnetzes, ein Statement ändert den Normzustand eines Trennschalters, ein weiteres setzt das untere Spannungslimit einer Leitung höher, ein drittes erhöht einen beliebigen Grenzwert in Form einer Fließkommazahl. Dieses Diffgramm kann auf eine Topologie, wie im folgenden Abschnitt erläutert, angewendet werden. Es wird ein RDF-basierendes Mechanismus implementiert.

Das Vorgehen ermöglicht Ändern, Einfügen und Löschen von Knoten im RDF-Graphen. Kombiniert man dieses Modell mit Versionierungsmechanismen und Zeitstempeln, ist es möglich, unter Verwendung einer Art von Tagebuchfunktion Änderungen zu protokollieren und auf Basis einer Standardtopologie bis zu einem definierten Zeitpunkt nachzufahren. Dies senkt die Menge der ausgetauschten Daten (inkl. XML-Overhead) zwischen den Marktteilnehmern, ohne jedoch die Anfor-

```

- <rdf:RDF>
- <rdf:Description rdf:about="http://somewhere.org/somenet">
  <dc:description>due to some reason</dc:description>
  <dc:date>sometime</dc:date>
  <dc:creator>someone</dc:creator>
- <dm:forwardDifferences rdf:parseType="Statements">
  - <rdf:Description rdf:about="#_7">
    <cim:Switch.normalOpen>true</cim:Switch.normalOpen>
  </rdf:Description>
  - <rdf:Description rdf:about="#_3">
    <cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit>330</cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit>
  </rdf:Description>
  - <rdf:Description rdf:about="#_82">
    <cim:Limit.value>1899.5</cim:Limit.value>
  </rdf:Description>
</dm:forwardDifferences>
- <dm:reverseDifferences rdf:parseType="Statements">
  - <rdf:Description rdf:about="#_7">
    <cim:Switch.normalOpen>false</cim:Switch.normalOpen>
  </rdf:Description>
  - <rdf:Description rdf:about="#_3">
    <cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit>340</cim:VoltageLevel.lowVoltageLimit>
  </rdf:Description>
  - <rdf:Description rdf:about="#_82">
    <cim:Limit.value>1899.7</cim:Limit.value>
  </rdf:Description>
</dm:reverseDifferences>
<rdf:type rdf:resource="http://iec.ch/2002/schema/CIM_difference_model#DifferenceModel"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Bild 3 Diffgramm mit der Änderung einzelner Objekte in einem Stromnetz

derungen an eine gültige Darstellung zu verletzen. Der Bedarf nach einer standardisierten, schnellen und maschinenlesbaren Methode zur Übertragung von Informationen über Stromnetze zwischen Übertragungsnetzbetreibern kann so gedeckt werden.

Dabei erweist sich die RDF-Serialisierung des CIM als sehr nützlich. Fakten über das Stromnetz werden als Tripel gespeichert und miteinander verknüpft. Eine Persistierung in Tripelspeichern ist möglich, die Differenzmodelle lassen sich wie normale RDF-Daten behandeln. Ein Vorteil ist die starke Semantik gegenüber der zerbrechlichen XML-Baumdarstellung. Es können sich RDF-IDs zwischen den Systemen der Teilnehmer beliebig unterscheiden, solange innerhalb des Dokumentes die einzelnen Objekte korrekt referenziert werden. Dies alles führt zu einer robusten Lösung zur Serialisierung von Netztopolo-

gien mit Realwelthanforderungen, die mit minimalem Datenoverhead umgesetzt werden können.

Metadatenmanagement

In einer Vielzahl von Anwendungsfällen ist es nötig, über die eigentlichen Daten hinaus, die relevant für die üblichen Geschäftsprozesse sind wie z. B. Kunden- oder Anlagedaten, Metadaten zu verwalten, die Informationen über die Daten in der Datenhaltung enthalten. Beispielsweise können Aussagen über die Glaubwürdigkeit hinsichtlich der Qualität oder der Vertrauenswürdigkeit der Quellen der Daten getroffen werden [Grün06, 501 ff.]. Viele Datenschemata, die z. Zt. in den Unternehmen existieren, bauen auf Datenmodellen in relationalen Datenbankmanagementsystemen auf und lassen keine flexible Anpassung für Anwendungsfälle zu, die nicht

zur Zeit der Erstellung der Datenschemata bekannt waren. Die RDF-Darstellung eignet sich für diese Aufgabe viel besser, da alle Entitäten auch über die lokale Datenhaltung hinaus eindeutig referenzierbar und damit annotierbar sind, indem Aussagen über die Entitäten getroffen werden. Im Folgenden wird eine Methode erläutert, die es ermöglicht, Daten aus bestehenden Datenbankmanagementsystemen auf CIM abzubilden und zugleich eine Flexibilität des Datenschemas zu realisieren, um unter anderem dem genannten Anwendungsfall zu genügen.

Die Grundlage der Abbildung der Schemata bildet eine Abbildungsanweisung, die in D2RQ [BCGM07a] geschrieben wird und in RDF serialisiert ist. Die Vorschrift bildet die Spalten der Tabellen des relationalen Datenbankschemas auf die Konzepte und Eigenschaften der Zielontologie, hier CIM, ab. D2R Server [BCGM07b] ist ein

Dienst, der die Abbildungsvorschrift verwendet, um Anfragen, die in der RDF Abfragesprache SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) [SPAR06] gestellt werden, in SQL-Abfragen (Structured Query Language) umzuwandeln, an die relationalen Datenbank-managementsysteme zu schicken und die Ergebnisse als RDF aufzubereiten, die als Antwort zurückgeliefert werden. Diese Antwort ist damit strukturell CIM konform.

D2RQ und D2R Server dienen als Abstraktionsebene, die es ermöglicht, Legacy Datenbankmanagementsysteme basierend auf den relationalen Datenmodell in aktuelle Systeme einzubinden, die auf Basis von Ontologien arbeiten. Die Vorteile, die daraus erwachsen, sind das geteilte Verständnis, das durch die gemeinsame Erstellung einer Ontologie erreicht wird, die niedrigere Kommunikationshürde und die höhere Flexibilität bei Änderungen der Datenstrukturen durch die Anpassung an eigene oder neue Bedürfnisse oder Annotation der Daten und Schemata. Somit ist es möglich, die Softwaresysteme eines Unternehmens mit minimalem Aufwand und minimaler Fehleranfälligkeit auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen und die Daten der Altsysteme für die etablierten Geschäftsprozesse weiter zur Verfügung zu haben.

Zur Verwaltung der Metadaten wird zusätzlich ein nativer RDF-Speicher benötigt. Es gibt verschiedene dieser Speicher, als Beispiel sei exemplarisch das Projekt SESAME [KaBr07] genannt. Ein Beispiel für eine Annotation einer Entität, die in einem solchen nativen RDF-Speicher abgelegt wird, ist in Bild 4 zu sehen.

Hier wird eine Aussage über die Glaubwürdigkeit des Zustandes der Datenhaltung getroffen, derer nach eine Windkraftanlage, die die interne Bezeichnung „X“ hat, 76 Ausfallstunden hat (graue Ellipse). Die Windkraftanlage ist eine Entität, die zusätzlich zur internen Bezeichnung auch eine RDF-spezifische Bezeichnung, die sog. URI (Uniform Resource Identifier), hat, die verwendet werden kann, um weitere Aussagen über diese Entität zu treffen. Da die URI auch über die lokale Datenhaltung hinaus eindeutig ist, können auch Aussagen außerhalb der Datenhaltung über diese Windkraftanlage getroffen und dieser Anlage zugeordnet werden. Damit ist es möglich, die Metadatenhaltung von der der übrigen Daten zu trennen.

In diesem Beispiel besteht die Annotation („eineAnnotation“) darin, dass die Angabe der Ausfallstunden („hatAusfallstunden“) als unglaubwürdig bewertet wird, weil die

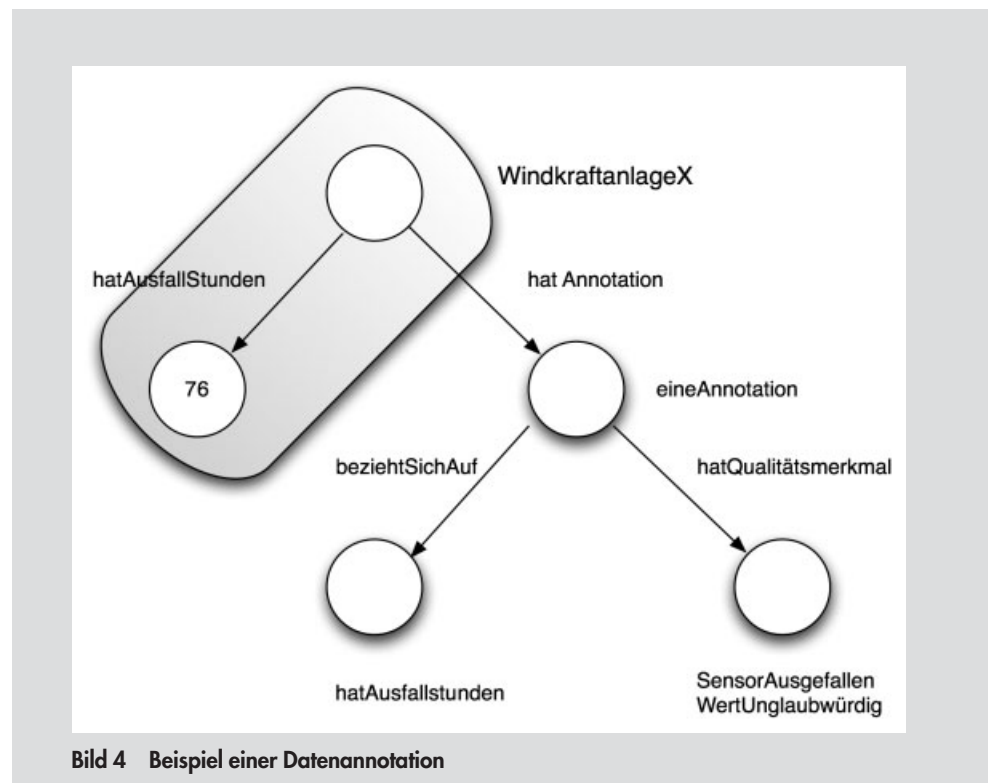


Bild 4 Beispiel einer Datenannotation

Sensoren ausgefallen sind („SensorAusgefallenWertUnglaubwürdig“). Diese Annotation kann ohne die Veränderung des Datenschemas erfolgen, so dass auch andere Metadaten, die z. B. in Geschäftsprozessen sinnvoll werden, die zur Zeit der Erstellung des Systems nicht bekannt oder relevant waren, einfach hinzugefügt werden können.

Der aktuelle Stand der Technik macht es möglich, hohe Flexibilität in den Datenhaltungskomponenten der Unternehmen zu erreichen, indem sowohl die Daten als auch deren Schemata anpassbar und annotierbar sind. Damit kann die Datenhaltung schnell auf äußere Einflüsse (z. B. veränderte Gesetzeslage mit Auflagen zur verpflichtenden Dokumentation bestimmter Ereignisse, neue Kommunikationspartner mit eigenen Anforderungen) reagieren, die zur Zeit der Erstellung des Systems noch nicht absehbar waren. Es erhöht sich die Reaktionsfähigkeit des Unternehmens, so dass eine bessere Positionierung am Markt möglich ist.

4 Ausblick und Zusammenfassung

Das CIM erfüllt aktuell alle wesentlichen Anforderungen, die die IT-Landschaft eines

Energieversorgers an ein Datenmodell stellt. Es ist innerhalb einer nachrichtenbasierten Architektur direkt als fachlicher Standard für die Anwendungsintegration einsetzbar. Durch die umfangreiche Werkzeugunterstützung (Quelloffene und ausgereifte kommerzielle Werkzeuge) und die Nutzung von Methoden der modellgetriebenen Entwicklung können viele relevante Codeobjekte im Bereich EAI direkt erzeugt werden, ohne dass umfangreiche Mehrfacharbeiten oder manuelle Anpassungen nötig werden. Die XML-Nachrichten des CIM lassen sich über Web Services innerhalb eines SOAP Umschlags (Simple Object Access Protocol) austauschen, ein spezieller EAI-Nachrichtenkopf für die Nachrichten wurde durch die IEC definiert. Dennoch ist das CIM bislang nur in den USA und in China verbreitet und dort in verschiedenen Bereichen bereits gesetzlich vorgeschrieben [WiSu06, 3f.].

Zu einer weiteren Verbreitung des CIM können vor allem neue Anwendungsgebiete und Formate beitragen. Ein Ansatz, das CIM als Basis für die semantische Integration zu nutzen, ist das OWL-Modell des CIM. Werden andere Standards in OWL modelliert, so lassen sich über Anpassung die verschiedenen Konzepte und die verwalteten Daten integrieren [Wach01, 108ff.], [MiTa04, 617ff.].

Neben den vor allem im Integrationsbereich genutzten XML-Schemata für Nachrichten existieren noch RDF-Schemata für das CIM, welche besonders bei der Darstellung von Stromnetztopologien genutzt werden und dort wegen der besseren Ausdrucksmöglichkeiten von RDF Vorteile bieten. Es existieren Werkzeuge zur graphischen Modellierung von Stromnetztopologien und der Erzeugung von Diffgrammen, weiterhin sind Standards für die Darstellung der CIM/XML Topologie-daten mittels SVG (Scalable Vector Graphics) und GML (Geography Markup Language) bereits in der ersten Phase der Normung.

In einem weiteren Anwendungsfall haben wir die Möglichkeit des in RDF formulierten CIM aufgezeigt, Metadaten zu annotieren, um Aussagen über z. B. die Glaubwürdigkeit oder Qualität der Daten zu machen. RDF ermöglicht es, die Datenhaltung eines Unternehmens flexibel zu gestalten, da keine Anpassung der Datenschemata nötig ist, falls Daten gespeichert werden sollen, die zur Zeit der Erstellung der Datenschemata nicht bekannt waren. Dies ist z. B. nötig, wenn Geschäftsprozesse angepasst oder neu erstellt werden oder sich die Gesetzeslage ändert.

Die IEC arbeitet an einer Harmonisierung des CIM mit anderen Standards im Bereich der Energieversorgung (beispielsweise Feldebenekommunikation auf Basis des IEC 61850 Standards [BrBu03, 25 ff.], [KoPF04, 2 ff.], [KFPK04, 3 f.]), dabei dient das CIM als Basis für eine semantische Integration. Weitere Initiativen betreffen die Nutzung des CIM als Core Component bei der Einführung der UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) [HoHN04] und eine Anpassung an existierende Standards im Bereich der kaufmännischen Datenhaltung bei Energieversorgern. Diese Standards überlappen sich semantisch teilweise mit dem CIM, so dass eine Integration angestrebt werden sollte. Im Rahmen einer solchen Integration kann das CIM auch zu einem Modell für den Multi-Utility Bereich speziell im Bereich der Gasversorgung ausgebaut werden [WiSu06, 6].

Literatur

- [BCGM07a] Bizer, C.; Cyganiak, R.; Garbers, J.; Maresch, O.: D2RQ – Treating Non-RDF Databases as Virtual RDF Graphs. <http://sites.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/D2RQ/>, Abruf am 2007-04-04.
- [BCGM07b] Bizer, C.; Cyganiak, R.; Garbers, J.; Maresch, O.: D2R Server combines the D2RQ API, the Joseki SPARQL Server and the Jetty Webserver. <http://sites.wiwiss.fu-berlin.de/suhl/bizer/d2r-server/>, Abruf am 2007-04-04.
- [BeCo06] Berners-Lee, T.; Connolly, D.: Delta: An Ontology for the Distribution of Differences between RDF graphs. <http://www.w3.org/DesignIssues/Diff.html>, Abruf am 2007-04-12.
- [Britt06] Britton, J.: Designing Model Exchange Processes with CIM and ‘RMA Sets’. In Proceedings of the IEEE PSCE 2006 meeting, Panel-19: Progress with the CIM Standard, 2006.
- [BrBu03] Brand, K.-P., Buchholz, B.: Systemanforderungen an interoperable Geräte und Systeme der Stationsautomatisierung. In: Schwarz, K. (Hrsg.): Offene Kommunikation nach IEC 61850 für die Schutz- und Stationsleittechnik. 2003, S. 25–32.
- [deVo00] deVos, A.: Simplified RDF Syntax for Power System Model Exchange. Longdale Consultants, 2000. <http://www.langdale.com.au/CIMXML/>, Abruf am 2007-04-04.
- [deRo01] deVos, A.; Rowbotham, C. T.: Knowledge Representation for Power System Modelling. In: Proceedings of the PICA 2001 (The 22nd International Conference on Power Industry Computer Applications), IEEE Power Engineering Society, 2001, S. 50–56.
- [DaÜr04] Dag, H.; Utkan, U.: An XML Based Data Exchange Model for Power System Studies, ARI . The Bulletin of the Istanbul Technical University, 2004.
- [EURi01] Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt, 2001, S. 1–14.
- [EURi03] Richtlinie 2003/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2003 über gemeinsame Vorschriften für den Elektrizitätsbinnenmarkt und zur Aufhebung der Richtlinie 96/92/EG, 2003, S. 1–19.
- [Grub93] Gruber, T. R.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. In: Knowledge Acquisition 5 (1993) 2, S. 199–200.
- [Grün06] Grüning, F.: Data Quality Mining in Ontologies for Utilities, In: Tochtermann, K.; Scharl, A. (Hrsg.): Managing Environmental Knowledge. Know-Center Graz, Graz University of Technology, Shaker Verlag, Aachen 2006, S.501–504.
- [Hamm05] Hammerschall, U.: Verteilte Systeme und Anwendungen: Architekturkonzepte, Standards und Middleware-Technologien. Pearson Studium, 2005.
- [HoHN04] Hofreiter, B.; Huemer, C.; Naujok, K.-D.: UN/CEFACT’s Business Collaboration Framework – Motivation and Basic Concepts. Tagungsband der MKWI 2004 Essen, Köllen Verlag Bonn, 2004.
- [IEC03] IEC – International Electrotechnical Commission: IEC 61970-301: Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 301: Common Information Model (CIM) Base. International Electrotechnical Commission, 2003.
- [IEC04a] IEC – International Electrotechnical Commission: IEC 61970-501: Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 501: CIM RDF Schema – Revision 4. International Electrotechnical Commission, 2004.
- [IEC04b] IEC – International Electrotechnical Commission: Draft IEC 61970: Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part 503: CIM XML Model Exchange Format – Draft 3b. International Electrotechnical Commission, 2004.
- [KaBr07] Kampman, A., Broekstra, J.: Sesame is an open source RDF framework with support for RDF Schema inferencing and querying. <http://www.openrdf.org/>, Abruf am 2007-04-04.
- [KFPK04] Kostic, T.; Frei, C.; Preiss, O.; Kezunovic, M.: Scenarios for Data Exchange using Stan-

Abstract

Towards semantic interoperability in the utility domain: CIM IEC 61970

This contribution provides an introduction to the Common Information Model CIM which is an international standard maintained by the International Electrotechnical Commission IEC. Today’s market requirements towards the model are discussed, furthermore, we give an introduction to the history of the CIM, its serializations and scope of application. The contribution concludes with an overview of future use of the CIM for both science and commerce. Briefly, we focus on:

- Message-based loose coupling of information systems,
- Exchange of power grid topologies with minimal communication and data overhead,
- Data quality assurance using ontology-based meta annotations and
- Integration of heterogeneous standards in the utility domain.

The contribution presents solutions to the use cases providing a better information management for the utility utilizing the Common Information Model.

Keywords: CIM, RDF, OWL, EAI, Difference Models, Metadata Annotation, Utilities Domain

- dards IEC 61970 and IEC 61850. Proceedings of the CIGRE Conference 2004, IEEE Publishing, 2004, S. 1–5.
- [KoPF03] *Kostic, T.; Preiss, O.; Frei, C.*: Towards the Formal Integration of Two Upcoming Standards. IEC 61970 and IEC 61850. In: *El-Hawary; Little (Hrsg.)*: Proceedings of the 2003 LESCOPE Conference, Montreal, IEEE Publishing, 2003.
- [Li00] *Li, B.; Schulz, N.N.; Murphy, L.J.; Bijoch, R. & Wald, M.*: An EPRI CIM based application for distribution devices and process automation. Proceedings of the DistribuTech, 2000, Pennwell Publishing, 2000.
- [LiSc00] *Li, B.; Schulz, N. N.*: Extending EPRI CIM to the Distribution System for Trouble Call and AMR Analysis. Proceedings of the APC 2000, IEEE Publishing 2000, S. 243–248.
- [McMo04] *McMorran, A. W.; Ault, G. W.; Elders, I. M.; Foote, C.E.T.; Burt, G. M. ; McDonald, J. R.*: Translating CIM XML Power System Data to a Proprietary Format for System Simulation. IEEE Transactions on Power Systems, 2004, S. 229–235.
- [MiTa04] *Missikoff, M.; Taglino, F.*: An Ontology-based Platform for Semantic Interoperability. In: *Staab, Studer (Hrsg.)*: Handbook on Ontologies, Springer Verlag, 2004, S. 617–634.
- [Mult03] *MultiSpeak Version 2.2 Specification (10/07/03)*. NRECA, Virginia. <http://www.multispeak.org>, Abruf am 2007-04-04.
- [Podm99] *Podmore, R.; Becker, D.; Fairchild, R.; Robinson, M.*: Common Information Model – a Developer’s Perspective. In: *Sprague, R. (Hrsg.)*: Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE Publishing, 1999, S. 3016.
- [Robi02a] *Robinson, G.*: Key Standards for Utility Enterprise Application Integration (EAI). Proceedings of the Distributech 2002, Miami, Pennwell Publishing, 2002.
- [Robi02b] *Robinson, G.*: Model Driven Integration (MDI) for Electric Utilities, Proceedings of the Distributech 2002 Miami, Pennwell Publishing, 2002.
- [ShCH02] *Shenming, Z.; Mei, C.; Haifeng, H.*: CIM-Based G.M.D Method for Power System Modeling. In: Proceedings of the International Conference on Power System Technology (PowerCon 2002), IEEE Publishing, Volume 1, 2002, S. 216–219.
- [Silb01] *Silberman, S.*: The Energy Web. In: Wired Magazine, 2001-07-09.
- [SPAR06] *SPARQL Query Language for RDF: W3C Working Draft 4 October 2006.* <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>, Abruf am 2007-04-04.
- [UsDa06] *Uslar, M., Dablem, N.*: RDF-basierte Darstellung und Austausch von Stromnetzmodellen mittels eines Differenzmodells. In: *Eckstein, R.; Tolksdorf, R. (Hrsg.)*: Proceedings der XML-Tage 2006 in Berlin, XML-Clearinghouse.de, 2006, S.197–198.
- [Usla06a] *Uslar, M.*: The Common Information model for utilities: An Introduction and Outlook on Future Applications. In: *Eckstein, R.; Tolksdorf, R. (Hrsg.)*: Proceedings der XML-Tage 2006 in Berlin, XML-Clearinghouse.de, 2006, S.135–148.
- [Usla06b] *Uslar, M.*: Nutzen von Open Source Software im Kontext internationaler Normung am Beispiel des Common Information Model CIM. In: *Hochberger, Liskowsky (Hrsg.)*: Informatik 2006: Informatik für Menschen, Band 2, Tagungsband der GI Jahrestagung 2006 Dresden. Köllen Verlag, Bonn 2006, S.65–70.
- [deWZ01] *deVos, A.; Widergren, S. E.; Zhu, J.*: XML for CIM Model Exchange. In: Proceedings of the PICA 2001 (The 22nd International Conference on Power Industry Computer Applications), IEEE Power Engineering Society, 2001, S. 31–37.
- [Wach01] *Wache, H.; Vögele, T.; Visser, U.; Stuckenschmidt, H.; Schuster, G.; Neumann, H.; Hübner, S.*: Ontology-Based Integration of Information – A Survey of existing approaches. In: Proceedings of IJCAI 2001 Workshop „Ontologies and Information Sharing“, 2001, S. 108–117.
- [WiSu06] *Williams, B.; Sumic, Z.*: CIM Adoption is on the Rise, so Energy and Utility IT Leaders should prepare. Gartner Industry Research Report G00141289, 2006.
- [XiYX02] *Xingping, W.; Yang, Z.; Xiwei, W.*: A New Generation EMS. In: IEEE Proceedings of the International Conference on Power System Technology (PowerCon 2002). IEEE Publishing, 2002, S. 190–194.
- [Zhao00] *Zhao, Q., In, H. Xiaowei, W.; Huang, G. M.*: Transforming Legacy Energy Management System (Modules) into Reusable Components: A Case Study. IEEE Computer Society Press, 2000, S. 105–110.
- [Zhou00] *Zhou, E. Z.*: XML and data exchange for power system analysis. In: IEEE Power Engineering Review 20 (2000), S. 66–68.