

Modellierung service-orientierter Architekturen in der Energieversorgung

Tanja Schmedes

Betriebliches Informationsmanagement
OFFIS
Eschweg 2
26121 Oldenburg
tanja.schmedes@offis.de

Abstract: Der Aufbau von service-orientierten Architekturen (SOA) und die Entwicklung verteilter Systemarchitekturen muss konzeptionell erfolgen, um beispielsweise Zuverlässigkeit oder Erweiterbarkeit zu gewährleisten. Dieser Beitrag stellt mit der modellgetriebenen Dezentralisierung von Prozessen, Services und Daten ein Konzept zur Entwicklung von SOA für das Energiemanagement vor. Ziel des Konzepts ist die geeignete Verteilung der Geschäftslogik mittels Verteilungsstrategien unter Einbeziehung nicht-funktionaler Anforderungen. Hierfür werden auf Softwarearchitekturen zugeschnittene MDA-Konzepte für Systemarchitekturen erweitert. Der Fokus liegt in diesem Beitrag auf der Prozessmodellierung. Modellierte Prozesse auf Basis der Business Process Modeling Notation (BPMN) können in die Business Process Execution Language (BPEL) überführt und in einer Laufzeitumgebung ausgeführt werden.

1 Systemarchitekturen in der Energieversorgung

Der Strukturwandel in der Energieversorgung aufgrund technischer, organisatorischer und rechtlicher Rahmenbedingungen wirkt sich stark auf die IT-Landschaft und die Geschäftslösungen der Energieversorgungsunternehmen (EVU) aus [USLA05]. Um dennoch ein stabiles, sicheres und diskriminierungsfreies Energiemanagement durchzuführen müssen EVU neue Erzeuger und Verbraucher mit ihren entsprechenden Schnittstellen sowohl elektrisch in ihre Netze als auch technisch in ihre IT-Landschaft einbinden. Ausgehend von den strukturellen Veränderungen werden zudem neue Geschäftsprozesse (kurz Prozesse) und Funktionalitäten für das Energiemanagement benötigt.

In einem aktuell laufenden Forschungsprojekt verschiedener Forschungseinrichtungen und einem EVU werden u. A. diese neuen Prozesse und Funktionalitäten untersucht und entwickelt. Zur Verknüpfung dieser neu entstehenden Bausteine des Energiemanagements mit den bereits bestehenden Altsystemen basiert die zu entwickelnde Systemarchitektur auf dem Konzept einer service-orientierten Architektur (SOA) [HS05]. Hierbei werden neue Funktionalitäten sowie bestehende Altsysteme als Basiskomponenten zusammengefasst, welche Services zum Aufruf der fachlichen Funktionen zur Verfügung stellen. Die Services basieren hierbei auf dem im IEC Standard 61850 definierten Datenmodell

CIM (Common Information Model) [IEC03]. Dieses Datenmodell dient als Basis zur Gewährleistung der semantische Interoperabilität der Services [Us105]. Die Services sind aktuell aufgrund ihres Entwicklungsstandorts verteilt und werden als Web Services an eine zentrale Integrationsplattform angebunden und in Prozessen orchestriert. Prozesse und Daten werden somit zentral gehalten.

In zukünftigen Szenarien, in denen immer mehr Erzeuger, Verbraucher und Teilnetze in das Energiemanagement einbezogen werden, ist ein solcher zentralisierter Ansatz aufgrund nicht-funktionaler Anforderungen wie Skalierbarkeit oder Verfügbarkeit nicht mehr angemessen. Stattdessen wird eine Dezentralisierung des Energiemanagements, also die Verteilung der benötigten Prozesse, Services und Daten nötig.

Der Beitrag führt zunächst in Abschnitt 2 einige Faktoren auf, die eine SOA für das Energiemanagement erfüllen muss und motiviert hierbei die angesprochene Dezentralisierung. In Abschnitt 3 wird das Konzept der modellgetriebenen Dezentralisierung von Prozessen, Services und Daten eingeführt. Hierbei wird exemplarisch auf den Bereich der Prozessmodellierung eingegangen. Der Beitrag endet mit einer kurzen Zusammenfassung in Abschnitt 4 und einem Ausblick auf weitere Arbeiten und gesehenen Forschungsbedarf.

2 Anforderungen an service-orientierte Architekturen für das Energiemanagement

SOA bieten ein geeignetes Konzept zur Entwicklung wandlungsfähiger Systemarchitekturen, wie sie in EVU benötigt werden [USLA05]. Sowohl existierende Altsysteme als auch neuentwickelte Funktionalitäten können, unabhängig von Standort, Plattform oder Programmiersprache, als Services gekapselt und flexibel in Prozessen genutzt werden. Doch ist die Flexibilität nur ein Aspekt, der bei der Entwicklung einer SOA für das Energiemanagement berücksichtigt werden muss. Weitere relevante Faktoren sind u. A.:

- **Komplexität:** Die Anzahl der einzubeziehenden Systeme (beispielsweise ca. 17.000 Windenergieanlagen oder ca. 39 Mio. Haushalte in Deutschland) und der benötigten Schnittstellen überschreitet die Anzahl der Systeme und Schnittstellen einer „klassischen“ IT-Landschaft um ein Vielfaches.
- **Topologie:** Die Systeme sind räumlich verteilt und müssen mittels einer entsprechenden Infrastruktur angebunden werden.
- **Autonomie:** Verteilte Systeme in der Energieversorgung wie Erzeuger oder Verbraucher können aufgrund rechtlicher Vorgaben nicht zwangsläufig in globale Prozesse einbezogen werden.

Diese drei Faktoren sprechen gegen eine Zentralisierung des gesamten Energiemanagements auf beispielsweise einer zentralen Integrationsplattform. Als Alternative schlägt der vorliegende Beitrag eine eventuell redundante Verteilung der Prozesse, Services und Daten auf eine zugrundeliegende Kommunikationstopologie vor, wie in Abbildung 1 beispielhaft dargestellt. Prozesse laufen dort ab, wo sie benötigt werden, Services und Daten werden

„vor Ort“ bereitgestellt. Die Kommunikationstopologie wird hierbei durch die hierarchische Anordnung verschiedener Knotentypen wie Erzeuger oder Verbraucher (jeweils Ebene 1), Anlagenverbund (Ebene 2), Netzknoten (Ebene 3) oder Teilnetz (Ebene 4) gebildet.

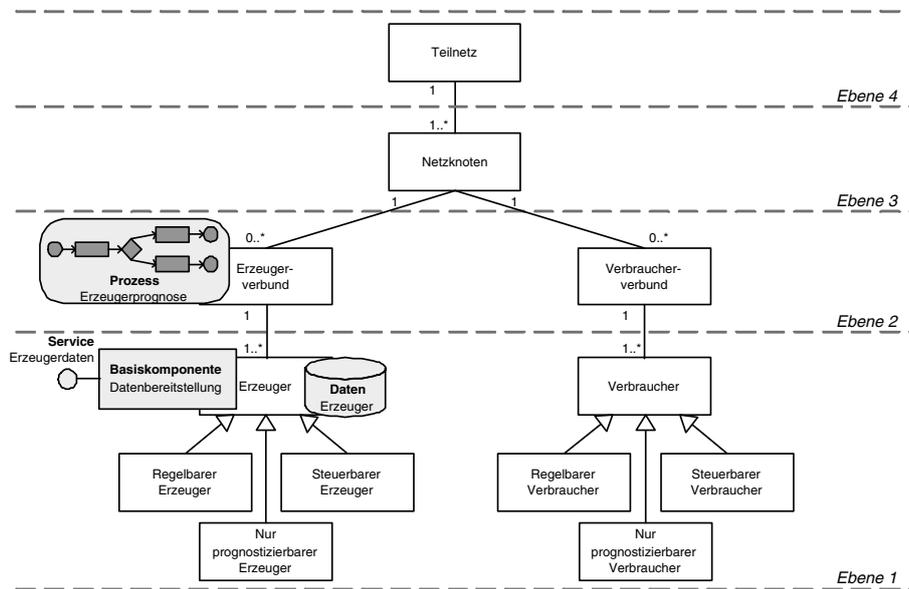


Abbildung 1: Verteilung des Energiemanagements auf eine Kommunikationstopologie

Weitere Vorteile einer derart verteilten Architektur im Vergleich zu einer zentralen Lösung sind beispielsweise die Vermeidung eines Single-Point-of-Failure oder die Möglichkeit der parallelen Berechnung. Als Nachteil einer verteilten Architektur bleibt der erhöhte Administrationsaufwand sowohl zur initialen Verteilung der Prozesse, Services und Daten auf die Kommunikationstopologie als auch zur späteren Wartung bei Änderungen. Benötigt wird somit ein strukturiertes Konzept zur Entwicklung einer SOA für das Energiemanagement, denn „decentralization without structure is chaos“ [Zac87].

3 Modellgetriebene Dezentralisierung von Prozessen, Services und Daten

Der vorliegende Beitrag schlägt das Konzept der modellgetriebenen Dezentralisierung der Geschäftslogik (in Form von Prozessen, Services und Daten) auf eine zugrundeliegende Kommunikationstopologie vor. Ausgehend von Modellen sowohl der Geschäftslogik als auch der Kommunikationstopologie erfolgt die Verteilung mittels Ableitungsregeln unter Einbeziehung nicht-funktionaler Anforderungen. Die modellgetriebene Entwicklung gewährleistet ein strukturiertes Vorgehen zur Verteilung, das die Flexibilität der Zielarchi-

tektur sicherstellt und das unkoordinierte Herausbilden von Inselösungen verhindert. Das Konzept beruht hierbei auf der folgenden Methodik:

- Durch die *Entwicklung einer formalen Modellierungssprache* als Grundlage für die Modellierung der Geschäftslogik wird die Adaptierbarkeit der Zielarchitektur sichergestellt. Die einheitliche Modellierungssprache bietet zudem die Option zur Modelltransformation und Codegenerierung mittels entsprechender Transformationsregeln und Generatoren.
- Ein zu *konzipierendes Ableitungssystem* beschreibt die Automatisierung der Verteilung der Geschäftslogik auf die Kommunikationstopologie. Neue Prozesse, Services oder Daten werden anhand dieses vorhandenen Ableitungssystems verteilt und die Zielarchitektur entsprechend erweitert.
- Die *Konzeption von Verteilungsstrategien* wie „Verteilung mit maximaler Verfügbarkeit der Prozesse“ steuert die Verteilung durch nicht-funktionale Anforderungen und ermöglicht die Ermittlung individueller Verteilungen. Benötigt werden hierfür Kostenmodelle und Optimierungsalgorithmen oder Heuristiken zum Finden der „optimalen“ Verteilung unter Einbeziehung der betrachteten Anforderungen.

Für die modellgetriebene Dezentralisierung der Prozesse, Services und Daten werden auf Softwarearchitekturen zugeschnittene MDA-Konzepte ([OMG03]), [Bro04]) für Systemarchitekturen adaptiert und erweitert. Im folgenden Abschnitt 3.1 wird die Methodik der *Entwicklung einer formalen Modellierungssprache* anhand der Prozessmodellierung näher erläutert.

3.1 Business Process Modeling Notation (BPMN) zur Prozessmodellierung

Zur Definition der Ableitungsregeln und zur Erweiterbarkeit der Zielarchitektur muss die Modellierung der Geschäftslogik sowie der Kommunikationstopologie einheitlich erfolgen. Hierzu stehen verschiedene Notationen zur Verfügung, zur Prozessmodellierung können beispielsweise Aktivitätsdiagramme der UML oder Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPKs) genutzt werden. Im Projektkontext sind insbesondere die beiden Rahmenbedingungen *Verständlichkeit* und *Überführung in BPEL* bei der Auswahl der am Besten geeigneten Notation zur Prozessmodellierung zu berücksichtigen:

- *Verständlichkeit*: Im Projekt sind verschiedene Partner mit unterschiedlichem IT-Hintergrundwissen involviert. Die zu modellierenden Prozesse des Energiemanagements sind ein zentraler Bestandteil des Projekts und müssen für die verschiedenen Partner lesbar und verständlich sein. Zudem muss die Pflege und Weiterentwicklung der Prozesse natürlich auch über die Laufzeit des Forschungsprojekts möglich sein.
- *Überführung in BPEL*: Modellierte Prozesse dienen nicht nur als Diskussionsgrundlage und somit als spätere „Wegwerfprodukte“ sondern werden vielmehr in einer Laufzeitumgebung ausgeführt. Hierzu werden im Projekt der Microsoft BizTalk

Server 2006 und die Business Process Execution Language BPEL [IBM03] verwendet. Die direkte Modellierung der Prozesse in BPEL ist aufgrund der schlechten Lesbarkeit nicht sinnvoll. Stattdessen wird eine Überführung der Prozesse in BPEL angestrebt, um so Neumodellierungen und Modellinkonsistenzen zu verhindern.

Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen wird im Projekt die Business Process Modeling Notation (BPMN) weiter untersucht und prototypisch verwendet. BPMN ist ein Standard der Object Management Group (OMG) und stellt als grafische Spezifikationssprache Symbole und Verbindungen zur Modellierung von (Geschäfts-)Prozessen zur Verfügung. BPMN folgt einem prozessorientierten Ansatz und ist insbesondere auf Lesbarkeit und Verständlichkeit der modellierten Prozesse sowie die Transformation nach BPEL ausgerichtet [OMG06].

3.2 Konzept zur Prozessmodellierung für das Energiemanagement

Das hier vorgestellte Konzept zur Prozessmodellierung im Energiemanagement (EM) beruht auf den Kernelementen *EM-Prozess*, *EM-Service* sowie *Daten-Service*. Bezüglich der *EM-Services* wird zwischen *internen* und *externen Services* unterschieden:

- *EM-Prozess*: In einem Prozess können verschiedene BPMN-Elemente wie Event, Activity oder Gateway verwendet werden. Jeder Prozess kann zudem andere Services in Form von Web Services aufrufen. Zudem kann jeder Prozess selber wieder als Service angeboten und von anderen Prozessen genutzt werden.
- *Daten-Service*: Der Zugriff auf benötigte Grunddaten für das Energiemanagement erfolgt über *Daten-Services*. Diese können selber wieder als Prozesse modelliert oder atomare Basisdienste sein.
- *Interner EM-Service*: Das Konzept zur Prozessmodellierung sieht vor, dass sowohl atomare Basisdienste für das Energiemanagement als auch bereits modellierte Prozesse als Web Services angeboten werden. Diese können intern in anderen Prozessen des Energiemanagements oder extern von Dritten verwendet werden.
- *Externer EM-Service*: Externe Web Services, die nicht im Projektkontext erstellt, sondern von Dritten angeboten werden, können in *EM-Prozessen* verwendet werden. Hierbei sind nur die Servicespezifikationen bekannt und relevant, die internen Strukturen und damit die möglichen internen Prozessabläufe bleiben verborgen.

Die Kernelemente wurden hierbei in Anlehnung an die Servicekategorien nach [HVH06] erstellt. *EM-Prozess* ist vergleichbar der Servicekategorie „Prozess“, *EM-Service* der Servicekategorie „Funktion“ und *Daten-Service* der Servicekategorie „Bestand“.

Abbildung 2 stellt beispielhaft einen in BPMN modellierten Prozess „Erzeugerprognose“ dar. Jeder Prozess oder Service repräsentiert einen Akteur des Energiemanagements und wird innerhalb eines Pools modelliert. Akteure wie der *EM-Prozess* „Erzeugerprognose“

und der *externe EM-Service* „Wetterprognose“ kommunizieren miteinander über Nachrichten. In der Abbildung sind (von oben nach unten) die drei Elemente *Daten-Service*, *EM-Prozess* und *externer EM-Service* dargestellt.

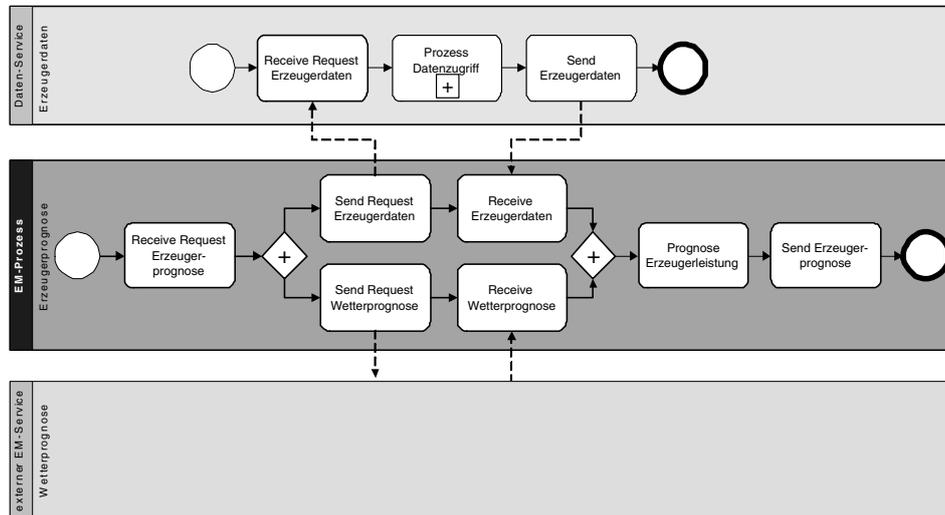


Abbildung 2: Beispielprozess „Erzeugerprognose“ in BPMN

3.3 BPEL-Transformation

Die Business Process Execution Language (BPEL) ist eine XML-basierte Standardsprache zur Beschreibung ausführbarer (Geschäfts-)Prozesse [IBM03]. Prozesse in BPEL basieren auf Web Services, d.h. jede Aktivität in einem Prozess wird als Web Service implementiert, jeder Prozess wird selber wieder als Web Service zur Verfügung gestellt.

Für die Transformation von BPMN nach BPEL führt der im Februar 2006 offiziell verabschiedete BPMN-Standard explizit Regeln zur Überführung der grafischen BPMN-Elemente in BPEL ein [OMG06]. Diese Regeln sind allerdings nicht vollständig, so dass nicht alle BPMN-Modelle in BPEL überführbar sind. [ODtHvdA06] zeigen in ihrem Beitrag einen über diese Regeln hinaus gehenden Algorithmus zur Transformation. Hierbei werden nicht einzelne BPMN-Elemente nach BPEL transformiert, vielmehr werden die Zusammenhänge der Elemente bei der Abbildung berücksichtigt. Dieser Ansatz gewährleistet beispielsweise die bessere Lesbarkeit der generierten BPEL-Modelle. Zur Transformation von BPMN nach BPEL werden im Projekt zur Zeit sowohl die im Standard beschriebenen Regeln als auch der BPMN2BPEL-Algorithmus untersucht. In diesem Zusammenhang ist insbesondere das XML-Format der BPMN-Modelle zu beachten, da die unterschiedlichen Werkzeuge zur BPMN-Modellierung zumeist proprietäre XML-Formate verwenden.

4 Zusammenfassung und Ausblick auf weitere Arbeiten

In zukünftigen Szenarien, in denen immer mehr Anlagen in das Energiemanagement zur Planung, Steuerung und Überwachung der Energieversorgung einbezogen werden, ist eine Zentralisierung des Energiemanagements nicht mehr angemessen. Stattdessen müssen Daten und Services dort vorliegen, Prozesse dort ablaufen, wo sie benötigt werden. Zur strukturierten Entwicklung einer derart verteilten Architektur wurde in diesem Beitrag das Konzept zur modellgetriebenen Dezentralisierung von Prozessen, Services und Daten eingeführt. Vorteile dieses Ansatzes im Vergleich zu einer manuellen Verteilung sind:

- *Reduzierung der Komplexität durch Abstraktion:* Neue Anforderungen werden zunächst fachlich modelliert und verteilt. Technische Aspekte werden erst abschließend eingebracht [Bro04].
- *Sicherstellung der Qualität der Zielarchitektur:* Das Vorgehensmodell definiert die Integration von Erweiterungen und dient zur konstruktiven Qualitätssicherung und Dokumentation der Zielarchitektur, Inselfösungen werden unterbunden.
- *Sicherung gewünschter nicht-funktionaler Eigenschaften:* Mittels geeigneter Verteilungsstrategien werden nicht-funktionale Anforderungen der Zielarchitektur eingehalten.
- *Adaptierbarkeit der Zielarchitektur:* Fachliche Änderungen der Kommunikationstopologie sowie der Geschäftslogik erfolgen strukturiert und gewährleisten die einfache Adaptierbarkeit. Technische Änderungen können gekapselt integriert werden und betreffen nur eine Modellebene statt der gesamten Zielarchitektur.

Anhand des Konzepts der Prozessmodellierung wurde ein erster Ansatz zur Modellierung der Geschäftslogik vorgestellt. Die Geschäftslogik des Energiemanagements kann mittels der Kernelemente *EM-Prozess*, *EM-Service* sowie *Daten-Service* erstellt werden. Als Notation wurde die BPMN und die Transformation nach BPEL vorgestellt. Die aus Sicht der Fachanwender modellierte Geschäftslogik kann in BPEL überführt und in einer Laufzeitumgebung ausgeführt werden. Neumodellierungen und Modellinkonsistenzen werden vermieden.

4.1 Ausblick auf weitere Arbeiten

Basis des vorgestellten Konzepts sind Modelle. Um diese miteinander in Beziehung zu setzen und beispielsweise die Verteilung des Modells der Geschäftslogik auf das Modell der Kommunikationstopologie zu ermöglichen, müssen Notationen und Modellierungsregeln definiert werden. Hier besteht weiterhin Forschungsbedarf, insbesondere bezüglich der geeigneten Verknüpfung von Modellen. In diesem Zusammenhang werden zudem Konzepte der domänenspezifischen Modellierung (DSM) [Coo04] untersucht, um so beispielsweise die in Abschnitt 3.2 erstellten Modelle auf Begriffe und Regeln der Domäne „Energie“ zu beschränken.

Die Verteilung der Geschäftslogik soll anhand nicht-funktionaler Anforderungen gesteuert werden. Hierfür werden geeignete Kostenmodelle und Optimierungsalgorithmen aus dem Bereich der verteilten Datenbanken untersucht [HR99]. Offen ist beispielsweise die Frage, wie nicht-funktionale Anforderungen in diese Kostenmodelle integriert und wie Kostenmodelle mit den Modellen der Geschäftslogik und Kommunikationstopologie in Beziehung gesetzt werden können. Des Weiteren werden geeignete Ableitungsregeln und ein darauf aufsetzendes Ableitungssystem zur Dezentralisierung der Geschäftslogik benötigt.

Danksagung Wir danken der EWE AG für die Förderung des in Abschnitt 1 vorgestellten Forschungsprojekts, in dessen Rahmen dieser Beitrag entstanden ist.

Literatur

- [Bro04] Alan W. Brown. Model driven architecture: Principles and practice. *Software and System Modeling*, 3(4):314–327, 2004.
- [Coo04] Steve Cook. *The MDA Journal*, Kapitel Domain-Specific Modeling and Model Driven Architecture. Meghan-Kiffer, 2004.
- [HR99] Theo Härder und Erhard Rahm. *Datenbanksysteme - Konzepte und Techniken der Implementierung*. Springer, 1999.
- [HS05] Michael N. Huhns und Munindar P. Singh. Service-Oriented Computing: Key Concepts and Principles. *IEEE Internet Computing*, 9(1):75–81, 2005.
- [Hvh06] Bernhard Humm, Markus Voß und Andreas Hess. Regeln für serviceorientierte Architekturen hoher Qualität. *Informatik-Spektrum*, 29(6):395–411, 2006.
- [IBM03] IBM. Business Process Execution Language for Web Services Version 1.1., 2003.
- [IEC03] IEC. *INTERNATIONAL STANDARD IEC 61970-301: Energy management system application program interface (EMS-API) Part 301: Common Information Model (CIM) Base*. International Electrotechnical Commission, 2003.
- [ODtHvdA06] Chun Ouyang, Marlon Dumas, Arthur H. M. ter Hofstede und Wil M. P. van der Aalst. From BPMN Process Models to BPEL Web Services. In *ICWS '06: Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS'06)*, Seiten 285–292. IEEE Computer Society, 2006.
- [OMG03] OMG. MDA Guide Version 1.0.1., 2003.
- [OMG06] OMG. BPMN 1.0: OMG Final Adopted Specification, 2006.
- [Usl05] Mathias Uslar. Semantic interoperability within the power systems domain. In *IHIS '05: Proceedings of the first international workshop on Interoperability of heterogeneous information systems*, Seiten 39–46. ACM Press, 2005.
- [USLA05] Mathias Uslar, Tanja Schmedes, Till Luhmann und Hans-Jürgen Appelrath. Eine serviceorientierte Architektur für das dezentrale Energiemanagement. In *GI Jahrestagung (2)*, Seiten 622–626, 2005.
- [Zac87] J. A. Zachman. A framework for information systems architecture. *IBM Systems Journal*, 26:277–293, 1987.