

Patrick Stiefel

# Eine dezentrale Informations- und Kollaborationsarchitektur für die unternehmens- übergreifende Produktentwicklung

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Jörg P. Müller

VIEWEG+TEUBNER RESEARCH

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	These und Ziele dieser Arbeit	2
1.2	Kernbeiträge dieser Arbeit	3
1.3	Fragestellungen und Lösungsansätze	4
1.4	Inhaltsübersicht	10
1.5	Veröffentlichungen	12
<b>2</b>	<b>Hintergrund und Stand der Technik</b>	<b>13</b>
2.1	Hintergrund: Kollaborative Produktentwicklung	13
2.1.1	Kommunikation, Koordination, Kooperation und Kollaboration	13
2.1.2	Produktentwicklung	15
2.1.2.1	Phasen der kollaborativen Produktentwicklung	20
2.1.2.2	Kollaborationstypen	21
2.2	Stand der Technik: Kollaborative Produktentwicklung	26
2.2.1	Strategien für die kollaborative Produktentwicklung	26
2.2.2	Kollaborative Produktentwicklung mit aktuellen PDM-Systemen	28
2.2.3	Kollaborationsplattformen	30
2.2.3.1	Kollaborationsplattformen für die produktdatenorientierte Kollaboration	31
2.2.3.2	Produktdaten- und prozessorientierte Kollaboration	32
2.3	Hintergrund: Produktdatenaustausch in Kollaborationen	33
2.3.1	Produktmodelle	33
2.3.2	Produktdatenmodelle	34
2.3.3	Wissensbasierter Produktdatenaustausch	35
2.3.3.1	Ontologien	36
2.4	Stand der Technik: Produktdatenaustausch in Kollaborationen	40
2.5	Hintergrund: Dezentrale Informationstechnologien	42
2.5.1	Peer-To-Peer (P2P)	43
2.5.2	Die sechs wichtigsten Eigenschaften von Peer-To-Peer(P2P)-Systemen	44
2.5.3	Klassifikation von P2P-Systemen	44
2.5.3.1	Klassifikation nach dem Grad der Strukturierung	45
2.5.3.2	Klassifikation nach dem Hierarchiegrad	46
2.5.3.3	Klassifikation nach dem Kopplungsgrad	46
2.5.4	P2P Topologien	46
2.5.4.1	Unstrukturierte P2P-Overlay-Netzwerke	46
2.5.4.2	Strukturierte P2P-Overlay-Netzwerke	49
2.5.4.3	Hierarchische P2P-Overlay-Netzwerke	55
2.5.5	Qualitätsmerkmale von P2P-Overlay-Netzwerken	57
2.5.5.1	Adaptivität	57
2.5.5.2	Effizienz	58
2.5.5.3	Vertrauenswürdigkeit	59
2.5.5.4	Validität	61
2.6	Stand der Technik: Dezentrale Informationstechnologien	62
2.6.1	P2P-Systeme für die verteilte Datenspeicherung (Content Distribution)	63
2.6.1.1	OceanStore	63
2.6.2	Aktuelle Ansätze zur Qualitätsverbesserung von Peer-To-Peer Overlay-Ansätzen	65
2.6.2.1	Adaptivität	65
2.6.2.2	Effizienz	66
2.6.2.3	Vertrauenswürdigkeit	69
2.6.2.4	Validität	72
2.7	Hintergrund: Modellgetriebene Softwareentwicklung	74
2.7.1	Das Konzept der MDSD	74
2.7.1.1	Domänen und domänenspezifische Sprachen	75

2.7.1.2	Die Plattform .....	76
2.7.2	Modelltransformationen .....	76
2.7.3	Forward-/ Reverse- und Roundtrip-Engineering .....	77
2.8	Stand der Technik: Modellgetriebene Softwareentwicklung .....	77
2.8.1	Architekturzentrierte MDS .....	> 77
2.8.2	Model Driven Architecture .....	78
2.8.3	Chancen und Ziele modellgetriebener Softwareentwicklung .....	80
2.9	Hintergrund: Serviceorientierte Architektur (SOA) .....	81
2.9.1	Der Begriff der Architektur .....	81
2.9.2	Serviceorientierte Architektur (SOA) .....	82
2.9.2.1	Service-Orchestrierung vs. Service-Choreographie .....	86
2.10	Stand der Technik: Serviceorientierte Architektur (SOA) .....	86
2.10.1	WSDL .....	87
2.10.2	SOAP .....	89
2.10.3	BPEL .....	90
2.11	Zusammenfassung .....	92
<b>3</b>	<b>Dezentrale und Kollaborative Produktenwicklung .....</b>	<b>95</b>
3.1	Definition .....	95
3.2	Verteilte Produktmodelle .....	96
3.2.1	Spezifikation und Vorschlag .....	97
3.3	Das Konzept der Verteilten Problemlösung .....	99
3.3.1	Verteilten Problemlösungsstrategien im Rahmen einer DeCPD .....	101 ^
3.3.2	Parallelen zwischen DeCPD und DSP .....	104
3.4	Anforderungen an die DeCPD und Abgrenzung zum State-of-the-Art .....	105
3.4.1	Datenebene: .....	105
3.4.2	Netzwerkebene .....	106
3.4.3	Prozessebene .....	109
3.5	Anwendungsfall .....	109
<b>4</b>	<b>Organisationsübergreifende modellbasierte Produktenwicklung .....</b>	<b>113</b>
4.1	Definition .....	113
4.2	CIM-Modelle für die OMP .....	114
4.2.1	Ein Metamodell für die CIM-Datensicht .....	114
4.2.2	Datenmodellinstanzen in Abhängigkeit der Komplexität .....	117
4.2.2.1	CIM-Datenmodell Instanz A .....	117
4.2.2.2	CIM-Datenmodell Instanz B .....	118
4.2.2.3	CIM-Datenmodell Instanz C (Vorschlagsvarianten) .....	119
4.2.2.4	CIM-Datenmodell Instanz D (Spezifikationsvarianten) .....	119
4.2.2.5	CIM-Datenmodell Instanz E (Vorschlags-Versionen) .....	120
4.2.2.6	CIM-Datenmodell Instanz F (Spezifikations-Versionen) .....	120
4.2.2.7	Zwischenfazit aus den Betrachtungen der CIM-Datenmodelle .....	121
4.2.2.8	Überlegungen zum Umfang des verteilten Produktmodells .....	122
4.2.3	Ein Metamodell für die CIM-Prozesssicht .....	128
4.2.4	DeCPD-Geschäftsprozesse .....	129
4.2.4.1	Einfachstes CIM-Geschäftsprozessdiagramm für die DeCPD .....	129
4.2.4.2	CIM-Geschäftsprozessdiagramm mit Berücksichtigung von PM-Verteilungen .....	131
4.2.4.3	CIM-Geschäftsprozessdiagramm mit Berücksichtigung von Hierarchien .....	131
4.2.4.4	CIM-Geschäftsprozessdiagramm mit Berücksichtigung von Iterationen .....	133
4.2.4.5	Zusammenfassung der Betrachtungen von DeCPD-Prozessen .....	133
4.2.5	Ein Metamodell für die CIM-Netzwerksicht .....	135
4.2.6	Funktionale und Nichtfunktionale Anforderungen der DeCPD .....	135
4.2.6.1	Vertrauenswürdigkeit .....	135
4.2.6.2	Sichtbarkeit .....	137

4.2.6.3	Budget.....	137
4.2.6.4	Ausfallsicherheit.....	137
4.2.6.5	Datenverfügbarkeit.....	137
4.2.6.6	Subkollaborationen.....	137
4.3	PIM-Modelle für die OMP.....	139
4.3.1	Ein Metamodell für die PIM-Datensicht.....	139
4.3.2	Dateibasierte dezentrale Speicherung von Teilproduktmodellen.....	139
4.3.3	Ein Metamodell für die PIM-Prozesssicht.....	140
4.3.4	Kollaborationsarchitekturen.....	141
4.3.4.1	Dezentral koordinierte Kollaboration bei lokaler Basisdienst-Ausführung.....	144
4.3.4.2	Dezentral koordinierte Kollaboration bei zentraler Basisdienst-Ausführung.....	145
4.3.4.3	Dezentral koordinierte Kollaboration bei dezentraler Basisdienst-Ausführung.....	146
4.3.5	Ein Metamodell für die PIM-Netzwerksicht.....	148
4.3.6	DeCPD-Basisdienste und ihre Anforderungen an die Netzwerkarchitektur.....	148
4.3.6.1	DeCPD-Basisdienst „Aufbau einer Kollaboration“.....	149
4.3.6.2	DeCPD-Basisdienst „Speichern von TPM-Vorschlägen“.....	151
4.3.6.3	DeCPD-Basisdienst „Suche nach TPM-Vorschlägen“.....	155
4.3.6.4	DeCPD-Basisdienst „Sicherung des Kollaborationszustands“.....	158
4.3.6.5	Vergleich mit einem Client-/ Server-Ansatz.....	161
4.4	PSM-Modelle für die OMP.....	163
4.4.1	Ein Metamodell für die PSM-Datensicht.....	163
4.4.2	Ontologien als dateibasiertes Datenaustauschformat auf der PSM-Ebene.....	163
4.4.2.1	Ontologien als Integrations- und Aggregationsmedium.....	164
4.4.2.2	Beschreibung von Produktmodell-Komponenten und deren Zusammenhänge.....	165
4.4.2.3	Ontologien als Medium für Spezifikationen und Vorschläge.....	166
4.4.2.4	Die Basis-Ontologie (BaseOnt).....	167
4.4.2.5	Die Ontologie-Klasse Component.....	167
4.4.2.6	Die Ontologie-Klasse Requirement.....	169
4.4.2.7	Die Ontologie-Klasse Connection.....	171
4.4.2.8	Die Ontologie-Klasse Resource.....	172
4.4.2.9	Die Ontologie-Klasse Value Partitions.....	172
4.4.2.10	Zusammenhang zwischen Ontologie-Konzepten und der DeCPD.....	173
4.4.2.11	Ausschreiben eines Projekts (Schritte 1 bis 3).....	174
4.4.2.12	Ausschreiben einer Spezifikation (Schritte 4 und 5).....	175
4.4.2.13	Entwickeln eines Vorschlags (Schritte 6 und 7).....	176
4.4.2.14	Synthese.....	177
4.4.2.15	Funktionsweise des PSM-Datenmodells.....	178
4.4.3	Ein Metamodell für die PSM-Prozesssicht.....	182
4.4.4	DeCPD-Workflows.....	182
4.4.4.1	DeCPD-Basisdienste auf der PSM-Ebene.....	183
4.4.4.2	Workflowmodelle auf der PSM-Ebene.....	184
4.4.5	Ein Metamodell für die PSM-Netzwerksicht.....	189
4.4.6	FreePastry als Beispiel für ein strukturiertes P2P-Overlay.....	189
4.4.6.1	Aufbau von verteilten Kollaborationsräumen.....	190
4.4.6.2	Distribution von TPM-Vorschlägen.....	190
4.4.6.3	Suche nach TPM-Vorschlägen.....	191
4.4.6.4	Sicherung des Kollaborationszustands.....	192
4.5	Abhängigkeiten zwischen Metamodellelementen.....	193
4.5.1	Zwingende Abhängigkeiten auf der CIM-Ebene.....	193
4.5.2	Empfehlende Abhängigkeiten auf der CIM-Ebene.....	194
4.5.3	Zwingende Abhängigkeiten auf der PIM-Ebene.....	195
4.5.4	Empfehlende Abhängigkeiten auf der PIM-Ebene.....	195
4.5.5	Empfehlende Abhängigkeiten auf der PSM-Ebene.....	196
4.5.6	Zwingende Abhängigkeiten auf der PSM-Ebene.....	197

4.6	Modelltransformationen	198
4.6.1	Metamodell-Transformationen ohne Abhängigkeiten auf Instanzebene	199
4.6.2	Metamodell-Transformationen mit Abhängigkeiten auf Instanzebene	200
4.7	DeCPD Szenario	203
	<b>Eine Architektur für die DeCPD</b>	<b>209</b>
5.1	Die Mehrschichten-Architektur für die DeCPD	209
5.2	Die Schicht ColiabNetwork	210
5.2.1	Kommunikation über Multicast	210
5.2.1.1	Multicast senden	210
5.2.1.2	Multicast empfangen	211
5.2.1.3	Kapselung der FreePastry-Methoden	212
5.2.2	Die Suche über Unicast	213
5.2.2.1	Zwei-Wege-Handshake	213
5.2.2.2	Drei-Wege-Handshake	215
5.2.2.3	Kapselung der FreePastry-Methoden	216
5.2.3	Das Interface IMessage	216
5.3	Die Schicht ProjectNetwork	217
5.3.1	Die Klasse AbstractProjectNetwork	218
5.3.2	Die Klasse ProjectNetwork	220
5.3.2.1	Datenmodell	220
5.3.2.2	DataManager	221
5.3.2.3	HandlerManager	224 <sup>^</sup>
5.3.3	Bereitgestellte Schnittstellen	226
5.3.3.1	Das Interface INetworkEventListener	227
5.3.3.2	IDataChangeListener und DataChangeListener	227
5.3.3.3	DataChangeEvent	227
5.4	Die Schicht SOAPProjectNetwork	229
5.4.1	Kommunikation mit der GUI	230
5.4.2	Kommunikation mit der Workflow-Engine	230
5.4.3	Dezentrale Workflowausführung	232
>	<b>Evaluierung</b>	<b>237</b>
6.1	Methodik für die Evaluierung	237
6.1.1	Evaluierung der DeCPD-Architektur	237
6.1.2	Evaluierung der SW-Einheiten der DeCPD-Architektur	239
6.1.3	Empirische Untersuchung	240
6.1.3.1	Zielsetzung	241
6.1.3.2	Erhebungsdesign und Auswertung	241
6.1.3.3	Durchführung der Befragung und Beschreibung der Stichprobe	242
6.2	Evaluierung der Architektur für die DeCPD	244
6.2.1	Architekturstile	244
6.2.2	Bewertung der DeCPD-Architektur anhand von Qualitätsattributen	246
6.2.3	Szenario	248
6.3	Evaluierung der SW-Einheiten der DeCPD-Architektur	249
6.3.1	Prüfspezifikation Systemelement nach dem V-Modell XT	249
6.3.1.1	Prüfobjekte	249
6.3.1.2	Prüfstrategie	251
6.3.1.3	Prüfalle	251
6.3.1.4	Prüfumgebung	253
6.3.1.5	Prüfallozuordnung	255
6.4	Die Product Collaboration Platform	256
6.4.1	Initiator Schritt 1: Erstellen und Veröffentlichen eines Projekts	257
6.4.2	Teilnehmer Schritt 1: Teilnahme an einem Projekt	258

6.4.3	Initiator Schritt 2: Autorisieren eines Teilnehmers zur Projektteilnahme	259
6.4.4	Teilnehmer Schritt 2: Abgabe eines Vorschlags	260
6.4.5	Initiator Schritt 3: Auswerten der eingegangenen Vorschläge	261
6.5	Ergebnis der empirischen Untersuchung	262
6.5.1	Kollaboration und Kollaborationsabläufe	262
6.5.2	Untersuchung des Einsatzes und der Verwendung von PDM-Systemen	268
6.5.3	Unternnehmensübergreifender Produktdatenaustausch und Chancen für Peer-To-Peer	271
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>279</b>
7.1	Zusammenfassung	279
7.2	Ausblick	280
7.2.1	Entwicklungstendenzen im PLM Bereich	281
<b>A.</b>	<b>Produktkonkretisierungsgrade</b>	<b>285</b>
A.1.	Anforderungsmodell	285
A.2.	Funktionsmodell	285
A.3.	Wirkmodell	286
A.4.	Gestaltsmodell	288
<b>B.</b>	<b>Sprachen zur Beschreibung von Ontologien</b>	<b>289</b>
B.1.	Das Resource Description Framework (RDF)	289
B.1.1	Uniform Resource Identifier	289
B.1.2	Literale	289
B.1.3	RDF/XML-Syntax	290
B.1.4	RDF/Turtle-Syntax	291
B.2.	RDF-Schema (RDFS)	293
B.2.1	RDFS: Klassen	293
B.2.2	RDFS: Properties	294
B.3.	Die Web Ontology Language (OWL)	294
B.3.1	OWL:Klassen	294
B.3.2	OWL: Logische Konstruktoren	295
B.3.3	OWL: Rollenbeziehungen	297
<b>C.</b>	<b>WSDL First/ Contract First mit Axis2</b>	<b>300</b>
C.1.	Vorbereitung der Entwicklungsumgebung	300
C.2.	Codegerüste für die Serverseite	302
C.3.	Implementierung der Geschäftsfunktionalität für den Skeleton	306
C.4.	Ausführen des Webservice	307
<b>D.</b>	<b>Entwicklung eines BPEL Workflows mit Apache ODE</b>	<b>310</b>
D.1.	Vorbereitung der Entwicklungsumgebung	311
D.2.	Erstellen eines BPEL-Workflows	313
D.3.	Definition von BPEL-Prozessen	313
D.4.	Spezifikation der PartnerLinks und PartnerLinkTypes	315
D.5.	Zusammenstellung des BPEL-Workflows	318
D.6.	Deploy-Prozess	324
<b>E.</b>	<b>Workflows für die DeCPD</b>	<b>325</b>
E.1.	Modelle des globalen Workflows 1 (gWF-1)	325
E.2.	Modelle des globalen Workflows 2 (gWF-2)	331
<b>F.</b>	<b>Methodendes ProjectNetwork</b>	<b>335</b>
F.1.	Projektveröffentlichung	335
F.2.	Spezifikationsanfrage	336
F.3.	Spezifikationsanfrage	339
F.4.	Übertragung eines Vorschlags	344
F.5.	Projekt beenden	348

<b>G.</b>	<b>Prüffälle.....</b>	<b>350</b>
G.1.	Erstellen von Prüffällen mit JUnit.....	350
G.2.	Prüffälle zum Testen der Funktionalität des CollabNetworks.....	352
G.2.1	Subscribe-Der Beitritt zu einem Subnetzwerk (Prüffall 1.1).....	352
G.2.2	Serialisierung und Multicast (Prüffall 1.2).....	353
G.2.3	Zwei-Wege-Handshake (Prüffall 1.3).....	355
G.2.4	Drei-Wege-Handshake (Prüffall 1.4).....	357
G.3.	Prüffälle zum Testen der Funktionalität des ProjectNetwork.....	359
G.3.1	DataManager, HandlerManager und IDataChangeListener.....	359
G.3.2	INetworkEventListener(Prüffall 2.1).....	359
G.3.3	ProjectNetwork.....	361
G.3.4	ProjectNetwork: DeCPD-Basisdienst PublishProject (Prüffall 2.2).....	361
G.3.5	ProjectNetwork: DeCPD-Basisdienste Request- und Send-Specification (Prüffall 2.3).....	363
G.3.6	ProjectNetwork: DeCPD-Basisdienst PublishProposal (Prüffall 2.4).....	366
G.3.7	ProjectNetwork: DeCPD-Basisdienst CloseProject (PF2.5).....	369
G.4.	Prüffälle für das Testen der Funktionalität des SOA ProjectNetwork.....	372
G.4.1	Workflow-Steuerung (Prüffall 3.1).....	372
<b>H.</b>	<b>Fragenkatalog der empirischen Studie.....</b>	<b>375</b>
<b>I.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>381</b>
<b>J.</b>	<b>Source-Codes.....</b>	<b>387</b>
<b>K.</b>	<b>Definitionen.....</b>	<b>389</b>
<b>L.</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>390</b>
<b>M.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>391</b>
<b>N.</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>393</b>