

# Integrierte Low-Cost eHome-Systeme

## Prozesse und Infrastrukturen

Von der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung  
des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Informatiker  
Michael Kirchhof

aus Neuss

Berichter:

Prof. Dr.-Ing. Manfred Nagl, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen  
Prof. Dr. Harald C. Gall, Universität Zürich, Schweiz  
Tag der mündlichen Prüfung: 18.10.2005

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	2
1.2 Anwendungsfelder für eHome-Systeme . . . . .	4
1.3 Stand der Technik . . . . .	5
1.3.1 Vorhandene Systeme (0G) . . . . .	6
1.3.2 eHome-Systeme der ersten Generation (1G) - Am Markt verfügbar .	7
1.3.3 eHome-Systeme der zweiten Generation (2G) - Stand der Technik .	9
1.4 eHome-Systeme der dritten Generation (3G) - Die Vision . . . . .	18
1.5 Problemskizze: Übergang von 2G- zu 3G-Systemen . . . . .	21
1.6 Lösungsskizze . . . . .	25
1.7 Gegenstand der Arbeit . . . . .	27
1.8 Wissenschaftlicher Beitrag . . . . .	28
1.9 Aufbau der Arbeit . . . . .	28
<b>2 Grundlagen</b>	<b>31</b>
2.1 Komponentenbasierte Software-Entwicklung . . . . .	31
2.2 Java-Spezifika . . . . .	33
2.2.1 ClassLoader-Konzept . . . . .	34
2.2.2 Unveränderliche Klassen . . . . .	34
2.2.3 Automatische Speicherverwaltung und spezielle Referenz-Typen .	34
2.2.4 Persistenztechniken in Java . . . . .	35
2.2.5 Java-Web-Start . . . . .	38
2.3 Open Services Gateway Initiative (OSGi) . . . . .	38
2.4 Workflow-Management . . . . .	42
2.4.1 XML Process Definition Language (XPDL) . . . . .	43
2.4.2 Workflow-Muster . . . . .	44
2.4.3 Shark . . . . .	47
<b>3 Anwendungsszenarien</b>	<b>49</b>
3.1 Struktur von eHome-Systemen . . . . .	49
3.2 Sicherheitsszenario . . . . .	51
3.3 Komfortszenario . . . . .	52
3.4 Verbrauchsszenario . . . . .	54
3.5 Innovatives integratives Szenario . . . . .	59
3.6 Zusammenfassung . . . . .	63

<b>4 Der modifizierte eHome-Prozess – Übergang von 2G- zu 3G-Systemen</b>	<b>65</b>
4.1 Analyse des 2G-Prozesses	65
4.2 Der eHome-Prozess in der Gesamtsicht	70
4.3 Dienst-Abonnements als Vertriebsform	71
4.4 Wiederverwendung mithilfe des Architekturmodells PowerArchitecture	73
4.5 Konfigurierung und Deployment	75
4.6 Entwicklung des optimierten eHome-Prozesses – der 3G-Prozess	78
4.7 Der 3G-Prozess	83
4.8 Dienst-Lebenszyklus	86
4.9 Zusammenfassung	87
<b>5 Basis-Infrastrukturen für eHome-Systeme</b>	<b>89</b>
5.1 Anforderungsdefinition	89
5.2 Nachrichten-basierte Kommunikation zwischen eHome-Diensten: PowerMessage	94
5.3 Strukturierte Persistenzschicht: PowerData	97
5.4 Interaktion mit eHome-Systemen: PowerInteract	102
5.5 Flexible Kopplung: Distributed Services Framework (DSF)	107
5.6 Kollaboration in eHomes: PowerKollabo	114
5.7 Zusammenfassung	117
<b>6 Entwicklungs- und Laufzeit von eHome-Diensten: Das Regelparadigma</b>	<b>119</b>
6.1 Regelbasiertes Paradigma für die Entwicklung von eHome-Diensten	120
6.2 Regelmuster	126
6.3 Konflikterkennung in eHomes	128
6.4 Vertiefung des Regel-Paradigmas	136
6.5 Zusammenfassung	142
<b>7 Geschäftsprozesse und deren Unterstützung in eHome-Systemen</b>	<b>143</b>
7.1 Spontaner Ansatz	144
7.2 Analyse des spontanen Ansatzes	150
7.3 Revidierter Ansatz	151
7.4 Werkzeugintegration	155
7.5 Prozessinstanzen: Ausführung und Überwachung	160
7.6 XPDL-Spezifikation des eHome-Prozesses	161
7.7 Realisierung der Werkzeugintegration	166
7.8 Zusammenfassung	168
<b>8 Umsetzung der Anwendungsszenarien</b>	<b>171</b>
8.1 Bildabrufdienst PowerImage	171
8.2 Sensoren	174
8.3 Sicherheitsszenario	178
8.4 Komfortszenario	182
8.5 Verbrauchsszenario	185
8.6 Innovatives integratives Szenario	189
8.7 Zusammenfassung	189

<b>9 Architekturmodellierung und Implementierung der Basis-Infrastrukturen für eHome-Systeme</b>	<b>191</b>
9.1 Detaillierung des Architekturmodells PowerArchitecture . . . . .	191
9.2 PowerMessage . . . . .	199
9.3 PowerInteract . . . . .	201
9.4 PowerData . . . . .	206
9.5 Distributed Services Framework (DSF) . . . . .	217
9.6 PowerKollabo . . . . .	226
9.7 OSGi-spezifische Entwurfsentscheidungen und Implementierungsüberlegungen	234
9.8 Zusammenfassung . . . . .	237
<b>10 Verwandte Ansätze</b>	<b>239</b>
10.1 Plattformen für eHome-Systeme . . . . .	239
10.1.1 AutoHAN . . . . .	239
10.1.2 Internet Framework for Cooperative Buildings (FCB) . . . . .	240
10.1.3 HOUSe-KEEPER . . . . .	240
10.1.4 Bewertung . . . . .	241
10.2 Mensch-Maschine-Schnittstelle . . . . .	243
10.2.1 Oberflächenbeschreibungssprachen . . . . .	244
10.2.2 Rahmenwerke . . . . .	245
10.2.3 XSL versus Schablonenkonzept . . . . .	247
10.2.4 Bewertung . . . . .	248
10.3 Verteilte Systeme im DSF-Kontext . . . . .	249
10.3.1 Ansätze aus dem Bereich der Heiamtomatisierung . . . . .	249
10.3.2 Allgemeine Konzepte zur entfernten Dienstnutzung . . . . .	252
10.3.3 Web-Services . . . . .	254
10.3.4 Bewertung . . . . .	256
10.4 Dienstnutzung im Verbund: Kollaboration . . . . .	257
10.4.1 Ansätze aus dem Bereich der Heiamtomatisierung . . . . .	258
10.4.2 Allgemeine Konzepte zur Kollaboration . . . . .	261
10.5 Dienst-Komposition . . . . .	265
10.5.1 Web-Services zur Dienstkomposition . . . . .	265
10.5.2 Komponentenrahmenwerke . . . . .	266
10.5.3 Weiterführende Ansätze . . . . .	277
10.5.4 Bewertung . . . . .	281
10.6 Regelbasierte Systeme . . . . .	282
10.6.1 Alternative Regelmassen . . . . .	282
10.6.2 Standardisierungsbemühungen . . . . .	283
10.6.3 Strukturen in Regelsätzen . . . . .	284
10.7 Konflikterkennung . . . . .	287
10.7.1 Policy-basiertes Management verteilter Systeme . . . . .	288
10.7.2 Multi-Agenten-Systeme . . . . .	288
10.7.3 Telekommunikationssysteme . . . . .	289
10.7.4 Bewertung . . . . .	289

10.8	Geschäftsprozesse	290
10.8.1	Verwandte Prozesse	290
10.8.2	Ansätze zur Workflow-Modellierung	292
10.8.3	Bewertung	298
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>301</b>
11.1	Rekapitulation der Ergebnisse	301
11.2	Ausblick	303
11.3	Schlussbemerkung	306