

Reimann

Mobile Augmented Reality Anwendungen



C-LAB Publication

Herausgegeben von
Published by

Dr. Wolfgang Kern, Siemens AG
Prof. Dr. Franz-Josef Rammig, Universität Paderborn

Das C-LAB - Cooperative Computing & Communication Laboratory - leistet Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und gewährleistet deren Transfer an den Markt. Es wurde 1985 von den Partnern Nixdorf Computer AG (nun Siemens AG) und der Universität Paderborn im Einvernehmen mit dem Land Nordrhein-Westfalen gegründet.

Die Vision, die dem C-LAB zugrunde liegt, geht davon aus, daß die gewaltigen Herausforderungen beim Übergang in die kommende Informations- und Wissensgesellschaft nur durch globale Kooperation und in tiefer Verzahnung von Theorie und Praxis gelöst werden können. Im C-LAB arbeiten deshalb Mitarbeiter von Hochschule und Industrie unter einem Dach in einer gemeinsamen Organisation an gemeinsamen Projekten mit internationalen Partnern eng zusammen.

C-LAB - the Cooperative Computing & Cooperation Laboratory - works in the area of research and development and safeguards its transfer into the market. It was founded in 1985 by Nixdorf Computer AG (now Siemens AG) and the University of Paderborn under the auspices of the State of North-Rhine Westphalia.

C-LAB's vision is based on the fundamental premise that the gargantuan challenges thrown up by the transition to a future information and knowledge society can only be met through global cooperation and deep interworking of theory and practice. This is why, under one roof, staff from the university and from industry cooperate closely on joint projects within a common research and development organization together with international partners. In doing so, C-LAB concentrates on those innovative subject areas in which cooperation is expected to bear particular fruit for the partners and their general well-being.

C-LAB Publication

Band 28

Christian Reimann

Mobile Augmented Reality Anwendungen

Performanceorientierung im Entwurf und zur Laufzeit

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2009

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2008

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8106-9

ISSN 1438-3527

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Mobile Augmented Reality Anwendungen

Performanceorientierung im Entwurf und zur Laufzeit

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
der Fakultät
Elektrotechnik, Informatik und Mathematik
der Universität Paderborn

von

Dipl.-Inform.

Christian Reimann

Paderborn, November 2008

Gutachter:

- 1) Prof. Dr. rer. nat. Franz Rammig
- 2) Jun. Prof. Dr. rer. nat. Volker Paelke

Tag der mündlichen Prüfung: 18.12.2008

Fragen, Kritik, Anregungen an:
cr@mixed-reality.org

Für Melanie,
Julia und Katja,
und viele hilfreiche Hände

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung und Lösungsansatz	4
1.2	Aufbau der Arbeit	5
2	Augmented Reality	7
2.1	Augmented Reality – Die Anfänge	8
2.2	Mixed Reality im „Virtuality Continuum“	11
2.3	Definition „Augmented Reality“ nach Azuma	12
2.4	Anwendungsfelder für Augmented Reality	13
2.4.1	Medizin	13
2.4.2	Präsentation und Visualisierung	14
2.4.3	Industrie	14
2.4.4	Edutainment	15
2.5	Display Technologien für AR Anwendungen	17
2.5.1	Optisches See-Through Display	17
2.5.2	Video See-Through Display	18
2.5.3	Monitor Systeme	19
2.5.4	Projektor Systeme	20
2.6	Registrierung und Tracking	21
2.7	Interaktion	23
3	Stand der Technik	27
3.1	Entwurf und Bestandteile mobiler AR Anwendungen	28
3.2	Programmierung von AR Anwendungen	29
3.2.1	Spezialisierte Einzelbibliotheken	29
3.2.2	Integrierte Bibliotheken und Frameworks	32
3.3	Inhaltsorientierte Erstellung von AR Anwendungen	35
3.3.1	AMIRE Authoring Tool	36
3.3.2	DART	37
3.3.3	ARBlender	38
3.4	Entwurfsprozesse	39

3.4.1	Implizite Prozesse	40
3.4.2	i4D Design Prozess	41
3.4.3	Allgemeine Software Engineering Prozesse	44
3.5	Optimierungsverfahren und adaptive Systeme	47
3.5.1	Allgemeine Verfahren	48
3.5.2	Adaption in VR und AR Systemen	50
4	Eigenschaften mobiler AR Anwendungen	53
4.1	Wichtige Begriffe und Definitionen	54
4.2	Anforderungsanalyse	55
4.2.1	Mobile Nutzung	55
4.2.2	Interaktion	56
4.2.3	Performance	57
4.2.4	Algorithmen	58
4.2.5	Übersicht Analyseergebnisse	59
4.3	Bewertung des Standes der Technik	60
4.3.1	Programmierung von AR Anwendungen	60
4.3.2	Inhaltsorientierte Erstellung	61
4.3.3	Implizite Entwurfsprozesse	62
4.3.4	i4D Design Prozess	62
4.3.5	Software Engineering Prozesse	63
4.3.6	Allgemeine Optimierungsverfahren	64
4.3.7	Adaption in VR und AR Systemen	65
4.4	Zusammenfassung der Bewertungen	66
5	Lösungsansatz	69
5.1	Grundidee	70
5.2	Zentrales Anforderungsmanagement	71
5.2.1	Lösungsansatz – Zentrales Anforderungsmanagement	72
5.3	Performanceorientierter Entwurfsprozess	73
5.3.1	Lösungsansatz – Performanceorientierter Entwurfsprozess	73
5.4	Adaptives Laufzeitsystem – MAuRePeP	75
5.4.1	Gewählter Lösungsansatz – MAuRePeP	76
5.4.2	Lokale Anpassungen	77
5.4.3	Globale Anpassungen	79
6	Zentrales Anforderungsmanagement	81
6.1	Anforderungsmanagement im Entwurf	82
6.1.1	Kategorisierung der Anforderungen	83

6.1.2	Aufbau des Traceability-Graphen	85
6.1.3	Nutzer- und Aufgabenorientierte Darstellung	88
6.2	Formalisierung des Traceability-Graphen	91
6.2.1	Wichtige Begriffe und Voraussetzungen	92
6.2.2	Formale Beschreibung der Ressourcen	93
6.2.3	Formale Beschreibung der Anforderungen	96
6.3	Algorithmen im Traceability-Graphen	98
6.3.1	Erfassung der Messdaten	98
6.3.2	Unit-Tests	99
6.3.3	System-Tests	100
6.3.4	Vorhersagen – „Virtuelle“ Tests	101
6.3.5	Abbildung der Lösungen im Traceability-Graphen auf die Architektur	104
7	Performanceorientierter Entwurfsprozess	109
7.1	Anforderungen an den Entwurfsprozess	110
7.2	Makroprozess	111
7.2.1	Sichten auf das Projekt	112
7.2.2	Rollen im Entwurfsprozess	113
7.2.3	Mikroprozesse innerhalb der Phasen	115
7.3	Phase I: Konzeption	115
7.3.1	Nutzersicht	116
7.3.2	Technologiesicht	118
7.3.3	Managementsicht	120
7.3.4	Meilenstein M I: Szenario	120
7.4	Phase II: Engine Entwicklung	121
7.4.1	Nutzersicht	122
7.4.2	Technologiesicht	123
7.4.3	Managementsicht	126
7.4.4	Meilenstein M II: Engine	126
7.5	Phase III: Anwendungsentwicklung	127
7.5.1	Nutzersicht	129
7.5.2	Interaktionsentwicklung	131
7.5.3	Technologiesicht	133
7.5.4	Managementsicht	134
7.5.5	Meilenstein M III: Release	135
7.6	Übersicht – Alle Phasen des Entwurfsprozess	136
8	MAuRePeP – Mobile Augmented Reality Performance Plattform	139

8.1	Architektur-Übersicht	140
8.1.1	Funktions- und Datenmodule	141
8.1.2	Auslagerung von Modulen	142
8.1.3	Beispiel: AR-PDA	143
8.1.4	Anpassungen des Systemverhaltens zur Laufzeit	146
8.2	Lokale Anpassungen	147
8.2.1	Parameter zur lokalen Anpassung	148
8.2.2	Bewertung des aktuellen Systemzustandes	149
8.2.3	Vorhersage	157
8.2.4	Algorithmus zur lokalen Anpassung	161
8.2.5	Ansteuerung von globalen Anpassungen	165
8.3	Globale Anpassungen	166
8.3.1	Basis-Algorithmus zur globalen Anpassung	166
8.3.2	Auslagerung von Modulen	167
9	Werkzeuge	171
9.1	Werkzeugunterstützung im Entwurfsprozess	172
9.1.1	Nutzersicht	172
9.1.2	Technologiesicht	174
9.1.3	Managementsicht	177
9.2	Anforderungsmanagement	177
9.2.1	Realisierung des Traceability-Graphen	177
9.2.2	Requirements-Manager	177
9.3	MAuRePeP	179
9.3.1	Übersicht	180
9.3.2	Unterstützung des Entwurfsprozesses	185
9.3.3	Prototyperstellung und Nutzertests	187
9.3.4	Lokale Anpassungen	189
9.3.5	Globale Anpassungen	191
10	Anwendungsbeispiele	193
10.1	„Hello MAuRePeP“	194
10.1.1	Anwendungsbeschreibung	194
10.1.2	Testdurchführung	195
10.2	Themenparkführer – „AR-Squire“	199
10.2.1	Hintergrund & Ausgangssituation	199
10.2.2	Phase I: Konzeption	201
10.2.3	Phase II: Engine Entwicklung	205
10.2.4	Phase III: Anwendungsentwicklung	209

10.2.5 AR-Squire	212
11 Zusammenfassung und Ausblick	217
11.1 Kapitel 1 „Einleitung“	218
11.2 Kapitel 2 „Augmented Reality“	218
11.3 Kapitel 3 „Stand der Technik“	219
11.4 Kapitel 4 „Eigenschaften mobiler AR Anwendungen“	220
11.5 Kapitel 5 „Lösungsansatz“	221
11.6 Kapitel 6 „Zentrales Anforderungsmanagement“	222
11.7 Kapitel 7 „Performanceorientierter Entwurfsprozess“	223
11.8 Kapitel 8 „MAuRePeP – Mobile Augmented Reality Performance Plattform“	224
11.9 Kapitel 9 „Werkzeuge“	226
11.10 Kapitel 10 „Anwendungsbeispiele“	227
11.11 Kapitel 11 „Zusammenfassung und Ausblick“	227
11.12 Anhang A „Formale Betrachtungen“	228
11.13 Anhang B „Entwurfsprozess“	228
11.14 Fazit	229
11.15 Ausblick	229
A Formale Betrachtungen	231
A.1 Formeln zur Statistik	231
A.2 Formale Betrachtungen zur Bewertungsfunktion	232
A.2.1 Wiederholung benötigter Definitionen	233
A.2.2 Monotonie und Stetigkeit	234
A.2.3 Bewertungsfunktion bm_1	238
A.2.4 Bewertungsfunktion bm_2	239
A.2.5 Bewertungsfunktion bm_3	240
A.2.6 Bewertungsfunktion bm_4	241
A.3 Pareto-Optimalität des Verfahrens zur lokalen Anpassung	242
A.3.1 Definitionen & Voraussetzungen	242
A.3.2 Durchführung des Beweises	243
B Entwurfsprozess	245
B.1 Aufgaben im Entwurfsprozess	245
B.1.1 Phase I: Konzeption	246
B.1.2 Phase II: Engine-Entwicklung	247
B.1.3 Phase III: Anwendungsentwicklung	248
B.2 „AR-Squire“ – Entwurfsdokumente	249

B.2.1	Spielidee	249
B.2.2	Szenariobeschreibung „Ein Tag in Castle Fever“	250
B.2.3	Auszug Engine-Dokumentation – Datenobjekte	254
Eigene Veröffentlichungen		257
Literaturverzeichnis		263
Abbildungsverzeichnis		277
Tabellenverzeichnis		281