

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Grundlagen

<b>1</b>	<b>Clustertechnologien</b>	3
1.1	Geschichte	4
1.2	Infrastruktur	7
1.3	Varianten	8
1.3.1	High-Performance-Computing	8
1.3.2	Grid-Computing	12
1.3.3	Cloud-Computing	15
<b>2</b>	<b>BOINC ist Public-Resource Computing</b>	17
2.1	Anforderungen	17
2.2	Was ist umsetzbar?	18
2.3	Einsatzbereiche	19
2.4	Forscherguppen und ihre Erfolge	20
2.4.1	SETI@home: Sind wir allein im All?	20
2.4.2	Einstein@home: Weltraumforschung	21
2.4.3	Visu@lGrid: Model-Driven-Engineering	22
2.4.4	Dem Dieb auf der Spur	22

## Teil II Technik

<b>3</b>	<b>Berkeley Open Infrastructure for Network Computing</b>	27
3.1	Einführung in BOINC	27
3.2	Aufgaben des BOINC-Servers	28
3.3	Aufgaben des BOINC-Clients	29
3.4	Performancebewertung, Credit-Berechnung	32
3.5	Verwendung des BOINC-Managers	33

<b>4</b>	<b>Architektur des BOINC-Systems</b>	35
4.1	Architektur und Prinzipien	35
4.1.1	Projekt- und Serverseite von BOINC	35
4.1.2	Aufgaben eines BOINC-Projektserver	38
4.2	Komponenten der Serverseite von BOINC	41
4.2.1	Verarbeitungsschritte eines BOINC-Projektes	41
4.2.2	Feeder	43
4.2.3	Transitioner	43
4.2.4	Validator	46
4.2.5	Assimilierer	47
4.2.6	File Deleter	49
4.2.7	Scheduler	49
4.2.8	Webseite	49
4.3	BOINC-Komponenten der Clientseite	50
4.3.1	BOINC-Client	50
4.3.2	Slot-System	54
4.3.3	BOINC-Manager	60
<b>5</b>	<b>Serverinstallation</b>	65
5.1	BOINC-Projekte	65
5.2	Ausgangspunkt für eine BOINC-Server-Installation	66
5.2.1	Testumgebung mit VirtualBox	66
5.2.2	Kickstart-Installation eines Ubuntu-Servers	67
5.3	Software- und Bibliotheksabhängigkeiten	69
5.4	BOINC-Quellen herunterladen und kompilieren	72
5.5	Struktur der BOINC-Quellen	73
5.6	Ein erstes Projekt erstellen	75
5.6.1	Installationsskript ausführen	76
5.6.2	Eine erste wissenschaftliche Applikation hinzufügen	82
5.7	Datenbank – das Gedächtnis eines BOINC-Projektes	97
5.7.1	Struktur der Datenbank	98
5.8	BOINC in einem Cluster installieren	100
<b>6</b>	<b>Serveradministration</b>	103
6.1	Status der Serverkomponenten ermitteln und deuten	103
6.2	Informationen über die wissenschaftlichen Applikationen	103
6.3	Administrationswebseite	104
6.3.1	Bereiche der Administrationswebseite	104
6.3.2	Informationen mit regulären Ausdrücken abfragen	106

**Teil III BOINC**

<b>7</b>	<b>Programmiergrundlagen</b>	111
7.1	Voraussetzungen	111
7.2	Allgemeine Terminologien und Qualitätssicherung	112
7.2.1	Rückgabewerte im BOINC-Framework	112
7.2.2	Namensgebung von Funktionen und Konstanten	113
7.3	Programmierung einer wissenschaftlichen Applikation	114
7.3.1	Programmierrahmen	114
7.3.2	Wissenschaftliche Applikationen initialisieren	116
7.3.3	Beenden einer wissenschaftlichen Applikation	121
7.3.4	Kommunikation zum BOINC-Client möglich?	122
7.3.5	Slot-Mechanismus: Virtuelle Dateinamen	123
7.3.6	Dateioperationen	124
7.3.7	Dateien sperren – Sperrung erstellen und aufheben	133
7.3.8	Dateien mit XML-Baum erstellen und verarbeiten	134
7.3.9	Berechnungsfortschritt	139
7.3.10	Atomare Bereiche und Funktionen	141
7.3.11	Flexible Arbeitszeiten	142
7.3.12	Prüfung der Netzwerkverbindung	144
7.3.13	Statusmeldungen und Informationsaustausch	145
7.3.14	Kommunikation zwischen Anwendungen	146
7.4	Mehrkernprozessoren für Berechnungen nutzen	149
7.4.1	Initialisierung	149
7.4.2	Prozesse verwalten und steuern	150
7.5	Grafikkartenprozessor für Berechnungen nutzen	152
7.5.1	GPU-Entwicklungsumgebung: CUDA	152
7.5.2	BOINC mit GPUs initialisieren	155
7.5.3	Mehr Rechenkraft nutzen	155
7.5.4	CUDA-Applikation kompilieren	159
<b>8</b>	<b>Die Welt ist bunt – auch BOINC!</b>	161
8.1	Ein wenig OpenGL	161
8.1.1	OpenGL-Bibliotheken für Linux	161
8.1.2	OpenGL-Bibliotheken für Windows	162
8.1.3	OpenGL-Bibliotheken für MacOS X	162
8.2	BOINC-Grafikschnittstelle	162
8.2.1	Funktionen der BOINC-Grafikschnittstelle	163
8.3	Hilfefunktionen für den OpenGL-Umgang	168
8.3.1	HLS/RGB-Konvertierungen	169
8.3.2	Text in der Grafikszenen	169
8.3.3	OpenGL-Helfer: Progressbar, Panels, Stärfeld	171
8.4	Entwicklung eines Bildschirmschoners	172
8.4.1	Bewegungen in der OpenGL-Szene	173

<b>9</b>	<b>Der BOINC-Server als Schaltzentrale</b>	177
9.1	Sicherheitsaspekte und Authentifizierung	177
9.2	Arbeitspakete	178
9.2.1	Skript zur Erstellung von Arbeitspaketen	178
9.2.2	Erstellung von Arbeitspaketen	180
9.2.3	Arbeitspakete aus der Ferne erstellen	188
9.3	Individuelle Dämonen implementieren	192
9.3.1	Validierer – Prüfung der Ergebnisse	192
9.3.2	Assimilierer – Ergebnisse abspeichern	199
9.4	Trickle-Messages: eine asynchrone Kommunikation	202
9.4.1	Aktivieren von Trickle-Messages	203
9.4.2	Kommunikationsprotokoll von Trickle-Messages	204
9.4.3	Sequenz einer Trickle-Message	205
9.4.4	BOINC-Komponenten für Trickle-Messages	207
9.5	Erweiterte BOINC-Modifikationen erstellen	216
9.5.1	Datenbank: das Hirn eines BOINC-Projekts	216
<b>10</b>	<b>Debugging innerhalb des BOINC-Frameworks</b>	225
10.1	Diagnoseoptionen für wissenschaftliche Applikationen	225
10.2	Protokollierungsdateien	227
10.2.1	Protokollierungsfunktionen	227
10.2.2	Format der Protokollierungsdateien	228
 <b>Teil IV Praxis</b>		
<b>11</b>	<b>Kreiszahl@home: Monte-Carlo-Algorithmus für die Kreiszahl <math>\pi</math></b>	233
11.1	Wissenschaftliche Applikation	233
11.1.1	Aufbau und Programmlogik	234
11.1.2	Verbesserungen erreichen	240
11.1.3	Eingabeparameter und Ergebnisdatei	243
11.1.4	Kompilieren	244
11.1.5	Eine erste Ausführung	246
11.2	Projekteinstellungen	247
11.2.1	Konfiguration und Anwendung hinzufügen	248
11.2.2	Eingabe-/Ergebnisschablonen	248
11.2.3	Arbeitspakete erstellen	250
11.2.4	Validierung – Prüfung der Ergebnisse	254
11.2.5	Assimilation – Ergebnisse abspeichern	258
11.3	Arbeitspakete verteilen und rechnen lassen	267
11.4	Visualisierung der Ergebnisse	269
11.4.1	Ergebnisse aufarbeiten	269
11.4.2	Ergebnisse deuten und verstehen	271

<b>12</b>	<b>Filmsequenzen bearbeiten</b>	273
12.1	Wissenschaftliche Applikation	273
12.1.1	Glossar für Imboinc	274
12.1.2	Aufbau und Programmlogik	275
12.1.3	Eingabeparameter und Ergebnisdatei	283
12.1.4	Eine erste Ausführung	284
12.2	Projekteinstellungen	286
12.2.1	Konfiguration und Anwendung hinzufügen	289
12.2.2	Templates erstellen	290
12.2.3	Arbeitspakete erstellen	292
12.3	Arbeitspakete verteilen und rechnen lassen	294
12.4	Ergebnisverarbeitung	294
12.4.1	Validierung – Prüfung der Ergebnisse	296
12.4.2	Assimilation – Ergebnisse abspeichern	297
<b>13</b>	<b>Verwendung von ISV-Applikationen</b>	299
13.1	Wissenschaftliche Applikation	299
13.1.1	Problemansatz	300
13.1.2	Aufbau und Programmlogik	301
13.1.3	Beschreibung der verwendeten ISV-Applikation	302
13.2	BOINC-Wrapper	303
13.2.1	Laufzeitverhalten	303
13.2.2	Möglichkeiten eines Tasks	304
13.3	Projekteinstellungen	305
13.3.1	Konfiguration und Anwendung hinzufügen	305
13.3.2	CINOLAs job.xml	308
13.3.3	Templates erstellen	309
13.4	Arbeitspakete	311
13.4.1	Arbeitspakete erstellen	311
13.4.2	Arbeitspakete mit rBOINC erstellen	312
13.5	Ergebnisverarbeitung	314
13.5.1	Validierung – Prüfung der Ergebnisse	314
13.5.2	Assimilation – Ergebnisse abspeichern	314
<b>14</b>	<b>ComsolGrid: COMSOL Multiphysics und BOINC</b>	315
14.1	Grundidee	316
14.2	Anforderungen an ComsolGrid	317
14.3	ComsolGridStarter	318
14.3.1	Prozesskontrolle	318
14.3.2	Start- und Simulationsparameter	322
14.3.3	Prozessfortschritt	324
14.4	BOINC-Manager Modifikationen	325
14.5	Arbeitspakete	326
14.5.1	Erstellung von Arbeitspaketen	326
14.5.2	Definition der Parameterstudienwerte	328

- 14.6 Ergebnisverarbeitung ..... 329
  - 14.6.1 Validierer für ComsolGrid ..... 329
  - 14.6.2 Assimilierer für ComsolGrid ..... 329

**Teil V. Anhang**

- 15 BOINC** ..... 333
  - 15.1 Fehlernummern und Fehlermeldungen ..... 333
  - 15.2 Laufzeitfehler ..... 334
    - 15.2.1 State file error: missing file ..... 334
    - 15.2.2 OpenGL-Fehler ..... 334
  - 15.3 Konfigurationsdateien ..... 335
    - 15.3.1 Plattformen ..... 335
    - 15.3.2 Projekteinstellungen in der config.xml ..... 335
    - 15.3.3 Eingabe-/Ergebnisschablonen für Arbeitspakete ..... 345
- 16 Lizenzen** ..... 349
  - 16.1 GNU Free Documentation License ..... 349
  - 16.2 SGI free Software License B ..... 355
- Literaturverzeichnis** ..... 357
- Sachverzeichnis** ..... 365