

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Stand der Technik</b> .....	<b>5</b>
2.1	Positionsbasiertes Routing: Greedy Perimeter Stateless Routing.....	5
2.2	Stand der Technik .....	10
2.2.1	Klassische Protokolle zur Dienst-Entdeckung.....	10
2.2.1.1	Bluetooth Service Discovery Protocol.....	11
2.2.1.2	Jini Service Discovery Protocol.....	12
2.2.1.3	Universal Description, Discovery, and Integration (UDDI).....	15
2.2.2	Positionsbasierte Dienst-Entdeckung in mobilen Ad-hoc-Netzwerken.....	16
2.2.2.1	Fluten .....	17
2.2.2.2	Grid Location Service (GLS).....	19
2.2.2.3	Lightweight Overlay for Service Discovery in MANETs.....	26
2.2.2.4	Geography-based Content Location Protocol (GCLP).....	30
2.2.2.5	Rendezvous Regions (RR).....	32
2.2.3	Suchen in internet-basierten Peer-to-Peer Netzwerken .....	36
2.3	Roboternetzwerke und Robotersysteme mit serviceorientierten Architekturen ..	39
<b>3</b>	<b>Servicebasierte Multi-Roboter-Systeme</b> .....	<b>43</b>
3.1	Die Grundidee servicebasierter Multi-Roboter-Systeme.....	43
3.2	Dienst-Entdeckung.....	45
3.3	Mögliche Dienstleistungen in der Robotik .....	50
3.4	Servicebasierte Multi-Roboter-Systeme. Roboter-Teams und Schwarmintelligenz .....	52
<b>4</b>	<b>Zellenbasierte Dienst-Entdeckung (CSD: Cell-based Service Discovery)</b> .....	<b>55</b>
4.1	Anforderungen und Voraussetzungen .....	55
4.1.1	Kapazität von Ad-hoc-Netzwerken .....	58
4.1.2	Systeme zur Positionsbestimmung für Roboter.....	59
4.2	Das Cell-based Service Discovery-Protokoll.....	61
4.2.1	Details .....	68
4.2.1.1	Wahl von Hauptknoten .....	68
4.2.1.2	Aktualisierungsrate .....	74
4.2.1.3	Suchmuster und expandierende Suche .....	75

4.2.2 Mögliche Erweiterungen.....	76
4.2.2.1 Cache-System.....	76
4.2.2.2 Erweiterung auf Fünfergruppen von Zellen .....	80
4.2.3 Betrachtung möglicher Fehlerszenarien.....	82
4.2.3.1 Auswirkungen von Fehlern in der Positionsbestimmung .....	83
4.2.3.2 Auswirkungen von Hindernissen .....	84
4.3 Quantitative Betrachtung ohne Repliken .....	88
4.3.1 Allgemeines.....	89
4.3.2 Betrachtung von CSD .....	89
4.3.3 CSD vs. Fluten .....	92
4.3.4 CSD vs. LANES, GCLP und RR .....	92
4.3.5 Auswertung .....	94
4.4 Betrachtung von CSD mit Repliken.....	99
4.4.1 Verteilung der Repliken in den Zellen .....	100
4.4.2 Expandierende Suche .....	102
4.5 Einsatzszenarien für CSD.....	105
4.6 Zusammenfassung .....	110
<b>5 Simulation .....</b>	<b>113</b>
5.1 ns-2 Netzwerksimulator .....	113
5.2 Implementierung .....	114
5.3 Simulationsparameter.....	115
5.4 Simulationsergebnisse.....	121
5.4.1 Anzahl der Zellwechsel.....	122
5.4.2 Erfolgsquoten .....	123
5.4.3 Nachrichtenaufkommen .....	127
5.4.4 Latenz.....	135
5.5 Auswertung .....	136
5.6 Zusammenfassung.....	138
<b>6 Implementierung im realen Multi-Roboter-System .....</b>	<b>139</b>
6.1 Implementierungsplattform.....	139
6.1.1 Khepera II Roboter.....	139
6.1.2 Telewerkbank .....	141
6.2 Implementierung des CSD-Protokolls .....	142
6.3 Beispielszenario .....	144

6.4 Integration einer Web Service-Schnittstelle in den Khepera.....	150
6.5 Zusammenfassung .....	156
<b>7 Zusammenfassung .....</b>	<b>159</b>
7.1 Weiterführende Arbeiten bezüglich CSD .....	161
7.2 Weitere Herausforderungen in servicebasierten Multi-Roboter-Systemen .....	161
<b>Anhang.....</b>	<b>165</b>
A.1 Kommunikationsdistanzen .....	165
A.2 Abschätzung der Nachrichtengrößen .....	167
A.3 Zufällige Generierung der Dienste auf den Knoten .....	167
A.4 Abschätzung der Anfragerate .....	168
A.5 Abschätzung der möglichen Ersparnisse durch positionsbasiertes Multicasting .....	169
A.6 Abschätzung für die auf Fünfergruppen erweiterte Version von CSD.....	170
A.7 Verwendete Nachrichtentypen.....	173
A.8 Weitere Simulationsergebnisse.....	177
A.9 Integration und Nutzung der Dienst-Entdeckung auf dem Khepera.....	184
<b>Glossar / Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>186</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>189</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>192</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>193</b>
<b>Eigene Veröffentlichungen.....</b>	<b>204</b>