

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Vision	3
1.2	Spontane Intelligente Umgebungen	5
1.3	Ein Bahnhof als praktisches Beispiel	6
1.4	Probleme bestehender Ansätze	7
1.5	Beitrag der Arbeit	8
1.6	Aufbau der Arbeit	9
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>11</b>
2.1	Publish/Subscribe	12
2.1.1	Ausdruck von Interesse	13
2.1.2	Verbreitung von Nachrichten	15
2.2	Grundlegende Kommunikationsalgorithmen	17
2.2.1	Flooding	18
2.2.2	Gossiping	23
2.3	Zusammenfassung	25
<b>3</b>	<b>Entkopplung - anwendungsbezogene Taxonomie für Kommunikationsverfahren</b>	<b>27</b>
3.1	Verwandte Arbeiten	28
3.1.1	Entkopplung in Raum, Zeit und Synchronisation	29
3.1.2	Formalisierung von Kopplungseigenschaften	30
3.2	Dimensionen der Entkopplung	31
3.2.1	Räumliche Entkopplung	31
3.2.2	Zeitliche Entkopplung	32
3.2.3	Entkopplung des Produzenten	34
3.2.4	Entkopplung des Konsumenten	35
3.2.5	Inhaltliche Entkopplung	37
3.3	Klassifizierung bestehender Kommunikationsparadigmen	39
3.3.1	Paketbasierte Kommunikation	40
3.3.2	Verbindungsorientierte Kommunikation	40
3.3.3	Abstraktion durch Funktionen/Methoden	41

3.3.4	Nachrichtenbasierte Kommunikation . . . . .	42
3.4	Anforderungen entsprechend der Problemstellung . . . . .	45
3.5	Zusammenfassung . . . . .	46
<b>4</b>	<b>Inhaltsentkopplung durch Routing in einer Vermittlungstopologie</b>	<b>49</b>
4.1	Verwandte Arbeiten . . . . .	51
4.1.1	Publish/Subscribe . . . . .	52
4.1.2	Sensornetze . . . . .	58
4.1.3	Pervasive Computing . . . . .	59
4.1.4	Zusammenfassung . . . . .	63
4.2	Definition der Vermittlungstopologie . . . . .	63
4.2.1	Komplexität . . . . .	67
4.2.2	Arten der Datenverarbeitung . . . . .	69
4.3	Vorstellung einer geeigneten Systemarchitektur . . . . .	71
4.3.1	Zusammenspiel zwischen den Brokern . . . . .	72
4.3.2	Aufbau des Brokers . . . . .	73
4.4	Routing in einer Vermittlungstopologie . . . . .	77
4.4.1	Auf Flooding basierende Ansätze . . . . .	77
4.4.2	Routing ohne Ankündigungen . . . . .	78
4.4.3	Routing mit Ankündigungen . . . . .	78
4.5	Bewertung gefundener Pfade . . . . .	79
4.5.1	Netzwerkabstraktionsschicht . . . . .	80
4.5.2	Anwendungsabstraktionsschicht . . . . .	81
4.5.3	Vermittlungsschicht . . . . .	82
4.6	Anforderungen an die Anwendungen . . . . .	83
4.6.1	Anwendungsklassen . . . . .	83
4.6.2	Besonderheiten der Schnittstellen . . . . .	86
4.6.3	Inhaltliche Anforderungen . . . . .	87
4.7	Zusammenfassung . . . . .	89
<b>5</b>	<b>Algorithmen zum Routing in einer Vermittlungstopologie</b>	<b>91</b>
5.1	Grundsätzliche Entscheidungen . . . . .	92
5.1.1	Überblick . . . . .	93
5.1.2	Notation . . . . .	93
5.1.3	Verbreitung der Ankündigungen . . . . .	94
5.1.4	Gültigkeitsdauer von Ankündigungen . . . . .	97
5.1.5	Identifikation der Senken . . . . .	99
5.1.6	Zwischenspeichern von Veröffentlichungen . . . . .	99
5.2	Pfadauswahl in Phase 2 . . . . .	101
5.2.1	Umgang mit Ankündigungen . . . . .	101

5.2.2	Abonnements, Nachrichten und Sonderfälle . . . . .	102
5.2.3	Diskussion . . . . .	103
5.3	Pfadauswahl in Phase 3 . . . . .	103
5.3.1	Umgang mit Ankündigungen . . . . .	104
5.3.2	Markieren möglicher Pfade . . . . .	105
5.3.3	Vorgehen bei Pfadverlust . . . . .	108
5.3.4	Diskussion . . . . .	110
5.4	Diskussion . . . . .	111
5.4.1	Komplexitätsabschätzung der entwickelten Algorithmen . . . . .	111
5.4.2	Skalierungsfähigkeit der Algorithmen . . . . .	115
5.4.3	Parameter und deren Einfluss . . . . .	118
5.4.4	Zuordnung zu Anwendungsklassen . . . . .	120
5.5	Zusammenfassung . . . . .	121
<b>6</b>	<b>Simulative Evaluation</b> . . . . .	<b>123</b>
6.1	Ausgangssituation . . . . .	124
6.1.1	Zu überprüfende Aussagen . . . . .	124
6.1.2	Bewertungskriterien . . . . .	125
6.2	Methodik . . . . .	129
6.2.1	Simulationsumgebung . . . . .	129
6.2.2	Modellierung . . . . .	130
6.2.3	Szenarien . . . . .	131
6.2.4	Validierung der Simulationsumgebung . . . . .	133
6.3	Untersuchung des Einflusses der Parameter . . . . .	135
6.3.1	Versuch 1 – Gültigkeitsdauer der Ankündigungen . . . . .	135
6.3.2	Versuch 2 – Anzahl zwischengespeicherter Nachrichten . . . . .	135
6.3.3	Versuch 3 – Anzahl in Abonnements referenzierter Nachrichten . . . . .	136
6.3.4	Schlussfolgerungen . . . . .	136
6.4	Untersuchung der Algorithmen . . . . .	137
6.4.1	Versuch 4 – Auftreten von Pfadfehlern . . . . .	137
6.4.2	Versuch 5 – Einfluss von Mobilität . . . . .	138
6.4.3	Versuch 6 – Vergleich mit Flooding . . . . .	138
6.4.4	Versuch 7 – Verhalten bei Anwendungen der Klasse 2 . . . . .	139
6.4.5	Versuch 8 – Verhalten bei Anwendungen der Klasse 3 . . . . .	139
6.4.6	Versuch 9 – Verhalten bei Anwendungen der Klasse 4 . . . . .	140
6.4.7	Versuch 10 – Horizontale Skalierbarkeit . . . . .	140
6.4.8	Versuch 11 – Vertikale Skalierbarkeit . . . . .	141
6.4.9	Schlussfolgerungen . . . . .	142
6.5	Versuch 12 – Untersuchung in einem realitätsnahen Szenario . . . . .	145
6.5.1	Herausforderungen . . . . .	145

6.5.2	Ergebnisse	147
6.6	Schwächen der Ansätze	151
6.6.1	Ein-Wege-Ansatz	151
6.6.2	Mehr-Wege-Ansatz	152
6.7	Zusammenfassung	154
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>157</b>
7.1	Ergebnisse der Arbeit	158
7.1.1	Taxonomie zur Untersuchung von Kommunikationsparadigmen	158
7.1.2	Konzept der Vermittlungstopologie	159
7.1.3	Entwicklung zweier geeigneter Algorithmen	162
7.1.4	Untersuchung und Vergleich der Algorithmen	164
7.2	Offene Forschungsfragen	166
7.2.1	Weitere Optimierung der vorgestellten Ansätze	166
7.2.2	Sicherheit	167
7.2.3	Persistenz	167
7.2.4	Integration bestehender Anwendungen	168
7.3	Schlusswort	168
	<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>171</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>177</b>
<b>A</b>	<b>Komplexität des Flooding-Algorithmus</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Versuchsprotokolle</b>	<b>A-3</b>
B.1	Validierung der Simulationsumgebung	A-3
B.2	Versuch 1 – Gültigkeitsdauer der Ankündigungen	A-7
B.3	Versuch 2 – Anzahl zwischengespeicherter Nachrichten	A-13
B.4	Versuch 3 – Anzahl in Abonnements referenzierter Nachrichten	A-17
B.5	Versuch 4 – Auftreten von Pfadfehlern	A-22
B.6	Versuch 5 – Einfluss von Mobilität	A-25
B.7	Versuch 6 – Vergleich mit Flooding	A-30
B.8	Versuch 7 – Verhalten bei Anwendungen der Klasse 2	A-34
B.9	Versuch 8 – Verhalten bei Anwendungen der Klasse 3	A-38
B.10	Versuch 9 – Verhalten bei Anwendungen der Klasse 4	A-42
B.11	Versuch 10 – Horizontale Skalierbarkeit	A-46
B.12	Versuch 11 – Vertikale Skalierbarkeit	A-52
B.13	Versuch 12 – Untersuchung in einem realitätsnahen Szenario	A-58