

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Breitbandtechnologien . . . . .	2
1.2 Drahtlose Kommunikationstechnologien . . . . .	6
1.2.1 Kommunikations-Modi drahtloser Netzwerke . . . . .	7
1.2.2 Die IEEE 802 Protokollfamilie . . . . .	9
1.2.3 Wireless Local Area Network . . . . .	10
1.2.4 Worldwide Interoperability for Microwave Access . . . . .	15
1.2.5 Vor- und Nachteile drahtloser Systeme . . . . .	17
1.3 Organisation und Management von Netzwerken . . . . .	18
1.3.1 Mechanismen zur Selbstorganisation . . . . .	18
1.3.2 Organisation drahtloser Backbone-Netzwerke . . . . .	20
1.4 Ziele dieser Arbeit . . . . .	24
1.5 Stand der Forschung . . . . .	28
1.5.1 Formale Modelle zur Beschreibung von Netzwerken . . . . .	28
1.5.2 Simulationsumgebungen und praktische Testsysteme . . . . .	29
1.6 Aufbau dieser Arbeit . . . . .	36
<b>2 Struktur und Funktionsweise drahtloser Backbone-Netzwerke</b>	<b>37</b>
2.1 Aufbau von Backbone-Netzwerken . . . . .	37
2.2 Verhalten von Komponenten in Backbone-Netzwerken . . . . .	49
2.2.1 Verhaltensbeschreibung der Netzwerkschnittstelle . . . . .	50
2.2.2 Verhaltensbeschreibung des Backbone-Knotens . . . . .	56
2.3 Kommunikation in Backbone-Netzwerken . . . . .	64
2.4 Automatische Konfiguration physikalischer Verbindungen . . . . .	67
2.4.1 Kanalzuweisung in Hyacinth . . . . .	68
2.4.2 Kanalzuweisung in UCSB MeshNet . . . . .	70
2.5 Automatische Vergabe logischer Adressen . . . . .	74
2.5.1 Anforderungen an die logische Konnektivität . . . . .	75
2.5.2 RARP . . . . .	75
2.5.3 BOOTP . . . . .	75
2.5.4 DHCP . . . . .	76
2.5.5 Zeroconf . . . . .	76
2.5.6 IPv6 Stateless Address Configuration . . . . .	77
2.5.7 Fazit . . . . .	78

## *Inhaltsverzeichnis*

2.6	Pfadfindung in Backbone-Netzwerken . . . . .	78
2.6.1	Distance Vector Routing . . . . .	79
2.6.2	Link State Routing . . . . .	79
2.6.3	Taxonomie der Pfadfindung . . . . .	80
2.6.4	Gewichtung von Pfaden durch Metriken . . . . .	82
2.6.5	Routing in drahtlosen Backbone-Netzwerken . . . . .	89
3	<b>WiSoNet als Referenzarchitektur drahtloser Backbone-Netzwerke</b> . . . . .	95
3.1	Struktur des Netzwerks . . . . .	98
3.1.1	Aufbau des ISP-WiMAX-Knotens . . . . .	99
3.1.2	Aufbau des WiMAX-WLAN-Knotens . . . . .	100
3.1.3	Aufbau des WLAN-Mesh-Knotens . . . . .	100
3.1.4	Aufbau des WLAN-Zugriffsknotens . . . . .	101
3.1.5	Netzwerkstruktur der Referenz-Architektur . . . . .	101
3.2	Verhalten der Komponenten der Referenz-Architektur . . . . .	102
3.2.1	Verhalten der ISP-WiMAX-Knoten . . . . .	104
3.2.2	Verhalten der WiMAX-WLAN-Knoten . . . . .	107
3.2.3	Verhalten der WLAN-Mesh-Knoten . . . . .	109
3.2.4	Verhalten der WLAN-Zugriffsknoten . . . . .	111
3.3	Mechanismen zur Selbstkonfiguration . . . . .	113
3.3.1	Automatische Kanalvergabe im UCSB MeshNet . . . . .	113
3.3.2	Automatische IP-Adressvergabe . . . . .	113
3.4	Routing im vermaschten Netzwerk . . . . .	126
3.4.1	Analyse ausgewählter klassischer Metriken . . . . .	127
3.4.2	Multikausale Zusammenhänge in drahtlosen Netzwerken	132
3.4.3	Lastzustandserfassung . . . . .	134
3.4.4	Verfahren zur Ermittlung des Lastzustandes . . . . .	139
3.4.5	Die EMO-Metrik . . . . .	143
3.4.6	Integration in ein Routing-Protokoll . . . . .	151
4	<b>Implementierung und Simulation</b> . . . . .	159
4.1	Untersuchungsszenarien . . . . .	160
4.1.1	Definition untersuchter Parameter und Faktoren . . . . .	161
4.1.2	Messgrößen . . . . .	162
4.1.3	Lastprofile . . . . .	164
4.2	Simulationen mit OPNET . . . . .	166
4.2.1	Simulationsumgebung . . . . .	166
4.2.2	Topologieformen in der Untersuchung . . . . .	171
4.2.3	Simulation und Auswertung . . . . .	174
4.3	Untersuchungen mit SiEMO . . . . .	197
4.3.1	Simulationsmodell . . . . .	198
4.3.2	Ergebnisse . . . . .	201
4.3.3	Zusammenfassung . . . . .	204

## *Inhaltsverzeichnis*

<b>4.4 Praktische Untersuchungen . . . . .</b>	<b>204</b>
4.4.1 Hard- und Softwareaufbau . . . . .	204
4.4.2 Untersuchungen und Ergebnisse . . . . .	206
4.4.3 Zusammenfassung . . . . .	211
<b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>213</b>
5.1 Erreichte Ergebnisse . . . . .	213
5.2 Weiterführende Fragestellungen . . . . .	216
<b>Definitionen</b>	<b>219</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>225</b>
<b>Glossar</b>	<b>241</b>
<b>Index</b>	<b>245</b>