

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Zielstellung . . . . .	2
1.2	Methode . . . . .	2
1.3	Beitrag der Arbeit . . . . .	3
1.4	Struktur der Arbeit . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Das WiMAX-Mobilfunksystem</b>	<b>5</b>
2.1	WiMAX-Standardisierung . . . . .	5
2.2	WiMAX-System-Architektur . . . . .	6
2.3	WiMAX-Luftschnittstelle . . . . .	10
2.3.1	IEEE 802.16-2012 Referenzmodell . . . . .	10
2.3.2	WiMAX-QoS-Konzept . . . . .	12
2.3.2.1	Dienstklassen . . . . .	13
2.3.2.2	Mechanismen zur Bandbreitenanforderung . . . . .	14
2.3.2.3	QoS-Parameter . . . . .	15
2.3.3	PDU-Format . . . . .	16
2.3.4	Frameformat . . . . .	17
2.3.5	Physikalische Schicht . . . . .	20
2.4	Zusammenfassung . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Simulationsumgebung zur Leistungsbewertung von WiMAX</b>	<b>23</b>
3.1	WiMAX-Simulationsumgebungen . . . . .	23
3.2	Der Netzwerksimulator ns-2 . . . . .	24
3.3	Erweiterung des WiMAX-Modells . . . . .	25
3.3.1	Statistische Genauigkeit der Simulationen . . . . .	26
3.3.2	Parameter der betrachteten Systemkonfiguration . . . . .	27
3.4	Zusammenfassung . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Algorithmen zur Verkehrsüberwachung</b>	<b>29</b>
4.1	Einführung zur Verkehrsüberwachung . . . . .	29

4.2	Verkehrsüberwachung in WiMAX-Mobilfunknetzen . . . . .	32
4.2.1	Ansätze zur WiMAX-Verkehrsüberwachung . . . . .	34
4.2.2	Beiträge zur Verkehrsüberwachung in WiMAX-Mobilfunknetzen .	37
4.2.2.1	Accurate Traffic Shaping Algorithm for WiMAX . . . .	37
4.2.2.2	Approximate Traffic Shaping Algorithm for WiMAX . .	39
4.2.3	Leistungsbewertung der Algorithmen zur Verkehrsüberwachung .	41
4.2.3.1	Zeitlicher Verlauf des Goodputs . . . . .	42
4.2.3.2	Kenngrößen in Abhängigkeit von der Systemlast . . . .	46
4.3	Zusammenfassung . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Scheduling-Algorithmen</b>	<b>57</b>
5.1	Einführung zu Scheduling-Algorithmen . . . . .	57
5.2	Scheduling in WiMAX-Mobilfunknetzen . . . . .	62
5.2.1	Ansätze zum Scheduling in WiMAX-Mobilfunknetzen . . . . .	63
5.2.2	Beiträge zum WiMAX-Scheduling . . . . .	68
5.2.3	Leistungsbewertung der WiMAX-Scheduling-Algorithmen . . . .	74
5.3	Zusammenfassung . . . . .	82
<b>6</b>	<b>Systemdimensionierung unter idealen Kanalbedingungen</b>	<b>85</b>
6.1	Einführung zur Systemdimensionierung . . . . .	86
6.2	Ansätze zur Bestimmung der WiMAX-Übertragungskapazität . . . .	87
6.3	Übertragungskapazität unter idealen Kanalbedingungen . . . . .	90
6.3.1	Best-Effort-Verkehr ohne Burst-Aggregation . . . . .	90
6.3.1.1	Übertragungskapazität des ULs . . . . .	91
6.3.1.2	Iteratives Modell . . . . .	95
6.3.1.3	Geschlossenes Modell . . . . .	97
6.3.1.4	Validierung der Modelle des ULs . . . . .	99
6.3.1.5	Übertragungskapazität des DLs . . . . .	102
6.3.1.6	Validierung der Modelle des DLs . . . . .	107
6.3.1.7	Validierung der analytischen Systemmodelle . . . . .	109
6.3.2	Best-Effort-Verkehr mit Burst-Aggregation . . . . .	111
6.3.2.1	Übertragungskapazität mit Burst-Aggregation . . . . .	111
6.3.2.2	Validierung der analytischen Systemmodelle . . . . .	113
6.3.3	Echtzeitdienste . . . . .	114
6.3.3.1	Übertragungskapazität des ULs mit QoS-Klassen . . . .	117
6.3.3.2	Übertragungskapazität des DLs mit QoS-Klassen . . . .	120
6.3.3.3	Validierung des analytischen Modells mit QoS-Klassen .	122

6.4	Zusammenfassung . . . . .	124
<b>7</b>	<b>Systemdimensionierung unter realitätsnahen Kanalbedingungen</b>	<b>127</b>
7.1	Übertragungskapazität unter realitätsnahen Kanalbedingungen . . . . .	127
7.1.1	Verteilung der MCSs über dem Abdeckungsgebiet . . . . .	128
7.1.2	Verteilung der Teilnehmer im Abdeckungsgebiet . . . . .	133
7.1.3	Best-Effort-Verkehr ohne Burst-Aggregation . . . . .	134
7.1.3.1	Übertragungskapazität ohne Burst-Aggregation . . . . .	135
7.1.3.2	Validierung der analytischen Systemmodelle . . . . .	137
7.1.4	Best-Effort-Verkehr mit Burst-Aggregation . . . . .	139
7.1.4.1	Übertragungskapazität mit Burst-Aggregation . . . . .	140
7.1.4.2	Validierung des analytischen Systemmodells . . . . .	144
7.1.5	Echtzeitdienste . . . . .	146
7.1.5.1	Übertragungskapazität des ULs mit QoS-Klassen . . . . .	146
7.1.5.2	Übertragungskapazität des DLs mit QoS-Klassen . . . . .	148
7.1.5.3	Validierung des analytischen Modells mit QoS-Klassen . . . . .	149
7.2	Zusammenfassung . . . . .	151
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>153</b>
<b>A</b>	<b>Vertiefende Beschreibungen</b>	<b>157</b>
A.1	Weiterführende Simulationsergebnisse zur Verkehrsüberwachung . . . . .	157
A.2	Weiterführende Simulationsergebnisse zum Scheduling . . . . .	159
A.3	Verteilung der MCSs über dem Abdeckungsgebiet . . . . .	160
<b>B</b>	<b>Fehlerbetrachtungen der analytischen Modelle</b>	<b>161</b>
B.1	Fehleranalysen unter idealen Kanalbedingungen . . . . .	161
B.2	Fehleranalysen unter realitätsnahen Kanalbedingungen . . . . .	167
<b>C</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>169</b>
	Abbildungsverzeichnis . . . . .	169
	Tabellenverzeichnis . . . . .	173
	Glossar . . . . .	174
	Abkürzungsverzeichnis . . . . .	177
	Symbolverzeichnis . . . . .	181
	Konstantenverzeichnis . . . . .	185
	<b>Bibliographie</b>	<b>187</b>