

Inhalt

Vorwort	iii
Inhalt	v
Abkürzungsverzeichnis	vii
Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xiii
Kurzzinhalte	xv
Short Summary	xvii
Begriffsdefinitionen	xix
1 Einleitung und Problemstellung	1
1.1 Problemstellung	7
1.2 Struktur der Arbeit	9
2 Anforderungen an die Kommunikation	11
2.1 Anwendungsfälle und allgemeine Anforderungen	11
2.2 Spezifische Anforderungen an eine Überwachung	16
3 Stand der Technik und Zielsetzung	19
3.1 OSI-Schichtenmodell	19
3.2 Kommunikationsprotokolle	20
3.3 Time-Sensitive Networking	23
3.3.1 IEEE 802.1AS	24
3.3.2 IEEE 802.1Q	25
3.4 OPC Unified Architecture	27
3.4.1 Client/Server-Architektur	29
3.4.2 Publish/Subscribe-Architektur	31
3.4.3 Vergleich und Bewertung bisheriger Lösungen von OPC UA	40
3.5 OPC Field Level Communication	41
3.6 Linux als Real-Time-Betriebssystem	43
3.6.1 Systemarchitekturen	44
3.6.2 Scheduling Policy	45
3.6.3 Linux Kernel Patch	46

3.6.4	Isolierte CPU-Kerne	46
3.6.5	Evaluierung der Echtzeitfähigkeit von Linux-Systemen	47
3.7	Defizite	48
3.8	Zielsetzung und Vorgehensweise	49
4	Konzeption einer Evaluierungsplattform für einen bidirektionalen Datenaustausch	53
5	Erstellung einer Leistungsmetrik von OPC UA PubSub und TSN	57
5.1	Anwendung des Evaluierungswerkzeugs Cyclicttest	57
5.2	Konzeption einer Methode zur Untersuchung der Evaluierungsplattform	60
5.3	Anwendung der Methode	63
5.3.1	Messreihen und allgemeine Konfiguration	63
5.3.2	Ergebnisse	65
5.4	Zusammenfassung	70
6	Entwicklung einer Überwachung des Datenaustauschs für OPC UA PubSub	71
6.1	Analyse und Abstraktion der Klasse 3 Busprotokolle	71
6.1.1	Hochlaufphasen der Kommunikation	72
6.1.2	Zustandsmaschinen	75
6.1.3	Application Protocol Data Unit	87
6.1.4	Datenaustausch	92
6.1.5	Zusammenfassung	98
6.2	Ableitung eines Konzepts zur Überwachung des Datenaustauschs	99
6.2.1	Ableitung des Konzepts zur Überwachung des Datenaustauschs	100
6.2.2	Analyse der OPC UA PubSub-Entitäten und Informationsmodelle	101
6.2.3	Interaktion der beteiligten Entitäten	108
6.2.4	Erweiterung der Zustandsmaschinen	110
6.2.5	UADP-Protokollerweiterung	116
6.2.6	Virtual Reader	117
6.2.7	Informationsmodelle	118
6.2.8	Zusammenfassung	119
7	Validierung	121
7.1	Konkretisierung einer 1-zu-N-Kardinalität	121
7.2	Simulation über Simulink	123
7.3	Testaufbau	124
7.4	Ergebnisse	125
7.5	Zusammenfassung	126
8	Zusammenfassung und Ausblick	127
	Literatur	129