

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einführung und Problemstellung . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Forderungen an das Kommunikationssystem in der Realzeitumgebung . . . . .	3
1.2 Stand des Wissens und Schwerpunkt der Arbeit . . . . .	4
1.3 Aktueller Stand und typischer Aufbau lokaler Rechnernetze . . . . .	7
1.4 Die Sicherungsaspekte der Datenkommunikation . . . . .	9
<b>2. Das Transportsystem in einem Tokenbus LAN . . . . .</b>	<b>11</b>
2.1 Das Transportprotokoll gemäß ISO 8073 . . . . .	11
2.1.1 Die Dienste des TP4 . . . . .	11
2.1.2 Fehlererkennung und Behandlung . . . . .	14
2.1.3 Datenflußregelung . . . . .	15
2.1.4 Kreditfestlegung . . . . .	15
2.1.5 Quittierungsmechanismen . . . . .	17
2.1.6 Weitere Funktionen der Transportschicht . . . . .	19
2.2 Die Sicherungsschicht gemäß ISO . . . . .	20
2.2.1 MAC-Teilschicht gemäß ISO 8802.4 . . . . .	21
2.2.1.1 Das Zugriffsverfahren . . . . .	21
2.2.1.2 RWRN-Dienste . . . . .	22
2.2.1.3 RWR-Dienste . . . . .	23
2.2.2 LLC-Teilschicht gemäß ISO 8802.2 . . . . .	24
2.2.2.1 Die verbindungslosen quitierten Dienste der Sicherungsschicht . . . . .	27
2.2.2.2 Erbringung der Dienste . . . . .	30
2.2.3 Diskussion der Sicherungsschicht . . . . .	31
<b>3. Resultierende Architekturen zur Sicherung der Datenkommunikation . . . . .</b>	<b>32</b>

3.1 Das MAP-Transportsystem . . . . .	33
3.2 Das Mini-MAP-System . . . . .	34
3.2.1 RWR-Architektur . . . . .	34
3.2.2 RWNr-Architektur . . . . .	35
3.3 Leistungsaspekte sicherer Datenkommunikation . . . . .	35
3.3.1 Das allgemeine Kommunikationsmodell und Leistungsgrößen . . . . .	35
3.3.2 Klassifizierung der erwarteten Aufträge . . . . .	37
4. Analyse und Bewertung des MAP-Transportsystems . . . . .	42
4.1 Analyse des MAP-Transportsystems . . . . .	42
4.1.1 Die Zeitverhältnisse des Clienten-Transportsystems . . . . .	43
4.1.1.1 Die Zulassungszeit $T_{zu}$ (Admission delay) . . . . .	44
4.1.1.2 Die Passierzeit im Kontroller Tpass . . . . .	44
4.1.2 Der Kommunikationskontroller als Bediensystem . . . . .	45
4.1.2.1 Der Ankunftsprozeß . . . . .	46
4.1.2.2 Der Bedienprozeß . . . . .	46
4.1.2.2.1 Die Verarbeitungszeit einer Anforderung . . . . .	47
4.1.2.2.2 Zeitaufwand durch die Sendebestätigung . . . . .	48
4.1.2.2.3 Verarbeitungszeit der Quittierungseinheit $T_q$ . . . . .	48
4.1.2.3 Die Systemstruktur . . . . .	49
4.1.2.4 Diskussion . . . . .	51
4.1.3 Die Verweilzeit im MAC-Sendesystem . . . . .	51
4.1.4 Die Zeitverhältnisse des Server-Transportsystems . . . . .	55
4.2 Quantitative Bewertung des MAP-Transportsystems . . . . .	55
4.2.1 Zeitgrößen ohne Wartezeitanteile . . . . .	56
4.2.2 Transportverbindung mit Fenstergröße $W=1$ . . . . .	58
4.2.2.1 Modellierung des Blockierungseffektes mit heuristischem Ansatz . . . . .	58

4.2.2.2 Das Verhalten bei Poissonschen Ankunftsprozessen . . . . .	60
4.2.2.3 Synchroner Verkehr und Burstankünfte . . . . .	62
4.2.3 Transportverbindung mit Fenstergröße $W > 1$ . . . . .	62
4.2.3.1 Das Verhalten bei Poissonschen Ankunftsprozessen . . . . .	63
4.2.3.2 Das Verhalten bei Burstankunftsprozessen . . . . .	65
4.2.3.3 Diskussion . . . . .	66
4.2.4 Betrachtung einer Transportverbindung im belasteten Netz . . . . .	67
4.2.5 Garantierte Antwortzeiten im ungünstigsten Fall . . . . .	68
4.3 Überblick und Zusammenfassung . . . . .	69
5. Analyse und Bewertung des Mini-MAP-Systems . . . . .	70
5.1 Das Verhalten des MAC-Sendesystems mit Immediate Response . . . . .	70
5.1.1 Mittelwertbetrachtung . . . . .	72
5.1.1.1 Der Einfluß von Immediate Response auf die Tokenumlaufzeit . . . . .	72
5.1.1.2 Diskussion des maximalen Durchsatzes . . . . .	74
5.1.1.3 Betrachtung der mittlere Tokenerwartungszeit $E[T_{EZ}]$ . . . . .	75
5.1.1.4 Betrachtung der Wartezeitkomponente $T_{WM}$ . . . . .	76
5.1.2 Vergleich der Zeitverhältnisse auf dem Medium . . . . .	77
5.1.2.1 Vergleich der Tokenerwartungszeiten . . . . .	78
5.1.2.2 Vergleich der Wartezeitkomponente $T_{WM}$ . . . . .	80
5.1.3 Betrachtung des ungünstigsten Falles . . . . .	83
5.1.4 Folgerungen aus der Analyse des MAC-Sendesystems . . . . .	84
5.2 Analyse des Mini-MAP-Systems . . . . .	85
5.2.1 Parallelen zum MAP-Transportsystem . . . . .	85
5.2.2 Die Bedeutung der Immediate Response für die LLC-Protokollmaschine . . . . .	85
5.2.2.1 Der Einfluß auf die Passierzeit im Kontroller $T^*_{pass}$ . . . . .	86
5.2.2.2 Der Einfluß auf den Blockierungseffekt und die Zulassungszeit $T^*_{zu}$ . . . . .	86

5.2.3 Eliminierung der Sendebestätigung durch Immediate Response . . . . .	87
5.2.4 Die Bedeutung der Slot-Time . . . . .	87
5.3 Quantitative Bewertung des Mini-MAP-Systems . . . . .	89
5.3.1 Antwortzeit der LLC-Benutzer ohne Wartezeitanteile . . . . .	89
5.3.2 Eigenheit der Realisierung . . . . .	90
5.3.2.1 Antwortfeststellung und zusätzliche Beschränkungen der Slot-Time . . . . .	90
5.3.2.2 Das Weiterreichen der Immediate Response . . . . .	92
5.3.2.3 Bemerkung zum untersuchten MAC-Sendesystem . . . . .	93
5.3.3 Poissonsche Last . . . . .	94
5.3.3.1 Betrachtung eines Kommunikationspfades im ansonsten unbelasteten Netz . . . . .	94
5.3.3.1.1 Diskussion der Reply-Dienste beider Varianten . . . . .	94
5.3.3.1.2 Diskussion der ACK-Dienste beider Varianten . . . . .	96
5.3.3.2 Betrachtung eines Kommunikationspfades in einem belasteten Netz . . . . .	97
5.3.3.2.1 Diskussion der Reply-Dienste beider Varianten . . . . .	97
5.3.3.2.2 Diskussion der ACK-Dienste beider Varianten . . . . .	99
5.3.4 Abschließende Betrachtung . . . . .	101
6. Integration der Anwenderdienste in der verkürzten Architektur . . . . .	102
6.1 Organisation der Anwenderschicht gemäß ISO . . . . .	102
6.1.1 Zusammenhänge und Ablauf der Kommunikation . . . . .	103
6.1.2 Verhandlung über die Informationsstruktur und deren Kodierung . . . . .	104
6.1.3 Die Adressierung in der ISO-Welt . . . . .	106
6.2 Die Notwendigkeit einer Zwischenschicht in der verkürzten Architektur . . . . .	106
6.2.1 Anforderungen an die Zwischenschicht und Lösungsansätze . . . . .	107
6.2.1.1 Die Schnittstelle zu der Anwenderschicht . . . . .	107
6.2.1.2 Segmentierung und Zusammensetzungs-Mechanismus . . . . .	109
6.2.1.3 Verwaltung der Assoziationen und Abbildung der Prioritäten . . . . .	109

6.2.3 Konzeption einer abstrakten Maschine für die Zwischenschicht . . . . .	111
6.2.4 Zusammenfassung und Überblick . . . . .	119
7. Ausblick . . . . .	120
Literaturverzeichnis . . . . .	122
Anhang A: Messungen an einem MAP-Transportsystem . . . . .	A-1
Anhang B: Messungen an der Sicherungsschicht . . . . .	B-1
Anhang C: Abkürzungsverzeichnis . . . . .	C-1
Anhang D: Zusammenstellung aller Größen und Symbole . . . . .	D-1
Anhang E: Vergleich der Bedienstrategien Round-Robin und FIFO bei konstanten Bedienprozessen . . . . .	E-1