

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IX
1. Einführung und Motivation	1
2. Der Entwurf von verteilten eingebetteten Echtzeitsystemen	3
2.1 Echtzeitsysteme	4
2.2 Verteilte eingebettete Echtzeitsysteme	5
2.2.1 Klassifikation der Rechnerknoten	6
2.2.2 Klassifikation des Kommunikationsnetzwerkes	8
2.3 Konzepte verteilter nebenläufiger Echtzeitsysteme	10
2.3.1 Prozesse und ihre Aktivitäten	11
2.3.2 Kommunikation und Synchronisation von Prozessen	12
2.4 Gegenüberstellung bekannter Entwurfsmethoden	13
2.4.1 Konventionelle Methoden	15
2.4.2 Objektorientierte Methoden	18
2.5 Schlußfolgerungen und Ziele	25
2.5.1 Eigenschaften einer durchgängigen Entwurfsmethodik	25
2.5.2 Integration der Eigenschaften durch die Objektnetz-Methodik	27
3. Der Entwurf mit Objektnetzen	29
3.1 Objektnetze	30
3.1.1 Einordnung	30
3.1.2 Verschiedene Systemsichten	30
3.2 Der Software-Entwicklungsprozeß mit Objektnetzen	33
3.2.1 Prinzip der abstrakten Objektnetz-Spezifikation	34
3.2.2 Prinzip der Konkretisierung durch Vererbung	37
3.2.2.1 Fundamentale Vererbungsregeln	37
3.2.2.2 Objektnetz Meta-Klassen	38
3.2.3 Prinzip der Plattformabstraktion	39
3.3 Elemente und Entwurfsregeln der Objektnetze	40
3.3.1 Datenklassen	40
3.3.1.1 Vordefinierte Basisdatenklassen	40

3.3.1.2 Definition abgeleiteter Basisdatenklassen	41
3.3.1.3 Definition komplexer Datenklassen	43
3.3.2 Abstrakte Objektnetz-Klassen	44
3.3.2.1 Ports als Interface-Elemente	44
3.3.2.2 Constraints - Temporale und kausale Zwänge	47
3.3.3 Elementare Objektnetz-Klassen	48
3.3.4 Hierarchische Objektnetz-Klassen	54
3.4 Plattformabstraktion für Objektnetze	56
3.4.1 Spezifikation der Rechnerknoten	58
3.4.1.1 Kapselung der Rechnerkernfunktionseinheiten	59
3.4.1.2 Definition von CFU-Klassen	61
3.4.1.3 Kapselung der Prozessschnittstellenumgebung	61
3.4.1.4 Definition von PIC-Klassen	63
3.4.1.5 Kapselung von Aktoren und Sensoren	64
3.4.1.6 Definition konkreter AS-Klassen	65
3.4.1.7 Kommunikationsschnittstellen	65
3.4.2 Spezifikation des Kommunikationsnetzwerkes	67
3.5 Objektnetz-Plattform-Mapping	69
4. Auflösen der Hierarchie- und Vererbungsbeziehungen	71
4.1 Auflösen der Vererbungsbeziehungen	72
4.2 Einebnen hierarchischer Objektnetze	73
4.2.1 Hierarchische ON-Instanzen	73
4.2.2 Hierarchische Zustände	75
4.2.3 Constraints	76
5. Verhaltensbeschreibung mit höheren Petri-Netzen	77
5.1 Höhere Petri-Netze	78
5.1.1 Objekt-Petri-Netze ohne Zeitbewertung	79
5.1.2 Zeitbewertete Objekt-Petri-Netze	81
5.2 Verhaltensbeschreibung	84
5.2.1 Elementare ON-Instanzen	84
5.2.1.1 Zustandswechsel mit Wartezeit	84
5.2.1.2 Zugeordnete Ports	86
5.2.2 Nachrichtenverbindungen	90
5.2.2.1 Nachrichtenverbindungen zwischen lokalen Instanzen	90
5.2.2.2 Nachrichtenverbindungen zwischen verteilten Rechnerknoten	91
5.2.3 Scheduling	92
5.2.3.1 Abarbeitungsmodell der Objektnetz-Methodik	93
5.2.3.2 Die Abarbeitung von Aktionen und Guards einer Instanz	94
5.2.3.3 Koordinierung mehrerer Instanzen auf einem Rechnerknoten	95
5.2.3.4 Koordinierung über mehrere Rechnerknoten	96

5.2.3.5 Unterschiede bei der Abarbeitung der Umgebungsspezifikation	97
5.3 Die Constraints	97
5.3.1 Empfangsport-Constraints	98
5.3.2 Constraints mit Sendeports	99
6. Validierung	101
6.1 Generelle zeitfreie Anforderungen	102
6.1.1 Vollständigkeit	102
6.1.2 Konfliktfreiheit	102
6.1.3 Erreichbarkeit der Zustände	103
6.2 Generelle zeitliche Anforderungen	105
6.2.1 Zeiten in der Steuerung und der Umgebung	105
6.2.2 Gegenseitige Abhängigkeit von Steuerungseingängen	106
6.2.3 Berechnung der maximalen Reaktionszeit	108
6.3 Einschränkungen und verbotene Konstrukte	112
6.3.1 Elementare ON-Klassen mit ASO-Referenz	112
6.3.2 Empfangspuffer	112
6.4 Vollständige Petri-Netz-Simulation	113
6.5 Petri-Netz-Simulation mit Animation der Umgebung	114
7. Implementierung	117
7.1 Umsetzung elementarer ON-Klassen	118
7.1.1 Grundgerüst für elementare ON-Klassen	118
7.1.2 Sendeport-Funktionen	119
7.1.3 Wartezeiten	121
7.2 Umsetzung der Datenklassen	121
7.2.1 Attribute und Puffervariablen	122
7.2.2 Empfangspuffer-Arrays	122
7.2.3 Aktionen und Guards mit Datenzugriff	123
7.3 Umsetzung der Plattformabstraktion	123
7.3.1 ASO-Codesynthese	123
7.3.2 Bereitstellen der Kommunikationssoftware	124
8. Zusammenfassung und Ausblick	125
A. Toolunterstützung	127
A.1 Architekturüberblick	128
A.1.1 Verwaltung der Entwurfsdaten	128
A.1.2 Kopplung mit dem Tcl/Tk-Interpreter	129
A.2 Funktionsüberblick	129
A.2.1 Objektnetz-Entwurf	130
A.2.2 Plattformabstraktion	132

Inhaltsverzeichnis	VIII
A.2.3 Projektdefinition	132
A.2.4 Validierung	134
A.2.5 Code-Generierung	134
B. Demonstrationsbeispiele	135
B.1 Das Bahnschrankenbeispiel	136
B.2 Abstandswarner	143
Literaturverzeichnis	147