

Berichte der
Institute für
Automatisierungs-
technik



Technische
Universität
Braunschweig

Dipl.-Ing. Jörg Kiefer, Cremlingen

Methodische Partitionierung und Parametrierung von Feldbussen

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe **10**: Informatik/

Kommunikationstechnik

Nr. **428**

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Erläuterung der benutzten Formelzeichen und Abkürzungen | IX |
| Kurzfassung | XIV |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Konzepte zur Strukturierung und Beschreibung komplexer Systeme | 5 |
| 2.1 Methoden der Strukturierung | 5 |
| 2.1.1 Strukturierte Analyse | 5 |
| 2.1.2 ISO/OSI-Referenzmodell | 10 |
| 2.1.3 Leittechnisches Referenzmodell | 14 |
| 2.1.4 Manufacturing Message Specification | 15 |
| 2.2 Petrinetze zur strukturierten Beschreibung | 17 |
| 2.2.1 Farbige Petrinetze | 17 |
| 2.2.2 Zeitbewertete Petrinetze | 20 |
| 2.2.3 Hierarchische Farbige Petrinetze | 22 |
| 2.2.4 Werkzeugunterstützung | 24 |
| 3 Feldbussysteme in der Automatisierungstechnik | 28 |
| 3.1 Kommunikation in der Automatisierungstechnik | 28 |
| 3.2 Anforderungen an Feldbussysteme | 30 |
| 3.2.1 Grundlegende Forderungen der Automatisierungstechnik | 30 |
| 3.2.2 Anforderungen der unterschiedlichen Hierarchiestufen | 32 |
| 3.3 Beispiele für Feldbussysteme | 33 |
| 3.3.1 Aktuator-Sensor-Interface (ASI) | 34 |
| 3.3.2 Bitbus | 34 |
| 3.3.3 Controller Area Network (CAN) | 34 |
| 3.3.4 Factory Instrumentation Protocol (FIP) | 34 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.5 | InterBus-S | 35 |
| 3.3.6 | Local Operating Network (LON) | 35 |
| 3.3.7 | Multipurpose Vehicle Bus (MVB) | 36 |
| 3.3.8 | P-NET | 36 |
| 3.3.9 | Process Field Bus (PROFIBUS) | 36 |
| 3.3.10 | Tabellarische Gegenüberstellung | 37 |
| 4 | Kommunikationsanforderungen des Prozesses | 40 |
| 4.1 | Formale Darstellung der Kommunikationsanforderungen | 40 |
| 4.1.1 | Strukturierte Analyse und Übertragungsanforderungen | 40 |
| 4.1.2 | Anwender- und Zeitanforderungen | 43 |
| 4.1.3 | Verarbeitungszeiten des Prozesses | 45 |
| 4.2 | Formale Beschreibung des Prozesses | 46 |
| 4.2.1 | Prozeßkomponenten | 46 |
| 4.2.1.1 | Funktionen | 46 |
| 4.2.1.2 | Speicher | 47 |
| 4.2.1.3 | Daten- und Kontrollflüsse | 48 |
| 4.2.2 | Mathematische Beschreibung des Prozesses | 49 |
| 4.2.2.1 | Inzidenzmatrix | 49 |
| 4.2.2.2 | Schaltzeitenmatrix | 50 |
| 4.2.2.3 | Datenlängenmatrix | 51 |
| 5 | Zuordnung der Funktionen zu Hardwarekomponenten | 52 |
| 5.1 | Metriken der Funktionsaufspaltung | 53 |
| 5.1.1 | Datenverkehrslast | 54 |
| 5.1.2 | Zeitanforderungslast | 57 |
| 5.1.3 | Randbedingungen | 58 |
| 5.1.4 | Integration der Metriken | 58 |
| 5.2 | Algorithmus der Funktionszuordnung | 58 |
| 5.3 | Beispiel | 59 |
| 5.4 | Zusammenfassung | 64 |
| 6 | Simulation und Modellbildung von Feldbussen | 65 |
| 6.1 | Grundstruktur der Simulationsumgebung | 66 |
| 6.1.1 | Modulbildung und logische Schnittstellen | 66 |
| 6.1.2 | Anforderungen an das Beschreibungsmittel | 67 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.1.3 | Auswahl der Modellrepräsentation | 68 |
| 6.2 | Erläuterung des Anforderungsgenerators | 69 |
| 6.2.1 | Stochastische Simulation der Anwendung | 69 |
| 6.2.2 | Modellierung des Nachrichtengenerators | 70 |
| 6.3 | Modellierung von Feldbussystemen | 76 |
| 6.3.1 | Grundlegende Konzepte | 76 |
| 6.3.2 | Schnittstellen der Busmodule | 77 |
| 6.3.3 | Grundlegende Unterschiede der Protokolle | 79 |
| 6.3.4 | Arbitration und Zeitverhalten | 79 |
| 6.3.5 | Übertragungsfehler und deren Behandlung | 86 |
| 7 | Bewertungsmaßstäbe des Busvergleiches | 88 |
| 7.1 | Leistungsgrößen von Feldbussystemen | 88 |
| 7.1.1 | Physikalische Schicht | 89 |
| 7.1.2 | Datenübertragungsschicht | 91 |
| 7.1.3 | Anwendungsschicht | 91 |
| 7.2 | Grundlagen der statistischen Auswertung | 91 |
| 7.2.1 | Zufallsgrößen | 92 |
| 7.2.2 | Schätzung von Parametern | 94 |
| 7.2.3 | Der statistische Test | 95 |
| 7.3 | Statistische Auswertung von Stichproben | 96 |
| 7.3.1 | Generierung und Normierung der Datensätze | 97 |
| 7.3.2 | Überprüfung des Ausschlußkriteriums | 98 |
| 7.3.3 | Bewertung mittels der Vergleichskriterien | 99 |
| 7.3.4 | Integration unterschiedlicher Einzelbewertungen | 100 |
| 7.4 | Zusammenfassung der Leistungsbewertung | 101 |
| 8 | Parameteroptimierung bei Bussystemen | 102 |
| 8.1 | Parameter unterschiedlicher Bussysteme | 102 |
| 8.2 | Verfahren der Optimierung | 103 |
| 8.2.1 | Mathematische Problembeschreibung | 103 |
| 8.2.2 | Diskussion unterschiedlicher Optimierungsalgorithmen | 105 |
| 8.3 | Genetische Algorithmen zur Parametrierung | 107 |
| 8.3.1 | Codierung und genetische Operatoren | 107 |
| 8.3.2 | Bewertungs- und Fitnessfunktion | 109 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 8.3.3 | Heiratsschema | 110 |
| 8.3.4 | Ersetzungsschema | 110 |
| 8.3.5 | Zusammenstellung der Einflußmechanismen | 111 |
| 8.4 | Anpassung der Parameteroptimierung an das Controller Area Network | 111 |
| 8.5 | Zusammenfassung der Parameteroptimierung | 116 |
| 9 | Exemplarische Untersuchung einer Containerverladeeinrichtung | 117 |
| 9.1 | Prozeßbeschreibung und Anforderungen | 117 |
| 9.2 | Strukturierte Analyse | 118 |
| 9.3 | Gerätetechnische Zuordnung von Funktionen | 125 |
| 9.4 | Parameteroptimierung | 128 |
| 10 | Zusammenfassung und Ausblick | 133 |
| A | Modellbeschreibung des Markengenerators | 137 |
| A.1 | Global Declaration Node | 137 |
| A.2 | Petrinetzseiten | 142 |
| B | Modell des Controller Area Network | 148 |
| B.1 | Global Declaration Node | 148 |
| B.2 | Petrinetzseiten | 153 |
| C | Problemcodierungen genetischer Algorithmen | 168 |
| C.1 | Adjazenz-Vektorcodierung (AV) | 168 |
| C.2 | Ordinal-Vektorcodierung (OV) | 169 |
| C.3 | Pfad-Vektorcodierung (PV) | 169 |
| C.4 | Präzedenz-Matrixcodierung (PM) | 171 |
| C.5 | Matrixcodierung nach Seniw (MS) | 172 |
| C.6 | Matrixcodierung nach Hamaifar und Guan | 173 |
| D | Systemdefinitionen des Containerterminals | 174 |
| | Literaturverzeichnis | 176 |