

Dipl.-Ing. Harald Schrimpf, Düsseldorf

**Ein modulares Mehrrechner-
Betriebssystem mit
Prioritätszeitplanung
und lastausgleichender
Objektmigration
für verteilte
Realzeitanwendungen**

Reihe **10**: Informatik/
Kommunikationstechnik Nr. **487**

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1. Anforderungen der Automatisierungstechnik	3
1.1. Automatisierungstechnik.....	3
1.2. Prozeßrechenanlagen.....	4
1.2.1. Rechenanlagen.....	4
1.2.2. Prozeßrechner.....	4
1.3. Realzeit-Software.....	6
1.3.1. Realzeit-Programmierung.....	6
1.3.2. Realzeit-Sprachen und Werkzeuge.....	7
1.4. Zusammenfassung der Anforderungen.....	8
2. Technik Verteilter Betriebssysteme	9
2.1. Grundlagen.....	9
2.1.1. Verteilte Rechenanlage.....	9
2.1.2. Abstrakte Betriebsmittel.....	10
2.1.3. Transparente Gesamtmaschine.....	11
2.2. Architektur.....	11
2.2.1. Strukturen.....	12
2.2.2. Objekte.....	13
2.3. Verarbeitung.....	14
2.3.1. Mehrprozeßbetrieb.....	14
2.3.2. Programmausführung.....	16
2.3.3. Paradigmen.....	18
2.4. Kommunikation.....	19
2.4.1. Synchronisation.....	19
2.4.2. Transferprotokolle.....	22
2.4.3. Kooperation.....	25
2.4.4. Identifikation.....	27
2.4.5. Transaktionen.....	29
2.5. Dienstleistungen.....	30
2.5.1. Benutzerdienste.....	30
2.5.2. Prozeßdienste.....	31
2.5.3. Dateidienste.....	31
2.5.4. Gerätedienste.....	32

2.6. Zusammenfassung, Schlußfolgerungen.....	32
3. Realzeitbetrieb.....	34
3.1. Grundlagen.....	34
3.1.1. Definition	34
3.1.2. Zeitverhalten	35
3.1.3. Realzeit-Programme	36
3.1.4. Realzeit-Daten.....	39
3.1.5. Dimensionierung.....	40
3.2. Triggerung.....	41
3.2.1. Polling und Interrupts.....	41
3.2.2. Ereignis- und Zeitsteuerung	42
3.2.3. Peripheriegeräte.....	42
3.2.4. Prozeßwechsel.....	43
3.3. Realzeit-Prozeßplanung	44
3.3.1. Definition	44
3.3.2. Prozeßplanungsinformation	45
3.3.3. Prozeßplanungsziele	46
3.3.4. Prozeßplanungsansätze.....	47
3.3.5. Einrechner-Prozeßplanung.....	48
3.3.6. Mehrrechner-Prozeßplanung.....	52
3.4. Realzeit-Kommunikation	53
3.4.1. Verkehrscharakteristik.....	53
3.4.2. Übermittlungstechnik.....	54
3.4.3. Vermittlung und Zugriffsprotokolle	55
3.4.4. Fluß- und Fehlerkontrolle	60
3.4.5. Betriebssystem-Integration	61
3.4.6. Raten- und Zeitbasierte Übermittlung	61
3.4.7. Bandbreiten-Reservierung.....	62
3.4.8. Medienskalierung	63
3.5. Zeitsynchronisation.....	64
3.5.1. Systemuhren.....	64
3.5.2. Korrektur	66
3.5.3. Synchronisation	67
3.6. Verteilte Realzeit-Betriebssysteme	68
3.6.1. Quick-as-Bunny Systeme.....	68
3.6.2. Guaranteed-Latency Systeme.....	68
3.6.3. Rate-Monotonic Systeme.....	69
3.6.4. Media-Scaling Systeme.....	70
3.6.5. Fixed-Cyclic Systeme	70
3.6.6. Complex-Reservation Systeme.....	71
3.7. Zusammenfassung, Schlußfolgerungen.....	72

4. Lastverteilung	74
4.1. Grundlagen.....	74
4.1.1. Definition	74
4.1.2. Gliederung.....	75
4.2. Lastinformation	76
4.2.1. Lastbestimmung	76
4.2.2. Lastprotokolle	78
4.3. Transferverfahren	79
4.3.1. Lasttransfer	79
4.3.2. Transferleistungen	81
4.3.3. Generationsverfahren.....	83
4.3.4. Migrationsverfahren.....	83
4.3.5. Replikationsverfahren	85
4.4. Verteilungsstrategien	86
4.4.1. Verteilungsziele	86
4.4.2. Zeitpunkt und Dynamik	87
4.4.3. Planungshorizont und Kooperation	88
4.4.4. Beurteilungskriterien	89
4.4.5. Verteilungsansätze.....	89
4.4.6. Verteilungsalgorithmen.....	90
4.5. Lastverteilungs-Betriebssysteme	95
4.5.1. Generationssysteme	95
4.5.2. Migrationssysteme.....	96
4.5.3. Replikationssysteme	96
4.6. Zusammenfassung, Schlußfolgerungen.....	97
5. Ansatz zum verteilten Realzeit-Betriebssystem MDX	98
6. MDX Systemstruktur und Prozeßkommunikation	100
6.1. Systemstruktur	100
6.1.1. Virtueller UNIX-Einrechner (AP-Ebene)	101
6.1.2. Transparenter Objektraum (OP-Ebene).....	101
6.1.3. Infrastruktur und Systembaukasten (IPC-Ebene).....	102
6.1.4. Leistungen des Systemkerns (IKP-Ebene).....	103
6.2. Realisierung des Betriebssystemkerns.....	105
6.2.1. Systemkern.....	105
6.2.2. Nukleus.....	106
6.2.3. Netzserver	111
6.3. Meßergebnisse der Kernleistungen.....	114
6.3.1. Verarbeitungsleistungen.....	114
6.3.2. Kommunikationsleistungen	115
6.3.3. Parallelverarbeitung	116
6.4. Verteilte und parallele Programmierung	117

6.5. Zusammenfassung.....	119
7. MDX Objektsystem.....	120
7.1. Paradigma Verteilter Systemobjekte.....	120
7.2. Realisierung des Objektsystems.....	121
7.2.1. Reduzierter Befehlssatz (FClient).....	121
7.2.2. Mikroserver-Konzept (FServer).....	124
7.2.3. Objektnamendienst	129
7.3. Leistungen der Objektserver	135
7.4. Programmierung der Klienten und Objektserver	136
7.5. Zusammenfassung.....	137
8. MDX Realzeitbetrieb.....	138
8.1. Leistungen und Paradigmen	138
8.2. Realisierung der Prioritätszeitsteuerung	139
8.2.1. Virtuelle Synchronuhren und Kalender.....	140
8.2.2. Prioritätszeitsteuerung	145
8.2.3. Prioritätszeitsteuerung aller Betriebsmittel	148
8.2.4. Lokale und netzweite Prioritätszeitreservierung	153
8.3. Garantierte Leistung im Realzeit-Betrieb.....	159
8.3.1. Auflösung und Gleichlauf der Synchronuhren	159
8.3.2. Garantierte Realzeit-Verarbeitung unter Störlast.....	162
8.3.3. Geringer Laufzeitaufwand der Prioritätszeitsteuerung	163
8.3.4. Garantierte Realzeit-Kommunikation unter Störlast	165
8.4. Programmierung verteilter Realzeit-Programme.....	166
8.5. Zusammenfassung.....	167
9. MDX Lastverteilung.....	168
9.1. Paradigma mobiler Systemobjekte.....	168
9.2. Realisierung der Lastautomatik.....	171
9.2.1. Mechanismen zur Platzierung, Migration und Replikation	171
9.2.2. Verteilstrategie CDR	179
9.3. Gemessener Leistungsgewinn der Lastverteilung.....	184
9.3.1. Eigenverbrauch der Mechanismen.....	185
9.3.2. Leistungsgewinn durch Lastautomatik	186
9.4. Anwendung dynamischer Lastverteilung	188
9.5. Zusammenfassung.....	190
10. Systemvergleich.....	191
11. Zusammenfassung und Ausblick.....	194
Literatur.....	197