

Dieter Zöbel

Echtzeitsysteme

Grundlagen der Planung

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	
1.1	Merkmale von Echtzeitsystemen	3
1.1.1	Harte und weiche Echtzeit	4
1.1.2	Determiniertheit und Vorhersagbarkeit	5
1.2	Grundmodell eines Echtzeitsystems	7
1.2.1	Paradigmatische Beispiele	7
1.2.2	Aktionen und Akteure	9
1.2.3	Eingebettete Systeme	11
1.3	Prozesse	14
1.3.1	Datenflussdiagramme	14
1.3.2	Regelungstechnik	16
1.4	Echt und Zeit	18
1.4.1	Schnelligkeit und Rechtzeitigkeit	19
1.4.2	Zeit auf dem Rechengesystem	21
1.4.3	Diskretisierung und Drift	24
1.4.4	Echtzeit	26
1.5	Echtzeitsysteme in der Praxis	28
1.5.1	Anwendungen für die Lehre	28
1.5.2	Großtechnische Anwendungen	29
1.5.3	Automotive Anwendungen	33
1.5.4	Multimedia und Telematik	35
1.6	Konventionen und Notationen	39
2	Methodische und technische Grundlagen	
2.1	Überblick über die Echtzeitplanung	43
2.1.1	Prozessmodelle	43
2.1.2	Prozessparameter	46
2.1.3	Periodische Prozesse	48
2.1.4	Der Plan	50
2.1.5	Verfahren der Echtzeitplanung	51
2.1.6	Kategorisierung der Verfahren zur Echtzeitplanung	54
2.2	Zeiten und Uhren	60
2.2.1	Betrachtungen zur Zeit	60
2.2.2	Die physikalische Zeit	61
2.2.3	Die Erfassung der Zeit	68
2.2.4	Uhrzeit und Weckzeit	76
2.2.5	Kalküle der Zeit	85
2.3	Bestimmung der Prozessparameter	93
2.3.1	Abschätzung der Ausführungszeit	93
2.3.2	Ableitung von Zeitbedingungen	104

2.4	Parallelität und Synchronisierung	117
2.4.1	Parallele Programme und Konsistenz der Daten	117
2.4.2	Elementare Synchronisierungsoperationen	120
2.4.3	Höhere Synchronisierungsoperationen	124
2.4.4	Parallelität bei Mehrprozessorsystemen	127
2.4.5	Migration von Prozessen bei Mehrprozessorsystemen	130
2.5	Verteilte Echtzeitsysteme	133
2.5.1	Anforderungen an verteilte Echtzeitsysteme	133
2.5.2	Aufbauprinzipien von Rechnernetzen	136
2.5.3	Zugriffsprotokolle	140
2.5.4	Modellbildung bei verteilten Echtzeitsystemen	151
3	Grundlegende Planungsverfahren	
3.1	Planen durch Suchen	157
3.1.1	Planen mittels Tiefensuche	157
3.1.2	Aufwand des Planens durch Suchen	161
3.2	Planen bei dynamischen Prioritäten	164
3.2.1	Planen nach Fristen	164
3.2.2	Planen nach Fristen für nicht unterbrechbare Prozesse	164
3.2.3	Planen nach Fristen für unterbrechbare Prozesse	166
3.2.4	Planen nach Fristen für periodische unterbrechbare Prozesse	168
3.2.5	Planen nach Spielräumen für nicht unterbrechbare Prozesse	172
3.2.6	Planen nach Spielräumen für unterbrechbare Prozesse	175
3.3	Planen bei statischen Prioritäten	178
3.3.1	Planen nach festen Prioritäten	178
3.3.2	Planen nach monotonen Raten	180
3.3.3	Hyperbolische Schranke beim Planen nach monotonen Raten	187
3.3.4	Bedarf an Ausführungszeit	192
3.3.5	Planen nach monotonen Fristen	195
3.4	Zyklische Planungsverfahren	200
3.4.1	Struktur der Prozessausführung	200
3.4.2	Freiheitsgrade beim zyklischen Planungsverfahren	202
3.4.3	Bewertung des Ansatzes	204
3.5	Vergleich der Planungsverfahren	206
3.5.1	Auslastung	206
3.5.2	Implementierung	207
3.5.3	Unterbrechungsbehandlung	208
3.5.4	Fristverletzung	210

4	Fortgeschrittene Planungsverfahren	
4.1	Planung synchronisierter Prozesse	215
4.1.1	Prioritätsumkehr	215
4.1.2	Prioritätsvererbung	219
4.1.3	Prioritätsobergrenzen	227
4.2	Planung bei Mehrprozessorsystemen	233
4.2.1	Planungsverfahren abhängig von der Migration der Prozessen	233
4.2.2	Optimalität proportional fairer Planungsverfahren	236
4.2.3	Arbeitsweise proportional fairer Planungsverfahren	244
4.3	Planung in verteilten Systemen	250
4.3.1	Kriterien der Vergleichbarkeit von Zugriffsprotokollen	250
4.3.2	Zeitgesteuerte Zugriffsprotokolle	253
4.3.3	Arbitrierende Zugriffsprotokolle	254
4.3.4	Markengesteuerte Zugriffsprotokolle	262
A	Lösungen der Aufgaben	
A.1	Lösung der Aufgabe aus Kapitel 1	275
A.2	Lösungen der Aufgaben aus Kapitel 2	275
A.3	Lösungen der Aufgaben aus Kapitel 3	281
A.4	Lösungen der Aufgaben aus Kapitel 4	294
	Literaturverzeichnis	305
	Sachwortverzeichnis	317