

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemstellung bei GSPN Modellen	4
1.3 Lösungsansatz	6
1.4 Gliederung der Arbeit	7
2 Modellierung zur Leistungs- und Zuverlässigkeitssanalyse	9
2.1 Modellierung von Systemen	9
2.1.1 <i>Vom System zum Modell</i>	9
2.1.2 <i>Leistungs- und Zuverlässigkeitssmodell eines technischen Systems</i>	11
2.2 Stochastische Modelle für Leistung und Zuverlässigkeit	12
2.3 Leistung und Zuverlässigkeit	13
2.3.1 <i>Ziel der Leistungs- und Zuverlässigkeitssbewertung</i>	14
2.3.2 <i>Modellierung zur Leistungs- und Zuverlässigkeitssbewertung</i>	15
2.3.3 <i>Kenngrößen der Leistung von Systemen</i>	16
2.3.4 <i>Kenngrößen der Zuverlässigkeit von Systemen</i>	18
2.3.5 <i>Kenngrößen des Zusammenwirkens von Leistung und Zuverlässigkeit</i>	19
3 Einsatz von Modellierungskonzepten	21
3.1 Markovprozesse	21
3.1.1 <i>Definition und Eigenschaften</i>	22
3.1.2 <i>Lösungsverfahren</i>	29
3.1.3 <i>Einsatzgebiete</i>	30
3.2 Petrinetze	30
3.2.1 <i>Struktur des P/T-Netzes</i>	31
3.2.2 <i>Dynamik des P/T-Netzes</i>	32
3.2.3 <i>Qualitative Analysemethoden</i>	34
3.2.4 <i>Unterarten von P/T-Netzen</i>	38
3.2.5 <i>Einsatzgebiete</i>	40

3.3 Stochastische Petrinetze	40
3.3.1 Struktur des Stochastischen Petrinetzes	41
3.3.2 Dynamik des Stochastischen Petrinetzes	41
3.3.3 Qualitative Analysemethoden	43
3.3.4 Leistungs- und Zuverlässigkeitssanalyse	44
3.3.5 Einsatzgebiete von SPN	46
3.4 Allgemeine Stochastische Petrinetze	47
3.4.1 Struktur des Allgemeinen Stochastischen Petrinetzes	48
3.4.2 Dynamik des Allgemeinen Stochastischen Petrinetzes	50
3.4.3 Analysemethoden für GSPN	51
3.4.4 Einsatzgebiete von GSPN	62
3.5 Verwandte Modellierungskonzepte	64
4 Stand der Wissenschaft	65
4.1 Approximationsverfahren für Markovprozesse	65
4.1.1 Verfahren nach Courtois	65
4.2 Approximationsverfahren für GSPN	68
4.2.1 Modellabstraktion nach Marsan	69
4.2.2 Approximation durch Mittelwertanalyse	72
4.2.3 Strukturbasierte Abschätzungstechniken	78
4.3 Zerlegungsbasierte Approximationsverfahren für GSPN	82
4.3.1 Zerlegung nach Komponententypen	84
4.3.2 Aggregation von Performability-GSPN-Modellen	86
4.3.3 Aggregation durch verteilungsunabhängige Transitionen	89
4.3.4 Zerlegung nach Zeitunterschieden	92
4.3.5 Iterative Approximation von Stochastischen Markierten Graphen	95
4.3.6 Teilnetz-Ersetzung mit Verweilzeitermittlung	99
4.3.7 Zerlegung und Kopplung mit stochastischen Funktionen	101
4.3.8 Teilnetz-Ersetzung mit dem Gesetz von Little	104
4.4 Zusammenfassung	108

5 Problemstellung und Lösungsidee	109
5.1 Anforderungen an Approximationsverfahren	109
<i>5.1.1 Aspekte zur Beurteilung von Approximationsverfahren</i>	<i>109</i>
<i>5.1.2 Beurteilung der bekannten Approximationsverfahren</i>	<i>111</i>
<i>5.1.3 Problemstellung und Anforderungen</i>	<i>114</i>
5.2 Fast-unabhängige GSPN	115
<i>5.2.1 Prozeßkopplung von Markovketten</i>	<i>115</i>
<i>5.2.2 Strukturen von fast-unabhängigen GSPN</i>	<i>117</i>
<i>5.2.3 Charakterisierung von fast-unabhängigen GSPN</i>	<i>120</i>
5.3 Strukturbasierte Zerlegung von fast-unabhängigen GSPN	122
<i>5.3.1 Schwerpunkte des Verfahrens</i>	<i>123</i>
<i>5.3.2 Zerlegung von fast-unabhängigen GSPN</i>	<i>129</i>
<i>5.3.3 Heuristiken des Verfahrens</i>	<i>137</i>
<i>5.3.4 Eigenschaften des Verfahrens</i>	<i>138</i>
6 Produktformlösungen von GSPN	141
6.1 Motivation	141
<i>6.1.1 Lokales Gleichgewicht und Produktformlösung</i>	<i>142</i>
6.2 Lokales Gleichgewicht in PF-SPN	145
6.3 Formale Grundlagen der Produktformlösung für SPN	147
<i>6.3.1 Zusammenfassung von Transitionen</i>	<i>147</i>
<i>6.3.2 Schrittwahrscheinlichkeiten</i>	<i>149</i>
<i>6.3.3 Berechnung der charakteristischen Funktion</i>	<i>149</i>
<i>6.3.4 Berechnung der Normalisierungskonstanten</i>	<i>151</i>
6.4 Ein Algorithmus zur Produktformlösung für GSPN	152
<i>6.4.1 Erweiterungen für GSPN</i>	<i>152</i>
<i>6.4.2 Darstellung des Algorithmus</i>	<i>154</i>
6.5 Charakteristische Gleichungen für PF-GSPN	160
<i>6.5.1 Aufbau und Ableitung der charakteristischen Gleichung</i>	<i>161</i>
<i>6.5.2 Zustandsunabhängige charakteristische Gleichungen</i>	<i>164</i>
<i>6.5.3 Charakteristische Gleichung für zustandsabhängige Modelle</i>	<i>166</i>

7 Darstellung der Zerlegungsstrategie	173
7.1 Minimale Teilnetze	173
<i>7.1.1 Definition der Invarianten eines GSPN</i>	<i>173</i>
<i>7.1.2 Definition der minimalen Teilnetze</i>	<i>174</i>
7.2 Schnittstellen	175
<i>7.2.1 Definition von Schnittstellen</i>	<i>176</i>
<i>7.2.2 Beeinflussung und Approximationsgüteabschätzung</i>	<i>177</i>
<i>7.2.3 Schnittstellenstrukturen in GSPN</i>	<i>178</i>
<i>7.2.4 Einsatz der Schnittstellen zur Zerlegung</i>	<i>210</i>
7.3 Partitionierung eines GSPN-Modells	210
<i>7.3.1 Definition einer Partitionierung</i>	<i>210</i>
<i>7.3.2 Regeln für die Auswahl einer Partitionierung</i>	<i>211</i>
<i>7.3.3 Informationsgehalt einer Partitionierung</i>	<i>213</i>
7.4 Aggregation von Teilmustern	213
<i>7.4.1 Ersetzung in Teilmustern</i>	<i>213</i>
<i>7.4.2 Ersetzung der Restmodelle</i>	<i>214</i>
<i>7.4.3 Ersetzungsregeln für Schnittstellen</i>	<i>217</i>
8 Validierung des strukturbasierten Algorithmus	221
8.1 Beispiel Flexibles Fertigungssystem	221
<i>8.1.1 Vorstellung des Beispiels</i>	<i>222</i>
<i>8.1.2 Auswahl der Partitionierung</i>	<i>224</i>
<i>8.1.3 Approximationsphase</i>	<i>227</i>
<i>8.1.4 Resultate und Interpretation</i>	<i>231</i>
<i>8.1.5 Resümee</i>	<i>241</i>
8.2 Beispiel Verteiltes Datenbanksystem	242
<i>8.2.1 Vorstellung des Beispiels</i>	<i>243</i>
<i>8.2.2 Auswahl der Partitionierung</i>	<i>245</i>
<i>8.2.3 Approximationsphase</i>	<i>247</i>
<i>8.2.4 Resultate und Interpretation</i>	<i>248</i>
<i>8.2.5 Resümee</i>	<i>251</i>
8.3 Beurteilung der Methode	251

9 Zusammenfassung und Ausblick	253
9.1 Zusammenfassung	253
9.2 Ergebnisse	255
9.3 Ausblick	255
10 Literaturliste	257