Programmierung und Modellierung fehlertoleranter Echtzeitsysteme

Hauptklausur WS 1996/97

Name:____

Mat.-Nr. und Fachrichtung:____________________________________

Bitte sauber und *nicht* mit rotem Stift schreiben! Die Fragen sind genau und in gebotener Kürze (wo möglich: Stichworte) zu beantworten. Die Antworten sind auf die Teilfragen zu beziehen. Schreiben Sie auf jedes Blatt Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer! Bitte vergewissern Sie sich, daß bei der Abgabe alle Blätter vorhanden sind. Es werden vier Aufgaben gestellt, maximal können 100 Punkte erreicht werden.
Mit der folgenden Unterschrift versichern Sie an Eides Statt, daß Sie im Fach „Programmierung und Modellierung fehlertoleranter Echtzeitsysteme“ oder im Fach „PDV und Robotik 2“ noch keine Prüfungs- bzw. Übungsleistung erbracht haben. Klausuren, bei denen diese Unterschrift fehlt, werden nicht gewertet.

____
Unterschrift

Aufgabe	Punkte
1	
2	
3	
4	
Summe	
Note	

Aufgabe 1 (15 Punkte)

Fragenkatalog

a) (2 Punkte)

Erläutern Sie den Unterschied zwischen „Messung“ und „Modellierung“ und geben Sie jeweils eine Situation an, in der die Methoden sinnvoll eingesetzt werden können.

b) (3 Punkte)

Ein Datenpaket wird über einen Kommunikationskanal übertragen. Die Übertragung wird solange wiederholt, bis sie erfolgreich ist. Jede einzelne Übertragung besitzt die Erfolgswahrscheinlichkeit p. Wie viele Übertragungen sind im Mittel erforderlich?

c) (3 Punkte)

Was ist die anschauliche Bedeutung der Einträge der Generatormatrix einer zeitkontinuierlichen Markow-Kette? Erläutern Sie die Bedeutung der Einträge auf der Diagonalen und der anderen Einträge.

d) (3 Punkte)

Was ist der Zusammenhang zwischen der Exponentialverteilung und dem Poisson-Prozeß?

e) (2 Punkte)

Was ist eine G/D/1/10/•/LCFS-Warteschlange?

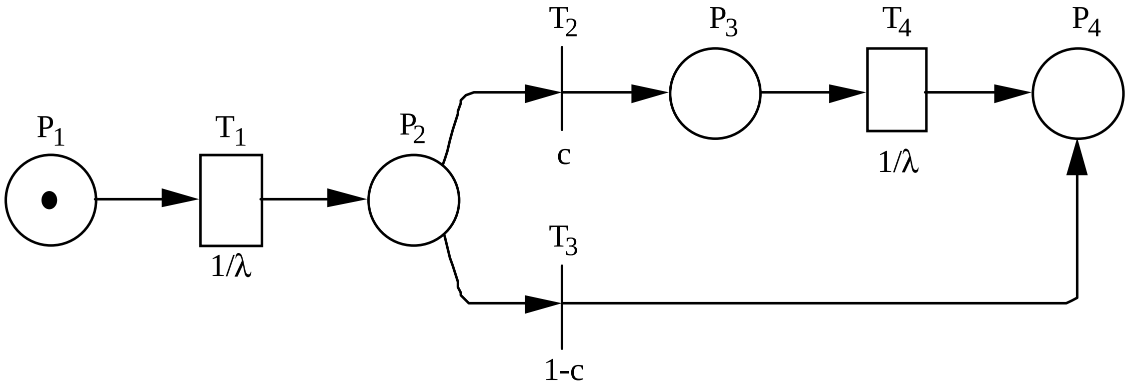
f) (2 Punkte)

In einer Warteschlange befinden sich im Mittel 30 Kunden und die mittlere Wartezeit einschließlich Bedienung beträgt 10 ms. Wie groß ist der Durchsatz?

Aufgabe 2 (30 Punkte)

Analyse von GSPN

Es wird ein GSPN-Modell des Ausfallverhaltens eines Systems von zwei redundanten Komponenten betrachtet. Das folgende Bild zeigt das GSPN:



Die Transitionen T_1 und T_4 modellieren den Ausfall der ersten und der zweiten Komponente. Nach Ausfall der ersten Komponente gibt es die Möglichkeit, daß die zweite Komponente die Arbeit übernimmt (modelliert durch Transition T_2) oder daß das System sofort ausfällt (modelliert durch T_3). Im Bild sind die Gewichte jeweils unter den Transitionen angegeben.

a) (5 Punkte)

Ermitteln Sie den Erreichbarkeitsgraph und den reduzierten Erreichbarkeitsgraphen.

b) (5 Punkte)

Geben Sie die Generatormatrix der zugrundeliegenden Markow-Kette und die transienten Zustandsgleichungen an.

c) (5 Punkte)

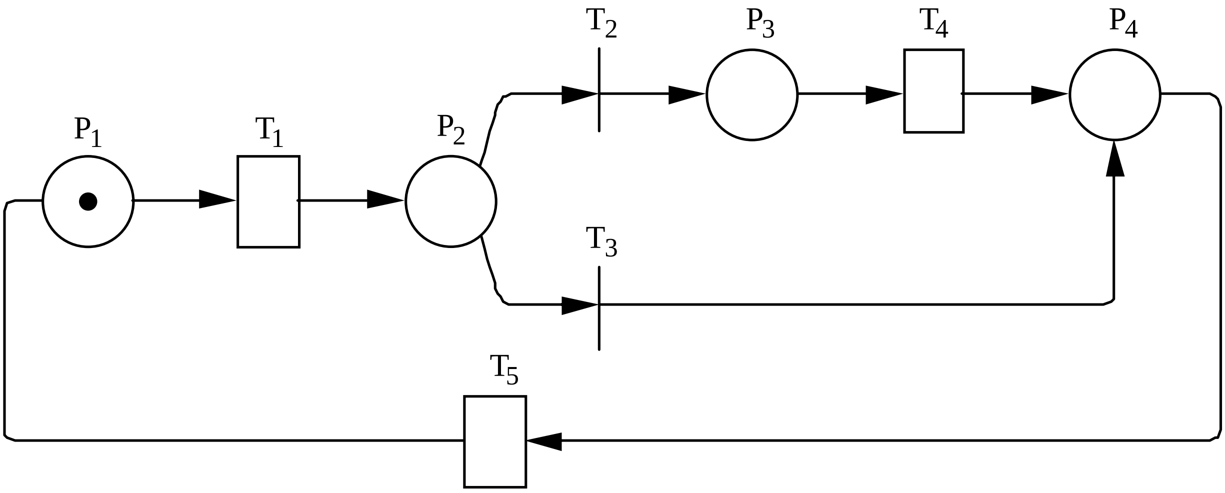
Ermitteln Sie die transienten Zustandswahrscheinlichkeiten durch sukzessive Lösung der Zustandsgleichungen.

Hinweis: Bei der Berechnung der letzten Zustandswahrscheinlichkeit kann die Eigenschaft ausgenutzt werden, daß die Summe aller Zustandswahrscheinlichkeiten den Wert 1 ergibt. Dadurch kann die Berechnung des Integrals vermieden werden.

d) (1 Punkt)

Wie lauten die stationären Zustandswahrscheinlichkeiten?

Es wird nun ein reparierbares System betrachtet. Das Petri-Netz-Modell wird dafür um eine Transition ergänzt. Die Transition T_5 bildet die Reparatur nach und besitzt eine exponentiell verteilte Schaltzeit mit der Rate μ.



e) (3 Punkte)

Geben Sie den reduzierten Erreichbarkeitsgraphen und die Generatormatrix der zugrundeliegenden Markow-Kette an.

f) (4 Punkte)

Wie lauten die stationären Zustandsgleichungen?

g) (5 Punkte)

Ermitteln Sie die stationäre Lösung.

h) (2 Punkte)

Warum ist die sukzessive transiente Lösung für das reparierbare System nicht möglich?

Aufgabe 3 (30 Punkte)

Modellierung mit DSPN

Die Kommunikation zwischen zwei Rechenprozessen A und B soll durch ein DSPN modelliert werden. Beide Prozesse laufen auf verschiedenen Rechnern ab und können über ein lokales Netz Nachrichten austauschen. Prozeß A steuert einen technischen Prozeß, Prozeß B überwacht Prozeß A zyklisch. Das Modell soll folgende Eigenschaften berücksichtigen:

- A kann sich in den Zuständen „wartend“, „aktiv“ und „antwortend“ befinden. Die Übergangzeiten von „wartend“ nach „aktiv“ und umgekehrt sind exponentialverteilt mit den Mittelwerten T_{wartend} und T_{aktiv}. Die Aufenthaltszeit im Zustand „antwortend“ wird weiter unten erläutert.
- Der Rechner, auf dem A abläuft, kann ausfallen. Die Ausfallszeit ist exponentialverteilt mit Mittelwert T_{Ausfall}. Mögliche Ausfälle des Rechners, auf dem B abläuft, werden nicht betrachtet.
- B überwacht A zyklisch: Nachdem ein einzelner Überwachungsvorgang erfogreich abgeschlossen ist, wird der nächste nach der deterministischen Zeit $T_{\text{Überwachung}}$ begonnen. Ein einzelner Überwachungsvorgang hat folgende Gestalt:
  - B sendet eine Nachricht an A und startet eine Uhr. Das Senden erfolgt ohne Zeitverbrauch, die Übertragungszeit für die Nachricht (Zeit bis zur Ankunft beim anderen Rechner) ist exponentialverteilt mit Mittelwert $T_{\text{Übertragung}}$.
  - Die gesendete Nachricht wird in einen Empfangspuffer für A gelegt. Wenn er im Zustand „wartend“ ist, empfängt er die Nachricht ohne Zeitverbrauch und wechselt in den Zustand „antwortend“.
  - Im Zustand „antwortend“ erzeugt A eine Bestätigungs-Nachricht. Dies dauert die deterministische Zeit $T_{\text{bestätigen}}$.
  - Anschließend sendet A die Bestätigung ohne Zeitverbrauch an B, die Übertragungszeit ist wieder exponentialverteilt mit Mittelwert $T_{\text{Übertragung}}$.
  - B empfängt die Bestätigung ohne Zeitverbrauch und stoppt die Uhr. Damit ist der Überwachungsvorgang erfolgreich abgeschlossen.
  - Falls die Uhr von B vor einer Zeitschranke T_{deadline} abläuft, ist der Überwachungsvorgang erfolglos abgeschlossen. Es wird eine Fehlermeldung erzeugt und die Überwachung beendet.

a) (20 Punkte)

Entwickeln Sie ein DSPN, welches das oben skizzierte Problem modelliert. Bezeichnen Sie Stellen und Transitionen mit aussagefähigen Namen. Geben Sie die mittlere Schaltzeit jeder Transition an (entweder direkt in der Zeichnung oder in einer Tabelle)

b) (5 Punkte)

Geben Sie Bewertungsmaße (in TimeNET-Notation) für folgende Fragestellungen an:

- Wahrscheinlichkeit, daß die Überwachung erfolglos abgebrochen wurde
- Wahrscheinlichkeit, daß die Überwachung erfolglos abgebrochen wurde, obwohl der Rechner von Prozeß A nicht ausgefallen ist
- Wahrscheinlichkeit, daß die Überwachung erfolglos abgebrochen wurde und daß der Rechner von Prozeß A tatsächlich ausgefallen ist
- Mittlerer Zeitanteil, den Prozeß A im Zustand „antwortend“ verbringt

c) (3 Punkte)

Sollte man für die Ermittlung der in b) genannten Bewertungsmaße die transiente oder stationäre Analyse verwenden? (Mit kurzer Begründung)

d) (2 Punkte)

Skizzieren sie qualitativ den Verlauf des ersten in b) genannten Bewertungsmaßes über der Zeit.

Aufgabe 4 (25 Punkte)

Modellierung mit Warteschlangen

Sensorwerte werden als Nachrichten über ein Modem übertragen. Die Übertragung der Nachrichten soll mit einer M/M/1/K-Warteschlange modelliert werden.

Die Zwischenankunftszeiten der Nachrichten ist exponentialverteilt mit der Rate 10/s. Die Länge der Nachrichten ist exponentialverteilt mit dem Mittelwert 480 Bit. Die Bitrate zum Übertragen beträgt 9600 Bit/s. Es steht ein Puffer mit 10 Plätzen zur Verfügung.

a) (3 Punkte)

Berechnen Sie die Bedienrate und die Auslastung der Warteschlange. Die Bedienrate soll in der Dimension Nachrichten/s angegeben werden.

b) (2 Punkte)

Wie groß ist die Verlustwahrscheinlichkeit?

c) (2 Punkte)

Wie groß ist die effektive Ankunftsrate und damit der Durchsatz der Warteschlange? Das Ergebnis soll in der Dimension Nachrichten/s angegeben werden.

d) (3 Punkte)

Wie lange dauert es im Mittel, bis eine Nachricht übertragen ist?

e) (4 Punkte)

Dimensionieren Sie die Puffergröße K so klein wie möglich, aber so, daß die Verlustwahrscheinlichkeit höchstens 2% beträgt.
Hinweis: Die Puffergröße kann entweder durch Auflösen der Gleichung oder durch Einsetzen ermittelt werden. Die gesuchte Puffergröße ist kleiner gleich 10.

f) (2 Punkte)

Modellieren Sie die Warteschlange als GSPN. Verwenden Sie aussagekräftige Namen und spezifizieren Sie die Schaltzeiten der Transitionen.

g) (5 Punkte)

Verändern Sie das Petri-Netz, so daß folgende Eigenschaften modelliert sind:

- Die Paketlänge ist deterministisch 1024 Bit
- Die Übertragungleitung fällt nach einer exponentialverteilten Zeit (Mittelwert 1 Stunde) aus.
- Die Übertragungsleitung ist nach einer deterministischen Zeit von 1 Minute wieder funktionsfähig.

Verwenden Sie aussagekräftige Namen und spezifizieren Sie die Schaltzeiten der Transitionen.

h) (4 Punkte)

Geben Sie für das Modell aus g) Leistungsmaße in TimeNET-Syntax an für:

- die Verlustwahrscheinlichkeit und
- die mittlere Zeit, bis eine Nachricht übertragen ist.