

Einführung in CE / Grundlagen der Modellierung u. Simulation

Prof. Dr. J. Peters, C. Daniel, M.Sc. und H. van Hoof, M.Sc.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wintersemester 2013/2014

Lösungsvorschlag der 1. Übung

Aufgabe 1 Diskrete Ereignissimulation (4 Punkte)

Mit dem Beginn der Vorlesungen wird es auch in der Cafeteria wieder voller. Leider ist heute nur eine Kasse geöffnet. Alle, die etwas kaufen möchten, müssen sich daher in eine Schlange einreihen.

Dieses typische Warteschlangenproblem soll mittels der diskreten Ereignissimulation *DES* und des zentralen Ereignisalgorithmus simuliert werden. Betrachten Sie dazu die Ereignisse *A* als *Einreihen in die Schlange* und *D* als *Abschluss des Kassivorgangs*. Zu Beginn der Simulation gelte für die Ereignisliste $L = \{(0.5, A)\}$. Die Simulationszeit t beginnt zum Zeitpunkt $t = 0.0$ s; die Cafeteria sei zunächst leer und an der Kasse gebe es nichts zu tun.

Die Ankunftszeitwischenzeiten sind entsprechend eine Exponentialverteilung $\exp(0.04)$ verteilt. Die Serverbelegungszeiten sind Normalverteilt $\text{norm}(20, 5)$.

Geben Sie die Werte für die Simulationszeit t , den Zustand der Kasse S , die Länge der Warteschlange N und die Ereignisliste L nach dem Initialisierungsschritt und nach jedem Durchlauf des zentralen Ereignisalgorithmus an. Die Simulation endet nach 20 Sekunden.

$\exp(0.04)$	5	8.3	0.8
$\text{norm}(20, 5)$	17.5	21.2	20.4

Lösungsvorschlag

- a) Nach dem Initialisierungsschritt, $t = 0, N = 0, S = \text{idle}, L = \{< A, 0.5 >\}$ (1.0 Punkt).
Nach dem 1. Durchlauf, $t = 0.5, N = 0, S = \text{busy}, L = \{< A, 5.5 >, < D, 18.0 >\}$ (1.0 Punkt).
Nach dem 2. Durchlauf, $t = 5.5, N = 1, S = \text{busy}, L = \{< A, 13.8 >, < D, 18.0 >\}$ (1.0 Punkt).
Nach dem 3. Durchlauf, $t = 13.8, N = 2, S = \text{busy}, L = \{< A, 14.6 >, < D, 18.0 >\}$ (1.0 Punkt).
Nach dem 4. Durchlauf, $t = 14.6, N = 3, S = \text{busy}, L = \{< D, 18.0 >\}$.
Nach dem 5. Durchlauf, $t = 18.0, N = 2, S = \text{busy}, L = \{< D, 39.2 >\}$.
Nach dem 6. Durchlauf, $t = 39.2, N = 1, S = \text{busy}, L = \{< D, 59.6 >\}$.

Aufgabe 2 Ereignissimulation mit Matlab (6 Punkte)

Laden Sie die Matlab Dateien vom Moodle Portal herunter und vervollständigen Sie den Code. Geben Sie als Lösung Ihren Code und die drei Grafiken ab, die sie mit dem Programm erstellen. (Zum Beispiel als .zip file)

Figure 1 zeigt Beispielgrafiken, die mit anderen Werten erstellt wurden. Ihre Grafiken sollten das gleiche Design vorweisen.

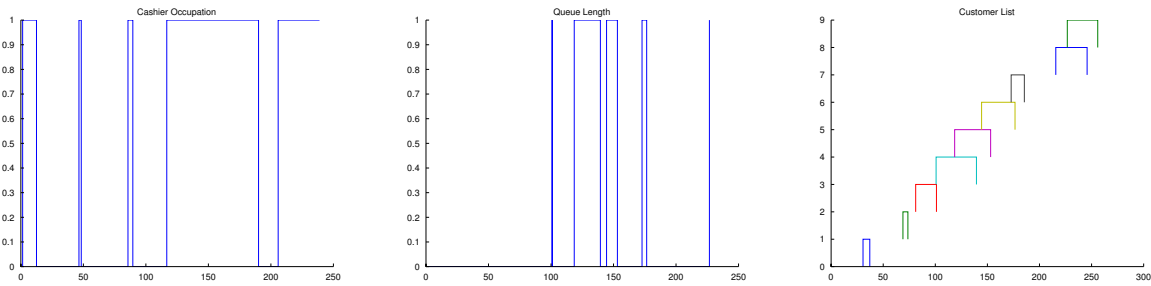


Abbildung 1: Examples

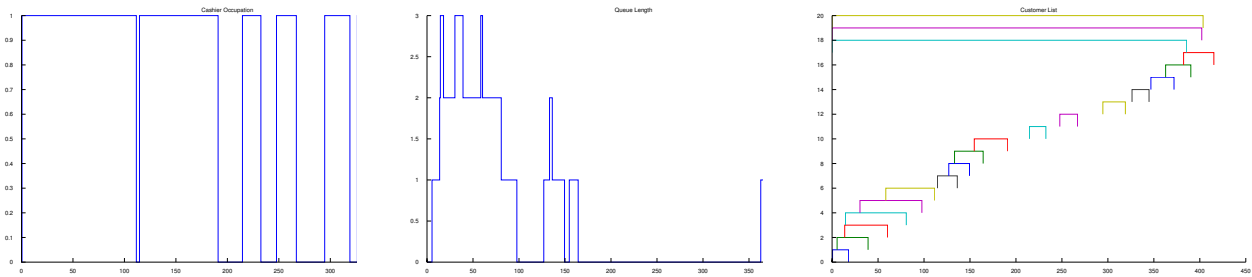


Abbildung 2: Solution

Lösungsvorschlag

Aufgabe 3 Petrinetz (10 Punkte)

Die Motorsteuergeräte werden in einem mehrstufigen Prozess an unterschiedlichen Maschinen gefertigt. Unter anderem müssen die Platinen für die Steuergeräte nacheinander durch eine Siebdruckmaschine bedruckt, in einer Bestückungsmaschine mit Bauteilen bestückt und anschließend in einer Wellenlötanlage gelötet werden. Die Maschine zur Bestückung der Platinen nimmt die bedruckten und unbestückten Platinen an und bestückt sie vollautomatisch mit den erforderlichen Bauteilen. Unbestückte Platinen werden nur dann angenommen, wenn die Maschine frei ist. Nach der Bestückung werden die Platinen in einem Magazin abgelegt, von wo sie von der Wellenlötanlage abgenommen werden können. Eine fertig bestückte Platine kann nur abgelegt werden, wenn das Magazin mindestens einen freien Ablageplatz hat. Anderenfalls steht die Bestückungsmaschine still, bis die bestückte Platine abgelegt werden kann.

- a) Die Bestückung der Platinen soll als Teil des Produktionsprozesses mit einem Petrinetz modelliert werden. Benutzen Sie dazu die in der folgenden Tabelle genannten Plätze P_1 bis P_5 und die unmittelbaren Transitionen t_1 bis t_4 , um ein sicheres Petrinetz zu erstellen. Die Transitionen t_1 *Bedruckte Platine von Siebdruckmaschine annehmen* und t_4 *Bestückte Platine an Wellenlötanlage abgeben* haben externe Plätze, die nicht in diesem Petrinetz abgebildet werden sollen.

P_i	Platz	t_i	Transition
P_1	Bestückungsmaschine ist frei	t_1	Bedruckte Platine von Siebdruckmaschine annehmen
P_2	Bestückungsmaschine ist belegt	t_2	Bestückung ist abgeschlossen
P_3	Bestückungsmaschine ist fertig	t_3	Bestückte Platine im Magazin ablegen
P_4	Magazin für bestückte Platinen	t_4	Bestückte Platine an Wellenlötanlage abgeben
P_5	Ablageplatz ist verfügbar		

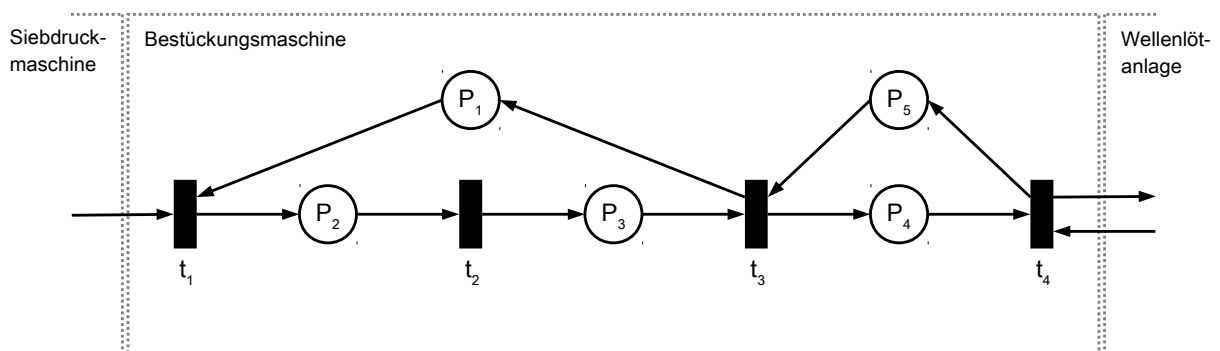
- b) Die verwendete Bestückungsmaschine ist schon seit mehreren Jahren in Dauerbetrieb und funktioniert dadurch nicht mehr zuverlässig. Nach einer bestimmten Betriebszeit fällt die Maschine *während der Bestückung* immer wieder aus und muss repariert werden. Die Reparatur dauert ebenfalls eine bestimmte Zeit. Nach der Reparatur wird die Bestückung der vor dem Ausfall angenommenen Platine fortgesetzt. Erweitern Sie das erstellte Petrinetz um den in der folgenden Tabelle genannten Platz P_6 und die zeitabhängigen Transitionen t_5 und t_6 .

P_i	Platz	t_i	Transition
P_6	Bestückungsmaschine ist ausgefallen	t_5	Bestückungsmaschine fällt aus
		t_6	Bestückungsmaschine ist repariert

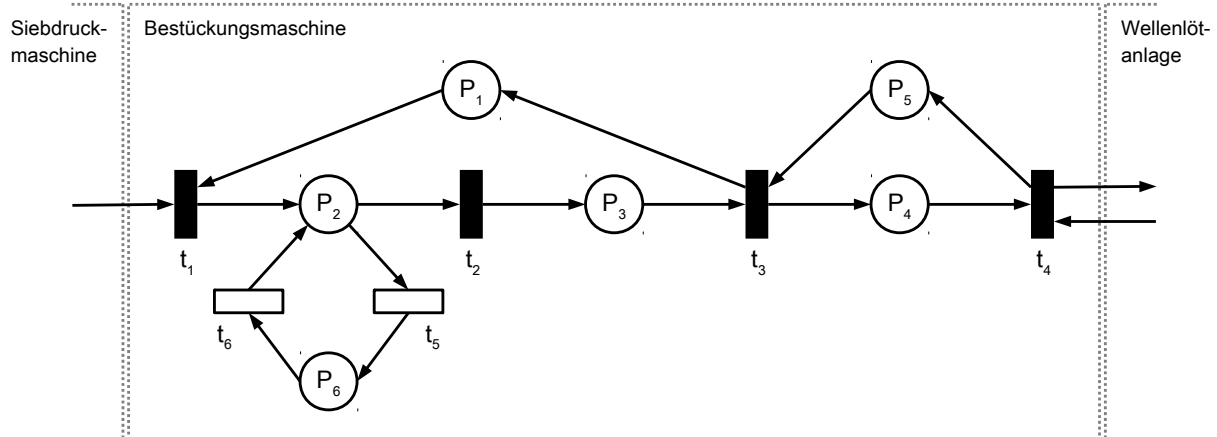
- c) Für den Markierungsvektor \mathbf{m} gelte $\mathbf{m} = [m_1 \ m_2 \ m_3 \ m_4 \ m_5 \ m_6]^T$. Zeichnen Sie den vollständigen Erreichbarkeitsgraph für das erweiterte Petrinetz ausgehend vom Anfangszustand $\mathbf{m}_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$. Was können Sie über die Beschränktheit und Sicherheit des Petrinetzes sagen? Nehmen Sie an, dass externe Plätze immer belegt sind.
- d) Welcher Änderung im Produktionsprozesses entspricht ein Wechsel des Anfangszustands zu $\mathbf{m}_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 2 \ 0]^T$?

Lösungsvorschlag

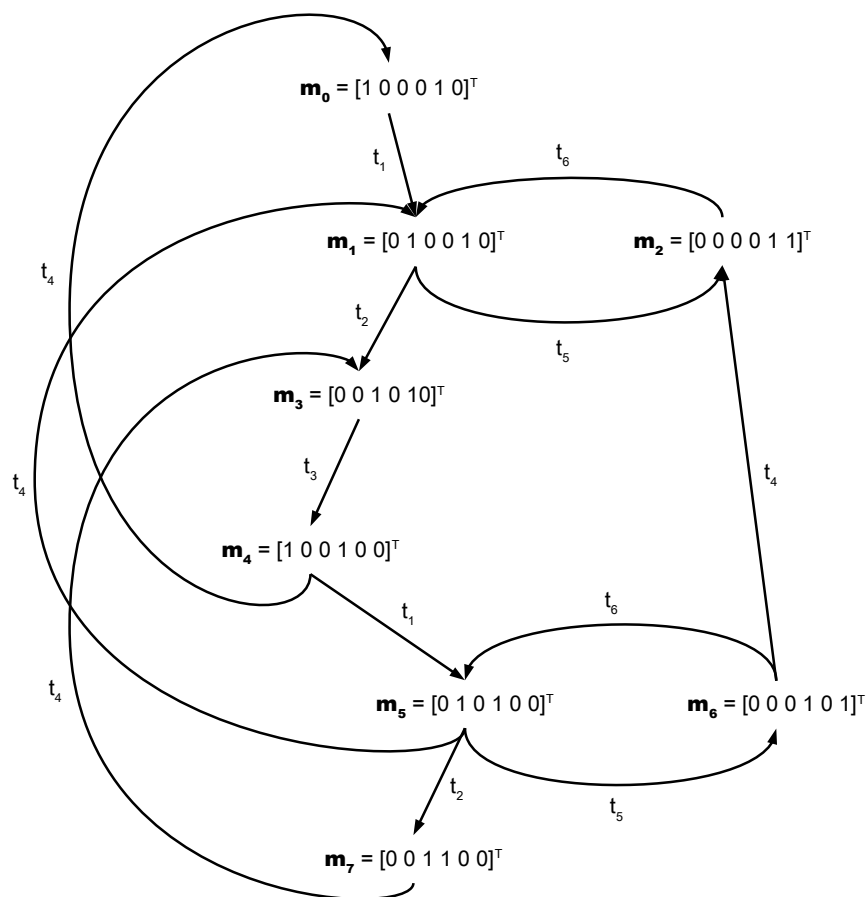
- a) Mit den gegebenen Plätzen P_1 bis P_5 und den unmittelbaren Transitionen t_1 bis t_4 ergibt sich folgendes Petrinetz (3.5 Punkte)



- b) Mit dem zusätzlichen Platz P_6 und den zeitabhängigen Transitionen t_5 und t_6 wird das bestehende Petrinetz zu folgendem Petrinetz erweitert (1.0 Punkte)



c) Ausgehend vom Markierungsvektor \mathbf{m}_0 ergibt sich folgender Erreichbarkeitsgraph (4 Punkte)



Nur Zustände mit einem Maximalzahl von 1 Markierung pro Platz sind erreichbar. Weil es ein Maximalzahl k_i pro Platz p_i gibt ist das Netz *beschränkt* (0.5 Punkte), und weil $k_i = 1$, ist das Netz *sicher* (0.5 Punkte).

d) Beim neuen Anfangszustand kann Transition t_3 zwei Mal aktiviert werden bevor t_4 aktiviert wird. Das entspricht einer Kapazität des Magazins von zwei statt einer Platine (0.5 Punkte).