Rețele Petri binare în spațiul de stare Bäckström-Klein

Asist.ing. Gheorghe BORDEA [1], prof.dr.ing. Mihai TERTIŞCO[2],
asist.ing. Janetta CULIȚĂ[3]
[1] Institutul de Marină Comercială, Constanța
[2, 3] Facultatea de Automatică şi Calculatoare, Universitatea "Politehnica" Bucureşti

Conceptele de prescriere tehnologică a stărilor şi de acțiuni tehnologice disponibile reprezintă datele inițiale necesare construirii structurii modelului. Noțiunile şi conceptele cu care operează rețelele Petri sunt de tip relațional dar au un grad mare de specificitate. In acest mod, trecerea de la informația tehnologică inițială la model devine dificilă de formalizat. Bäckström în [1] şi Klein în [2] au propus un spațiu extins al stărilor sistemului. Introducând această noțiune pentru a reprezenta informațiile, putem obține structura modelului folosind un algoritm care converteşte reprezentarea tehnologică în reprezentarea cu rețele Petri. In lucrare se face distincție între modelarea şi simularea sistemelor cu evenimente discrete. Astfel, problema construirii automate a structurii modelului devine mai uşor de formulat şi de rezolvat.

Cuvinte cheie: *specificații tehnologice, set de acțiuni disponibile.*

Introducere

Stările unui sistem cu evenimente discrete pot fi descrise printr-un vector de stare x de dimensiune n, $x = [x_1 \ldots x_n]$ unde x_i, $i \in M = \{1,2,\ldots,n\}$ sunt variabile de stare iar M este setul de indici. Fiecare variabilă de stare x_i ia valori discrete care aparțin unui set finit D_i, $i = \overline{1,n}$. Bäckström în [1] şi Klein în [2] au extins fiecare domeniu D_i cu valoarea nedefinită $\{*\}$ pentru fiecare variabilă de stare x_i, $i \in M$. Domeniul extins al stărilor este $D_i^+ = D_i \cup \{*\}$.

Definiții 1

1. Pentru fiecare variabilă de stare $x_i \in D_i^+$, $i \in M$, $D_i^+ = D_i \cup \{*\}$ este domeniul extins.
2. $S = D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$ este spațiul total al stărilor şi $S^+ = D_1^+ \times D_2^+ \times \ldots \times D_n^+$ este spațiul parțial al stărilor, $n = card\ M = |M|$.
3. O stare x este consistentă daca $x_i \neq \{*\}$, pentru toți $i \in M$.
4. Funcția $ind : S^+ \rightarrow p(M)$ este definită astfel încât pentru $x \in S^+$, $ind(x) = \{ i \in M, x_i \neq \{*\}\}$, unde $p(M)$ reprezintă mulțimea părților lui M.
5. Daca $i \in ind(x)$, atunci i este definit pentru x.
6. $D_i \in p(P)$, $P = D_1 \cup D_2 \cup \ldots \cup D_n = \{P_1 \ldots P_{|N|}\}$, $p(P)$ este mulțimea părților lui P şi P este mulțimea pozițiilor în modelul cu rețele Petri.

Acțiunea este specificată prin două concepte: tipul acțiunii, care poate descrie o acțiune generică şi eticheta acțiunii utilizată pentru a distinge acțiuni diferite de acelaşi tip. Tipul acțiunii tehnologice este definit prin pre-condiții tehnologice şi prin post-condiții tehnologice. Pre-condiția reprezintă starea sistemului înainte de execuția acțiunii iar post-condiția reprezintă starea sistemului în urma execuției acțiunii. În modelul cu rețele Petri tranzițiile corespund acțiunilor tehnologice.

Definiţii 2

1. Setul acţiunilor tehnologice este T şi corespunde setului de tranziţii în modelarea cu reţele Petri.
2. Elementele pre-condiţiei tehnologice determină matricea *PRE* în modelul Petri.
3. Elementele post-condiţiei tehnologice determină matricea *POST* în modelul Petri.
4. Formal, matricea asociată sistemului este $R = PRE \times POST$.
5. În reprezentarea cu reţele Petri, matricea de incidenţă este $C = POST - PRE$.

Descrierea problemei

Pentru formularea problemei vom considera un exemplu din sistemele flexibile de transport specifice marinei comerciale: fie un sistem de încărcare-descărcare a două nave "O_1" şi "O_2" care utilizează o macara "O_3" ce încarcă şi descarcă mărfuri. Pe fiecare navă există câte un ascensor, LS1 şi LS2, care acţionează independent şi care realizează schimbul de mărfuri între macara şi depozitele de pe nave. Sistemul încarcă pe nave mărfuri pentru export (E) şi descarcă pe ţărm mărfuri pentru import (I).

Pentru astfel de sisteme propunem o modalitate formală de trecere de la specificaţiile tehnologice exprimate prin reguli şi reprezentări în spaţiul stărilor la limbajul cu reţele Petri. Procedura propusă poate dezvolta o interfaţă corespunzătoare între reprezentarea prin reguli, cu care lucrează utilizatorii tehnologici, şi instrumentele software pentru analiza şi sinteza sistemelor cu evenimente discrete modelate cu reţele Petri.

Specificaţiile tehnologice ale poziţiilor obiectelor în sistemul de încărcare-descărcare

Asociem variabilele de stare x_1, x_2, x_3 obiectelor O_1, O_2 respectiv O_3 în sistem. Valorile variabilelor reprezintă poziţiile date de specificaţiile tehnologice din tabelul 1.

Tabelul 1

Variabila de stare x_i	Domeniul de valori D_i al variabilei x_i	Semnificaţia tehnologică a poziţiilor
x1 ∈D1	P1	LS1 este gol şi aşteaptă ca macaraua O3 să îl încarce cu mărfuri de tip E
	P2	LS1 este încărcat cu mărfuri de tip E
	P3	LS1 este incărcat cu mărfuri de tip I şi aşteaptă ca macaraua O3 să îl descarce
x2 ∈D2	P4	LS2 este gol şi aşteaptă ca macaraua O3 să îl încarce cu mărfuri de tip E
	P5	LS2 este încărcat cu mărfuri de tip E
	P6	LS2 este încărcat cu mărfuri de tip I şi aşteaptă ca macaraua O3 să îl descarce
x3 ∈D3	P7	Braţul macaralei O3 este pe ţărm
	P8	Braţul macaralei O3 este pe navă

Domeniile corespunzătoare acestor variabile sunt: $D_1 = \{P_1, P_2, P_3\}$, $D_2 = \{P_4, P_5, P_6\}$, $D_3 = \{P_7, P_8\}$.

Spaţiul de stare este exprimat prin produsul cartezian al domeniilor de variabile $S = D_1 \times D_2 \times D_3$ şi reprezin-

tă mulțimea vectorilor de stare $x \in S$, $x = [x_1, x_2, x_3]$.

Pentru o reprezentare sugestivă a tipurior de tranziții este utilă introducerea unei valori instrumentale pentru a exprima valoarea "indiferent" sau orice valoare a variabilei de stare, notată cu simbolul "$*$". In acest caz domeniile de valori extinse vor fi:

$$D_1^+ = \{P_1, P_2, P_3, *_1\},$$
$$D_2^+ = \{P_4, P_5, P_6, *_2\}$$
$$D_3^+ = \{P_7, P_8, *_3\}$$

Renunțând la indicii valorilor "*", spațiul extins al stărilor devine :

$$S^+ = D_1^+ \times D_2^+ \times D_3^+$$

Specificații tehnologice ale tipurilor de acțiuni disponibile în sistemul de încărcare-descărcare

Specificația tehnologică a mulțimii de acțiuni disponibile $T = \{t_1, t_2, \ldots, t_6\}$ este reprezentată de o relație de incluziune $T \subseteq S^+ \times S^+$. Fiecare tip este caracterizat de o pereche de stări: prima stare exprimă pre-condiția care determină începutul execuției acțiunii iar cea de a doua este post-condiția care exprimă rezultatul acțiunii. La sfârșitul execuției acțiunii, sistemul va fi într-o nouă stare. Aceasta se poate observa în tabelul 2.

Tabelul 2

Pre-condiția			Tip	Semnificația tehnologică a tipurilor de acțiuni	Post-condiția		
x1	x2	x3			x1	x2	x3
P1	*	P7	t1	Brațul macaralei încarcă un produs E de pe țărm pe nava O1 în LS1	P2	*	P8
P2	*	*	t2	LS1 descarcă un produs E în depozitul navei O1 și încarcă un produs I din depozit	P3	*	*
P3	*	P8	t3	Brațul macaralei descarcă un produs I de pe LS1 pe țărm	P1	*	P7
*	P4	P7	t4	Brațul macaralei încarcă un produs E de pe țărm pe nava O2 în LS2	*	P5	P2
*	P5	*	t5	LS2 descarcă un produs E în depozitul navei O2 și încarcă un produs I din depozit	*	P6	*
*	P6	P8	t6	Brațul macaralei descarcă un produs I de pe LS2 pe țărm	*	P4	P7

Construirea grafului cu retele Petri

În concordanță cu tabelul 2, graful asociat relației $PRE \subseteq P \times T$ este reprezentat în figura 1 iar graful asociat relației $POST \subseteq T \times P$ este reprezentat în figura 2. Considerând aceste grafuri vom construi matricele *PRE* și *POST* specifice reprezentării cu rețele Petri și vom obține graful Petri. Tranzițiile în modelul cu rețele Petri sunt echivalente acțiunilor în formalismul tehnologic. Rețeaua Petri construită din matricele *PRE* și *POST* este reprezentată în figura 3.

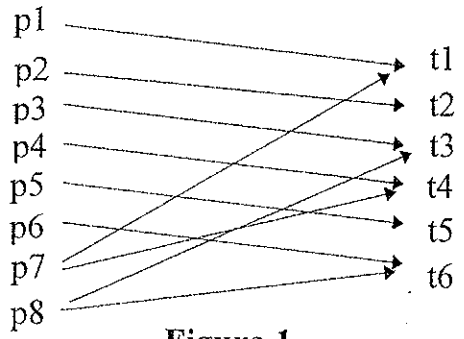

Figura 1

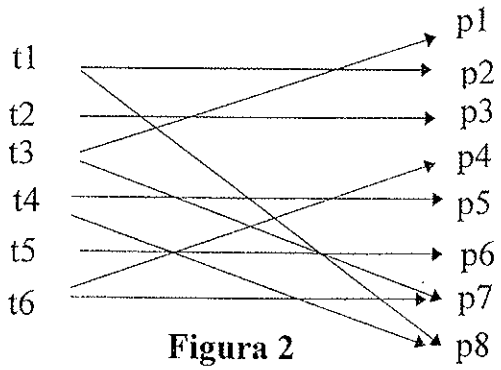

Figura 2

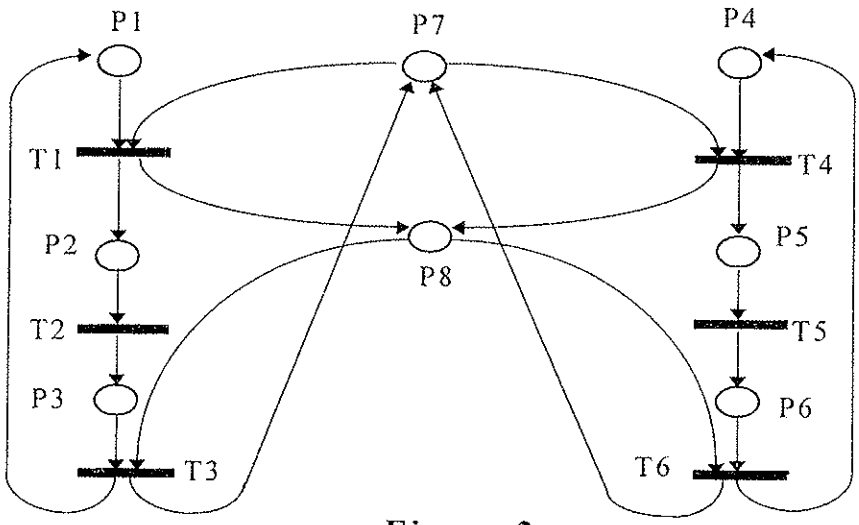

Figura 3

Matricele asociate grafurilor sunt:

$$PRE = \begin{array}{c} p1 \\ p2 \\ p3 \\ p4 \\ p5 \\ p6 \\ p7 \\ p8 \\ \\ \end{array} \begin{array}{c} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ \begin{array}{cccccc} t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 \end{array} \end{array}$$

$$POST = \begin{array}{c} p1 \\ p2 \\ p3 \\ p4 \\ p5 \\ p6 \\ p7 \\ p8 \\ \\ \end{array} \begin{array}{c} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \begin{array}{cccccc} t1 & t2 & t3 & t4 & t5 & t6 \end{array} \end{array}$$

Concluzii

Este posibilă obținerea modelului Petri pentru sisteme cu evenimente discrete care inițial sunt descrise prin reguli şi reprezentări în spațiul stărilor. Este, de asemenea, posibilă construirea unui algoritm de conversie între două tipuri de descriere, utilizând instrumente software profesionale specifice modelării şi simulării sistemelor cu evenimente discrete.

Bibliografie

[1] Bäckström, C. "Computational Complexity of Reasoning about Plants", Linköping , Sweden, 1992.

[2] Klein, I. "Automatic Synthesis of Sequentional Control Schemes", Linköping, Sweden, 1993.