ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992
Seria: AUTOMATYKA z. 109 Nr kol. 1175

Lech Jamroż
Politechnika Krakowska

PROCESY W SYSTEMIE WSPÓŁBIEŻNYM
THE PROCESSES IN CONCURRENT SYSTEM
ПРОЦЕССЫ В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Streszczenie: W artykule przedstawiono podstawowe związki istniejące między modelem systemu współbieżnego a procesami przebiegającymi w tym systemie. Rozważania przeprowadzono w zakresie terminologii sieci Petriego. System opisany został za pomocą markowanej sieci Petriego, zaś procesy zdefiniowano w terminach sieci zdarzeń i odwzorowania tej sieci w sieć modelującą system.

Summary: This paper deals with some basic relationships between model of concurrent system and processes running on the system. In terms of Petri nets these relationships are considered. The system is described by marked Petri nets. The processes are defined in the terms of occurrence nets and morphism from an occurrence net to the net modeling the system.

Резюме: В статье представлены зависимости между моделью параллельной системы и процессами протекающими в системе. Рассуждения проведены с помощью сетевых моделей типа Петри. Система описана с использованием маркированной сети Петри. Процессы определены в форме сети событий и отображения этой сети в сеть моделирующую систему.

1. Wstęp

Problemy związane z analizą systemów wymagają znajomości związków pomiędzy strukturalnymi własnościami systemu a procesami przebiegającymi w tym systemie. Prowadzone rozważania w tym zakresie wymagają, aby system i procesy były wyrażone w terminach tego samego formalizmu. Formalizmem takim, nadającym się do wykorzystania, są sieci Petriego [3].

Modelowanie systemów współbieżnych za pomocą markowanych sieci Petriego umożliwia w precyzyjny sposób specyfikację współbieżności oraz poglądową interpretację graficzną. W sieciach tych przejścia reprezentują zdarzenia, natomiast czas ich palenia jest czasem trwania zdarzenia. Wzajemne relacje między przejściami określają strukturę sterowania systemu.

Procesy generowane przez system, będące jednocześnie realizacją konkretnej sieci markowanej, opisane są za pomocą sieci zdarzeń. Elementy sekwencyjne procesów reprezentowane są za pomocą sekwencyjnego łańcucha zdarzeń, natomiast elementy współbieżne opisywane są relacją współbieżności. Modele takich procesów bazują na częściowo uporządkowanych zbiorach warunków i zdarzeń . Zbiory takie, spełniające aksjomaty współbieżności, są podstawowymi elementami konstrukcji modeli procesów.

2. Definicje i oznaczenia

Definicja 1. Markowana sieć Petriego jest uporządkowaną czwórką $M = (P,T,F,M_0)$. P – zbiór miejsc, T – zbiór przejść, $F \subseteq (P\times T)\cup(T\times P)$ – zbiór łuków (relacja przepływu, $dom(F)\cup cod(F)=T\cup P$). $M_0 : P \to \{0,1\}$ –funkcja markowania początkowego (znakowanie początkowe).

Miejsca oznaczają stan modelowanego systemu, natomiast przejścia zdarzenia w tym systemie. Oznaczmy przez ${}^{\bullet}x = \{y\in P\cup T \mid (y,x)\in F\}$ oraz przez $x^{\bullet} = \{y\in P\cup T \mid (x,y)\in F\}$ odpowiednio zbiór poprzedników oraz następników elementu $x\in P\cup T$. Zakładamy, że P,T są zbiorami skończonymi oraz $\forall\, t\in T,\ {}^{\bullet}t \neq \emptyset$. Przejście $t\in T$ jest przygotowane do palenia przez znakowanie M, co zapisujemy $M[t\rangle$, jeżeli $\forall\, p\in {}^{\bullet}t,\ M(p)\geq 1$. Markowanie M' osiąga się z markowania M przez zapalenie przejścia t, co zapisujemy w postaci $M[t\rangle M'$. Wartość tego markowania wynosi $M'(p) = M(p)-1$ dla $p\in {}^{\bullet}t$, $M'(p) = M(p)+1$ dla $p\in t^{\bullet}$ oraz $M'(p) = M(p)$ w pozostałych przypadkach. Sekwencję $\sigma = M_0 t_1 M_1 t_2 M_2 \ldots t_n M_n$, $n\geq 1$ nazywamy sekwencją palenia, jeżeli istnieją markowania M_i takie, że $M_{i-1}[t_i\rangle M_i$, $i = 1,2,\ldots,n$; przez σ_∞ oznaczamy nieskończoną sekwencję palenia.

Definicja 2. Siecią zdarzeń nazywamy uporządkowaną trójkę $N=(B,E,F')$. B –zbiór warunków, E –zbiór zdarzeń, F'–acykliczna relacja wprowadzająca częściowe uporządkowanie na zbiorze $B\cup E$, $\forall\, x,y\in B\cup E.\ xF'y \Rightarrow x\leq y$. F' reprezentuje przyczynową zależność występowania zdarzeń. Elementy $b\in B$ nie posiadają rozgałęzień, tj. $\forall\, b\in B: |{}^{\bullet}b|, |b^{\bullet}|\leq 1$.

3. Elementy współbieżne

W ogólności opis zachowania się systemu zadanego siecią M poprzez podanie sekwencji palenia σ jest niewystarczający. Pojedyncza sekwencja palenia nie zawiera informacji o wzajemnej przyczynowej zależności pomiędzy poszczególnymi przejściami. Wprowadzenie pojęcia procesu jako realizacji sieci markowanej M daje pełniejszy opis zachowania się systemu [1].

Z punktu widzenia definicji sieci N każda sekwencja palenia σ sieci M reprezentuje ciąg występowania zdarzeń i warunków powodujących pojawienie się tych zdarzeń. Tym samym elementy $b\in B$ oraz $e\in E$ sieci N reprezentują odpowiednio elementy $p\in P$ oraz $t\in T$ sieci M. Ze względu na relacje F' ($\leq$) sieć N stanowi strukturę $(X,\leq)$ częściowo uporządkowanego zbioru $X=B\cup E$. Na elementach zbioru X zdefiniowana jest relacja współbieżności w sposób następujący $\underline{co} = \{(x,y)\in X\times X \mid x\not\leq y \cap y\not\leq x\}$. Zbiór $C\subseteq X$ nazywamy co-zbiorem, jeżeli $\forall\, x,y\in C : x\ \underline{co}\ y$. Oznaczmy przez C_c c-cięcie, tj. $\forall\, z\in X\setminus C_c\ \exists\, y\in C : \neg(y\ \underline{co}\ z)$ oraz przez B_c (B-cięcie): zbiór C_c zawiera tylko elementy zbioru B.

4. Sieciowy model procesów współbieżnych

Przyjęty model sieciowy procesu winien w sposób możliwie dokładny odzwierciedlać własności systemu, z drugiej jednak strony powinien zawierać niezbędne informacje do ewentualnej rekonstrukcji systemu. W związku z tym proces będący realizacją sieci M definiowany jest w terminach odwzorowania sieci zdarzeń N w sieć M.

Procesem systemu zadanego siecią $M=(P,T,F,M_0)$ nazywamy parę $P=(N,\rho)$, gdzie $N=(B,E,F')$ jest siecią zdarzeń, $\rho: B\cup E \to S\cup T$ jest odwzorowaniem sieci zdarzeń w bazową strukturę sieci M.

W pracy [1] podane są formalne zależności, które muszą spełniać zarówno sieć N, jak i odwzorowanie ρ, a które tutaj zostaną podane w werbalnej postaci. Warunki $b\in B$ oraz zdarzenia $e\in E$ sieci N reprezentują odpowiednio miejsca $p\in P$ oraz przejścia $t\in T$ sieci M, początek realizacji procesu określony jest początkowym zbiorem B_c i markowaniem początkowym M_0, oraz otoczenie (zbiór miejsc) każdej tranzycji $t\in T$ jest zachowane względem odwzorowania ρ.

Powyższa definicja procesu P wymaga także uzupełnienia o pojęcie dyskretyzacji (dekompozycji) sieci zdarzeń w łańcuch podsieci. $N_1=(B_1,E_1,F'_1)$ jest podsiecią $N_2=(B_2,E_2,F'_2)$, jeżeli $B_1\subseteq B_2$, $E_1\subseteq E_2$, $F'_1\subseteq F'_2$ oraz $\forall\, x,y\in B_1\cup E_1$, $\forall\, z\in B_2\cup E_2$: $xF'_2z\ F'_2y \Rightarrow z\subseteq E_1\cup B_1$. Sieć zdarzeń N stanowi ograniczony łańcuch podsieci, jeżeli dla danej liczby całkowitej k $|B\cup E|\le k$; wówczas $N=(B,E,F')=(\bigcup_i B_i, \bigcup_i E_i, \bigcup_i F'_i)$.

Konstrukcję procesu P przedstawia poniższy schemat.

1° Dla danej sieci $M=(S,T,F,M_0)$ z markowaniem początkowym M_0 wyznacz $(N_0,\rho_0)=(B_0,E_0,F'_0,\rho_0)$, $E_0=F'_0=0$, $B_0=\{b: M_0(s) \Rightarrow s\in S: \rho_0(b)=s\}$.

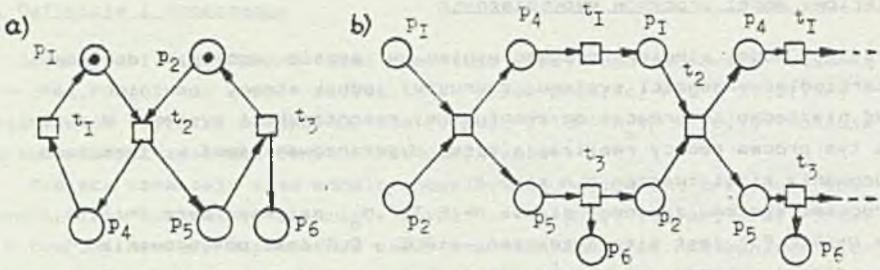
2° Dla kolejnych markowań M_i, i=1,2,... ciągu δ

a) Wyznacz zbiór cięcia B_c związany z markowaniem M_i, $N_i^{o}=B_c$. Załóżmy, że dla markowania M_i określone są zbiory ${}^{\bullet}t_i=\{s_1,s_2,\ldots,s_q\}$, $t_i^{\bullet}=\{s'_1,s'_2,\ldots,s'_r\}$, wówczas N_i^{o} zawiera warunki $b_1,b_2,\ldots,b_q$, dla których $\rho_i(b_j)=s_j$, j=1,2,...,q.

b) Do zbioru $\{b_1,b_2,\ldots,b_q\}$ dołącz takie zdarzenie e_i, dla którego $b_j F'_{i+1} e_i$, $t_i=\rho_{i+1}(e_i)$.

c) Dołącz nowe warunki b'_j takie, że $e_i F'_{i+1} b'_j$, $\rho_{i+1}(b'_j)=s'_j$, j=1,2,...,r.

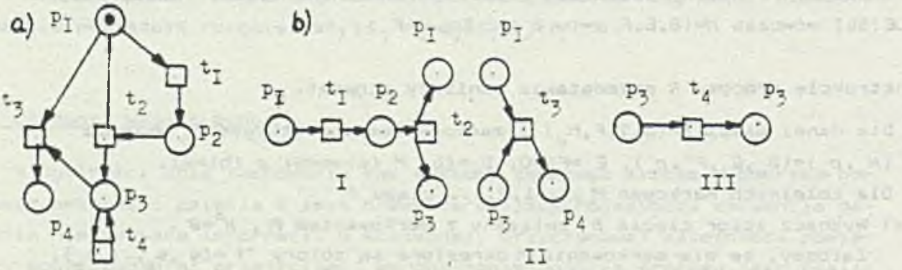
Wyznaczanie procesu przebiega iteracyjnie. Dla $\delta=\ldots\delta_{i-1},\delta_i\ldots$, gdzie δ_i odpowiada przejściu $M_{i-1}[t_i>M_i$ konstruujemy (N_i,ρ_i). Mając (N_i,ρ_i) wyznaczamy (N_{i+1},ρ_{i+1}); ostatecznie $(N,\rho)=(\bigcup_i N_i, \bigcup_i \rho_i)$.



Rys.1.a) Przykład modelu sieciowego systemu, b) procesu

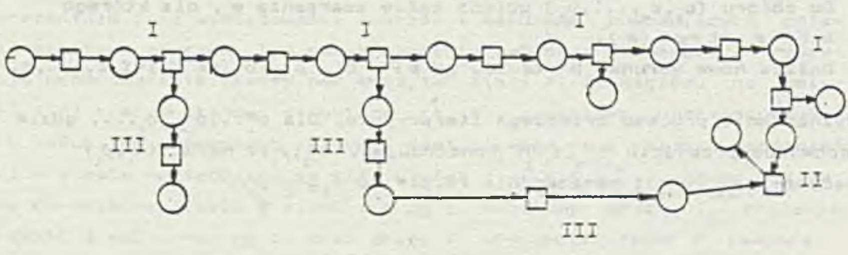
Fig.1.a) An example of system net of model, b) its process

Modelowanie procesów za pomocą sieci zdarzeń staje się uproszczone, jeżeli sieć taką można dekomponować na elementy bazowe. Mechanizm taki stwarza jednolite narzędzie zarówno do opisu zachowania się systemu, jak i jego rekonstrukcji. W celu określenia elementów bazowych posłużyć może metoda budowania drzewa osiągalności markowań i sekwencji palenia. Jest ona dla systemów większych mało przydatna ze względu na niewielką czytelność struktury procesu, jak i duży rozmiar samego drzewa. Alternatywna metoda (P-metoda) [4] plega na wyodrębnieniu z procesu bazowych powtarzających się elementów.



Rys.2.a) Sieć systemu, b) elementy bazowe systemu

Fig.2.a) A system net, b) its element basic



Rys.3. Proces systemu z rys. 2

Fig.3. A process of the system from fig. 2

P-metoda pozwala w skończonej liczbie kroków rozstrzygnąć, czy dane markowanie będzie większe od zadanej liczby albo markowanie takie uniemożliwi zapalenie żadnego przejścia.

LITERATURA

[1] Best E.,Merceron A.,: A study in relating system properties to process properties.Lecture Notes in Computer Science. Vo 188, 1984.

[2] Reisig W.,: A strong part of concurrency. Lecture Notes in Computer Science. Vo 266, 1987.

[3] Reisig W.,: Sieci Petriego. WNT, 1988.

[4] Yuan C.Y.,: Process periods and system reconstruction. Lecture Notes in Computer Science, Vo 222, 1985.

Recenzent: Prof.dr h.inż. Franciszek Marecki
Wpłyneło do Redakcji do 30.04.1992 r.

Abstract:

This paper deals with some basic notions and relationships between concurrent system and its processes. The analysis and synthesis of discrete systems require knowledge of interdependences between properties of the systems and processes generated by the systems. To study these interdependences the uniform formalism based on Petri nets is employed. Petri net is uniform in the sense that if a system is given by a net then the processes running on the system may also be modelled by special kinds of net i.e. occurrence net. The system can generate processes which consist of process element called action (event occurrence) and condition and relations between the elements. The system is modelled by Petri nets, in particular, marked nets, the execution of suchsystem is recorded by occurrence net. A processes of a marked nets are defined in terms of a morphism (labelling function) from an occurrence net into the underlying system net.