

В. С. Поляков, С. В. Поляков

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЕТИ ПЕТРИ МАТРИЦЕЙ ИНЦИДЕНТОРА

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

Показана эффективность представления сетей Петри матрицами инцидентора. Обоснована возможность создания моделей сложных систем с большим количеством участков, комплексов с различным составом основного и вспомогательного оборудования.

Ключевые слова: граф, структура графа, моделирование, параллелизм, сети Петри.

The efficiency of the representation Petri nets by matrices incidentor is shown. The possibility of creating models of complex systems with many sites, complexes with different composition of the main and auxiliary equipment is justified.

Keywords: graph, graph structure, modeling, parallelism, Petri nets.

В современном машиностроении при асинхронном управлении сложными дискретными системами, где компоненты часто функционируют «независимо», воздействуя друг на друга не постоянно, а эпизодически, используются сетевые модели. Наибольшее применение в настоящее время получили сети Петри.

Функционирование сетей Петри описывается формальным множеством последовательностей срабатывания и множеством достижимых в сети разметок. Сети Петри чаще всего используются при решении задач, когда требуется анализ возможных ситуаций, определения путей достижения конкретной цели, анализ характера изменений условий.

Использование при проектировании систем управления ГПС сетей Петри ограничивается построением несложных циклических моделей для роботизированных комплексов с обозримым количеством состояний системы.

Для описания функционирования сетей Петри задаются:

1) множество позиций $P = \{p_1; p_2; \dots p_n\}$;

2) множество переходов $T = \{t_1; t_2; \dots t_m\}$;

3) начальная маркировка сети $M_0 = (M_0(p_1); M_0(p_2); \dots M_0(p_n)) \in Z_0^n$. При функционировании сетей Петри в каждый момент времени k возникает текущая разметка

4) $M_k = (M_k(p_1); M_k(p_2); \dots M_k(p_n)) \in Z_0^n$;

5) взаимосвязи позиций и переходов задаются:

– $I(t_j)$ – позиции на входах перехода t_j ;

– $O(t_j)$ – позиции на выходах перехода t_j ;

– $I(p_i)$ – переходы на входах позиции p_i ;

– $O(p_i)$ – переходы на выходах позиции p_i ;

6) функция переходов ϕ , определяющая возможное состояние сети \tilde{M} при начальной маркировке M_0 , следующее за состоянием M , но не обязательно за M_0 .

Функция переходов ϕ определяется правилами функционирования:

– в каждый момент времени срабатывает только разрешенный переход;

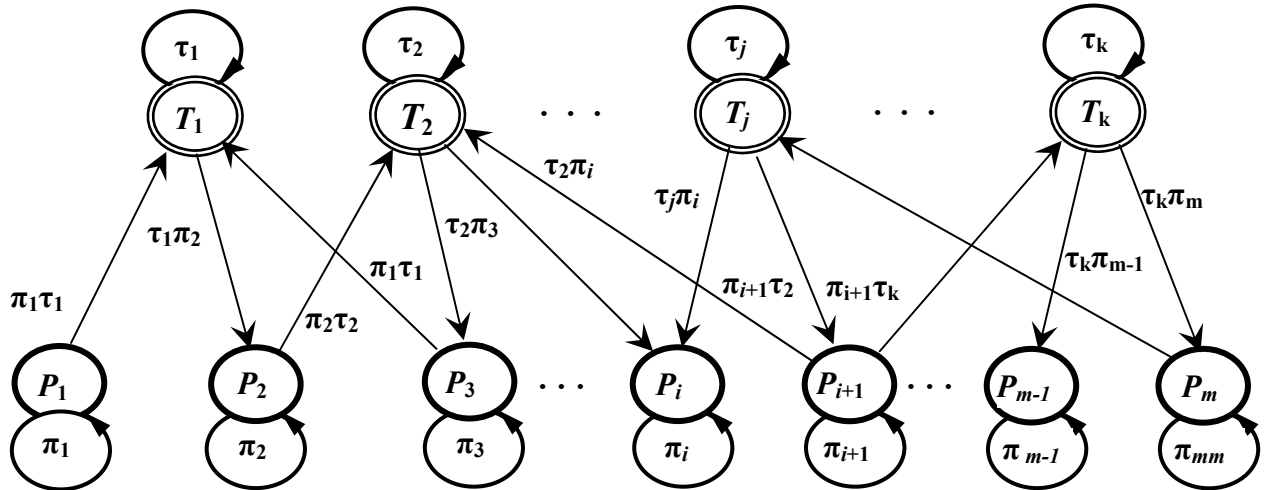
– срабатывание перехода может наступить через конечный промежуток времени после его разрешения;

– если в состоянии разрешено несколько переходов, то срабатывает один из них (недетерминизм функционирования сетей Петри);

– в результате срабатывания перехода метки во всех его входных позициях уменьшаются на 1, а в выходных – увеличиваются на 1;

– срабатывание перехода – неделимый акт изменения количества во входных и выходных позициях – происходит мгновенно.

Графическим представлением сети Петри служит двудольный ориентированный граф с двумя типами вершин; вершины-позиции (места) и вершины-переходы [2]. Дуги осуществляют связь между позициями и переходами $d(p_i t_j)$ – от позиции p_i к переходу t_j (рис. 1).

Рис. 1. Двудольный граф $G(A, X, H)$

Матрица инцидентора, задающая двудольный граф $G(A, X, H)$, приведена на рис. 2, которая разбивается на четыре характерные матрицы (рис. 3).

Матрицы P и T представляют собой диагональные матрицы инцидентора графов, каждая из которых представляет собой несвязный граф [3]. Матрицы H_{PT} и H_{TP} описывают переходы между матрицами P и T . Как видно из рис. 1, вершины множества $P = \{p_1; p_2; \dots p_m\}$ не имеют дуг между собой, аналогично и вершины множества

$$M = \begin{bmatrix} P & H_{PT} \\ H_{TP} & T \end{bmatrix}$$

Рис. 2. Структура матрицы инцидентора двудольного графа $G(A, X, H)$

При показанном представлении сетей Петри матрицами инцидентора становится возможным создание моделей сложных ГПС с боль-

Матрица P

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \pi_1 P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & P_2 \pi_2 P_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3 \pi_3 P_3 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & P_j \pi_j P_j & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & P_{j+1} \pi_{j+1} P_{j+1} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & P_{m-1} \pi_{m-1} P_{m-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & P_m \pi_m P_m \end{bmatrix}$$

Матрица T

$$T = \begin{bmatrix} T_1 \tau_1 T_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & T_2 \tau_2 T_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & T_i \tau_i T_i & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & T_k \tau_k T_k \end{bmatrix}$$

Матрица H_{TP}

$$H_{TP} = \begin{pmatrix} 0 & T_1 \tau_1 \pi_2 P_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & T_2 \tau_2 \pi_3 P_3 & \dots & T_2 \tau_2 \pi_j P_j & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & T_i \tau_i \pi_j P_j & T_i \tau_i \pi_{j+1} P_{j+1} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & T_m \tau_m \pi_{j+1} P_{j+1} & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица H_{PT}

$$H_{PT} = \begin{pmatrix} P_1 \pi_1 \tau_1 T_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_2 \pi_2 \tau_2 T_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ P_3 \pi_3 \tau_1 T_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_{j+1} \pi_{j+1} \tau_2 T_2 & \dots & 0 & \dots & P_{j+1} \pi_{j+1} \tau_k T_k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & P_m \pi_m \tau_{ii} T & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

$$M = \begin{pmatrix} P_1 \pi_{11} P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & P_1 \pi_1 \tau_1 T_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 \pi_{22} P_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & P_2 \pi_2 \tau_2 T_2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3 \pi_{33} P_3 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & P_3 \pi_3 \tau_1 T_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & P_j \pi_{jj} P_j & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & P_{j+1} \pi_{j+1} P_{j+1} & \dots & 0 & 0 & 0 & P_{j+1} \pi_{j+1} \tau_2 T_2 & \dots & 0 & \dots & P_{j+1} \pi_{j+1} \tau_k T_k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & P_{m-1} \pi_{m-1} P_{m-1} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & P_m \pi_{mm} P_m & 0 & 0 & \dots & P_m \pi_m \tau_{ii} T_i & \dots & 0 \\ 0 & T_1 \tau_1 \pi_2 P_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & T_1 \tau_{11} T_1 & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & T_2 \tau_2 \pi_3 P_3 & \dots & T_2 \tau_2 \pi_j P_j & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & T_2 \tau_{22} T_2 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & T_i \tau_i \pi_j P_j & T_i \tau_i \pi_{j+1} P_{j+1} & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & T_i \tau_{ii} T_i & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & T_m \tau_m \pi_{j+1} P_{j+1} & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & T_k \tau_{kk} T_k \end{pmatrix}$$

Рис. 3. Матрица инцидентора двудольного графа $G(A, X, H)$

шим количеством участков, комплексов с различным составом основного и вспомогательного оборудования. Снимается ограничение, связанное с возникновением неточностей из-за большого количества состояний системы управления ГПС, сложности структур управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зыков, А. А. Теория конечных графов / А. А. Зыков. – Новосибирск: Наука, 1968. – 541 с.
2. Берж, К. Теория конечных графов и ее применение / К. Берж. – М.: И. Л., 1962. – 319 с.
3. Поляков, В. С. Моделирование параллельно протекающих процессов блоками взаимодействующих компонентов / В. С. Поляков, С. В. Поляков // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 8. – С. 70–73.