

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СЕТЯМИ ПЕТРИ

Сочнев А.Н.

Красноярский институт экономики, Красноярск, Россия

В представленной статье приведено описание формализованного метода идентификации активных ресурсов системы, представленной имитационной моделью на основе сети Петри. Предполагается, что описанный метод минимизирует общий недостаток сетей Петри, связанный со сложностью визуального восприятия больших сетевых моделей, ограничивающий их практическое использование для исследования и оптимизации систем. Приведен пример визуализации состояния ресурсов в сетевой модели роботизированной производственной системы.

Ключевые слова: сеть Петри, имитационная модель, визуальное восприятие, сетевая модель, оптимизация, роботизированная производственная система.

In the present article describes formalized method to identify active resources provided by the system simulation model based on Petri nets. It is assumed that the described method minimizes the overall lack of Petri nets, associated with the complexity of the visual perception of large network models, limiting their practical use for study and optimization of systems. An example of visualization of the State of the resources in the network model of robotized production system.

Key words: Petri network, simulation model, visual perception, the networking model, optimization, robotic production system.

Введение. Теория сетей Петри с момента своего создания и до текущего времени получила значительное развитие. Были созданы многочисленные классы сетей Петри, исследованы вопросы их применения для моделирования различных систем.

Основными достоинствами теоретического аппарата сетевого моделирования считаются наглядность представления процессов, возможность упорядочения потока информации, учёт причинно-следственных взаимосвязей событий [1]. Особенно интенсивно теория сетей Петри развивалась в 70-80-е годы, затем научный интерес к исследованию теории сетей Петри несколько ослаб. Обусловлено это некоторыми недостатками сетей Петри, среди которых обычно называют отсутствие интуитивной понятности графической нотации, громоздкость диаграмм при описании сложных процессов, невозможность описать с использованием этого аппарата все процессы, недетерминированность поведения модели [2]. Обойтись вообще без графического представления, скрыть его для пользователя, возможно только для простых сетей, например с линейной последовательной структурой [3].

Сети Петри

Сети Петри – аппарат для моделирования динамических дискретных систем (преимущественно асинхронных параллельных процессов).

Сеть Петри формально описывается набором вида [4]

$$PN = \{P, T, D, \mu_0\},$$

где $P = \{p_i\}$, $i = 1, n$ - непустое конечное множество позиций;

$T = \{t_j\}$, $j = 1, m$ - непустое конечное множество переходов;

$D = D^+ - D^-$ - отношение инцидентности позиций и переходов;

$\mu_0 : P \rightarrow R^+$ - начальная маркировка сети;

R^+ - множество целых неотрицательных чисел.

Матрица инцидентностей позволяет определить уравнение, формирующее механизм изменения маркировки сети

$$\mu[k+1] = \mu[k] + D \cdot u[k],$$

где $u[k]$ - вектор-столбец длины m , имеющий единственный ненулевой элемент в позиции j , равный 1 и, соответственно, определяющий какой из переходов срабатывает на текущем такте управления.

Условие срабатывания переходов сети имеет вид

$$\mu[k] \geq D^- \cdot u[k].$$

Идентификация ресурсов в сетевой модели может быть реализована определением связи каждого перехода и соответствующего физического ресурса системы. Компьютерное моделирование предполагает матричное определение сетевой модели. В связи с этим целесообразно задать матрицу инцидентности ресурсов и переходов R

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & r_{km} \end{pmatrix},$$

где k - количество ресурсов.

Моделирование с контролем используемых ресурсов осуществляется по следующему правилу

$$v[k] = R \cdot u[k].$$

Пример реализации подхода

Производственный комплекс предназначен для автоматизированного производства изделий типа тел вращения и содержит в своем составе: токарные станки с ЧПУ (2 шт.), входной накопитель, выходной накопитель, робот-манипулятор. Станки работают параллельно, то есть обрабатывают один и тот же тип изделий одновременно. Каждый ресурс (единица оборудования) получает свой номер для дальнейшей идентификации в модели (отображены на рисунке 1).

Сетевая модель представленной системы представлена на рисунке 2. Функциональное назначение переходов модели: $t1$ - поступление очередной заявки на обработку в ячейку (заготовки), $t2$ - перенос заготовки роботом-

манипулятором из входного накопителя на токарный станок №1, t_3 - обработка детали на станке №1, t_4 - перенос готовой детали в накопитель готовой продукции, t_5 - удаление готового изделия, t_6 - перенос заготовки роботом-манипулятором из входного накопителя на токарный станок №2, t_7 - обработка детали на станке №1, t_8 - перенос готовой детали в накопитель готовой продукции.

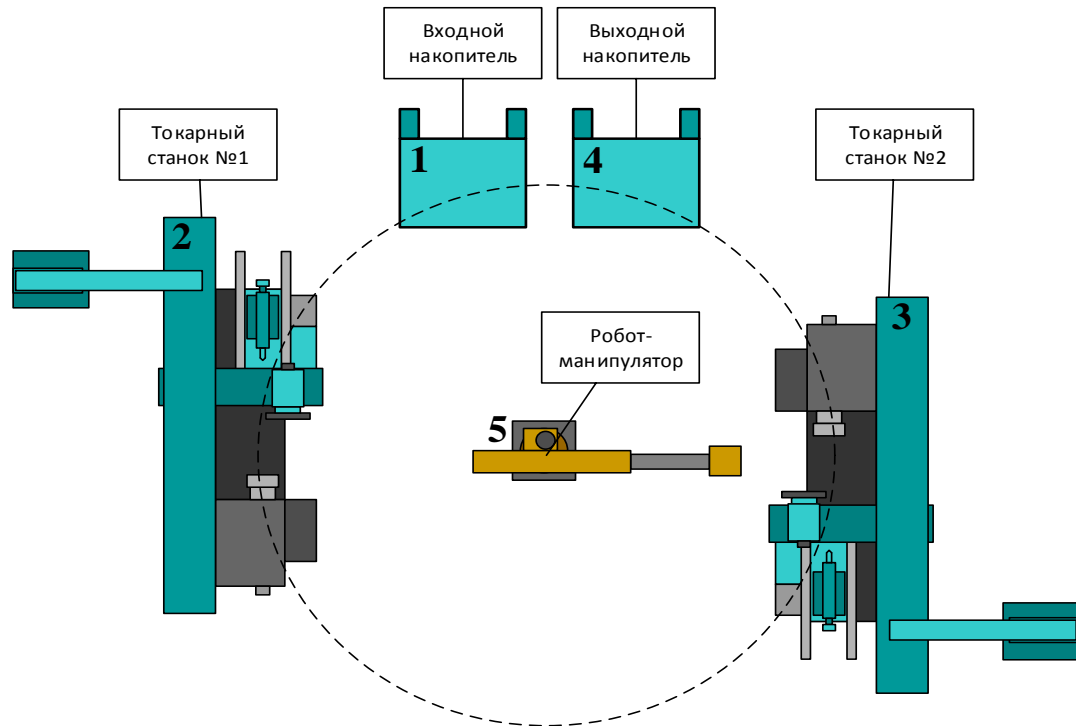


Рис. 1. Роботизированный технологический комплекс (РТК)

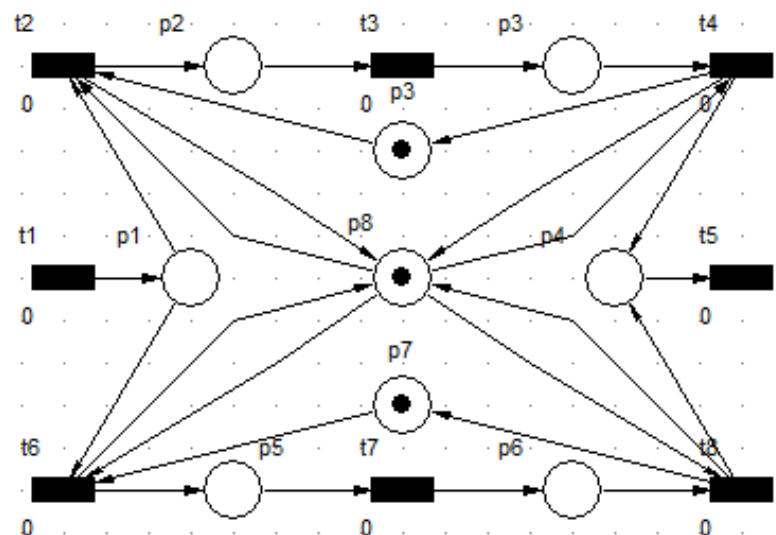


Рис. 2. Сетевая модель роботизированного технологического комплекса

В соответствии с изложенным выше подходом, нужно сформировать матрицу инциденций ресурсов и переходов.

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Таблица 1 – Состояния сетевой модели

	t_j	$u[k]^T$	$v[k]^T$
	t_1	(1 0 0 0 0 0 0 0 0)	(1 0 0 0 0)
	t_2	(0 1 0 0 0 0 0 0 0)	(0 0 0 0 1)
	t_5	(0 0 0 0 1 0 0 0 0)	(0 0 0 1 0)
	t_7	(0 0 0 0 0 0 1 0 0)	(0 0 1 0 0)

Из содержимого таблицы 1 видно то, что вектор $v[k]$ правильно определяет активный ресурс на каждом такте моделирования.

Наличие данных о состоянии ресурсов системы является необходимым условием создания системы оптимального управления.

Заключение. Основная идея описанного подхода состоит в формировании в сети Петри дополнительного вектора состояния ресурсов. Предложено формальное правило определения элементов данного вектора на каждом такте моделирования. Идентификация активности каждого ресурса на каждом такте моделирования позволяет:

- визуально отображать состояние модели в понятной пользователю форме, например на плане расположения оборудования;
- точно определять статистику, связанную с использованием каждого ресурса физической системы;
- выполнять оптимизацию процессов на основе анализа текущей статистики использования ресурсов.

Перечисленные возможности позволяют организовать как планирование процессов на основе сетевых моделей, так и текущее диспетчерское управление.

Библиографический список

1. Котов В. Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984. – 236 с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2005. – 344 с.

3. Сочнев А.Н. Оперативное управление производственными системами на основе сетей Петри. – Дис.... канд. техн. наук. – Красноярск, 2005. – 153 с.

4. Питерсон Д. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984. – 264 с.

Статья опубликована в сборнике (ссылка на статью в сборнике при цитировании обязательна):

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции [Электронный ресурс] / Отв. ред. М.В. Кочетков / Красноярский институт экономики – филиал ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский академический университет». – Красноярск, 2016. – 316 с.: ил. – С. 293-297. – Режим URL: <http://www.krime.com/наука/издано/2016.pdf> (Дата обращения: 12.07.2016).