

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ДЕМОНСТРАЦИЯ ВРЕМЕННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ СЕТИ ПЕТРИ

Дережа Алёна Владиславовна

Аспирант КФУ им. В.И.Вернадского г.Симферополь

Введение

Сети Петри, являясь очень прозрачным и емким инструментом для создания моделей различных систем, в качестве моделей сложных систем с параллелизмом имеют единственный важный недостаток — «взрывообразный» рост пространства состояний, что существенно осложняет проверку свойств таких моделей. Сохранить практический смысл при моделировании сетями Петри сложных систем помогает теория компонентного моделирования — рассмотрение в качестве модели исследуемой системы компонентной сети Петри (CN-сети) [4]. Использование компонентного моделирования позволяет выделять в детальной сети Петри исследуемой системы, повторяющиеся одинаковые или однотипные участки (составные компоненты: компоненты-места C_p и компоненты-переходы C_t) для получения и дальнейшего рассмотрения упрощенной сети Петри — CN-сети (компонентной модели), в которой проявляются сложные и неритмичные блоки, а исходные свойства детальной сети Петри исследуемой системы сохраняются неизменными [1,6].

Добавление временной характеристики в теорию компонентного моделирования представляется логичным следствием практико-ориентированного рассмотрения теории. Полученный формализм позволит перестраивать структурные свойства модели, с целью соблюдения временных свойств, или же исследовать временные параметры модели, для модели определенной структуры. Как следствие, становится возможным получение информации о поведении во времени исходной системы еще до транслирования ее модели в термины временных конечных автоматов, как предложено в [2, с.51]. А при транслировании модели в термины конечных автоматов, трудозатраты при языковом анализе и проверке свойств на модели существенно сократятся, в связи с уменьшенным объемом исходной модели [1]. В работе [3] разработаны определения временной компонентной сети Петри, отвечающие

этапам и способам построения компонентной модели со временем (CN^t – сети) и рассмотрены варианты возможных постановок задач, при построении временной компонентной модели, и особенности, возникающие при описании временных свойств отдельных компонент.

Целью данной статьи является: 1) демонстрация разработанных в [3] определений временной компонентной сети, для введения временной характеристики на всевозможных этапах создания модели; 2) описание выигрышных особенностей компонентного моделирования для систем со временем на примере моделирования работы железнодорожной станции.

Введение временных ограничений в компонентную сеть Петри.

В статье [6] в качестве примера компонентной сети Петри рассмотрена модель железнодорожного узла, состоящего из двух железнодорожных станций тупикового типа (для станций такого типа поезд прибывает и отправляется в одном направлении), и четырех проходных станций (для станций такого типа поезд могут прибывать и отправляться в противоположных направлениях). Рассмотрим процесс проектирования новой железнодорожной станции для такого узла и включения в её модель, представленной в виде компонентной сети Петри, временной характеристики.

Проектирование будет осуществляться для модели станции тупикового типа с одной входной колеей, по которой поезд будет прибывать и отправляться, и тремя внутренними колееями. Первоначально, необходимо обеспечить работу семафора, регулирующего невозможность одновременного движения в конкурирующих направлениях (т.е. безопасность), а также выяснить время, требуемое для перегона по входному пути станции. Компонентная модель, соответствующая обозначенным особенностям, представлена на рисунке 1.

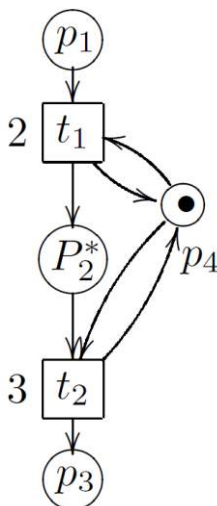


Рис.1

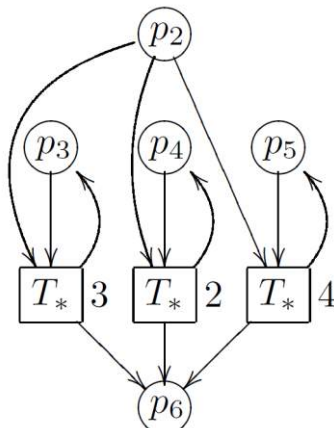


Рис.2

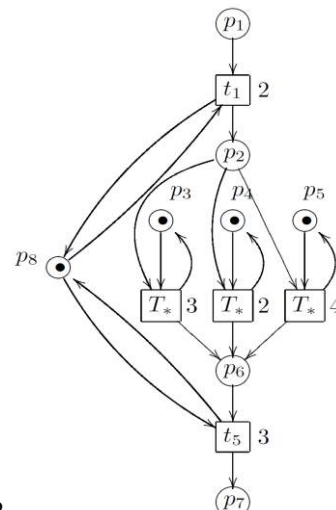


Рис.3

Для модели, представленной на рисунке 1, в место p_1 попадают фишки при движении поездов железнодорожного узла по направлению к данной станции. Переход t_1 описывает движение поездов по входной колее въезжающих в станцию, а t_2 — покидающих её. Компонента-место P_2^* описывает движение поездов внутри станции, состоящей из трех путей. В место p_3 метка помещается, когда поезд уже покинул станцию. Фишка, находящаяся в месте p_4 , осуществляет роль семафора, поскольку делает невозможным срабатывание двух переходов одновременно.

Для введения временной характеристики в модель тупиковой железнодорожной станции, представленной на рисунке 1, воспользуемся следующим определением из [3]:

Определение 1

Компонентная Сеть Петри с временными характеристиками (CN^t -сеть), содержащая только компоненты места (C_p), представляется кортежем (P, T, F, W, D, M_0) , где $P = P_1^* \cup P_2$ — конечное множество мест (P_1^* — конечное множество компонент-мест); T — конечное множество переходов; $F \subseteq P \times T \cup T \times P$ — отношение инцидентности. Где M_0 — начальная разметка сети. Отображение $W: F \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ определяет кратность дуг, связывающих места и переходы. Временное отображение D будет иметь вид:

- $D: P^*, T \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ при ассоциировании конкретной временной задержки составной компоненте C_p ;
- $D: T \rightarrow \{t_k + [t_l, \sum_{t_l \in P_m^* FT} t_l]\}$ при ассоциировании конкретной временной задержки составной компоненты C_p всем, последующим за ней переходам (с целью сохранения базового определения неопределенности пребывания фишек в местах сети), где t_k — конкретная временная задержка перехода, $k + l = \overline{1, n}$, n — число переходов компонентной сети; $m = \overline{1, s}$, s — число компонент-мест в CN -сети;
- $D: T \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ при двухаспектном [3] подходе в рассмотрении времени срабатывания компонент.

Временные задержки C_p в компонентной сети не исследуются, пока не будут выяснены структурные и временные особенности всей CN^t -сети.

На начальном этапе проектирования тупиковой станции, конкретное время движения поездов по внутренним колеем не определено, но точное время срабатывания переходов t_1 или t_2 потребуется для согласования времени активности семафора. В таком случае, временное отображение $D: T \rightarrow \{2, 3\}$, ассоциирующее время только переходам сети, упростит задачу проверки интересуемых временных свойств. Использование второго пункта определения, в частности, представление отображения $D: T \rightarrow \{2, 3 + x\}$, тоже возможно, если известна некоторая предварительная временная задержка $\{x\}$ поездов на самой станции.

При дальнейшей работе по уточнению внутренней структуры тупиковой станции, компонента-место P_2^* получит сетевое описание, представленное на рисунке 2. Следовательно, модель тупиковой железнодорожной

станции примет более конкретный вид, представленный на рисунке 3. На нем отражено следующее: после прибытия поезда на станцию, описываемого переходом t_1 , наличие фишки в месте p_2 будет означать готовность движения поезда внутри станции. Наличие фишек в местах p_3 , p_4 , p_5 , представляющих семафоры внутренних путей, делает свободными их для прибытия составов поездов. Прибытие, стоянку и отправление поезда с внутренней колеей описывают компоненты-переходы T^* . Поступление фишки в место p_6 означает готовность какого-либо поезда покинуть станцию, т.е. активировать переход t_5 , отвечающий за отправление поезда со станции.

Чтобы снабдить модель, представленную на рисунке 3, временными ограничениями, воспользуемся следующим определением [3]:

Определение 2

Компонентная Сеть Петри с временными характеристиками (CN^t -сеть), содержащая только компоненты переходов (C_t), представляется кортежем (P, T, F, W, D, M_0) , где P — конечное множество мест; $T = T_1^* \cup T_2$ — конечное множество переходов (T_1^* — конечное множество компонент-переходов); $F \subseteq P \times T \cup T \times P$ — отношение инцидентности. Отображение $W: F \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ определяет кратность дуг, связывающих места и переходы, $D: T \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ задает времена срабатываний переходов сети, вне зависимости от их типа. M_0 — начальная разметка сети.

Следовательно, временное отображение $D: T \rightarrow \{2, 3, 2, 4, 3\}$ даст представление о времени срабатывания различных переходов.

Выделение составных компонент в модели, описанной в терминах временных сетей Петри.

Рассмотрим модель тупиковой железнодорожной станции, описанной в терминах временных сетей Петри. Наличие фишек в месте p_1 означает готовность поездов зайти на станцию, переход t_1 представляет прибытие, а переход t_8 — отправление поезда со станции. Место p_{11} описывает работу семафора, исключая движение во входной колее в конкурирующих направлениях. Места p_3 , p_4 , p_5 представляют семафоры внутренних путей станции. Поступление фишек в место p_2 означает готовность поездов заходить на одну из внутренних колеей станции. Переходы t_2 , t_3 , t_4 описывают процесс прибытия поездов на пути, представленные местами p_6 , p_7 , p_8 , а переходы t_5 , t_6 , t_7 соответственно отправлению с этих путей. В место p_9 попадают фишки, когда какой-либо из поездов готов покинуть станцию.

Каждый из переходов представленной модели имеет конкретную временную задержку, представленную на графе рядом с соответствующим переходом. Различное время срабатывания схожих по функциям переходов может быть обусловлено расположением и протяженностью путей, различными видами прибывающих составов поездов, приоритетами на выполнение конкретных действий внутри станции (например, прибывающие поезда принимаются без задержек).

Выделение составных компонент возможно, если присутствует участок сети, который начинается и закан-

чивается переходом (переходами) и не имеет дуг инцидентности, соединяющих его внутренние элементы с остальной сетью. На рисунке 4 есть несколько таких участков, одинаковых по структуре, которые могут быть представлены компонентой-переходом C_p : t_2, p_6, t_5 ; t_3, p_7, t_6 и t_4, p_8, t_7 . В результате их замены компонентой с именем T^* , будет получена компонентная сеть, представленная на рисунке 3.

Согласно определению соответствующему данному способу конструирования в CN_t -модели [3], временное отображение D ставит в соответствие конкретные временные задержки всем переходам, кроме компонентных. Что обосновано сложностью вычисления поведенческой составляющей конкретной временной задержки компоненты, содержащей параллельные переходы [3].

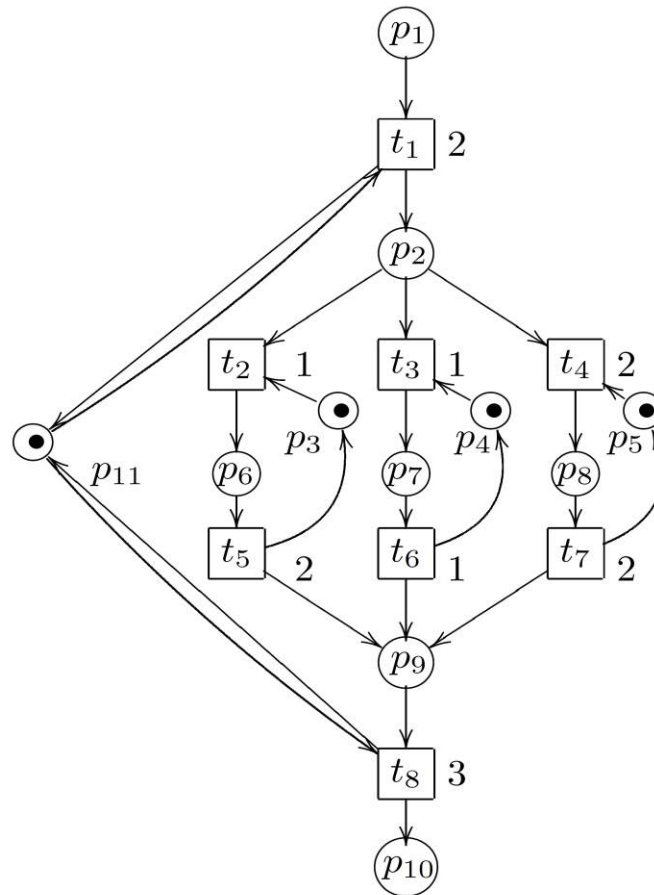


Рисунок4: временная сеть Петри, моделирующая работу тупиковой ж.д. станции.

В случае отсутствия параллельных путей в структуре выделяемых участков сети и невозможности последовательного движения нескольких фишек по одной компоненте (как в нашем примере), вычисление конкретной временной задержки компоненты C_t осуществляется суммированием конкретных временных задержек всех внутренних переходов. И суммарная временная задержка может описываться на графе (рисунок 3).

Выводы

В работе, на примере создания модели тупиковой железнодорожной станции, представлены очевидные преимущества CN_t -сетей для создания моделей систем со временем: простота, гибкость и информативность. Также существенным плюсом таких моделей является возможность выяснения структурных и временных свойств [5] без трудоемких преобразований и трансляций в другие модели. В связи с ограниченным объемом статьи детали описания компонентного моделирования были опущены.

Список литературы:

1. Lukyanova E. On similarity of Petri nets languages: статья.ТВИМ. –2013. – № 2. – С.74–80.

1. 2.Penczek W., Potrola A. Advances in Verification of Time Petri Nets and Timed Automata. A temporal logic approach. Vol. 20, Springer-Verlag. – 2006.
2. 3.Dereza A.V. Definition of time component Petri net for different ways of it construction:статья. Ученые записки ТНУ им. В.И.Вернадского. Готовится к печати.
3. 4.Лукьянова Е.А. О структурных элементах компонентной сети Петри: статья. Проблемы программирования, – 2012. – № 2-3. – С. 25-32.
4. 5.Лукьянова Е.А. О компонентном анализе систем с параллелизмом: статья. Научные записки НаУКМА. Компьютерные науки. – 2012. – Т. 121
5. 6.Лукьянова Е.А., Дереза А.В. Исследование однотипных структурных элементов CN -сети в процессе компонентного моделирования и анализа сложной системы с параллелизмом: статья. Кибернетика и системный анализ, 2012, – № 6. – С. 20-29.
6. 7.Лук'янова О.О. Про бісимуляційну еквівалентність детальної моделі Петрі та її CN -моделі досліджуваної паралельної розподіленої системи: стаття. Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія: фізико-математичні науки. –2013.–Спецвипуск.– С.122–127.

АДСОРБЦИЯ УГЛЕРОДА НА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО РАСТВОРА Ag-0.5 ат.%Bi

*Этуев Анзор Владимирович, Подгорный Георгий Константинович
Кабардино-Балкарский Государственный Университет, г. Нальчик*

Исследованию адсорбционных свойств поверхности структуры «металлический слой нанометровой толщины – подложка» уделяется большое внимание [1,2]. Свойства молекул адсорбированных на таких структурах отличаются от свойств, наблюдаемых при адсорбции на поверхности массивного образца. Для получения металлического слоя на поверхности подложки можно использовать процесс сегрегации примеси из объема образца. При этом представляет интерес изучение адсорбции углеродсодержащих молекул на поверхности структуры «сегрегационный слой – подложка».

Для проведения исследования был приготовлен образец Ag – 0.5 ат.%Bi. Исходными материалами служили серебро марки Ср 999,9 и висмут марки Ви 000. Твердый раствор готовили непосредственным сплавлением компонент (взвешенных с точностью до 0,0002 г.) в запаянной кварцевой ампуле, откачанной до $1,332 \cdot 10^{-4}$ Па. Предварительный вакуум в кварцевой ампуле достигался с помощью цеолитового насоса. Дальнейшая откачка производилась магниторазрядным насосом. Затем кварцевая ампула запаивалась и помещалась в высокотемпературную печь. При температуре 1373 К в течение 5 час проводилось вибрационное перемешивание жидкого раствора. После этого образец Ag-0.5 ат.%Bi подвергался гомогенизирующему отжигу в диффузионной печи при температуре 873 К в течение 200 часов. Затем ампула с твердым раствором была охлаждена до комнатной температуры. Из полученного слитка с помощью электроискровой резки вырезался образец заданной геометрической формы. Поверхность образца шлифовали, полировали до зеркального блеска. Для того чтобы удалить деформированный поверхностный слой, который возникает при по-

лировке образца абразивными пастами, использовали химическое растворение этого слоя в водном растворе азотной кислоты по методике описанной в работе [3].

В дальнейшем образец загружался в исследовательскую камеру электронного оже-спектрометра с помощью системы шлюзования. Исследования проводились на сверхвысоковакуумной установке УСЧ-4 с анализатором «полусферический дефлектор». Спектры записывались в режиме $\Delta E = \text{const}$. Энергия пропускания энергоанализатора 100 эВ. Для генерации оже-электронов использовался электронный пучок диаметром 500 $\mu\text{м}$, интенсивностью 1 $\mu\text{А}$ и энергии 2200 эВ. Угол падения первичного электронного пучка на образец составлял 45° . Установка обеспечивала рабочий вакуум $1 \cdot 10^{-9}$ мм.рт.ст. Использование криопанели обеспечивает более высокий вакуум ($\sim 1 \cdot 10^{-10}$ мм.рт.ст.). При исследовании состава поверхности Ag – 0.5 ат.%Bi использовали низкоэнергетические оже-переходы Ag – 356 эВ, Bi – 101 эВ, C – 272 эВ. Спектры записывали в режиме регистрации первой производной энергетического распределения вторичной электронной эмиссии. Количество адсорбированного углерода оценивали путем измерения интенсивности оже-пика углерода в зависимости от времени выдержки образца в сверхвысоковакуумной камере спектрометра. Для получения атомарно-чистой поверхности проводили травление поверхности твердого раствора Ag – 0.5 ат.%Bi ионами аргона (энергия ионного пучка 500 эВ, ток пучка 2 мкА, вакуум $3 \cdot 10^{-6}$ мм.рт.ст.).

При нагреве образца Ag – 0.5 ат.%Bi происходит обогащение поверхности атомами висмута. На рис.1 представлен график зависимости относительной интенсивности оже-сигнала Bi от времени выдержки твердого раствора Ag – 0.5 ат.%Bi при температуре 664 К.

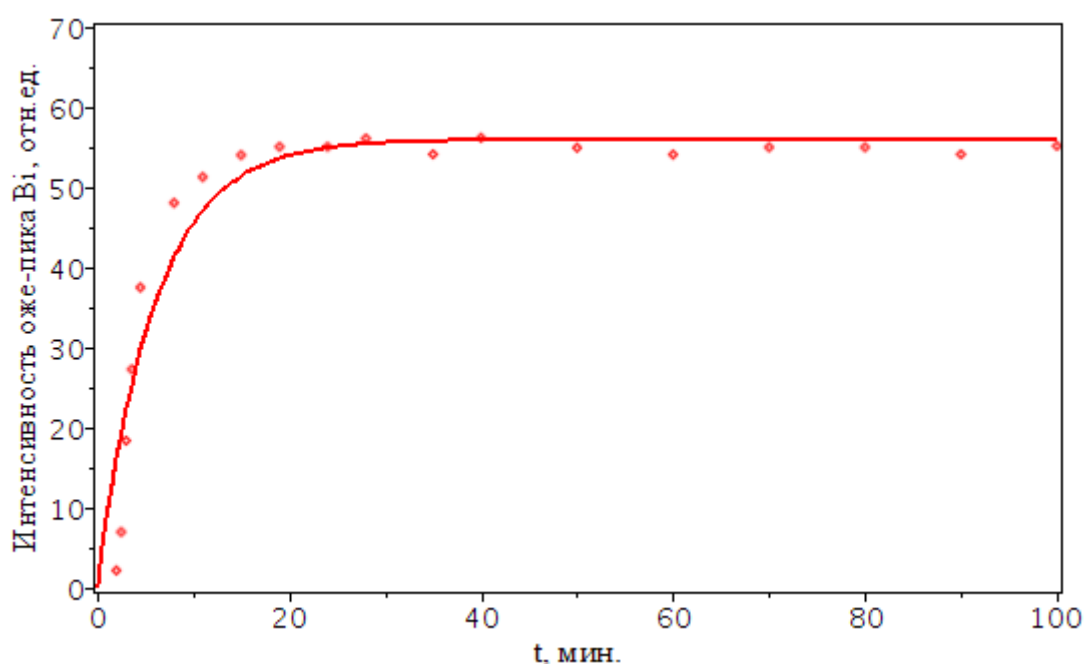


Рис.1. Изменение относительной интенсивности оже-пика Bi на поверхности образца Ag – 0.5 ат.% Bi от времени изотермического отжига при температуре 663 К.