УДК 519.178

[1]В.В.Кузьмук, [2]О.О.Супруненко, [1]А.В.Кузьмук

[1]Национальная академия наук Украины, Институт проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова,
[2]Черкасский национальный университет им. Богдана Хмельницкого

ОЦЕНОЧНЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ СЕТИ ПЕТРИ (SBPN)

Рассмотрена модификация управляющих сетей Петри, которая предназначена для моделирования параллельных процессов при многовариантном выборе альтернатив. Представлена модель задачи об обедающих философах, построенная на основе управляющих оценочных сетей Петри.

Ключевые слова: управляющая оценочная сеть Петри, задача об обедающих философах

Введение

Моделирование взаимодействия параллельно протекающих асинхронных процессов является одной из перспективных задач в системах массового обслуживания и управляющих производственных системах, а также множестве других практических задач. Проводить моделирование можно на основании теории графов, потоковых диаграмм, сетевых моделей. Но наиболее эффективными для описания и анализа вышеназванных систем являются сети Петри [1]. На сегодняшний день на базе классической теории сетей Петри разработано большое количество интерпретаций и модификаций сетей Петри [2]. Наибольший интерес для дальнейшего использования вызывают безопасные и оценочные сети Петри. В этих интерпретациях упростить модель в значительной мере помогают ингибиторные дуги [1;3;6], которые просто и наглядно отображают запрещающие свойства алгоритмов управления. Кроме того, при многовариантном выборе параллельных ветвей просто и наглядно описать модель позволяют управляющие вектора [1-2], которые дают возможность моделировать управляющие сигналы как между элементами исследуемой модели, так и между элементами других (внешних) моделей, взаимодействующих с рассматриваемой моделью системы.

Постановка задачи

В литературе детально описаны управляющие сети Петри, построенные на базе безопасной интерпретации PN. Они позволяют эффективно описывать множество алгоритмических конструкций, характеризующихся одинарным выполнением действий, или алгоритмы с предусловиями. Но когда речь идёт о циклических конструкциях с заранее определённым числом повторений, лучшим средством их описания могут стать оценочные сети Петри. Для демонстрации этого утверждения рассмотрим пример – задачу об обедающих философах [4], описанную в книге Дж. Питерсона.

Задача имеет простую постановку и заключается в следующем. Пять философов гуляют в саду и мысленно решают свои индивидуальные проблемы (частичные задачи). В саду стоит стол с пятью стульями. На столе установлено одно большое блюдо с макаронами. Перед каждым стулом на столе расположена тарелка для одного из проголодавшихся философов. Между пятью тарелками лежат 5 вилок. Каждый философ, гуляя и решая свою проблему, в любой момент может проголодаться и подойти к столу для утоления голода. Философ, согласно этикету, может обедать только двумя вилками, занимая при этом свой стул. Для этого возле одной из тарелок должны лежать две вилки. Если возле тарелки проголодавшегося философа нет двух вилок, то он возвращается в сад, продолжает гулять и через некоторое время опять подходит к столу. Так голодный философ гуляет в саду до тех пор, пока при очередном подходе к столу возле его тарелки не появятся две вилки (справа и слева). В этом случае он садится и кушает этими двумя вилками.

Модель решения этой задачи в классическом виде описана в [4]. В такой постановке каждый философ может подойти к своей тарелке и, если возле нее лежат две «свободные» вилки, начать кушать. На рис. 1 представлена безопасная сеть Петри (PN(S) [1-2, 4]), описывающая параллельный алгоритм решения задачи обедающих философов.

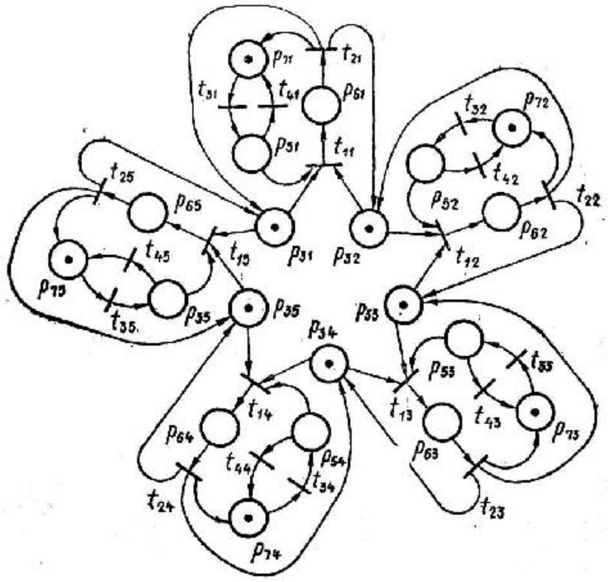

Рис.1. Модель задачи об обедающих философах, представленная безопасной сетью Петри [4]

Каждый i-й философ гуляет по саду, мысленно решая свою проблему (рис.1), что соответствует наличию меток в вершинах p_{7i}. Если какому-либо i-му философу захотелось кушать, то срабатывает переход t_{3i}. Метка при этом переходит из вершины p_{7i} в вершину p_{5i}. Один или максимум два перехода t_{1i} могут сработать, если в соответствующих «входящих» в t_{1i} вершинах есть метки (вершины p_{3i}, дуги от которых направлены к t_{1i}). При срабатывании t_{1i}, которая моделирует совокупность действий – i-й философ сел на стул, взял две вилки и начал кушать. При этом метка удаляется из соответствующей вершины места p_{5i}, и также удаляются две метки $(m\ (p_{3i}) = m\ (p_{3i+1}) = 1)$ из двух «входящих» в t_{1i} вершин p_{3i}, которые моделируют наличие двух вилок для i-го философа. Окончание срабатывания перехода t_{1i} моделирует окончание приема пищи i-ым философом. Это событие отражается на модели появлением метки в вершине p_{6i} и появлением условия для срабатывания перехода t_{2i}. Срабатывание перехода t_{2i} моделирует совокупность событий – возвращение i-го философа в сад и возвращение двух помытых вилок на то место, где они лежали.

Применение управляющих оценочных сетей Петри к задаче об обедающих философах

Изменим постановку задачи и сформулируем дополнительно: «каждый философ может сесть на любое свободное место (один из пяти стульев)» [5]. Вариант, представленный на рис.1, не позволяет решить задачу в указанной постановке, так как каждый i-ый философ алгоритмически «однозначно» приписан своему i-ому месту (стулу). На рис. 2 представлена управляющая оценочная сеть Петри (BPN), позволяющая описать указанную задачу в дополнительной постановке. В ней любой из пяти философов гуляет в саду (метка в p_{7i} и t_{3i}) и когда он проголодался – активизируется управляющий вектор X_i, который направляет метку к i-ому месту (метка в p_{5i}) – идёт в столовую. Там он ожидает, когда будут доступны две вилки возле i-ой тарелки (наличие двух меток в вершине p_3), к которой он подошел, начать кушать. При этом срабатывает соответствующий переход t_{1i} (срабатывание соответствует совокупности действий a_{1i} «сел на i–е место и начал кушать из i-ой тарелки»).

При срабатывании t_{1i} из вершины p_3 две метки отнимаются, отнимается метка из вершины p_{5i}. Наличие метки в вершине p_{6i} моделирует окончание приема пищи на i-ом месте одним из пяти философов. Срабатывание перехода t_{2i} моделирует действие: «философ освобождает место приёма пищи, две освободившиеся вилки моют для их дальнейшего использования», а передача двух меток по дуге t_{2i} - p_3 говорит о возврате чистых вилок к тарелкам. Переход метки в вершину p_{7i} моделирует возвращение философа в сад. Переход t_{3i} моделирует прогулку не проголодавшегося философа по саду, а когда он проголодается, то активизируется управляющий вектор X_i (X_i =1), и метка переместится в вершину места p_{5i}. Данное решение позволяет также избегнуть критического свойства конфликтности [1-2], которое возникает, когда из одной вершины места исходят две и более дуги. Управляющий вектор позволяет руководить приоритетами при выборе активной исходящей дуги.

Наличие метки в вершине p_{5i} соответствует готовности философа сесть к столу и начать кушать. Появление меток в вершинах p_{5i} (одной метки) и p_3 (не менее двух меток) является необходимым и достаточным условием для срабатывания как минимум одного перехода t_{1i}.

Данный вариант решения задачи об обедающих философах даёт возможность избежать критических свойств и проанализировать ресурсы задачи, отображает динамику функционирования данной модели. Кроме того, в данной модели уменьшилось количество вершин переходов и дуг в каждой из пяти ветвей на 25%, а число вершин мест – на 20%. Появление управляющих векторов позволило однозначно отобразить алгоритм в случае множества альтернатив, отображённых дугами, исходящими из вершины места.

Выводы

Модель, построенная на рис.2 отображает решение задачи об обедающих философах в дополнительной постановке, но её построение и анализ требуют определенных навыков работы с управляющими оценочными сетями Петри (SBPN). Для расширения возможности применения BPN и облегчения анализа моделей предлагается ввести дополнительные правила, включающие возможность управления срабатыванием переходов $t_i, t_v \in T = \{t_1, t_2, ..., t_v, ..., t_m\}$, а также вместо простых меток ($m(p_e) = N$), ввести метки с определенными свойствами (характеристиками или атрибутами) и возможность их управления в процессе функционирования модели на основе BPN. В самом простом варианте это могут быть цветные (раскрашенные) метки [1, 7].

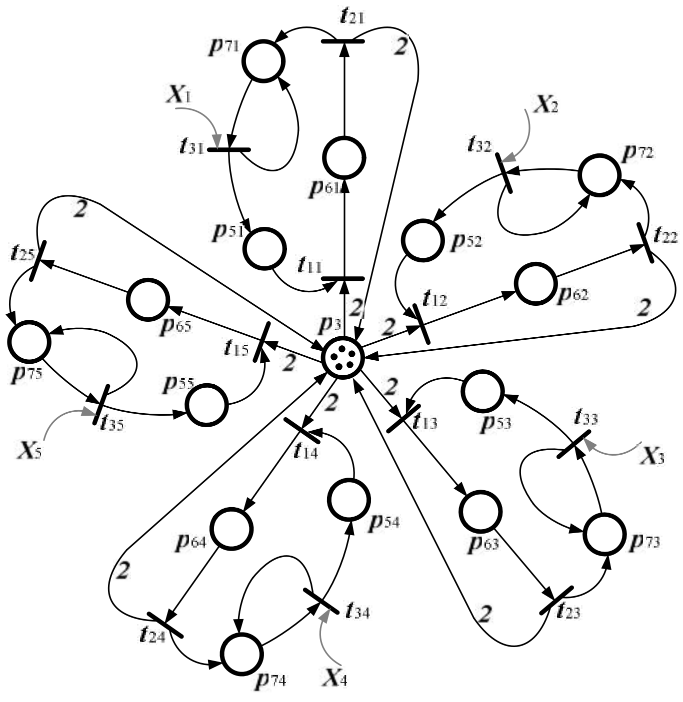

Рис. 2. Модель задачи об обедающих философах, представленная оценочной сетью Петри

Список литературы

1. *Васильев В.В., Кузьмук. Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем – К: Наукова думка, 1990 – 216 с.*
2. *Кузьмук В.В., Модифицированные сети Петри и устройства моделирования параллельных процессов: Монография. – К.: Маклаут, 2010. – 252 с.*
3. *Бройнль Томас. Паралельне програмування: початковий курс: / пер. з нім. В.А. Святного. – К.: Вища школа, 1997. – 358 с.*
4. *Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / пер. с англ.— М. : Мир, 1984,— 264 с.*
5. *Тараненко Е.А., Частотно-волновой резонанс, полиморфная модуляция и параллелизм процессов функционирования в оборудовании серии АТМ. Книга. – К.: Маклаут, 2011.-178с.*
6. *Кузьмук В.В. Язык описания и моделирования параллельных процессов управляющих сетей. "Наукова думка", Электронное моделирование, Т.8, №5, 1986, с. 21-25.*
7. *А. с. 1714621 А1 СССР, МКЛ5 G06F 15/419 Устройство для моделирования графов Петри. / Васильев В.В., Зенкин С.В., Кузьмук В.В., Лисицин Е.Б. (СССР). – 4816639; заявлено 20.04.1991; опубл. 30.05.1992, Бюл. №7.*

Статья поступила в редколлегию 12.12.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.М. Тесля, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев