

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 62-50:519.216

ВРЕМЕННЫЕ СЕТИ ПЕТРИ И ДИАГРАММЫ UML*

А.А. ВОЕВОДА, Д.О. РОМАННИКОВ

Приведены различные варианты временных сетей Петри. Оцениваются недостатки и достоинства с точки зрения применения их для разработки программного обеспечения совместно с диаграммами UML в задачах распределенного взаимодействия в условиях реального времени.

Ключевые слова: временные сети Петри, диаграммы UML, проектирование программного продукта.

ВВЕДЕНИЕ

Сложность построения программных продуктов, а также необходимость увеличения скорости их производства обусловили использование соответствующих средств разработки. К таким средствам разработки относится использование диаграмм UML и сетей Петри. Диаграммы UML позволяют увеличивать скорость разработки и уменьшать число потенциальных ошибок программирования, а сети Петри – тестировать систему на этапе создания.

Данный инструмент проектирования ПО может быть применен ко многим видам задач – от простых однопоточных программ до многопоточного сетевого проекта. Один из вариантов решения задач – использование системы распределенной обработки информации. Для таких систем кроме логики программы необходимо учитывать время выбора вида сетей Петри для анализа диаграмм UML.

Необходимость учета времени указывает на возможность использования временных сетей Петри [1–5]. Временные сети Петри первыми в 1970-х годах упомянули в литературе Merlin и Farber, поэтому временные сети Петри иногда называют сетями Merlin–Farber.

В данной работе описаны основные модификации временных сетей Петри, их свойства и правила построения. Рассмотрены некоторые аспекты анализа временных сетей Петри.

* Статья получена 2 ноября 2009 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию ГК № П694 от 12.08.2009, конкурс НК-81П.

1. РАЗНОВИДНОСТИ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Сети Петри получили широкое применение во многих сферах: от проектирования сетевых протоколов до разработки логики работы домашних кинотеатров. Это стало возможным благодаря интенсивному развитию сетей Петри, их модификаций и разновидностей, основные из которых представлены на рис. 1.

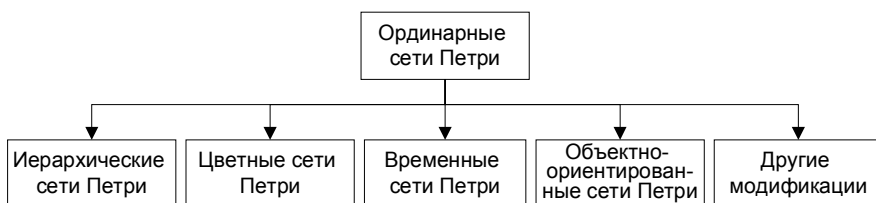


Рис. 1. Разновидности сетей Петри

Сложность решаемых задач не позволяет ограничиваться какой-либо одной модификацией, чаще всего в реальных задачах необходимо использовать несколько модификаций одновременно. Наиболее применяемы цветные иерархические сети Петри [6]. Достоинства и недостатки сетей перечислены в таблице [1–10].

Достоинства и недостатки модификаций сетей Петри

Сети Петри	Плюсы	Минусы
Ординарные	Просты в использовании и анализе	Могут быть применены в ограниченном круге задач
Иерархические	Позволяют избежать громоздких записей сетей Петри	Ограниченный круг применения
Цветные	Обладают более широким спектром применения, чем ординарные сети Петри, позволяют моделировать системы с различными типами объектов	Более сложный анализ в сравнении с ординарными сетями Петри, нет возможности анализа и моделирования процессов, связанных со временем
Временные	Позволяют моделировать и анализировать системы, параметром которых является время	Не имеют настолько широкого спектра применения как цветные сети Петри
Объектно-ориентированные	Удобны при использовании в проектировании ООП систем	Нет возможности анализа и моделирования процессов, связанных со временем

Как видно из таблицы, для решения задач распределенной обработки информации лучше всего использовать *цветные иерархические сети Петри, расширенные временем*, так как они пригодны для анализа процессов, параметром которых является время, а также решения задач анализа систем с различными типами данных [6].

2. ПОНЯТИЕ ВРЕМЕННОЙ СЕТИ ПЕТРИ

Для анализа задач распределенного вычисления и управления лучше всего, по мнению авторов [1–5], использовать цветные иерархические сети Петри с временными ограничениями. В отличие от [6], где подробно рассмотрено применение цветных иерархических сетей, остановимся на сетях Петри с временными ограничениями.

Определение временных сетей Петри (TPN – Timed Petri Nets) приводится в [1–3]. Оно несколько формально и во многом похоже на определение обычных сетей Петри [4], но вместе с тем содержит понятие интервала срабатывания перехода (α , β), где α – нижний, а β – верхний пределы срабатывания перехода. Интервал (α , β) является дополнительным условием срабатывания перехода. Данные границы показывают минимальное и максимальное время срабатывания перехода после того, как он стал доступным для выполнения.

Главный отличительный признак TPN в том, что время рассматривается не как абсолютная величина, а как временные единицы, т. е. часы, секунды, наносекунды и т. д. (в зависимости от моделируемого процесса).

TPN могут быть представленными несколькими типами [3]. Остановимся на двух из них:

- *жестковременные*. Главное отличие от обычной сети Петри – ограничение перехода временным дополнительным условием. Временное ограничение представляет собой задержку при срабатывании перехода после того как переход станет доступным для срабатывания. Кроме того, при жестковременной модели сетей Петри переход *обязан* сработать в указанный интервал времени;

- *мягковременные*. Модификация сетей Петри, похожая на обычные сети Петри. Отличие состоит в том, что срабатывание перехода осуществляется за определенное время.

Рассмотрим жестковременную TPN, представляющую собой пример абстрактной сети, в которой переход t_2 должен сработать с задержкой от 1 до 2 временных единиц (рис. 2). Пусть для определенности переход работает с задержкой в 1,3 временных единицы.

Маркировка сети позволяет t_1 сработать в любое время, а переход t_0 работает, как только на местах p_3 и p_4 будут метки. Пусть переходы t_1 и t_0 работают в момент времени 3. Основываясь на рассуждениях, приведенных в [11], можем записать возможные последовательности срабатывания: t_2 , $t_2t_1t_0t_2$, $t_1t_2t_0t_2$... Данный вид временных сетей Петри удобен при разработке «релейной логики».

Рассмотрим пример мягковременной TPN, показанной на рис. 3. Эта сеть аналогична примеру TPN, изображенной на рис. 2. Рассмотрим возможные последовательности срабатываний в предположении, что переход t_1 работает в момент 4: t_2 , t_2t_1 , t_1t_2 , $t_1t_2t_0t_2$, $t_1t_2t_0t_1$, $t_1t_2t_3$...

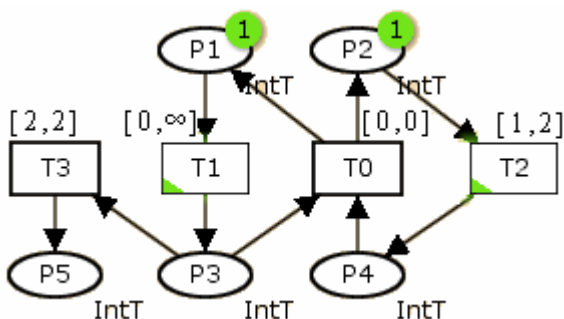


Рис. 2. Пример жестковременной сети Петри

Основным отличием мягковременных сетей Петри от жестковременных является необязательность срабатывания перехода, поэтому мягковременных сети Петри более предпочтительны для анализа программных продуктов.

3. ОБ АНАЛИЗЕ ПРОСТЫХ И ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

TPN наследуют свойства простых сетей Петри при введенной поправке на наличие времени [4], т. е. и временной сети должны быть присущи свойства ограниченности, безопасности, достижимости и живучести.

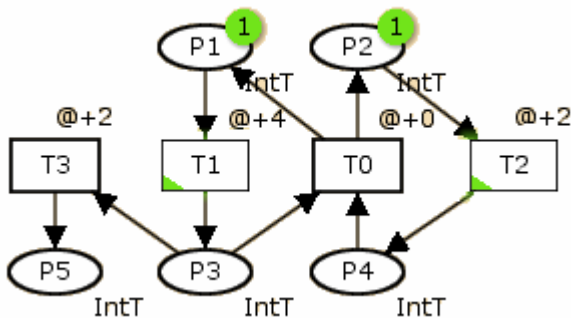


Рис. 3. Пример мягковременной сети Петри

Анализ обычных сетей Петри можно осуществлять при помощи различных программных продуктов, обзор которых приведен в [6]. Однако использовать для анализа TPN тот же математический аппарат, что и для обычных сетей Петри, некорректно. Обусловлено это условием запрета срабатывания перехода – если хотя бы один из переходов сети доступен для срабатывания, оно должно осуществиться раньше, чем срабатывание других переходов сис-

темы. Теоретически ко всем переменным сети можно добавить условное значение времени и условие срабатывания перехода, но при этом теряется свойство TPN, при котором переход к следующей временной отсечке осуществляется после срабатывания всех доступных переходов. Таким образом, предложенный подход неприменим.

4. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСП И ДИАГРАММ UML ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Разработка программного обеспечения с использованием UML и СП подробно рассмотрена в [6]. Разработка программного обеспечения с использованием UML и TPN для структурных диаграмм и диаграмм взаимодействия кратко показана в [1]. Использование остальных диаграмм в известной авторам литературе не освещено. Кроме того, не отражена интеграция UML и TPN.

Использование интеграции TPN и UML в разработке программного обеспечения позволит анализировать корректность системы на этапе создания системы.

При решении задач распределенного вычисления и управления рекомендуется использовать набор UML-диаграмм, приведенный в [7]. Создание приложений реального времени не является основной целью аппарата диаграмм UML, однако существует специализированный набор UML-диаграмм, предназначенный для проектирования приложений реального времени. Например, набор диаграмм, входящий в программные продукты Rhapsody или IBM Rational Rose RealTime, может быть использован и для решения задач распределенного вычисления и управления.

Специализированные наборы диаграмм более предпочтительны, так как позволяют использовать встроенные средства для построения системы, например портов, анализ которых рассмотрен в [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены достоинства и недостатки различных модификаций сетей Петри для решения задач распределенной обработки информации. Обоснованы преимущества цветных иерархических сетей Петри с временными ограничениями. Показана целесообразность использования мягковременных сетей Петри.

Доказана невозможность применения цветных сетей Петри вместо ординарных сетей Петри, так как при этом теряются свойства временной сети Петри.

[1] *Aura T., Lilius J.* Time processes for time Petri nets // ICATPN. – 1997. – Vol. 1248 of LNCS.

[2] *Franck C., Olivier-H.* From Time Petri Nets to Timed Automata. – N.Y., 2004. – IRCCyN/CNRS UMR-111.

- [3] *Thomas C., Claude J.* Complete Finite Prefixes of Symbolic Unfoldings of Safe Time Petri Nets. – Campus de Ker Lann, 2000.
- [4] *Котов В.Е.* Сети Петри. – М.: Наука, 1984.
- [5] *Murata M.* Temporal Uncertainty and Fuzzy-Timing High-Level Petri Nets // 17th Int. Conf. on Appl. and Theory of Petri Nets. – Osaka (Japan), 1996. – LNCS Vol. 1091. – P. 11–28.
- [6] *Коротиков С.В.* Применение сетей Петри в разработке программного обеспечения центров дистанционного контроля и управления: дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск: НГТУ, 2007.
- [7] *Воевода А.А., Романников Д.О., Зимаев И.В.* Применение UML-диаграмм и сетей Петри при разработке встраиваемого программного обеспечения // Науч. вестн. НГТУ. – 2009. – № 4(37). – С. 169–174.
- [8] *Воевода А.А., Романников Д.О.* Моделирование сетей Петри в CPN Tools // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2008. – № 3(53). – С. 49–54.
- [9] *Воевода А.А., Романников Д.О.* О моделировании систем реального времени с использованием UML и сетей Петри // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2009. – № 1(55). – С. 63–66.
- [10] *Воевода А.А., Романников Д.О.* О проектировании программного обеспечения ДЛЯ МК с использованием UML // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2009. – № 4(58). – С. 35–40.
- [11] *Воевода А.А., Романников Д.О.* О компактном представлении языков раскрашенных сетей Петри // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2008. – № 3(53). – С. 105–108.

Воевода Александр Александрович – профессор кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета.

Тел. (383) 346-56-88

Романников Дмитрий Олегович – магистрант кафедры автоматики Новосибирского государственного технического университета.

A.A. Voevoda, D.O. Romannikov **Time Petri nets and UML diagrams**

Article considers an approach of using time Petri nets for designing software. Set of UML diagram, is recommended to use for designing software systems. For this nessisery UML diagrams are translated into Petri nets.

Key words: Time Petri nets, UML diagrams, software engineering.