

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ НЕЙРОНЕЧЕТКИХ
СЕТЕЙ ПЕТРИ

Д. В.Кочкин, А. А.Суконщиков (Вологда)

Сети Петри разрабатывались специально для моделирования тех систем, которые содержат взаимодействующие параллельные компоненты[1]. Таким образом, можно утверждать, что сети Петри могут быть очень эффективны при моделировании сетевых устройств, в частности маршрутизатора.

К имитационному моделированию сетевых устройств прибегают, когда:

- нет возможности проводить эксперимент на реальном объекте либо такой эксперимент дорогостоящий;
- невозможно построить аналитическую модель системы: в системе есть время, причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические (случайные) переменные;
- необходимо смоделировать поведение системы в определенном промежутке времени.

Действительно, для проведения эксперимента на реальном маршрутизаторе нам необходимо иметь не только сам маршрутизатор, но и достаточно большую сеть для того, чтобы протестировать его при различной загрузке сети. Стоит также учитывать, что маршрутизатор обладает сложным внутренним устройством, которое сложно описать аналитически. Также необходимо проводить моделирование в достаточно большом интервале времени, чтобы проследить поведение маршрутизатора при плавном возрастании нагрузки или при появлении волн трафика в сети. Все это говорит в пользу применения имитационного моделирования для исследования работы маршрутизатора.

В данной работе предлагается использование расширения сетей Петри, которое включает свойства нейронных и нечетких сетей Петри.

Основные преимущества использования этих расширений:

- возможность моделировать накопление информации и снижение её ценности с течением времени;
- метки двух цветов позволяют моделировать усиление и ослабление сигнала;
- возможность реализации нечеткого управления в модели;
- возможность применения продукционных правил и базы знаний.

Нейроподобная сеть Петри может быть представлена следующим образом [2]:

$$NP = (P, T, A, S, F, q, n, n1, g, h, C), \quad (1)$$

где P – конечное непустое множество позиций; T – конечное непустое множество переходов; A – отношение, $A \subseteq (P \times T \cup T \times P)$ соответствует множеству дуг; S – конечное непустое множество стартовых (начальных) позиций; F – конечное непустое множество финальных (выходных) позиций; q – вещественная величина, соответствующая времени жизни ("потенциалу") метки в позиции; n – целочисленная величина, равная минимальному числу меток, необходимому для активизации перехода; $n1$ – целочисленная величина, равная минимальному числу меток, необходимому для активизации нейронного перехода; g – функция для определения суммарного потенциала меток в каждой позиции в определенный момент времени; C – множество цветов меток, $C = \{a, b\}$, где a – метки с положительным потенциалом, b – метки с отрицательным потенциалом; $h: T \times P \rightarrow C$ – функция раскраски выходных и входных дуг переходов.

Согласно [3] нечеткие сети Петри (НСП), являясь разновидностью СП с неопределенностью, позволяют конструктивно решать задачи нечеткого моделирования и не-

четкого управления, в которых неопределенность имеет нестохастический или субъективный характер.

Различают несколько типов нечетких сетей Петри.

Vf – получается в результате введения описания неопределенности нечеткого характера в начальную маркировку и правила изменения маркировок базового формализма классических СП.

Cf – получается в результате введения нечеткости в начальную маркировку и правила срабатывания переходов формализма ординарных СП.

Crtf – третий и наиболее общий подкласс НСП, называемый здесь обобщенными нечеткими временными Crtf типа Crtg, или кратко – ОНВСП Crtf, может быть получен введением описания неопределенности нечеткого характера в формализм обобщенных временных СП типа Crt, что также позволяет сформулировать определения различных более конкретных подклассов ОНВСП в качестве частных случаев.

На основе двух данных расширения получено новое расширение сетей Петри. Нейронечеткая сеть Петри (ННСП) может быть представлена следующим образом:

$$NFP = (P, T, A, S, F, q, n, nI, g, h, C, f, \lambda, m_0), \quad (2)$$

где $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$ – вектор значений функции принадлежности нечеткого срабатывания переходов, при этом $f_j \in [0,1](\forall j \in \{1,2,\dots,u\})$; $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ – вектор значений порога срабатывания переходов, $\lambda_i \in [0,1](\forall i \in \{1,2,\dots,u\})$; $m_0 = (m_1^0, m_2^0, \dots, m_n^0)$ – вектор начальной маркировки, каждая компонента которого определяется значением функции принадлежности нечеткого наличия одного маркера в соответствующей позиции данной ННСП, при этом $m_i^0 \in [0,1](\forall i \in \{1,2,\dots,u\})$.

Для моделирования работы ННСП был разработан программный комплекс, который позволяет строить модели ННСП со сложной внутренней иерархической структурой. Это особенно актуально при моделировании работы целой сети, когда пользователь может составить модель из заранее подготовленных примитивов сетевых устройств. В данном программном комплексе были построены модели сетевого оборудования (рабочая станция, коммутатор, канал данных) и на основании этих моделей составлена модель сети. В программный комплекс интегрирован скриптовый язык Lua 5.0. Это дает пользователям возможность задавать структуру моделей алгоритмически, проводить предварительную настройку модели перед её запуском. Модель сохраняется и загружается в виде объектно-ориентированного сценария, который может быть легко отредактирован и изменен пользователем. Это дает возможность создавать модели в графическом редакторе, а настраивать их параметры можно программно.

На базе нейронечетких сетей Петри были разработаны модели сетевых устройств (коммутатор, имеющий четыре порта и реализующий приоритетное обслуживание входящих пакетов; рабочая станция, служащая для генерации сетевого трафика; канал данных, служащий для соединения сетевых устройств между собой).

Представление проектируемой сети в виде модели на нейронечетких сетях Петри, дает возможность всестороннего анализа её поведения при различных режимах работы. Модели, построенные на нейронечетких сетях Петри, обладают большой наглядностью, что делает их удобными для представления систем со сложной иерархической структурой.

Литература

1. **Питерсон Д.** Теория сетей Петри и моделирование систем/Д. Питерсон. М.: Мир. 1984. 263 с.
2. **Дубинин В. Н.** Проектирование вычислительных систем и сетей на основе сетевых формализмов. В 2-х частях. Кн. 1: Сетевые технологии проектирования и реализации распределенных вычислительных систем на программно-аппаратных платформах локальных и глобальных сетей Ethernet/Internet./ В. Н. Дубинин, С. А. Зинкин. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1998. 322 с.: 160 ил.
3. **Леоненков А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.