

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОПОДОБНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВ

Д. В. Кочкин

Вологодский государственный технический университет, г. Вологда, Россия

*Развитие информационных технологий ставит перед проектировщиками сетей новые стандарты качества. Ключевым моментом при проектировании сети является обеспечение совместной работы большого количества приложений с различными требованиями. Для выполнения этого условия необходимо применять технологию QoS (Quality of Service). Моделирование поведения сети с развернутой поддержкой QoS позволило бы обосновать необходимость ее применения и помогло в настройке параметров оборудования. В данной работе для решения этой проблемы предлагается применить математический аппарат нейроподобных сетей Петри.*

**Ключевые слова:** сетевое оборудование, QoS, сети Петри, имитационное моделирование.

В современных сетях могут соседствовать приложения с самыми различными требованиями, например, крупные клиент-серверные приложения могут соседствовать с подключениями TELNET, а также аудио- и видеоприложениями реального времени (аудио- и видеоконференции, IP-телефония). В такой ситуации необходимы удобные механизмы для управления трафиком и перегрузкой. Недостаточно просто увеличить пропускную способность, потому как приложения с жесткими требованиями по задержкам и полосе пропускания будут страдать из-за работы более интенсивных приложений. Необходимо разделить пропускную способность сети между приложениями в соответствии с их требованиями.

Эта проблема решается с помощью внедрения технологии QoS, которая позволяет разделить трафик на несколько классов и обслуживать их в соответствии с требуемыми параметрами (чувствительность к задержкам и потере пакетов, скорость передачи).

Разделение трафика происходит по значению поля ToS (Type of Service) в заголовке IP-пакета, на основании этого поля можно выделить до восьми различных потоков. Технология QoS также позволяет более эффективно бороться с перегрузкой в сети, а в случае ее возникновения — уменьшить негативные последствия, однако при применении этой технологии администратор сети может столкнуться с рядом проблем, а именно:

- сложность масштабирования сети (увеличение числа рабочих станций и типов приложений, обслуживаемых сетью);
- сложность протоколов обеспечения QoS;
- недостаточное распространение приложений, использующих QoS;
- сложность настройки параметров оборудования;
- ограниченность средств измерения QoS;
- сложности при подключении сетей без поддержки QoS к магистральной сети.

При решении данных проблем моделирование разрабатываемой сети может оказаться очень полезным.

Математический аппарат сетей Петри хорошо зарекомендовал себя при решении задач моделирования и управления сложными системами с асинхронным характером работы. Модель на базе сети Петри позволяет естественным образом оценить динамику работы системы.

Сети Петри разрабатывались специально для моделирования тех систем, которые содержат взаимодействующие параллельные компоненты [1].

Существует большое количество расширений сетей Петри, которые делают их более подходящими для моделирования той или иной проблемы. В данной статье рассматриваются нейроподобные сети Петри; совмещение нейронных сетей и классических сетей Петри дало возможность представления моделей со сложной логикой функционирования.

Нейроподобные сети обладают рядом преимуществ, в частности они дают возможность моделировать накопления информации и снижают ее актуальность с течением времени.

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;

$A \subseteq (P \times T \cup T \times P)$  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,  $b$  — с отрицательным потенциалом;

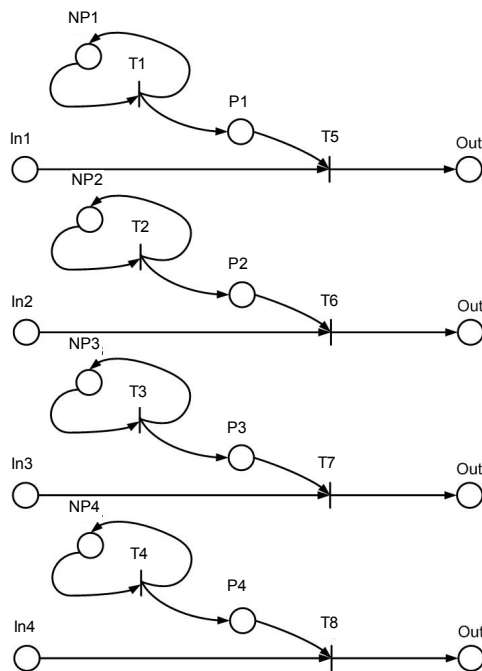
$h: T \times P \rightarrow C$  — функция раскраски выходных и входных дуг переходов.

С нейронным переходом ассоциировано число, равное минимальному потенциалу меток во входной позиции, необходимому для активации перехода. В результате срабатывания перехода в каждой из его выходных позиций появится метка. В процессе функционирования сети для каждой позиции вычисляется функция  $g$ .

$$g(t_{p_i}) = \sum_{i=0}^q \frac{(q-i)}{q} \times K(t-i) - \sum_{i=0}^q \frac{(q-i)}{q} \times J(t-i). \quad (2)$$

Переход может сработать при условии, если  $g(t_{p_i}) >= n1$ ;  $K(t)$  — число меток цвета  $a$  в позиции  $p_i$  в момент времени  $t_i$ ;  $J(t)$  — число меток цвета  $b$  в позиции  $p_i$  в момент времени  $t_i$ .

На рисунке представлена модель справедливой очереди, которая может применяться для разделения пропускной способности канала данных между входными очередями в равной мере. Рассмотрим данную модель подробнее для понимания механизма ее работы. Позиции  $In1$ ,  $In2$ ,  $In3$ ,  $In4$  моделируют входные очереди, а позиция  $Out$  — выходную очередь.



Модель справедливой очереди

Рассмотрим более подробно позиции  $NP1$ ,  $P1$  и переходы  $T1$ ,  $T5$ , их работа аналогична соответствующим переходам в других очередях. Позиция  $NP1$  является нейронной. Порог срабатывания для перехода  $T1$  выбран равным нулю, при этом в позицию  $NP1$  поступает отрицательная метка, а в позицию  $P1$  — положительная,

разрешая таким образом передачу меток из позиции  $In1$  в позицию  $Out$ . Время жизни меток в позиции  $NP1$  устанавливается равным числу очередей, поделенному пополам, а время жизни меток в позиции  $P1$  — числу очередей.

Рассмотрев подробнее механизм работы позиции  $NP1$ , увидим, что пропускная способность распределяется между очередями в равной степени. В данном примере число очередей равно 4, поэтому время жизни меток  $q$  в  $NP1$  позиции, устанавливается равным 2. Используя формулу (2), рассчитаем суммарный потенциал позиции через определенное число шагов моделирования после срабатывания перехода  $T1$ .

**Шаг 1.** Суммарный потенциал равен

$$g(t_{p_i}) = -J(t) = -1.$$

**Шаг 2.** Суммарный потенциал равен

$$g(t_{p_i}) = -(J(t) + \frac{J(t-1)}{2}) = -1,5.$$

**Шаг 3.** Суммарный потенциал равен

$$g(t_{p_i}) = -\frac{J(t-1)}{2} = -0,5.$$

**Шаг 4.** Суммарный потенциал равен 0.

Таким образом, видно, что переход  $T1$  будет срабатывать один раз в четыре шага моделирования, что и обеспечит очереди  $In1$  одну четверть пропускной способности канала.

Для моделирования работы нейроразличных сетей Петри был разработан программный комплекс, который позволяет строить модели нейроразличных сетей Петри 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). На основании этих моделей составлена модель сети. В программный комплекс интегрирован скриптовый язык Lua 5.0, что дает пользователю возможность задавать структуру моделей алгоритмически, проводить предварительную настройку модели перед ее запуском. Модель сохраняется и загружается в виде объектно-ориентированного сценария, который может быть легко отредактирован и изменен пользователем. Это позволяет создавать модели в графическом редакторе, а настраивать их параметры можно программно.

#### 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 ч. 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.

---

## APPLICATION OF NEURAL PETRI NETS FOR MODELING OF INTELLIGENT NETWORK DEVICES

D. V. Kochkin

Vologda State Technical University, Vologda, Russia

*Development of an information technology puts the new quality standards before designers of networks. The key moment at network designing is maintenance of teamwork of a considerable quantity of applications with various requirements. To perform this conditions technology QoS (Quality of Service) must be applied. Modeling of behavior of a network with developed support QoS would allow proving necessity of its application and can help with adjustment of parameters of the equipment. In given article it is offered to apply a mathematical apparatus of neural networks of Petri to the decision of this problem.*

*Keywords:* network equipment, QoS, Petri networks, imitating modeling.

---

**Кочкин Дмитрий Валерьевич**, аспирант. Тел. 8-8172-72-40-44 доб. (341). E-mail: dimoss017@mail.ru

