

О ВЫБОРЕ ПАРАДИГМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Кочнев В.Ф., доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой "Электроника и защита информации" Московского Государственного Университета Путей Сообщения (МИИТ)

Сташин В.В., кандидат технических наук, доцент (МИИТ)

Задолго до завершения первоначального этапа "штурма и натиска" в построении компьютерных сетей (КС), отмеченного печатью во многом неразумного энтузиазма разработчиков-практиков, сети, не переставая быть субъектом информатики, стали и объектом пристального внимания со стороны специалистов-аналитиков. Необходимость математического исследования такого рода систем вызвала острую потребность в выборе формального аппарата, адекватно отображающего особенности устройства компьютерных сетей и характер их "поведения" во времени. В том, что касается Internet, ситуация сложилась особенно любопытная. Будучи по происхождению безусловным артефактом, Сеть живет и развивается как типично природное, стихийное явление, если не сказать - как живое создание, законы существования которого еще предстоит познать.

В связи с этим внимание в свое время прежде всего привлекла хорошо зарекомендовавшая себя во многих приложениях теория массового обслуживания и основанная на ней теория динамики средних [1]. Попытки применить эти теории к анализу сетей вряд ли можно считать удовлетворительными. Причины этого заключаются в органическом пороке упомянутых теорий с позиций рассматриваемой предметной области: теория массового обслуживания



рассматривает только стационарные случайные процессы, и именно их стационарность и позволяет определить вероятности составляющих процессы событий. В отличие от этого процессы, развивающиеся в компьютерных сетях в течение представляющих интерес интервалов времени, стационарностью далеко не отличаются. Они развиваются, как правило, в виде переходных, то есть их следует рассматривать как детерминированные, и по существу понятия вероятности оно оказывается принципиально неприменимым к подобным случаям.

Сложившееся положение заставляет обратиться к ряду новых теорий, бурно развивающихся в последние годы. Одна из них - это теория динамического хаоса, изучающая неупорядоченные движения нелинейных динамических систем в соответствующих фазовых пространствах [2]. Оказывается, что уравнения, описывающие эволюцию полностью детерминированных систем, могут иметь решения, которые ведут себя случайно-подобным, неупорядоченным образом. Применительно к глобальным компьютерным сетям это открывает перспективы изучения возникающих в них бифуркаций, то есть резких изменений характера движения системы в ограниченном интервале значений параметров. С последним непосредственно связана и известная теория катастроф [3].

Весьма перспективным аппаратом анализа компьютерных сетей, включая Internet, представляется теория протекания (иначе, теория перколяции) [4]. Эта теория изучает процессы распространения в сложных неупорядоченных системах типа аморфных полупроводников пористых сред и тому подобных. Даже в первом приближении хорошо просматривается аналогия между такими процессами и процессами динамической маршрутизации при передаче информации в достаточно развитой распределенной вычислительной среде, причем особый интерес представляют так называемые критические явления в среде, связанные с резким изменением ее свойств, например, при недостаточной пропускной способности каналов связи.

Если только что упомянутые теории возникли в пределах физики, то областью возникновения темпоральной логики [5] является чистая математика. Темпоральная логика объединяет традиционные понятия логики высказываний с фактором времени, что уже позволило успешно ее применить к рассмотрению конкурирующих процессов в вычислительных системах и делает теорию привлекательной с позиций возможности анализа крупномасштабных КС.

Наконец, биология дает пример интереснейшей с точки зрения применимости к моделированию компьютерных сетей теории возбудимых сред, описывающей процессы распространения сигналов в нервных тканях. Нетрудно усмотреть высокую степень подобия между этими процессами и процессами передачи данных между рабочими станциями компьютерной сети. Действительно, опираясь на содержание классической работы [6], сформулируем основы построения соответствующей модели.

1. Под элементами x множества X (возбудимой среды) понимаются узлы КС. Каждый элемент (узел КС) может на-

ходиться в одном из трех состояний: покоя (передачи из узла КС нет), возбуждения (узел передает информацию в сеть) и рефрактерности (узел не реагирует на поступающие к нему сигналы).

2. Длительность состояния возбуждения может быть различной для разных x и изменяется во времени. Состояние возбуждения сменяется состояниями рефрактерности (с определенной для x длительностью) или покоя.

3. От каждого возбужденного узла возбуждение распространяется с определенной скоростью по множеству находящихся в покое узлов, причем узел может перейти в состояние возбуждения и спонтанно.

Подобным образом построенная аксиоматика модели КС позволяет получить математические выражения для ряда важнейших показателей работы сети, в частности, для скорости распространения пакетов по линии связи и для времени передачи пакета от одного узла КС к другому. Сравнение результатов математического моделирования КС с данными относительно времени передачи пакетов между узлами в сети Internet, предоставляемыми программами типа Visual Route и NeoTrace, показывает их удовлетворительное совпадение. В целом же достаточно пол-

ная в функциональном отношении модель жизнедеятельности крупномасштабной сети должна строиться, скорее всего, на основе кластера из нескольких взаимосвязанных парадигм, описанных в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. - Л.: Энергоиздат, 1982. - 288 с.
2. Шустер Г. Детерминированный хаос. - М.: Мир, 1988. - 242с.
3. Арнольд В.И. Теория катастроф. - М.: Наука, 1990. - 128 с.
4. Wierman J.C. Percolation theory // Encyclopedia of statistical sciences, vol. VI, Wiley, 1985, pp.674-679.
5. Galton A. Temporal Logics and their Applications. - London.: Academic Press, 1987. - 244 pp.
6. Fomine S., Berkinblit M. Problemes mathematiques en biologie. - Moscve.: Editions Mir, 1975.- 200 pp.

