

Моделирование цифровой информационной сети
Н.Г. Булахов, А.Л. Турицын
Томский государственный университет, Томск

В настоящий момент развитие телекоммуникационных систем, а именно цифровых сетей передачи данных, базирующихся на разнообразных архитектурах и принципах построения, достигло огромных масштабов своего распространения, войдя в нашу жизнь как неотъемлемый атрибут повседневной действительности. Сейчас уже невозможно представить ни одно учреждение, которое не пользовалось бы в той или иной степени благами относительно нового научного течения, проявляющегося в различных вариациях, будь то электронная почта, обмен данными в виде изображения, текста, аудио и видео файлов и т.д. С каждым годом растут объёмы передаваемой информации, ужесточаются требования к скорости и качеству обмена данными по сети и соответственно одной из первоочередных задач является проблема их описания в форме математических моделей. Существующие методы описания не дают чётко детерминированные результаты анализа, поведения и управления сетей, подтверждением чего могут служить многочисленные случаи неконтролируемого распространения вирусных пакетов, таким образом актуальным является рассмотрение новых концептуальных принципов, позволяющих разрешить вышеупомянутые проблемы.

Достаточно простой моделью, которая учитывает особенности функционирования реальной сети (в том числе при пиковых нагрузках), может служить сетевое устройство с обратной связью, которое объединяет в себе функции маршрутизирующего оборудования и оконечных станций, являясь в этом смысле универсальным. Другими словами, представим всю сеть как некое устройство, содержащее в себе коммутаторы, маршрутизаторы и оконечные станции.

Устройство имеет N входов и N выходов. Пара вход-выход образует подключение. Каждому подключению ставятся в соответствие два веса WO_i и WV_i , позволяющие дифференцировать загруженность выбранного канала, что отражает реальное разделение на магистральные и оконечные подключения сети. Внутри предлагаемого устройства каждому выходу соответствует очередь пакетом длиной M . Вес WO соответствует нагрузке канала за счёт обычных информационных пакетов, вес WV соответствует нагрузке за счёт саморазмножающихся пакетов, представляющих в данной модели компьютерных червей. Чтобы учесть динамику распространения саморазмножающихся пакетов вводится обратная связь – изменение веса WV при изменении числа саморазмножающихся пакетов на выходе устройства.

В заданный такт времени условие того, что на входе n есть пакет и если он есть, то саморазмножающийся он или нет, определяется следующим соотношениями:

$$f(n) = \begin{cases} 1, rnd \leq \frac{WO_i + WV_i}{WO_{\max} + WV_{\max}}, \\ 0, rnd > \frac{WO_i + WV_i}{WO_{\max} + WV_{\max}}. \end{cases} ; \quad f_1(n) = \begin{cases} 1, rnd \leq \frac{WV_i}{WO_i + WV_i}, \\ 2, rnd > \frac{WV_i}{WO_i + WV_i}. \end{cases}$$

В зависимости от порта назначения k каждый пакет помещается в некоторую выходную очередь согласно соотношению:

$$\sum_{i=1}^k (WO_i + WV_i) \leq \text{random} \left(\sum_{i=1}^N (WO_i + WV_i) \right) < \sum_{i=1}^{k+1} (WO_i + WV_i)$$

А если очередь переполнена, то пакет отбрасывается. Далее подсчитывается число пакетов каждого типа (NO_t и NV_t) на выходе. Обратная связь при этом задаётся соотношением

$$WV_{i,t} = WV_{i,t-1} \cdot \frac{NV_t + 1}{NV_{t-1} + 1}$$

В связи с тем, что модель работает дискретно и при этом имеет ряд параметров, от значений и динамики изменения которых зависит работа системы в целом предлагается использовать модель расширенного автомата.

Нами выполнено компьютерное моделирование, полученные в результате расчётов выходные данные представлены графически на рисунке 1.

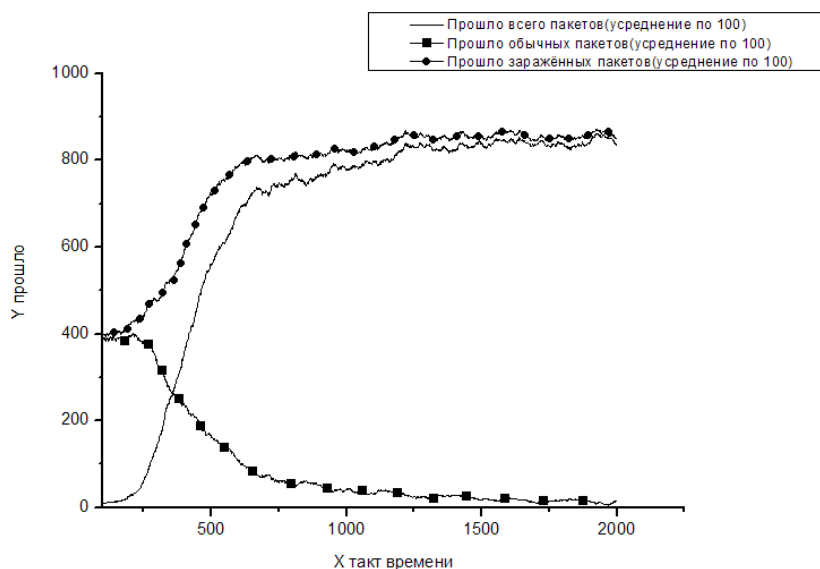


Рис. 1. Количества переданных через моделируемое устройство пакетов

Как видно из графиков модель полностью качественно отражает характер поведения разнородного трафика в проблемных сетях, полностью согласуясь с экспериментальными данными, полученными в ходе анализа распространения реальных сетевых червей.

Следующим шагом является усложнение модели и представления сети, как совокупности устройств, рассмотренных ранее. В такой модели при детальном рассмотрении возможно появление самостоятельных структур, и проявление нелинейных свойств, описание которых и является целью проводимого исследования.