

Циркуляция пакетов в цифровой информационной сети

Н.Г. Булахов, Б.Н. Пойзнер, А.Л. Турицын, В.Я. Хасанов

Томский государственный университет

г. Томск

Феномен цикличности весьма многолик, и он нередко занимает важное место в современной технике¹. Показательны в этом аспекте цифровые информационные сети (ЦИС), в которых среди ведущих типов процедур выделяются циклические. Одна из таких процедур – циркуляция информационных пакетов в цифровой информационной сети. Сегодня, как никогда, требуется передача больших объёмов данных на значительные расстояния. Поэтому необходимо обеспечить высокую скорость, минимизировать задержки, потери пакетов, соблюдать очерёдность их передачи, эффективный обмен информацией между различными участниками взаимодействия. В свою очередь, для этого требуется оперировать адекватной моделью ЦИС.

Обычно сети описываются как строго детерминированные среды ретрансляции сигнала, идущего от отправителя к получателю. Однако традиционный подход к описанию функционирования сети неэффективен при рассмотрении крупных объектов, каким, в частности, является сеть Internet. Примером может служить распространение электронных "червей" – небольших фрагментов исполняемого кода, выводящих из строя множество мощнейших серверов по всему миру, причём не требуется ничего, кроме их самовоспроизведения. Лавинообразное нарастание числа копий вследствие "размножения червей" в компьютере и рассылки их по сети делает процесс передачи данных не контролируемым и не управляемым со стороны сетевого оборудования и администрации сети.

¹ Пойзнер Б.Н. Циклология и кластер новых синтезирующих наук // Циклы природы и общества: материалы 12-й Международ. научно-практ. конф. 2004 г. Ставрополь: Изд-во Ставропольск. ин-та им. В.Д. Чурсина, 2004. С. 28–31.

Для описания функционирования ЦИС и решения проблемы эффективной передачи данных применяются подходы, заимствованные из биологии. Но эпидемиологическая модель и её модификации² позволяют лишь наблюдать динамику роста числа заражённых машин, а не отображают важных сетевых параметров: способность сети передавать пользовательскую и служебную информацию, управляемость сети и т.д.

Поэтому актуальна разработка модели, учитывающей пиковые нагрузки в ЦИС при передаче пакетов информации и использующей статистическое описание этих процессов. Основу предлагаемой модели составляет устройство циклической пересылки пакетных данных с обратной связью, имеющее N входов и N выходов (рис. 1). Входы и выходы не равноправны между собой, что позволяет отразить наличие в реальной сети магистральных каналов и присоединение оконечных станций. Для учёта различия между ними каждому каналу присваивается свой весовой коэффициент $W=WO+WV$, который показывает, насколько вероятнее появление пакета на данном входе, относительно всех остальных. Вес WO соответствует нагрузке канала за счёт полезных пакетов, вес WV за счёт саморазмножающихся пакетов. Входящие пакеты имеют адрес назначения, указывающий выходной порт. Каждый выходной порт рассчитан на очередь длиной M пакетов.

В заданный такт времени условие того, что на входе n есть пакет, определяется формулой

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

² Zou C.C., Gong W, Towsley D. *Code Red Worm Propagation Modeling and Analysis* // Доступно в сети Internet: <http://tennis.ecs.umass.edu/~czou/research/codered.pdf>; Kim J., Radhakrishnan S., Dhall S.K. *Measurement and Analysis of Worm Propagation on Internet Network Topology* // Доступно в сети Internet: http://www.computer.org.ru/ieee_lib/Catalog/catalog_14_.html

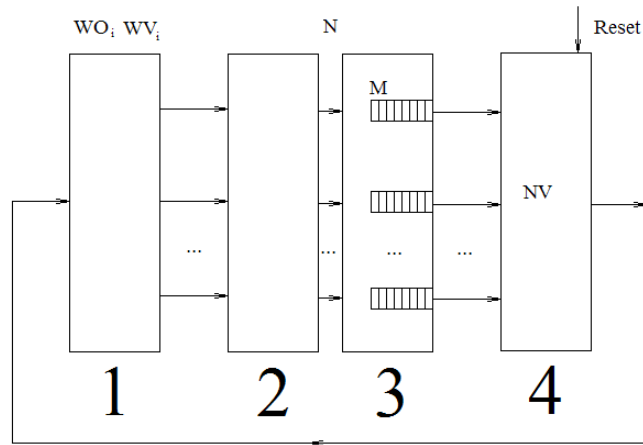


Рис. 1. Наглядное представление построенной модели компьютерной сети передачи данных: 1– блок распределения пакетов на входе, 2 – блок перераспределения пакетов по выходам, 3 – блок очередей, 4 – блок обработки информации о выходных пакетах.

Если на входе n имеется пакет, то условие того, что он саморазмножающийся либо полезный, есть

$$f_1(n) = \begin{cases} 1, & rnd \leq \frac{WV_i}{WO_i + WV_i}, \\ 2, & rnd > \frac{WV_i}{WO_i + WV_i}. \end{cases} \quad (2)$$

В зависимости от порта назначения k каждый пакет помещается в выходную очередь согласно условию.

$$\sum_{i=1}^k (WO_i + WV_i) \leq random(\sum_{i=1}^N (WO_i + WV_i)) < \sum_{i=1}^{k+1} (WO_i + WV_i). \quad (3)$$

А если число пакетов в очереди достигает M , то $M+1$ -й пакет отбрасывается. Между входом и выходом устройства есть положительная обратная связь. Тогда при увеличении числа заражённых пакетов на выходе. увеличивается вероятность появления заражённого пакета на входе. Согласно модели подсчитывается число пакетов каждого типа (NO_t и NV_t) на выходе. Коррекция весового коэффициента $WV_{i,t}$ соответствующего входу i , задаётся соотношением

$$WV_{i,t} = WV_{i,t-1} \cdot \frac{NV_t + 1}{NV_{t-1} + 1}. \quad (4)$$

Таким образом, пакеты циркулируют по часовой стрелке, как показано на рис. 1, согласно соотношениям (1)–(4).

Будем предполагать, что между количеством заражённых червями компьютеров и порождаемым ими трафиком существует линейная зависимость. Тогда, сравнивая результаты моделирования на базе эпидемиологической модели и её модификаций³ (рис. 2), а также статистические данные, собранные во время атаки сетевого червя *Code Red* (рис. 3)⁴, с результатами моделирования на основе предложенной модели (рис. 4)⁵ можно сделать вывод об её адекватности.

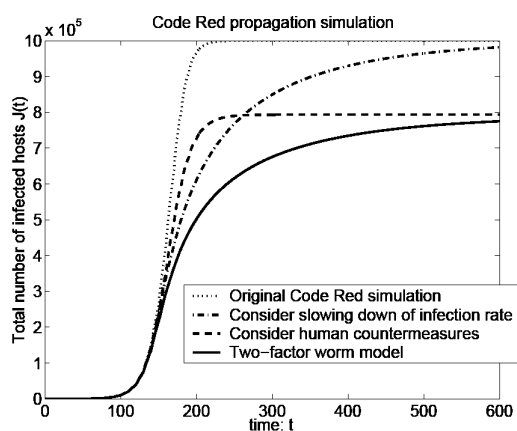


Рис. 2. Результаты моделирования распространения компьютерного червя *CodeRed* с помощью различных моделей⁶

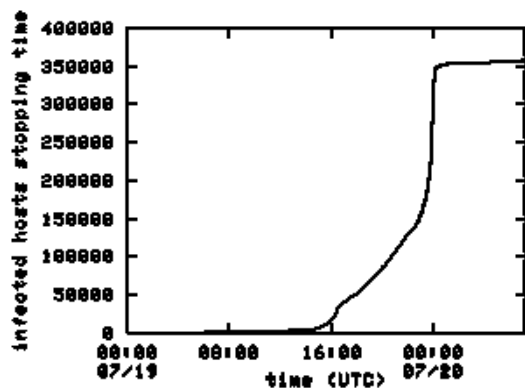


Рис. 3. Статистические данные о размножении компьютерного червя *Code Red* в сети⁷

³ Zou C.C., Gong W, Towsley D. Указ. соч.; Kim J., Radhakrishnan S., Dhall S.K. Указ. соч.

⁴ Zou C.C., Gong W, Towsley D. Указ. соч.

⁵ Булахов Н.Г., Турицын А.Л., Пойзнер Б.Н., Хасанов В.Я. Статистическая модель цифровой информационной сети, учитывающая возможность пиковых нагрузок // Материалы международной научной конференции «Статистические методы в естественных, гуманитарных и технических науках». Ч. 3. – Таганрог: Изд. «Антон», ТРТУ, 2006. С. 7-11.

⁶ Kim J., Radhakrishnan S., Dhall S.K. Указ. соч.

⁷ Zou C.C., Gong W, Towsley D. Указ. соч.

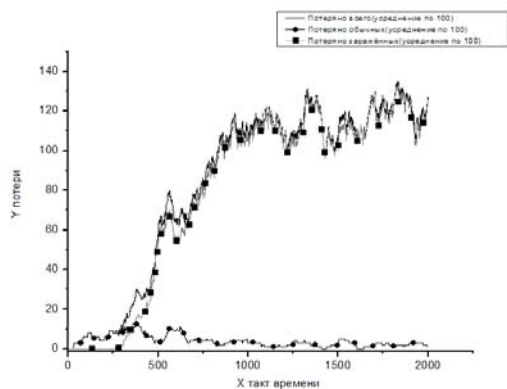


Рис 4. Количество переданных через моделируемое устройство (не)заражённых пакетов

Таким образом, авторами предложена циклическая статистическая модель функционирования ЦИС, позволяющая корректно описать её работу в различных ситуациях, включая случай пиковой нагрузки. Проведена верификация модели и показаны её преимущества относительно биологических моделей. Ещё одним преимуществом предложенной модели ЦИС оказывается возможность учёта различных сетевых топологий, т.е. конкретных типовых сетей либо их фрагментов, например, с целью выяснения влияния топологии на распространение саморазмножающихся пакетов. При этом принципы построения исходной модели и соотношения (1)–(4) сохраняются.

В качестве дальнейших перспектив развития возможна модификация модели для учёта особенностей сеансовых протоколов с установлением соединения и вариации длины пакетов. Кроме того, в ближайшем будущем возможен анализ влияния изменения параметров модели (таких как длина пакетов, количество пакетов передаваемых в течении одного сеанса) на величину потерь, на возможность передавать блоки данных и посылать служебные управляющие пакеты.