

Булаковская А. А., асп. (Национальный авиационный университет)

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАФИКА ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОПТИМИЗАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Булаковська А. О. Використання моделей трафіку даних для моніторингу і оптимізації спеціалізованих обчислювальних мереж. Розглянуто завдання моніторингу спеціалізованих обчислювальних мереж, використовуваних для сумісної обробки акустичних сигналів. Розглянуті найбільш широко використовувані моделі і розроблена математична модель самоподібного трафіку, яку можна застосовувати для аналізу і налаштування спеціалізованих мереж. Приведений алгоритм генерування потоків трафіку з самоподібними властивостями, які можуть змінюватися в широкому діапазоні значень.

Ключові слова: обчислювальна мережа, самоподібний трафік, імітаційна модель, фрактальний точковий процес, акустичний сигнал

Булаковская А. А. Применение моделей трафика данных для мониторинга и оптимизации специализированных вычислительных сетей. Рассмотрена задача мониторинга специализированных вычислительных сетей, применяемых для совместной обработки акустических сигналов. Рассмотрены наиболее широко применяемые модели и разработана математическая модель самоподобного трафика, которую можно применять для анализа и настройки специализированных сетей. Приведен алгоритм генерирования потоков трафика с самоподобными свойствами, которые могут изменяться в широком диапазоне значений.

Ключевые слова: вычислительная сеть, самоподобный трафик, имитационная модель, фрактальный точечный процесс, акустический сигнал

Bulakovs'ka A. O. Use models of information traffic for monitoring and optimization of the specialized computer networks. The task of monitoring of the specialized computer networks applied for joint treatment of acoustic signals is considered. The most widely applied models are considered and the mathematical model of a self-similar traffic, which it is possible to apply for the analysis and tuning of the specialized networks, is developed. The algorithm of generation of streams of traffic with self-similar properties, which can change in the wide range of values, is resulted.

Keywords: computer network, self-similar traffic, simulation model, fractal point process, acoustic signal

I. Введение. При обнаружении свищей и разрывов в трубопроводах с жидкой транспортируемой средой в процессе их эксплуатации без нарушения режима перекачки применяются акустические системы автоматизированного контроля [1]. На участках магистральных трубопроводов, характеризующихся повышенным риском аварии либо усиленными требованиями к безопасности эксплуатации, постоянно контролируется герметичность и общее состояние трубопровода. При этом необходимо исключить ложные срабатывания системы от внешних источников акустических шумов самой разной природы. Эта задача решается путем распознавания характеристик акустических шумов.

Для построения быстродействующей и высокоточной системы обнаружения утечек (СОУ) необходимо оптимизировать параметры и структуру по критерию эффективность – стоимость. В данной работе рассмотрен вариант построения модели сетевого трафика комбинированной СОУ и исследования характеристик трафика.

Основной задачей оптимизации вычислительных сетей является поддержание на требуемом уровне характеристик производительности и пропускной способности сети в условиях колебаний нагрузки на сеть. В настоящее время интенсивность трафика может

изменяться в десятки раз, поэтому задачи оптимизации необходимо решать в реальном времени.

Необходимо также определить *пороги чувствительности* и наборы ограничений для критериев эффективности. Так, производительность сети можно оценивать на логическом уровне: "Работает"/ "Не работает", и тогда управление сетью сводится к диагностике неисправностей и приведению сети в любое работоспособное состояние. Другим крайним случаем является тонкая настройка сети, при которой параметры работающей сети (например, размер кадра или величина окна неподтвержденных пакетов) могут варьироваться с целью повышения производительности (например, среднего значения времени реакции) хотя бы на несколько процентов. Требуется выбирать такие значения параметров сети, чтобы показатели ее эффективности, как минимум, были не ниже предельно допустимых, задаваемых при выборе глобального уровня качества сервиса QoS.

В данной работе рассмотрены математические модели компьютерного трафика с самоподобными свойствами. Эти модели можно использовать для анализа характеристик специализированных вычислительных сетей, в том числе сетей критичного применения, используемых, например, в системах управления реального времени.

II. Процедура анализа и мониторинга сети как сложной системы. Можно предложить три последовательных этапа управления сетью.

1. *Приведение сети в работоспособное состояние*, что обычно включает:

- поиск неисправных элементов сети – кабелей, разъемов, адаптеров, компьютеров;
- проверку совместимости оборудования и программного обеспечения;
- выбор корректных значений ключевых параметров программ и устройств, при которых обеспечивается передача данных между узлами сети – адресов сетей и узлов, используемых протоколов, типов кадров, пакетов и т.п.

2. *Грубая настройка* – выбор параметров, заметно влияющих на характеристики сети. Если сеть работоспособна, но обмен данными происходит очень медленно (время ожидания неприемлемо) или же сеансы связи часто прерываются то необходимо искать некие ключевые факторы ухудшения работы сети. Здесь обычно задается некоторое пороговое значение показателя эффективности и требуется найти такой вариант сети, у которого это значение было бы не хуже порогового.

3. *Точная настройка параметров сети* – собственно оптимизация. В случае нормально работающей сети дальнейшее повышение ее качества обычно требует нахождения некоторого оптимального сочетания значений большого количества параметров. Ясно, что в реальных условиях достаточно найти решение, близкое к оптимальному, т.е. некоторый рациональный вариант структуры и параметров сети.

На сегодняшний день как эффективное управление работой существующей сети, так и создание проекта новой невозможно без детального моделирования ее работы. Целью моделирования является определение оптимальной топологии, адекватный выбор сетевого оборудования, определение рабочих характеристик сети и возможных этапов ее развития.

Системы имитационного моделирования обычно включают также набор средств для подготовки исходных данных об исследуемой сети – предварительной обработки данных о топологии сети и измеренном трафике. Кроме того, система снабжается средствами для статистической обработки полученных результатов моделирования. Последний этап моделирования должен включать в себя сравнение расчетных результатов с экспериментальными данными, полученными для реальной сети. Качество результатов моделирования в значительной степени зависит от точности исходных данных о сети, переданных в систему имитационного моделирования.

III. Математические модели трафика специализированных вычислительных сетей.

Адекватными моделями сетей передачи и обработки цифровых данных принято считать системы массового обслуживания [2]. Такие модели являются достаточно универсальным математическим аппаратом, позволяющим осуществлять выбор альтернативных вариантов, расчет и оптимизацию характеристик на этапе проектирования сети. При разработке модели учитывается закон распределения потоков заявок, процесса обслуживания, число серверов, максимальный размер очереди, число клиентов в сети, схема работы буфера и другие характеристики. Основными характеристиками обычно являются производительность сети и средняя задержка пакетов.

Большое значение имеет и широко используется при анализе и проектировании компьютерных сетей классическое выражение для нахождения среднего времени пребывания пакета в сети, впервые выведенное Клейнроком. Предполагается, что длина пакета выбирается независимо в соответствии с плотностью распределения $f(x) = b \exp(-bx)$, где $1/b$ – средняя длина пакета, измеряемая в битах (байтах); процесс поступления пакетов в сеть является пуассоновским с параметром λ_k (пакетов/с), где k – номер пары узел-источник – узел-адресат; объемы буферных накопителей не ограничены и подтверждение об успешной доставке передается мгновенно.

Тогда среднее время пребывания пакета в сети равно:

$$T = \sum_{i=1}^M \frac{\lambda_i}{bC_i - \lambda_i},$$

где λ_i – общий поток пакетов, поступающих в i -й канал;

$1/b$ – средняя длина пакета, измеряемая в битах(байтах);

C_i – пропускная способность i -го канала, измеряемая в бит/с.

Примером аналитической модели, разработанной для конкретной топологии сети, может быть модель для сетей Ethernet [2]. При ее разработке предполагается, что сеть состоит из бесконечного числа станций, соединенных каналами с доменным доступом. То есть станция может начать передачу только в начале какого-то временного домена. Распределение сообщений подчиняется закону Пуассона с интенсивностью λ . Тогда среднее значение времени ожидания для таких сетей составляет:

$$\bar{D} = \frac{\lambda[\bar{S}^2 + (4e+2)\tau\bar{S} + 5\tau^2 + 4e(2e-1)\tau^2]}{2(1-\lambda[\bar{S} + \tau + 2e\tau])} - \frac{(1-e^{-2\lambda\tau})(e+\lambda\tau-2\lambda\tau e)}{\lambda e[F(\lambda)e^{-(1+\lambda\tau)} + e^{-2\lambda\tau} - 1]} + 2\tau e + \bar{S} + \tau/3,$$

где e – основание натурального логарифма;

τ – задержка распространения сигнала в сети;

$\bar{S}u\bar{S}^2$ – соответственно первый и второй моменты распределения передачи или обслуживания сообщения;

$f(\lambda)$ – преобразование Лапласа для распределения времени передачи сообщения.

Следовательно,

$$F(\lambda) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-\lambda t} dt,$$

а для сообщений постоянной длины

$$f(\lambda) = e^{-\rho} \bar{S}^2 = \bar{S}^2, \text{ где } \rho = \lambda \bar{S}.$$

Для экспоненциального распределения длин сообщений

$$F(\lambda) = \frac{1}{1+\rho}, \quad \bar{S}^2 = 2\bar{S}^2.$$

Однако использование классических аналитических моделей также не может считаться удовлетворительным решением проблемы, поскольку такие модели не в состоянии полностью отобразить сложные процессы, протекающие в компьютерных сетях.

Особое внимание, на наш взгляд, следует уделить анализу и моделированию трафика сети. Основываясь на результатах многочисленных экспериментальных исследований, проведенных в последнее время, можно утверждать, что трафик современных цифровых телекоммуникационных и компьютерных сетей обладает особой, так называемой самоподобной структурой [3, 4]. Описанное явление значительно ухудшает характеристики процессов прохождения самоподобного трафика через сеть даже в случаях, когда средняя интенсивность трафика намного ниже потенциально достижимой скорости передачи в данном канале, поскольку приводит к потерям пакетов из-за ограниченности объема памяти буфера, рассчитанного по классическим методикам и, соответственно, увеличиваются задержка в сети, джиттер и вандер.

Для учета свойств самоподобия трафика предлагается метод, суть которого заключается во введении коэффициента самоподобия (так называемого параметра Херста) и некоторых функций масштаба $f(H)$. Подставляя в выражения выходных характеристик системы вместо интенсивности λ простейшего потока $\lambda f(H)$ с подходящим подбором $f(H)$, можно обеспечить приемлемую точность описания системы, и, соответственно, возможность использования традиционных методов моделирования трафика.

Самоподобный трафик моделируется с помощью статистически самоподобных процессов. В роли таких процессов могут быть предложены два основных класса моделей [5].

Первый – фрактальные точечные процессы (FSNDP, ON/OFF), которые оперируют с потоками единичных пакетов и непрерывным временем [6].

Во втором случае агрегированный трафик рассматривается как случайный процесс дискретного времени $\{X_t\}$, значениями (отсчетами) X_t которого является число либо суммарный объем пакетов, поступивших от источника на t -м единичном интервале времени.

Фрактальный точечный процесс, называемый также процессом FSNDP, относится к классу дважды стохастических пуассоновских процессов. Переменная во времени интенсивность этого процесса задается непрерывным случайным процессом – фрактальным дробовым шумом, который получается путем фильтрации классического пуассоновского процесса.

Процесс FSNDP полностью определяется набором из пяти параметров: (μ, β, K, A, B) , имеющих следующий смысл.

Первичный пуассоновский поток $\{t_i\}$ с постоянной интенсивностью μ служит входом для линейного фильтра с импульсной функцией

$$h(t) = \begin{cases} Kt^{-\beta}, & t \in (A, B) \\ 0, & t \notin (A, B) \end{cases},$$

где β определяется степенью самоподобия процесса;

A, B – неотрицательные ограничивающие параметры;

K – положительная константа, определяющая амплитуду результирующего процесса.

Фильтр порождает фрактальный дробовой шум

$$I(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} h(t - t_i),$$

рассматриваемый как переменная интенсивность для второго пуассоновского точечного процесса, выходом которого является поток FSNDP (Рис.1).

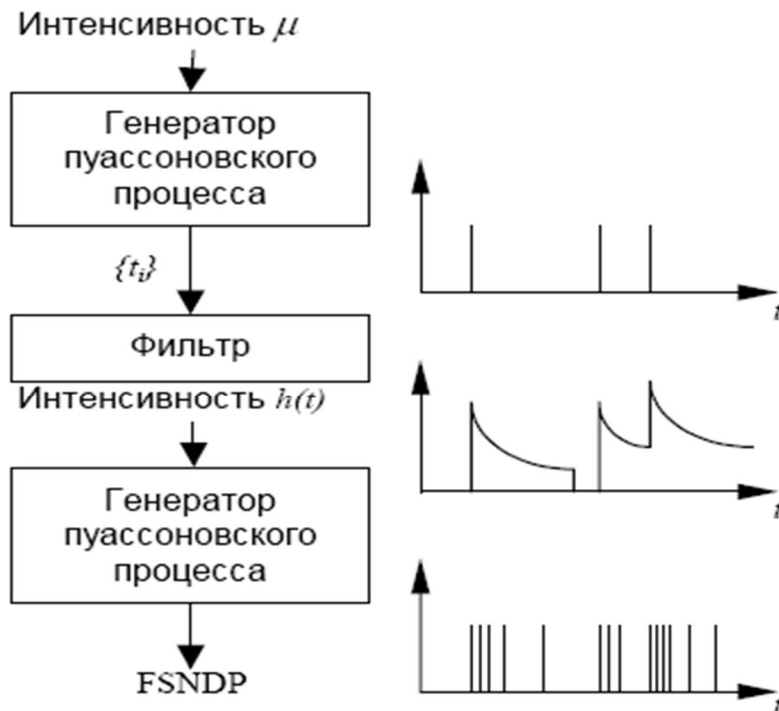


Рис.1. Составляющие процесса FSNDP

Параметр β определяется степенью самоподобия процесса и связан с параметром Херста H :

$$H = \frac{3}{2} - \beta.$$

Процесс обладает устойчиво самоподобными свойствами при условии $A \ll B$ и A , достаточно близком к нулю. В практических моделях обычно принимается, что $A=0$ или $A=10$.

Как отмечалось выше, для моделирования трафика используется также режим On/Off. В этом случае трафик моделируется с помощью комбинации источников, которые его генерируют.

Каждый источник в течение некоторого периода времени генерирует пакеты данных (так называемые On-периоды), при этом внутри одного периода пакеты приходят с одинаковыми интервалами между ними. После On-периода следует Off-период, когда источник не генерирует пакеты. В это время подключается другой источник.

Размер On- и Off-периодов является случайной величиной, которая должна иметь конечное математическое ожидание и бесконечную дисперсию. Например, длительность On- и Off-периодов является случайной величиной, и может быть распределённой по закону Парето:

$$W(x) = cx^{-c-1},$$

где c – параметр формы, обычно лежащий в пределах от 1 до 2.

Второй метод основывается на моделировании фрактального гауссовского шума ФГШ (или, как вариант, фрактального броуновского движения ФБД) [6, 7].

При моделировании сетевого трафика с долговременной зависимостью может использоваться классическое распределение Парето. Такие модели достаточно адекватно описывают, например, пульсации данных, отличительной особенностью которых при исследовании долговременной зависимости является наличие так называемых “тяжелых хвостов” кривой распределения, для которых функция распределения при больших значениях случайной величины эквивалентна $cx^{-\alpha}$, $0 < \alpha < 2$ – индекс “хвоста” (“хвост” распределения затухает не по экспоненциальному, а по гиперболическому закону).

Используя такие модели трафика, можно получать репрезентативные сравнительные характеристики производительности сетей при различном характере данных (например, оцифрованная речь, компьютерные данные, цифровое видео и т.д.) и обоснованно выбирать параметры сетевого оборудования [8, 9].

IV. Выводы. При разработке современных автоматизированных и компьютеризированных информационно-управляющих систем для продуктопроводов большой протяженности необходимо учитывать специфику продуктопровода как объекта управления: большую протяженность, разнородность оборудования, трудность доступа к трубе, удаленность от

диспетчерских пунктов и пр. Для управления надежностью и безопасностью функционирования продуктопроводов, быстрого поиска и локализации повреждений, в частности, сквозных дефектов, необходимо разрабатывать адекватные и экономичные модели сетевого трафика, которые можно использовать для анализа эффективности специализированных вычислительных сетей.

Литература

1. Горбачев И. В. Вариант реализации акустической системы автоматизированного контроля герметичности магистральных нефтепроводов / И. В. Горбачев, А. В. Прядко // Наука в нефтяной и газовой промышленности. – 2009. – № 1. – С. 6-11.
2. Таненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзерол. – [5-е изд.]. – СПб: Питер, 2012. – 960 С.
3. S. S. Lam. A Carrier Sense Multiple Access Protocol for Local Networks // Computer Networks. – January 1980. – Vol. 4, №1. – PP. 21-32.
4. Дослідження та моделювання якісних та часових параметрів вузла обслуговування трафіку мультисервісної мережі / [М. М. Климаш, М. І. Кирик, Н. М. Плєсканка, В. Б. Янишин] // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2012. – №4(24). – С. 31-37.
5. Столлингс В. Современные компьютерные сети / В. Столлингс. – [2-е изд.]. – СПб.: Питер, 2003. – 783с.
6. Матичин І. І. Фрактальна модуляція для комунікаційних систем / І. І. Матичин, В. В. Онищенко // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2013. – №3. С. 9-13.
7. Городецкий А. Я. Информатика. Фрактальные процессы в компьютерных сетях / А. Я. Городецкий, В. С. Заборовский. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 102 с.
8. Шелухин О. И. // Вестник МГУ С. Серия: Радиоэлектроника и информатика. Тематический выпуск «Современные технологии в радио и телекоммуникациях» : сб. науч. тр. – М.: МГУ С, 2002. – С. 12-27.
9. Виноградов Н. А. Анализ потенциальных характеристик устройств коммутации и управления сетями новых поколений / Н. А. Виноградов // Зв'язок. – 2004. – №4. – С. 10-17.