

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНВЕЙЕРНОГО АНАЛИЗА ТЕЛЕТРАФИКА

Лихтциндер Б.Я., Ларина В.А., Бакай Ю.О., Мусеев В.И.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ
E-mail: lixt@psuti.ru

В данной статье содержится обзор основных возможностей и функционала программы автоматизированной системы конвейерного анализа телетрафика. Рассматриваются принципы разработки программы, математические модели системы, описывается система анализа характеристик потоков, поля, осуществляющие функции добавления, удаления и редактирования потоков, предоставляется описание также и дополнительных полей системы, преподносится описание таких полей, как поля системы, определяющие и задающие основные параметры, используемые системой, а также функции анализа. В статье также можно увидеть интерфейс программы. Вывод делается на основе обзора основных возможностей системы, а также предположительно ее дальнейшего функционала, что позволяет оценить эффективность применения автоматизированной системы конвейерного анализа телетрафика. Рассматриваются перспективы развития и дальнейшей модернизации данной системы.

Ключевые слова: автоматизированная система, мультисервисные сети, телетрафик, конвейерный анализ, потоки, разработка, пакеты, очереди

Введение

Автоматизированная система конвейерного анализа телетрафика (АСКАТ) предназначена для анализа характеристик стационарных ординарных потоков заявок, представляющих пакеты или кадры мультисервисных сетей связи. Пакеты появляются в дискретные моменты времени t_k с длительностью интервалов между соседними пакетами $\partial_k = t_k - t_{k-1}$.

Математические модели системы

Обозначим длительность всего промежутка времени анализа через T . Число заявок, поступающих в течение указанного промежутка времени, обозначим через N . При достаточно большом значении N можно считать

$$T = \sum_{k=1}^N \partial_k. \quad (1)$$

Программа определяет числа заявок $m_i(\tau)$, поступающих в течение каждого i -го интервала τ . Многоканальная система массового обслуживания (СМО) осуществляет обработку поступающих заявок, при этом

$$\overline{m_i(\tau)} = \lambda\tau. \quad (2)$$

В системе представлены K каналов с одинаковыми интенсивностями обслуживания. В систему поступает $m_i(\tau)$ заявок на каждом интервале τ , $K_i(\tau)$ каналов занимают обслуживанием данных заявок.

В процессе обработки заявок образуются очереди размером $q_i(\tau)$. Если размер очереди превышает предельное значение, то заявки, вызвавшие перегрузку, помечаются, но не покидают очередь.

Математическая модель рассматриваемой СМО определяется интервальным уравнением баланса [4]

$$q_i(\tau) = q_{i-1}(\tau) + m_i(\tau) - K_i(\tau), \quad (3)$$

где

$$K_i(\tau) = \begin{cases} K, & \text{если } q_{i-1}(\tau) + m_i(\tau) \geq K; \\ q_{i-1}(\tau) + m_i(\tau) & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Здесь $K_i(\tau)$ – число каналов обслуживания, задействованных на i -м интервале времени τ . Случайная величина $K_i(\tau)$ может принимать $K+1$ различных целых значений (включая нулевое). Отношением (4) при условии $\overline{m(\tau)} = \lambda\tau$ определяется загрузка одного канала:

$$\rho = \frac{\overline{m_i(\tau)}}{K} = \frac{\lambda\tau}{K}. \quad (4)$$

Математическое ожидание при этом есть $\overline{K_i(\tau)} = \overline{m_i(\tau)} = K\rho$. Соотношение (5) определяет математическую модель в частном случае одноканальной СМО:

$$q_i(\tau) = q_{i-1}(\tau) + m_i(\tau) - \delta_i(\tau), \quad (5)$$

где

$$\delta_i(\tau) = \begin{cases} 0, & \text{если } q_{i-1}(\tau) = m_i(\tau) = 0; \\ 1 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Программа в процессе моделирования определяет $m_i(p)$ – число заявок, которые поступают в систему в течение последовательных интервалов времени τ , равных среднему времени обработки одной заявки.

Здесь и в дальнейшем приняты следующие обозначения: $\overline{m_i(p)}$ – зависимость среднего числа заявок, поступающих в течение интервалов времени τ , от коэффициента загрузки $\rho = \lambda\tau$;

λ – средняя интенсивность поступления заявок; $D_m(p)$ – зависимость дисперсии числа заявок, поступающих в течение интервалов времени τ , от коэффициента загрузки p ; $q_i(\tau)$ – число заявок в очереди на интервалах τ , соответствующих моментам времени t_i и коэффициенту загрузки ρ ; $\overline{q(\rho)}$ – зависимость среднего числа заявок в очереди от коэффициента загрузки ρ ; $D_q(p)$ – зависимость дисперсии числа заявок в очереди от коэффициента загрузки p ; $P(i)$ – вероятность прихода i заявок в течение интервалов времени τ , соответствующих коэффициенту загрузки ρ ; $P_0(i)$ – условная вероятность прихода i заявок в течение интервалов времени τ , соответствующих коэффициенту загрузки ρ ; $\sigma_m(\rho)$ – зависимость среднеквадратичного отклонения размеров очереди от коэффициента загрузки ρ ; $K(i)$ – число приборов, занятых обработкой на текущем интервале времени; $r_m(k; \rho)$ – нормированная ковариационная функция потока при заданном коэффициенте загрузки в зависимости от сдвига по времени на k интервалов τ ; $I_m(k\rho)$ – интеграл от нормированной ковариационной функции потока при заданном коэффициенте загрузки в зависимости от сдвига по времени на k интервалов τ ; $\overline{q_v(\rho)}$ – средняя перегрузка очереди; $P_v(\rho)$ – зависимость вероятности перегрузки от коэффициента загрузки ρ [2; 3].

Определение значения $P_v(\rho)$ осуществляется соотношением

$$P_v(\rho) = \frac{\overline{q_v(\rho)}}{q(\rho)}. \quad (6)$$

В зависимости от сдвига по времени на k интервалов τ нормированная ковариационная функция потока при заданном коэффициенте загрузки [7] устанавливается соотношением

$$r_m(k; \rho) = \frac{[m_i(\tau) - \rho][m_{j-k}(\tau) - \rho]}{D_m(\rho)}. \quad (7)$$

В зависимости от сдвига по времени на k интервалов τ при заданном коэффициенте загрузки интеграл от нормированной ковариационной функции потока устанавливается соотношением

$$I_m(k\rho) = \sum_{j=1}^k r_m(j; \rho). \quad (8)$$

В программе устанавливаются коэффициенты аппроксимации функции $\overline{q(\rho)}$, а также коэффициенты аппроксимации обратной ей функции $\overline{\rho(q)}$:

$$\begin{aligned} \overline{q(\rho)} &= \alpha(\rho - \rho_0)^2 + \beta(\rho - \rho_0); \\ \overline{\rho(q)} &= a\sqrt{q} + b\sqrt{q} + \rho_0. \end{aligned} \quad (9)$$

Приведенные выше параметры в достаточной мере определяют обработку потоков заявок общего вида при анализе трафика мультисервисных сетей [1; 5].

Описание системы анализа характеристик потоков

Экран начального интерфейса. Если система правильно инсталлирована, то после клика на иконку происходит запуск программы, то есть запуск начального интерфейса программы. Данный экран предоставляет доступ к двум вкладкам с побочными интерфейсами. При запуске на начальном экране можно увидеть следующие три окна: управления, графиков и данных.

Первое окно предназначено для размещения информации об анализируемых потоках. Оно содержит элементы управления: «Добавить», «Удалить» и «Очистить». Окно графиков служит средством визуального отображения полученной информации исследуемых данных. В поле данного окна представлена масштабируемая сетка и координатные оси X и Y , задающие масштабируемую сетку. Путем настраивания значений сетки пользователь способен задавать начало координат (посредством настройки размера захвата сетки, значений координатных прямых). В окне представлены такие управления (настройки), как ползунок масштабирования, кнопки перемещения по координатным осям X и Y .

Окно данных служит средством отображения информации, просмотра данных по исследуемому потоку, в частности, оно содержит поле, в котором отображаются такие параметры потока, как: N (число заявок в файле) и «Файл»: название файла (потока).

Поле добавления потоков. При необходимости добавления нового потока следует нажать кнопку «Добавить», после чего происходит запуск обзора папки (путь к потоку), в которой находится искомый файл, содержащий необходимые сведения потока, который необходимо добавить. Для корректной работы системы расширение выбранного файла должно определяться как «.txt». После ввода названия нажатием кнопки «Открыть» открывается список файлов потоков, находящихся в компьютере в выбранной папке.

Ввод указанного файла с необходимым потоком в систему производится нажатием кнопки «Открыть», после чего вновь открывается начальный экран с сеткой (см. рисунок 1). Исследуемый поток отображается в поле сетки. В верхнем левом углу сетки, около координатной оси Y , появляются поле с указанием графического вида

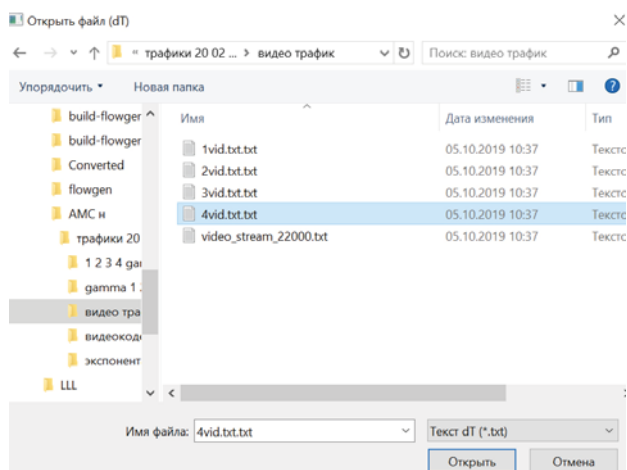


Рисунок 1. Ввод исследуемого файла

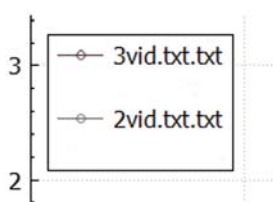


Рисунок 2. Визуальное представление потоков

	файл	N
1	3vid.txt.txt	5466
2	New	4370

Рисунок 3. Изменение имени потока

потока и его название. В поле данных о потоке будет отображаться имя потока (файла), его размерность N (см. рисунок 2).

Система допускает поочередное размещение и обработку нескольких потоков. В поле данных для каждого потока определяется строка информации с названием потока. В поле графического отображения выводятся графики, представляющие результаты обработки. В данном поле осуществляется одновременное отображение и совмещение графиков на одном экране. Каждый график соответствует определенному потоку. На системе координат и в поле графического отображения потоков реализуются визуальное отображение и демонстрация каждого графика соответствующего потока. Для осуществления добавления нового потока в систему необходимо нажать кнопку «Добавить» и повторить алгоритм действий добавления необходимого потока. На рисунках 1 и 2 предоставляются сведения о двух потоках – 3vid.txt.txt и 2vid.txt.txt. Каждый из потоков может быть удален из системы.

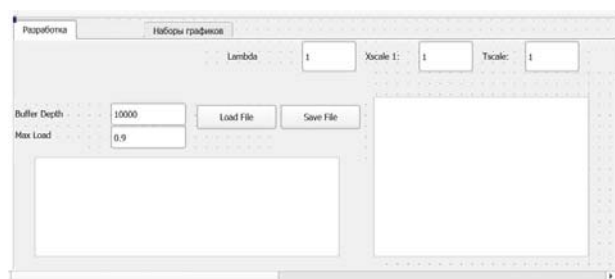


Рисунок 4. Окно разработки



Рисунок 5. Окно элементов

Для изменения названия потока необходимо дважды кликнуть на имя потока (файла) в поле данных и ввести новое название потока (см. рисунок 3).

Система также позволяет изменить число отображаемых заявок. Для этого необходимо дважды кликнуть на поле N выбранного потока и ввести новое число заявок. Число заявок не должно превышать изначальное N . Например, при заданном числе заявок 4370 при добавлении потока нельзя вводить значение N , превышающее 4370.

Система реализует возможность обнуления полей, то есть очистки окна графического представления от данных исследуемых потоков.

Описание полей системы

В данном разделе предоставляется описание второго окна системы анализа телетрафика. Окно (см. рисунок 4) предоставляет возможность разрабатывать и работать над потоком с помощью настраиваемых параметров. Данное окно включает в себя окна наблюдения, отображения и окно элементов.

Окно разработки нацелено на создание, редактирование и сохранение потоков. Окно элементов предназначено для разработки и настройки исследуемых потоков. Окно элементов предоставляет возможность разработки телетрафика на основе соответствующих параметров (N , t) [8] – см. рисунок 5.

Пользователю предоставляется возможность настройки размерности файлов, количества записываемых элементов, при взаимодействии с полем Buffer Depth. Данное поле определяет размерность потока и записывает выбранное пользователем количество элементов в файл.

Для сохранения настраиваемого файла в него будут записываться данные исследуемого потока

33.809679	1500	▲
34.692010	1500	
34.692407	1500	
34.954758	1500	
35.332302	1500	
35.479540	1500	
35.694688	1500	▼

Рисунок 6. Окно наблюдения

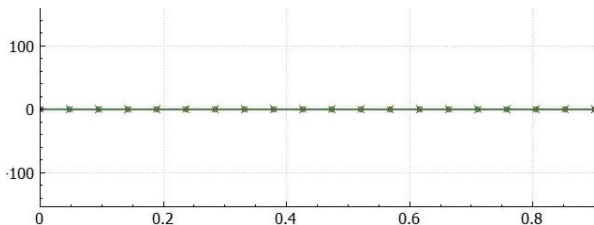


Рисунок 7. Графическое отображение

размерностью, указанной в поле Buffer Depth. Допускается установка пользователем интервала времени поступления заявок при помощи взаимодействия с полем Max Load. При запуске системы пользователю открывается доступ к редактированию указанного в поле Max Load значения.

В данном окне можно редактировать уже имеющиеся файлы. Для этого необходимо нажать на кнопку Load File. После нажатия данной кнопки откроется папка с искомыми файлами (путь нахождения файла). Для введения необходимого файла необходимо нажать на кнопку «Открыть». В таком случае в поле отображения будут проецироваться сведения исследуемого файла. После загрузки исследуемого файла данные файла будут отображаться в окне отслеживания (см. рисунок 6). После редактирования файла пользователь может сохранить внесенные изменения, нажав кнопку Save File.

Окно наблюдения осуществляет отображение текущих параметров потока. К таким параметрам относятся такие элементы, как количество заявок в течение определенного времени. В окне наблюдения реализуется демонстрация содержимого отредактированного файла соответственной размерности.

Окно графического отображения содержимого исследуемого файла (см. рисунок 7) представляет собой графическое отображение окна отслеживания. Данное окно будет доступно для просмотра при запуске программы, что в дальнейшем открывает доступ к кнопкам перемещения по сетке с отображением исследуемого потока.

При запуске программы пользователю открывается доступ к кнопкам перемещения по сетке отображения исследуемого потока.



Рисунок 8. Алгоритм работы программы

Кнопки, отображающие вертикальные стрелки, позволяют пользователю перемещаться по оси ординат Y в поле графического отображения исследуемого потока. Кнопки, отображающие стрелки «вправо» и «влево», позволяют пользователю перемещаться по оси абсцисс X в поле графического отображения исследуемого потока.

Для настройки оси абсцисс X предназначено окно Xscale. При помощи оси абсцисс осуществляется отображение количества заявок на исследуемом интервале времени для данного потока. Для настройки оси ординат Y предназначено окно Tscale. При помощи оси Tscale осуществляется отображение интервалов времени, в которых происходит исследование трафика.

Доступ к полю Lambda пользователю открывается при запуске программы. Поле Lambda отображает среднюю интенсивность поступления заявок. Данное поле недоступно пользователю для редактирования.

На рисунке 8 показана блок-схема алгоритма программы. Программа имеет госрегистрацию [11] и может работать в двух режимах: настройки на измерение параметров трафика и сам процесс его непрерывного мониторинга. В обоих

случаях результаты всех изменений сохраняются и могут быть использованы в дальнейших исследованиях.

Заключение

Разработанная система конвейерного анализа телетрафика, несомненно, актуальна, т. к. методы анализа телетрафика, базирующиеся на теории систем массового обслуживания [6; 9; 10], и до настоящего времени не утратили своего ведущего положения. Такая автоматизированная система позволяет изучить их основные характеристики в реальном масштабе времени. Она является эффективным инструментом проведения исследования телетрафика с целью нахождения проблем в работе сети и, что важно, выяснения причины этих проблем.

Литература

1. Лихтциндер Б.Я. Трафик мультисервисных сетей доступа. М.: Горячая линия – Телеком, 2018. 290 с.
2. Банк лекций SIBLES.RU. Учебные материалы ОКСО 210000. Электронная техника, радиотехника и связь. Лекции для преподавателей и студентов вузов. URL: <https://sibles.ru/telekommunikatsii/seti-svyazi-i-sistemy-kommutatsii/8-osnovy-teorii-teletrafika> (дата обращения: 21.01.2020).
3. Лихтциндер Б.Я. Анализ трафика мультисервисных сетей. Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2015. 164 с.
4. Лихтциндер Б.Я. Интервальный метод анализа трафика мультисервисных сетей доступа. Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2015. 121 с.
5. Лихтциндер Б.Я. Анализ интервальных характеристик трафика с применением системы АМС. Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2018. 81 с.
6. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 288 с.
7. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. М.: Радио и связь, 1996. 270 с.
8. Наумов В.А., Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Теория телетрафика мультисервисных сетей. М.: Изд. РУДН, 2007. 191 с.
9. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. М.: Эко-Трендз, 2010. 391 с.
10. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения. М.: Горячая линия – Телеком, 2015. 867 с.
11. Моисеев В.И., Лихтциндер Б.Я. Система конвейерного интервального анализа видеотрафика, версия 1.0. Свидетельство о регистрации электронного ресурса ОФЭРН и О № 24372 от 12.12.2019.

Получено 01.06.2020

Лихтциндер Борис Яковлевич, д.т.н., профессор кафедры сетей и систем связей (ССС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 846 333-47-69. E-mail: lixht@psuti.ru

Ларина Валерия Анатольевна, студент ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 987 957-94-46. E-mail: valeriya-larina-2000@mail.ru

Бакай Юлия Олеговна, студент ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 901 942-01-12. E-mail: ov.bakai@gmail.com

Моисеев Виктор Игоревич, аспирант ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 342 256-56-44. E-mail: vim@psu.ru

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM PROGRAM FOR PIPELINED TELETRAFFIC ANALYSIS

Likhttsinder B.Ya., Larina V.A., Bakai Yu.O., Moiseev V.I.

Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation

E-mail: lixht@psuti.ru

This article provides an overview of the main features and functionality of the automated system program for pipelined teletraffic analysis. The principles of program development, system mathematical models are considered, the system for analyzing flows characteristics, fields performing the functions of adding, deleting and editing flows are described, description of additional fields of the system is also provided, description of such fields as the fields of the system defining and setting

general parameters used by the system, as well as analysis functions. You can also see the program interface in the article. The conclusion is made on the basis of a review of the main capabilities of the system, as well as presumably further functionality of the system, which allows to evaluate the effectiveness of use of automated system of pipelined teletraffic analysis. In addition, prospects for the development and further modernization of this system are considered.

Keywords: *automated system, multiservice networks, teletraffic, pipelined analysis, flows, development, packets, queues*

DOI: 10.18469/ikt.2020.18.3.10

Likhhtsinder Boris Yakovlevich, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Professor of Network and Communication Systems Department, Doctor of Technical Science. Tel. +7 846 333-47-69. E-mail: lixt@psuti.ru

Larina Valeriya Anatolievna, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Student. Tel. +7 987 957-94-46. E-mail: valeriya-larina-2000@mail.ru

Bakai Yulia Olegovna, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Student. Tel. +7 901 942-01-12. E-mail: ov.bakai@gmail.com

Moiseev Viktor Igorevich, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; PhD Student. Tel. +7 342 256-56-44. E-mail: vim@psu.ru

References

1. Likhhtsinder B.Ya. *Multiservice Access Network Traffic*. Moscow: Gorjachaja linija – Telekom, 2018, 290 p. (In Russian.)
2. *Lecture bank of SIBLES.RU. Educational materials OKSO 210000. Electronic engineering, radio engineering and communication. Lectures for teachers and university students*. URL: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/seti-svyazi-i-sistemy-kommutatsii/8-osnovy-teorii-teletrafika> (accessed 21.01.2020).
3. Likhhtsinder B.Ya. *Traffic Analysis of Multiservice Networks*. Samara: IUNL PGUTI, 2015, 164 p. (In Russian.)
4. Likhhtsinder B.Ya. *Interval Method for Traffic Analysis of Multiservice Access Networks*. Samara: IUNL PGUTI, 2015, 121 p. (In Russian.)
5. Likhhtsinder B.Ya. *Analysis of Interval Characteristics of Traffic Using the AMC System*. Samara: IUNL PGUTI, 2018, 81 p. (In Russian.)
6. Krylov V.V., Samohvalova S.S. *Teletraffic Theory and its Applications*. St. Petersburg: BHV-Peterburg, 2005, 288 p. (In Russian.)
7. Kornyshev Ju.N., Pshenichnikov A.P., Harkevich A.D. *Teletraffic Theory*. Moscow: Radio i svjaz', 1996, 270 p. (In Russian.)
8. Naumov V.A., Samujlov K.E., Jarkina N.V. *Teletraffic Theory of Multiservice Networks*. Moscow: Izd. RUDN, 2007, 191 p. (In Russian.)
9. Stepanov S.N. *Teletraffic Basics of Multiservice Networks*. Moscow: Eko-Trendz, 2010, 391 p. (In Russian.)
10. Stepanov S.N. *Teletraffic Theory: Concepts, Models, Applications*. Moscow: Gorjachaja linija – Telekom, 2015, 867 p. (In Russian.)
11. Moiseev V.I., Likhhtsinder B.Ya. Pipeline interval video traffic analysis system, version 1.0. *Svidetel'stvo o registratsii elektronnoogo resursa OFERN i O № 24372 ot 12.12.2019*.

Received 01.06.2020