

УДК 621.3: 004

**АППРОКСИМАЦИЯ MULTICAST ТРАФИКА
С ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЯ ЛИНДЛИ****Киреева Н.В., Чупахина Л.Р.,
Караулова О.А.***ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций
и информатики», Самара,
e-mail: garip4ik555@mail.ru, zeppelinsn@yandex.ru.*

Исследован multicast трафик, обладающий признаками самоподобия. По результатам измерения сетевого трафика рассмотрены вероятности интенсивности видеотрафика, которые описываются распределениями с «тяжелым хвостом» – Вейбулла и Парето. Данные распределения позволяют описать снятый трафик и аппроксимировать функции распределений интервалов времени между пакетами и длительности обслуживания суммой затухающих экспонент. Параметры, полученные при рассмотренной аппроксимации, используются для решения интегрального уравнения Линдли спектральным методом.

Ключевые слова: анализ трафика сети, распределение Вейбулла, распределение Парето, самоподобие, видеоконференция, качество обслуживания

**APPROXIMATION OF THE MULTICAST TRAFFIC BY USING
THE LINDLEY EQUATION****Kireeva N.V., Chupakhina L.R.,
Karaulova O.A.***Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara,
e-mail: garip4ik555@mail.ru*

Researched multicast traffic that has characteristics of self-similarity. By measuring network traffic describes the probability of the intensity of traffic, which are described by distributions with «heavy tail» – the Weibull and Pareto. These distributions allow us to describe the removed traffic and to approximate the distribution functions of time intervals between packets and duration of service sum of exponentially decaying functions. The parameters obtained in the considered approximation are used to solve the integral equation Lindley spectral method.

Keywords: analysis of a traffic of a network, the Pareto distribution, Weibull distribution, self-similarity, videoconference, QoS

В современных условиях видеотрафик является наиболее приоритетным, так как все современные технологии поддерживают данный тип трафика. Этот тип трафика высокочувствителен и критичен к задержкам. В связи с этим очень важно спрогнозировать средние характеристики качества обслуживания (QoS). Одним из более актуальных видеотрафиков является трафик видеоконференций, который требует большую пропускную способность и минимизацию времени доставки видеок кадров до получателя. Для проведения видеоконференций используется трафик реального времени, который предоставляет мультимедийные сервисы передачи информации между пользователями в реальном масштабе времени. Передача видеоконференции предъявляет высокие требования к параметрам качества обслуживания, а именно к задержкам, джиттеру, потерям пакетов, пропускной способности и др. Для до-

стижения оптимальных значений качества обслуживания используются разные принципы передачи трафика реального времени (unicast, multicast).

В работе [1] были исследованы характеристики разных типов видеотрафика. Регистрация трафика велась по схеме, изображенной на рис. 1. В данной работе рассматривается аппроксимация видеотрафика с помощью уравнения Линдли для multicast трафика.

В результате проведенного исследования [1] была получена реализация зарегистрированного multicast трафика с помощью Wireshark, представленная на рис. 2.

Данный трафик характеризуется сильной неравномерностью интенсивности поступления пакетов. Пакеты не плавно рассосредоточены по разным интервалам времени, а группируются в одних интервалах или рассосредоточены в иных интервалах времени.

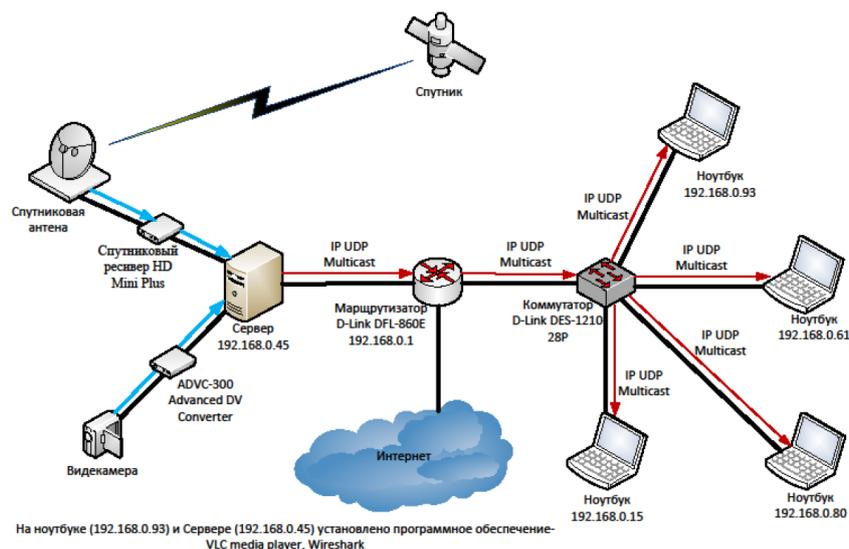


Рис. 1. Регистрация видеоданных, метод передачи – multicast

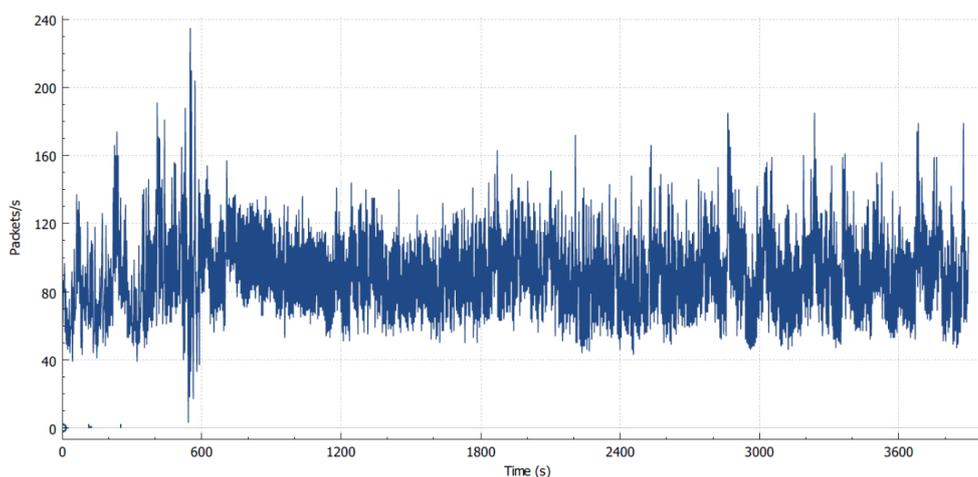


Рис. 2. Реализация multicast видеотрафика

Исходя из полученной реализации видеотрафика, изображенной на рис. 2, можно сделать вывод о том, что данный трафик обладает свойствами самоподобия. С помощью ПО Fractan была определена степень самоподобия и определен параметр Херста, который составил $H=0,5249$. Данный результат говорит о наличии свойств самоподобия исследуемого multicast видеотрафика.

Самоподобный характер multicast видеотрафика затрудняет аналитические расчеты показателей качества функционирования с помощью классических методик теории массового обслуживания, поэтому актуальнее применять аппроксимации ре-

альных функций плотностей вероятностей интервалов времени между пакетами и длин пакетов.

Проведено исследование вероятностей интенсивности multicast видеотрафика. С помощью ПО EasyFit построены гистограммы распределений случайных величин интенсивности. Для полученных гистограмм по критериям согласия Колмогорова-Смирнова, подобраны аппроксимирующие распределения из библиотеки EasyFit. На рис. 3 изображено распределение случайных интервалов времени между пакетами, а на рис. 4 распределение длин пакетов входного трафика.

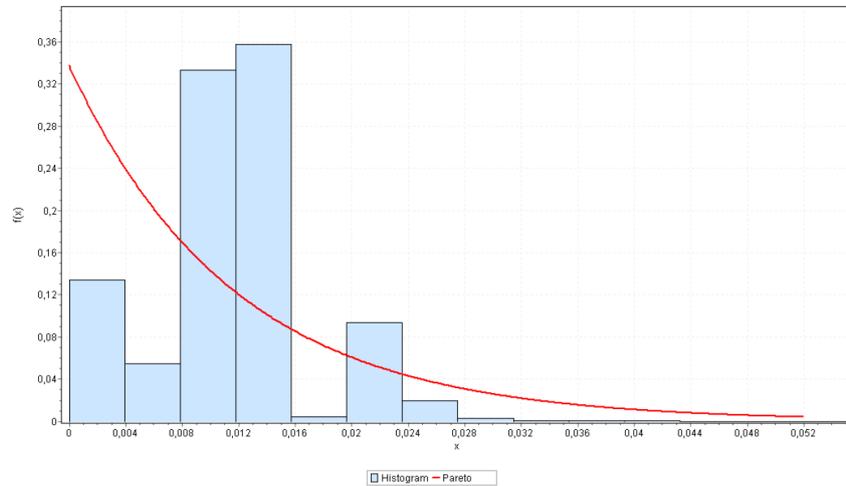


Рис. 3. Распределение Pareto – распределение случайных интервалов между пакетами

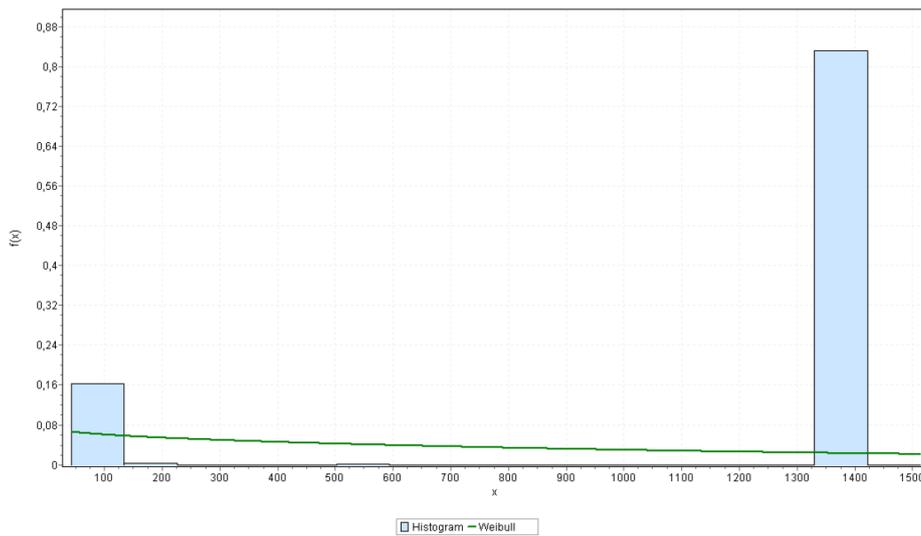


Рис. 4. Распределение Weibull – распределение длин пакетов входного трафика

Как было сказано выше, анализ характеристик видеотрафика multicast проведен с использованием интегрального уравнения (ИУ) Линдли [2].

Исследование метода расчета ИУ Линдли производится по спектральному методу, где неизвестную функцию плотности распределения времени ожидания можно найти, решая данное уравнение и представляя входные функции распределений в виде суммы затухающих экспонент.

Уравнение Линдли имеет следующий вид [3]:

$$F(x) = \int_0^{\infty} K(x-y)dF(y),$$

где F – функция распределения времени ожидания требования в очереди; K – ядро, связывающее произвольную функцию распределения вероятностей интервалов времени между поступлениями соседних тре-

бований $A(t)$ и произвольную функцию распределения длительности обслуживания требований $B(t)$.

Суть классического (спектрального) метода [3] решения уравнения Линдли заключается в следующем.

Необходимо для выражения

$$A(-s)B(s) - 1$$

найти подходящее представление в виде:

$$A(-s)B(s) - 1 = \frac{\Psi_+(s)}{\Psi_-(s)}, \quad (1)$$

где $A(s)$ и $B(s)$ – преобразование Лапласа плотности распределения промежутков времени между поступлениями пакетов и плотности распределения времени обслуживания, соответственно.

Поэтому после получения гистограмм и определения параметров функций (Паре-

то и Вейбулла) производим аппроксимацию в виде сумму затухающих экспонент. Метод решения ИУ Линдли можно применить, если для плотностей вероятности $a(t)$ и $b(t)$, соответствующих распределениям $A(t)$ и $B(t)$, использовать аппроксимацию в виде суммы затухающих экспонент [4]

$$a(t) = \sum_{k=1}^n a_k e^{-\alpha_k t},$$

$$b(t) = \sum_{k=1}^l b_k e^{-\beta_k t},$$

Согласно методу, изложенному выше для $a(t)$ – распределения Парето с параметрами $\alpha_1 = 0,33$, $\beta_1 = 42$, можно предложить аппроксимацию в виде:

$$a(t) = \sum_{k=1}^5 a_k e^{-\alpha_k t} = a_1 e^{-\frac{t}{m}} + a_2 e^{-\frac{2t}{m}} + a_3 e^{-\frac{3t}{m}} + a_4 e^{-\frac{4t}{m}} + a_5 e^{-\frac{5t}{m}},$$

где $\alpha_k = \frac{k}{m}$, $m = 8$. Абсолютная погрешность аппроксимации $R(t) = 0,029$.

Аналогично для $b(t)$ – распределения Вейбулла с параметрами $\alpha = 0,934$, $\beta = 1571$ аппроксимация в виде суммы затухающих экспонент:

$$b(t) = \sum_{k=1}^5 b_k e^{-\beta_k t} = b_1 e^{-\frac{t}{m}} + b_2 e^{-\frac{2t}{m}} + b_3 e^{-\frac{3t}{m}} + b_4 e^{-\frac{4t}{m}} + b_5 e^{-\frac{5t}{m}},$$

где $\beta_k = \frac{k}{m}$, $m = 71,5$. Абсолютная погрешность аппроксимации $R(t) = 0,0001$.

В результате для системы $P/W/1$ с данными параметрами распределения функция распределения времени ожидания $F(x)$ имеет следующий вид (рис. 5)

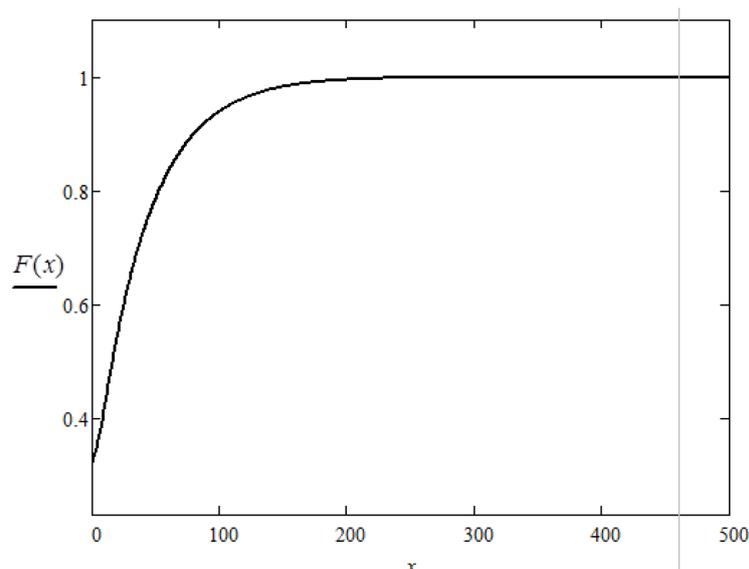


Рис. 5. График функции распределения времени ожидания $F(x)$

Значение функции распределения времени ожидания $F(x)$ в нулевой точке определяет вероятность отсутствия очереди, то есть новое требование не стоит в очереди.

Соответственно, согласно [3] было определено среднее время ожидания пакета в очереди $t_{cp} = 29,46$ в выбранных ед. вр.

Выводы

В современных условиях применения видеотрафика является наиболее приоритетным, и в силу того, что в основном используются такие приложения как интерактивные видеоконференции, видео по запросу и потоковое видео в реальном времени. Требования к QoS для различного рода трафика отличается, однако существует ряд критичных характеристик (задержки, джиттер, потеря пакетов). Поэтому рассмотрение прогнозирования поведения реального видеотрафика в передающей среде остается открытым и актуальным вопро-

сом. В данной работе показано, что наличие самоподобия в данном трафике затрудняет применять известные на данный момент способы проверки и моделирования.

Проведенное исследование с применением спектрального метода решения ИУ Линдли позволяет определить функции распределения времени ожидания и среднее время ожидания пакета в очереди.

Список литературы

1. Исследование характеристик видеотрафика мультисервисной сети / О.А. Караулова // Сборник докладов 71-й Международной конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий». – Т. 2, 2016. – С. 320 – 321.
2. Карташевский В.Г. Основы теории массового обслуживания / В.Г. Карташевский. – М.: Радио и связь, 2006. – 107 с.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
4. Метод аппроксимации произвольной плотности распределения суммами экспонент / И.А. Блатов, В.Г. Карташевский, Н.В. Киреева // Вестник ВГУ. – 2013. – № 2. – С. 53–57.