



параметрами формирующего фильтра, но и в подсистеме, управляющей движением актуаторов платформы. Также интересным представляется построение формирующего фильтра полностью на основе технологий нечеткого или приближенного управления.

Литература

1. R.A. Peters, Dynamics of the vestibular system and their relation to motion perception, spatial disorientation and illusions. Technical report NASA-CR-1309, NASA Ames Research Center, 1969.
2. S.F. Schmidt, B. Conrad, Motion Drive Signals for Piloted Flight Simulators. Technical report NASA-CR-1601, May 1970.
3. L.D. Reid, M.A. Nahon Flight simulation motion-base drive algorithms. Part 1, 2. UTIAS Report №307, May 1986.
4. R.J. Telban, F.M. Cardullo, Motion cueing algorithm development: human-centered linear and nonlinear approaches. Technical report NASA-CR-2005-213747, Langley Research Center, May 2005.
5. Z. Pawłak, Rough sets. International Journal of Computer and Information Sciences, No.11, pp.341-356, 1982.

Д.В. Самойлова

МОДЕЛЬ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ЗАДЕРЖКИ ПАКЕТОВ НА ФИЗИЧЕСКУЮ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННУЮ КОМПОНЕНТЫ

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва)

Современные телекоммуникации предъявляют требования к качеству соединений. Для оценки качества соединений разработаны стандарты IETF, объединённые под общим названием IPPM. IP Performance Metrics (IPPM) – это метрики, которые описывают качество, производительность, и надёжность приложений, доставляющих данные через Интернет. Основными IPPM метриками являются: односторонняя задержка (OWD), двусторонняя задержка (RTT), джиттер (вариация задержки), потеря пакетов, доступная полоса [1]. По стандарту ITU-T Y.1541 средняя задержка передачи пакетов не более 100 (мс) и джиттер не более 50 (мс) для приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, характеризуются высоким уровнем интерактивности, а для интерактивных приложений с использованием спутниковой линии связи не более 400 (мс) и не более 50 (мс) соответственно [2].

Задержка пакетов является важным параметром производительности и быстродействия компьютерной сети. Исследование задержки пакетов важно для задач математического моделирования передачи трафика по сети, систем реального времени, а также для исследования характеристик производительности сетей. Задержка используется в оценивании качества сети для VoIP-голос,



VoIP-видео, интернет – телевидения и других приложений реального времени [3].

Для всех вышеперечисленных приложений требуется знать тип распределения задержки пакетов. В данной области было проведено много исследований. В 1999 году Elteto и Molnar провели исследования двухсторонней задержки в сети оператора Эрикссон. Тип распределения соответствовал усечённому нормальному распределению с некоторыми нарушениями [4]. Исследования проводились и с помощью специального измерительного механизма NetTestBox, разработанного в СГАУ [5]. В ходе данных исследований был сделан вывод, что для описания процессов задержки пакетов в глобальных сетях, следует выбирать экспоненциальное распределение [6].

Целью данной работы, является модернизация генерирующей функции для односторонней задержки, с достаточной точностью аппроксимирующей экспериментальные данные, полученные в ходе исследования. Для этого необходимо уточнить тип распределения задержки.

Одним из основных понятий является определение односторонней задержки пакетов (one-way delay). Односторонняя задержка пакетов – это время необходимое для передачи пакета по сети от источника до получателя [7]. При этом отсчеты времени должны быть синхронизированы для достижения хотя бы минимальной точности.

Исследования показали, что компоненты задержки D имеет разную природу. В ней можно выделить две основных составляющих, физическую и телекоммуникационную компоненты. Постоянная составляющая даёт оценку сверху для физической компоненты задержки D_{phys} ($D_{phys} \leq D_{min}$). Переменная часть может быть использована для описания телекоммуникационной компоненты [2].

$$D = D_{phys} + D_{tel}$$

Телекоммуникационная компонента описывается теорией массового обслуживания, в ней можно выделить два основных члена:

$$D_{tel} = \frac{W}{B} + d_{var}$$

где W – размер пакета, B – доступная полоса пропускания, d_{var} – переменная часть задержки при фиксированном размере пакета.

Для уточнения типа распределения переменной компоненты задержки d_{var} необходимо провести большое количество измерений с высокой точностью. Главной проблемой является высокая точность измерения задержки, которая может быть достигнута только при синхронизации времени на обоих концах маршрута.

NetTestBox - аппаратно-программный комплекс, который измеряет одностороннюю задержку, джиттер, потери пакетов и доступную полосу пропускания между удалёнными узлами. Данная измерительная технология использует синхронизацию времени с помощью GPS/ГЛОНАСС приемников [5]. Пока задействовано четыре измерительных узла. В качестве основного маршрута был взят маршрут Самара – университет Миссури, Колумбия, США.



На основе полученных данных от NetTestBox была построена функция распределения для сетевой задержки D $F(D) = P(\alpha \leq D)$. В результате построения получено экспериментальное распределение, которое приведено на рисунке 1.

Для построения теоретической зависимости была выбрана сумма усеченного нормального и экспоненциального распределений с весовым коэффициентом $k=0.1$:

$$F(D) = kF^u(D) + (1 - k)F^e(D)$$

где $F^u(D)$ - компонента, распределенная по усеченному нормальному закону, $F^e(D)$ - компонента, распределенная по экспоненциальному закону.

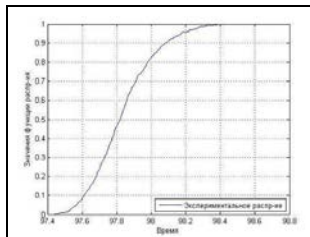


Рисунок 1 – Экспериментальное распределение OWD

Ключевым этапом проверки гипотез об аппроксимации экспериментальных данных с помощью рассматриваемых функций распределения в данной работе служит критерий Хи-квадрат. Основные этапы проверки приведены далее. На первом этапе все данные разбиваем на N интервалов:

$$N = \lfloor 1 + 3.32 \cdot \lg n \rfloor + 1,$$

где n – объем выборки.

При разбиении значений по интервалам следует учесть, что минимальное число значений в интервале равно 5 [8]. Для вычисления статистики критерия воспользуемся формулой:

где N – число интервалов разбиения, n – объем выборки, v_i – число значений в i -ом интервале, P_i – теоретическая вероятность попадания значений выборки в интервал.

В результате расчетов получили, что χ^2 . Для того чтобы принять или отвергнуть статистическую гипотезу необходимо данное значение сравнить с пороговым значением критерия. Пороговое значение находится по формуле:

где N – число интервалов разбиения, α - уровень значимости.

Для уровня значимости $\alpha = 0,01$ получаем, что $\chi^2_{crit} = 3,84$, так как $\chi^2 < \chi^2_{crit}$, следовательно, гипотеза принимается. На рисунке 2 изображено теоритическое и экспериментальное распределение.

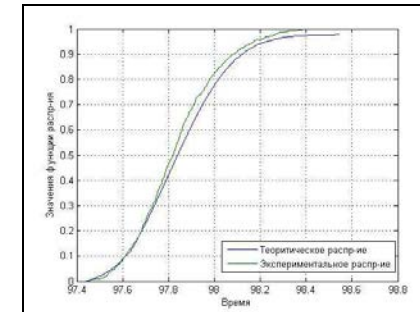


Рисунок 2 – Теоритическое и экспериментальное распределение OWD

В результате проведенных тестов установлено, что модернизированное распределение, состоящее из суммы экспоненциального и усеченного нормального распределений с весовыми коэффициентами, можно рассматривать, как истинное описание сетевой задержки. Следует отметить, что временной интервал в течение, которого собирались данные, равен 9 часам.

Литература

1. Paxson V. et al. IETF RFC 2330: Framework for IP performance metrics. – 1998.
2. Rec I. T. U. Y. 1541: Network Performance Objectives for IP-Based Services //International Telecommunication Union, ITU-T. – 2003.
3. Calyam P., Lee C. G. Characterizing voice and video traffic behavior over the Internet //International Symposium on Computer and Information Sciences (ISCIS). – 2005.
4. Eltető T., Molnar S. On the distribution of round-trip delays in TCP/IP networks //Local Computer Networks, 1999. LCN'99. Conference on. – IEEE, 1999. – С. 172-181.
5. Vinogradov N. I., Sagatov E. S., Sukhov A. M. Device for measuring one-way network delay with microsecond accuracy //Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), 2015 23rd. – IEEE, 2015. – С. 133-136.
6. Sukhov A.M., Astrakhantseva M.A., Pervitsky A.K., Boldyrev S.S., Bukatov A.A., Generating a Function for Network Delay, will be published in Journal of High Speed Networks
7. Almes G., Kalidindi S., Zekauskas M. RFC 2679: A one-way delay metric for IPPM //Internet Society (Sep. 1999). – 1999. – С. 1-20.
8. Денискина Е. А., Коломиец П. Э. Статистический анализ данных: Методические указания к расчетной работе / СГАУ Самара, 2004.