

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАК ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Евгений Кушниренко, Галина Гайворонская

Аннотация: Проанализировано влияние пропускной способности на удовлетворение требований пользователей различных услуг с разнящимся типом передаваемой информации с целью включения показателя пропускной способности в ряд параметров качества обслуживания пользователя в телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, качество обслуживания, пропускная способность, корреляция, показатель качества.

ACM Classification Keywords: C.4 Performance of systems, C.2. Computer-communication networks, H. Information Systems - H.1 Models and Principles

Введение

Концепции качества обслуживания уделяется большое количество внимания в сфере информационных сетей. По мнению производителей сетевого оборудования, качество обслуживания отвечает возможности сети предоставлять гарантированные значения сетевых параметров при предоставлении различных услуг и наличия высокой нагрузки в базовых сетях, включая те, которые построены на технологии ретрансляции кадров, асинхронного режима передачи, *Ethernet*, а также сетях, которые используют маршрутизацию по протоколу *IP*.

Согласно определению, которое дано международным союзом электросвязи (МСЭ) в рекомендации *E.800*, качество обслуживания – совокупность характеристик инфокоммуникационных услуг, которые определяют уровень удовлетворения потребностей пользователя инфокоммуникационных услуг (ИКП). Также указано, что качество обслуживания сочетает эффективность сетевых и несетевых параметров. К параметрам сети, например, можно отнести частоту ошибок, пропускную способность, задержку и т. д., к несетевым параметрам – время простоя, время восстановления, диапазон тарифов и время решения проблем

технического характера. Список критериев качества обслуживания для практической реализации зависит от услуг и их актуальности для разных типов пользователей [Cisco, 2009]. Определение качества обслуживания со стороны производителей сетевого оборудования можно дать следующим образом: качество обслуживания – это набор технологий, которые позволяют программным приложением производить запросы и получать прогнозируемые уровни обслуживания, обеспечивая определенные параметры пропускной способности, задержки и ее вариации [ITU, 2008].

Проблемой обеспечения качества обслуживания, методами ее оценки, и определением параметров качества обслуживания занимается исследовательская комиссия (ИК, англ.: *Study Group, SG*) МСЭ №12, название которой „Показатели работы, качество обслуживания и пользовательская оценка качества услуг”. Основные серии рекомендаций, которые были разработаны данной комиссией и вступили в силу в качестве международных рекомендаций, включают документы серий *E* (Общая эксплуатация сети, телефонная служба и человеческий факторы), *G* (Системы и среда передачи, цифровые системы и сети), *P* (Качество телефонной передачи, телефонное оборудование, сети местных линий), *I* (Цифровые сети интегрального обслуживания), *Y* (Глобальная информационная инфраструктура, проблемы протокола интернет (*IP*) и сетей следующего поколения) [ITU]. Другими словами, можно констатировать, что на примере проблем, которые рассматриваются МСЭ, качество обслуживания, параметры и методы обеспечения и оценки качества являются обязательной составляющей полноценной базы стандартов и рекомендаций для построения телекоммуникационных сетей.

Рекомендация *E.800* определяет качество обслуживания, как, совокупность характеристик услуг электросвязи, которые устанавливают уровень удовлетворения потребностей пользователя услуг. Это определение не раскрывает методов объективного оценивания, однако оно дает возможность на основе анализа рабочих характеристик применений выбрать объективные показатели качества обслуживания.

Вместе с рекомендациями *Y.1540*, *Y.1541*, *Y.1561*, рекомендация *G.1010* определяет некоторые ключевые параметры качества обслуживания, однако выделяет те, которые самым значительным образом влияют на пользователя. К таким параметрам, относятся: задержка, вариация задержки и потеря информации. При этом рекомендация допускает, что с точки зрения конечного пользователя, количество параметров, которое влияет на качество предоставленных ИКП значительно больше. В частности, указано: „С точки зрения пользователя, понятие задержки также включает в себя эффекты других сетевых параметров, таких как пропускная способность...” [ITU, 2001].

Постановка задачи корреляционного анализа пропускной способности

В сложившейся ситуации с помощью методов многомерного статистического анализа решено проанализировать, как пропускная способность (которая является теоретическим максимумом значений таких параметров, как скорость передачи, или скорость доступа к глобальной сети) влияет на удовлетворение потребностей пользователей телекоммуникационных сетей, а также, – как пропускная способность влияет на востребованность различных типов услуг. Многомерным статистическим анализом является раздел математической статистики, который анализирует методы сбора и применения многомерных статистических данных, их систематизацию и обработку с целью выявления характера и структуры взаимосвязи между компонентами исследуемого многомерного признака, получения практических выводов. Результатом такого анализа будет вывод о корреляции разных типов показателей между собой [Wikipedia].

Формирование входных данных корреляционного анализа пропускной способности

В работе в качестве сферы исследования выбраны услуги, которые предоставляются международной глобальной сетью Интернет. Такой выбор можно объяснить чрезвычайной популярностью, наибольшей распространенностью, а также наибольшим списком услуг и приложений, которые предоставляются через Интернет на сегодняшний день. В качестве предмета исследования выбраны данные, касательно количества пользователей таких порталов, как *YouTube* (согласно данным [Audience] – самого популярного портала потокового видео в Украине) и *Wikipedia* (один из самых популярных в мире энциклопедических ресурсов) и показатели средней скорости доступа к Интернет в Украине, начиная с первого квартала 2012 г., заканчивая вторым кварталом 2014 г.

Данные касательно средней скорости доступа к Интернет в Украине взяты из международного статистического ресурса „*Statista*” [Statista], объем ежегодной выборки ресурса составляет 1-3 млн. пользователей сети Интернет из Украины. Данные касательно популярности услуг сети Интернет среди украинской аудитории взяты из ресурса „Интернет аудитория Украины” [Audience], объем выборки составил 16 млн. пользователей Интернет, которые, ориентировочно, составляют полную численность пользователей сетью Интернет в Украине (Таблица 1).

Таблица 1. Входные данные анализа многомерной выборки

Квартал и год	Популярность услуги		Средняя скорость доступа к сети Интернет в Украине, Кбит/с
	<i>YouTube</i> , чел.	<i>Wikipedia</i> , чел.	
I.2012	6423485	4633574	4378
II.2012	6374042	5139617	4540
III.2012	6949117	5558722	4586
IV.2012	7326927	5792115	4792
I.2013	7115078	5440411	5717
II.2013	6623731	5349923	6767
III.2013	7483400	5456211	7978
IV.2013	7823921	5812469	7325
I.2014	8536108	5837990	8130

Решение задачи корреляционного анализа пропускной способности

Корреляция между скоростью доступа к сети Интернет и количеством пользователей соответствующих услуг определяется, по следующей методике.

Сначала определяется, коррелируют ли между собой средняя скорость доступа к сети Интернет в Украине и количество украинских пользователей портала потокового видео *YouTube*. После чего, определяется наличие корреляции между средней скоростью доступа к сети Интернет в Украине и количеством украинских пользователей энциклопедического ресурса *Wikipedia*. Наличие корреляции устанавливается при помощи коэффициента корреляции, Спирмена, Фехнера и Кендалла для каждого из двух случаев. В Таблице 1, приведены входные данные, которые используются для расчета коэффициентов корреляции [Studopedia], то есть математической меры зависимости двух случайных величин

$$r = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n * \delta_x * \delta_y} \quad (1)$$

где \bar{x} , \bar{y} – математическое ожидание, δ – среднеквадратическое отклонение, n – количество наблюдений.

Результат расчета этого коэффициента приведено в Таблицах 2 и 3 соответственно для каждой пары выборок.

Коэффициент Фехнера – это оценка степени согласованности направлений отклонений индивидуальных значений факторных и результативных признаков от средних значений факторных и результативных признаков [Studopedia]. Для определения коэффициента Фехнера воспользуемся формулой:

$$K_{\phi} = \frac{C - H}{C + H} \quad (2)$$

где C , H – количество случаев для которых по паре признаков X , Y наблюдается соответственно совпадение (C) или расхождение (H) знаков отклонения для средних уровней.

Результат расчета этого коэффициента приведен в Таблицах 2 и 3 соответственно для каждой пары выборок.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена является непараметрической мерой статистической зависимости между двумя переменными. Он оценивает насколько точно можно описать отношения между двумя переменными при помощи монотонной функции [Studopedia]. Для определения коэффициента Спирмена использовано формулу:

$$K_c = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3)$$

где $\sum d^2$ – сумма квадратов разных рангов, n – число парных наблюдений.

Результат расчета этого коэффициента аналогично приведен в Таблицах 2 и 3 соответственно для каждой пары выборок.

Коэффициент корреляции Кендалла – мера линейной связи между случайными величинами. Корреляция Кендалла является ранговой, то есть для оценки силы связи используются не численные значения, а соответствующие им ранги. Коэффициент инвариантный по отношению к любому монотонному преобразованию шкалы измерения [Studopedia]

$$K_k = \frac{2S}{n(n-1)} \quad (4)$$

где n – количество наблюдений, $S = Q - P$.

При расчете S учитывается частота нарушения порядков следования по признаку y , при условии, что по признаку x ранги следуют один за другим строго упорядочено.

Следовательно, проведя все необходимые вычисления, мы получили результаты, предоставленные в Таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Результаты вычисления коэффициентов между средней скоростью доступа к сети Интернет в Украине и количеством украинских пользователей *YouTube*

Коэффициент корреляции	Коэффициент Фехнера	Коэффициент Спирмена	Коэффициент Кендалла
0,848	0,8	0,988	-0,956

Таблица 3. Результаты вычисления коэффициентов между средней скоростью доступа к сети Интернет в Украине и количеством украинских пользователей *Wikipedia*

Коэффициент корреляции	Коэффициент Фехнера	Коэффициент Спирмена	Коэффициент Кендалла
0,574	0,2	0,988	-0,956

Согласно полученным данным, можно сделать вывод, что в первом случае показатели корреляции очень высоки (больше 0,7 по модулю) и имеет место быть зависимость одного

показателя от другого, а именно количество украинских пользователей услугой потокового видео *YouTube* действительно зависит от средней скорости доступа к сети Интернет в Украине. Во втором же случае, корреляция является менее выраженной из-за малых значений показателей коэффициента корреляции и коэффициента Фехнера (меньше 0,7 по модулю) и поэтому мы не можем однозначно утверждать про то, что количество украинских пользователей энциклопедического сервиса *Wikipedia* однозначно зависит от средней скорости доступа к сети Интернет в Украине.

Заключение

Результаты анализа свидетельствуют о том, что с увеличением показателя пропускной способности сети, пользователи стремятся к получению более требовательных к производительности сети услугам, которые при меньших значениях пропускной способности не могли удовлетворить потребности всех пользователей сети. Следовательно, для дальнейшего повышения общего качества обслуживания в телекоммуникационных сетях, а также для дальнейшего побуждения всё большего числа клиентов к пользованию требовательными услугами, следует рассматривать параметр пропускной способности как один из самых основных, формирующих как итоговую оценку качества обслуживания, так и аудиторию пользователей телекоммуникационной сети.

Литература

- [Audience] Интернет аудитория Украины, <http://www.audience.com.ua>
- [Cisco, 2009] Cisco QoS Frequently Asked Questions, <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/22833-qos-faq.html>
- [ITU, 2001] ITU G.1010 "End-user multimedia QoS categories"// ITU Recommendation, 2001
- [ITU, 2008] ITU E.800 „Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and definitions related to the quality of telecommunication services”// ITU Recommendation, 2008.
- [ITU] Международный союз электросвязи, <http://www.itu.int/ru/ITU-T/groups/Pages/default.aspx>
- [Statista] Statista, <http://www.statista.com/>
- [Studopedia] Студопедия, Методы стохастического анализа, http://studopedia.net/10_1152_metodi-stohastichnogo-korelyatsijnogo-faktornogo-analizu.html
- [Wikipedia] Свободная энциклопедия Википедия, <http://uk.wikipedia.org/wiki/Кореляция>

Информация об авторах



Евгений Кушниренко – факультет информационных технологий и кибербезопасности ОНАПТ, магистр кафедры информационно-коммуникационных технологий;; Украина, Одесса, 65026, ул. Дворянская, 1/3; тел. (093)-159-48-74; e-mail: betreyer@yandex.ru.

Области научных исследований: качество обслуживания в телекоммуникационных сетях: модели, механизмы, параметры



Галина Гайворонская – факультет информационных технологий и кибербезопасности ОНАПТ, д.т.н., профессор, зав. кафедрой информационно-коммуникационных технологий, советник ректора по инфокоммуникациям; Украина, Одесса, 65026, ул. Дворянская, 1/3; тел. (048)-720-91-48; e-mail: gsgayvoronska@gmail.com

Области научных исследований: оптимизация переходных периодов при эволюции телекоммуникационных сетей. Потoki вызовов, нагрузка и межузловое тяготение в сетях. Проблемы создания сетей доступа. Проблема построения полностью оптических сетей и систем коммутации.

Analysis of Usage of Throughput as a Parameter of Quality of Service of User of Telecommunication Network

Yevhen Kushnirenko, Galyna Gayvoronska

Abstract: Analyzed impact of throughput on demands satisfaction of users of different services with different types of information transmission with the purpose to include throughput in a number of quality of service parameters of user of telecommunication network.

Key words: telecommunication network, quality of service, throughput, correlation, quality index.