

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗКИ В СЕТИ СТАНДАРТА IEEE 802.11

А. С. Викулов^{1*}, А. И. Парамонов¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: asv012016@gmail.com

Аннотация

Задача проектирования современных БЛВС неотъемлемо связана с выбором корректной модели, для которой требуется однозначно определить исходные параметры. Поэтому, для определения потребных режимов работы на канальном уровне необходимо понимать значения нагрузки, которые важны для решения задач оценки производительности и проектирования. **Предмет исследования.** Статья посвящена определению практических значений нагрузки, достигаемых в реально развернутых беспроводных сетях различного назначения. **Метод.** С помощью системы мониторинга и управления БЛВС собрана и в дальнейшем обработана информация о пользовательских соединениях в двух сетях. **Основные результаты.** Получены распределения размеров кадров и средней интенсивности их передачи в рамках установленной пользовательской сессии. **Практическая значимость.** Полученные оценки для данных характеристик дают возможность, как применять их при построении моделей, так и оценивать режимы работы БЛВС.

Ключевые слова

IEEE 802.11, сетевая нагрузка, характеристики трафика, Wi-Fi.

Информация о статье

УДК 004.725.5

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 19.11.17, принята к печати 01.12.17.

Ссылка для цитирования: Викулов А. С., Парамонов А. И. Исследование нагрузки в сети стандарта IEEE 802.11 // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 4. С. 1–7.

IEEE 802.11 WLAN LOAD ANALYSIS

A. Vikulov^{1*}, A. Paramonov¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: asv012016@gmail.com

Abstract—The modern WLANs design is closely connected with the choice of the correct model, which requires to define the initial parameters. Therefore, in order to determine the required modes of operation at the data link layer, it is necessary to understand the load values that are important for solving

the problems of performance and design evaluation. **Research subject.** The present work is devoted to the determination of practical reference points for the values of the network load in two different wireless networks. **Method.** The analysis is based on data collected by the deployed monitoring and management system in both WLANs. **Core results.** The statistical distributions of the average frame size and traffic intensity have been constructed. **Practical relevance.** The estimations of the characteristics can be used both in modelling and in the WLAN operation modes determination.

Keywords—IEEE 802.11, network load, traffic characteristics, Wi-Fi.

Article info

Article in Russian.

Received 19.11.17, accepted 01.12.17.

For citation: Vikulov A., Paramonov A.: IEEE 802.11 WLAN Load Analysis // Telecom IT. 2017. Vol. 5. Iss. 4. pp. 1–7 (in Russian).

Введение

Задача проектирования современных БЛВС неотъемлемо связана с выбором корректной модели, для которой требуется однозначно определить исходные параметры. Их выбору и обработке на большом эмпирическом материале посвящена работа [1]. Важно понимать, что необходимость выбора ряда механизмов канального уровня, таких как агрегирование кадров и выбор ширины частотного канала напрямую связана с нагрузкой на канал, как в целом, так и со стороны отдельного пользователя. Поэтому, для определения потребных режимов работы на канальном уровне, помимо собственно внешних условий среды, в которой идет работа необходимо понимать значения нагрузки, которые важны для решения задач оценки производительности и проектирования. Определению практических ориентиров значений нагрузки и посвящена данная работа.

Длительность пользовательских соединений изучалась в рамках работ [1, 2, 3]. В работе [1] помимо этого были изучены распределения размеров кадров. Практическим исследованиям характеристик трафика в беспроводных сетях посвящены, в частности, работы [4, 5, 6]. В рамках текущей работы, мы сфокусируемся на средней интенсивности кадров, для отдельных соединений «клиент-ТД» в рамках двух отдельных БЛВС, построенных в соответствии со всеми ключевыми рекомендациями производителя¹. Помимо этого, обратим внимание на распределение размера кадров по пользовательским сессиям, что также в высшей степени важно для оценки производительности.

Постановка задачи и обзор исследуемых БЛВС

Целью данного исследования является описание нагрузки в двух БЛВС. Это описание делается на основе статистического анализа данных мониторинга трафика БЛВС, полученных за достаточно продолжительный период наблюдения. Обе БЛВС построены на базе решения Cisco Systems. Сбор статистических данных в них выполнялся программным комплексом Cisco Prime Infrastructure версии 3.1.

¹ Cisco Enterprise Mobility 8.1 Design Guide. Cisco Press. 2017.

Характеристики сетей и основные параметры мониторинга приведены в таблице 1. Каждая БЛВС поддерживает последнюю версию стандарта 802.11a/b/g/n/ac².

В БЛВС №1, были собраны статистические данные о пользовательских соединениях за период (13.02.2017 – 13.03.2017). Сеть № 1 развернута в крупной гостинице Санкт-Петербурга. Вторая исследованная БЛВС (№ 2) была развернута в производственных и офисных помещениях крупного завода в Московской области. В БЛВС завода мониторинг также производился в течение 28 дней (19.04.2017 – 17.05.2017). Обе сети уже рассматривались авторами [1, 2] с позиции исследований характеристик трафика. В обоих случаях БЛВС поддерживаются на высоком уровне доступности, поскольку беспроводной доступ является критичным для решения бизнес-задач обеих компаний.

Таблица 1.

Параметры сбора данных

Параметр	Ед. изм.	БЛВС	
		№1	№2
Число точек доступа (ТД) в БЛВС	шт.	369	62
Совокупное время мониторинга	Час	672	672
Площадь покрытия сети WLAN	кв.м	136000	29760
Средняя площадь покрытия на ТД	кв.м	300	480
Число зарегистрированных пользователей	шт.	8473	431
Общее число учтенных сессий клиент-ТД	шт.	334474	76748

Особо отметим факт различного назначения двух сетей, разного типового сценария работы пользователя, разного перечня сетевых сервисов и в целом различной нагрузки. Прочие подробности, касающиеся данных БЛВС, как уже было отмечено, рассмотрены в работах [1, 2]. Ниже будут рассмотрены результаты анализа данных систем мониторинга этих двух сетей Wi-Fi с дальнейшим их анализом и сравнением.

Размер кадра

Размер кадра был рассчитан как отношение общего объема переданных данных за сессию (ТД-клиент) к общему числу кадров. При этом рассматривались только сессии с ненулевым числом переданных кадров, а восходящий и нисходящий потоки данных суммировались. На рис. 1 и 2 приведены гистограммы и функции плотности вероятности для среднего размера кадра в БЛВС № 1 и № 2 с шагом в 100 байт.

² IEEE Std 802.11 – 2016. IEEE Standard for Information technology — Tele-communications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks — Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. 2016.

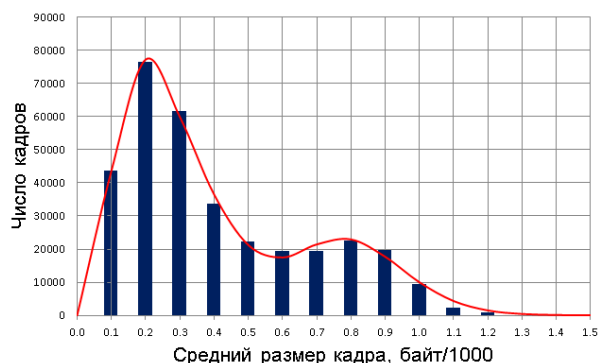


Рис. 1. Распределение среднего размера кадра в БЛВС № 1

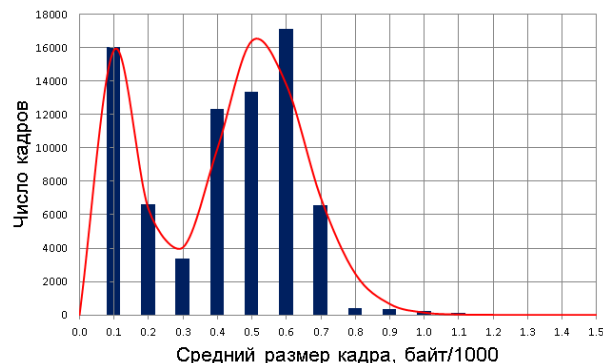


Рис. 2. Распределение среднего размера кадра в БЛВС № 2

Распределение размеров кадров может быть аппроксимировано следующим образом:

$$f(x) = \eta_1 f_1(x) + \eta_2 f_2(x) \quad (1)$$

$$f_{1,2}(x) = \begin{cases} \frac{\alpha^k}{\Gamma(k)} x^{k-1} e^{-\alpha x} & , \quad x \geq 0 \\ 0 & , \quad x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Модель (1) представляет собой суперпозицию двух Гамма-распределений с плотностями вероятности (2), где α и k – параметры распределения, значения которых приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Значения параметров распределений

Параметр	БЛВС	Параметр распределения							
		α_1	k_1	η_1	М, байт	α_2	k_2	η_2	М, байт
Размер кадра	№ 1	104,4	2,33	0,76	244	29,7	26,1	0,24	775
	№ 2	102,6	1,03	0,34	106	16,5	30,3	0,66	501

Полученный результат можно интерпретировать как наличие в БЛВС кадров разной природы. С одной стороны, это кадры с относительно большим средним размером, которые, скорее всего, можно соотнести с мультимедийным трафиком (видео). С другой, – это кадры со средним размером порядка 100–200 байт, которые можно соотнести с трафиком веб-приложений, служебным трафиком и т. п. Важно отметить, что, хотя профиль использования обеих БЛВС заметно отличается, форма распределения остается неизменной. Т. е. несмотря на существенную разницу в назначении двух БЛВС, наблюдается общая закономерность распределения.

Интенсивность трафика

С целью описать нагрузку на БЛВС, была измерена средняя интенсивность трафика, т. е. число кадров в секунду. При этом восходящий и нисходящий потоки данных суммировались. Эмпирическое распределение для данных можно аппроксимировать следующим образом:

$$f(x) = \eta_1 f_1(x) + \eta_2 f_2(x) \quad (3)$$

$$f_{1,2}(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x} \quad (4)$$

Модель (3) представляет собой суперпозицию двух экспоненциальных распределений с плотностями вероятности (4), где λ – параметр распределения, значения которых приведены в табл. 3. На рис. 3 и 4 приведены гистограммы и функции плотности вероятности для интенсивности с шагом в 0.5 кадра/сек. Значения математического ожидания, а также параметры распределений приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Значения параметров распределений

Параметр	БЛВС	Параметр распределения					
		λ_1	η_1	М, кадров/сек	λ_2	η_2	М, кадров/сек
Интенсивность	№ 1	0,43	0,36	2,34	4,44	0,64	0,23
	№ 2	1,56	1	0,64			

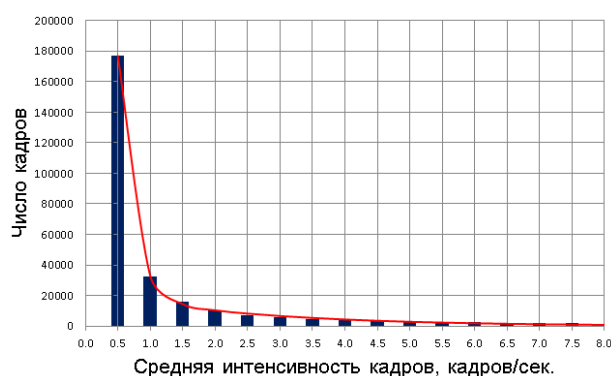


Рис. 3. Средняя интенсивность кадров в БЛВС № 1

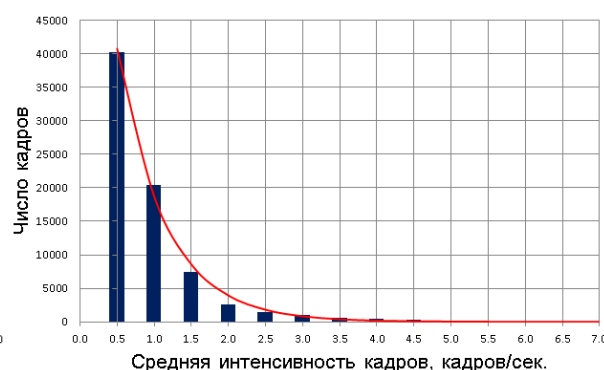


Рис. 4. Средняя интенсивность кадров в БЛВС № 2

Также отметим, что, несмотря на существенную разницу в назначении двух БЛВС, и решаемым ими задачам, наблюдается общая закономерность распределения.

Выводы

1) Распределение размеров передаваемых кадров может быть описано как бимодальное распределение, представляющее собой сумму двух Гамма-распределений.

2) Распределение интенсивностей трафика может быть описано как сумма двух экспоненциальных распределений.

3) Из распределений размеров кадров видно, что есть два типа трафика – с большим и меньшим средним размером кадра. В первом случае можно предположить, что речь идет о мультимедиа, а во втором – о веб-трафике.

Полученные зависимости и оценки для данных характеристик дают возможность как применять их в построении моделей, так и оценивать режимы работы БЛВС.

Литература

1. Paramonov A., Vikulov A., Scherbakov S. Practical Results of WLAN Traffic Analysis // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Т. 10531. pp. 721–733.
2. Викулов А. С., Парамонов А. И. Анализ трафика в сети беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11 // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 3. С. 21–27.
3. Викулов А. С., Парамонов А. И. Исследование длительностей пользовательских сессий в сети беспроводного доступа // 72-я научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. 2017. Сб. науч. тр. С. 196–197.
4. David Kotz, Analysis of a Campus-Wide Wireless Network / David Kotz, Kobby Essien // Wireless Networks January 2005. Vol. 11. Iss. 1. pp 115–133.
5. Camilo H. Viecco, A Dense Wireless LAN Case Study / Camilo H. Viecco, Minaxi Gupta // Technical Report TR640: Indiana University, Dec 2006.
6. Lee Jaehwan, Analysis of User Behavior and Traffic Pattern in a Large-Scale 802.11a/b Network / Jaehwan Lee, Sunghyun Choi, Hanwook Jung. URL: https://www.researchgate.net/publication/228627517_Analysis_of_user_behavior_and_traffic_pattern_in_a_large-scale_80211_ab_network.

References

1. Paramonov A., Vikulov A., Scherbakov S. Practical Results of WLAN Traffic Analysis // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Т. 10531. pp. 721–733.
2. Vikulov A., Paramonov A. IEEE 802.11 WLAN Traffic Analysis // Proceedings of Telecommunication Universities. 2017. Vol. 3. Iss. 3. pp. 21–27.
3. Vikulov A., Paramonov A. Study of User Session Duration in WLAN // 72 All-Russian Science and Technology Conference, dedicated to the Day of Radio. 2017. pp. 196–197.
4. David Kotz, Analysis of a Campus-Wide Wireless Network / David Kotz, Kobby Essien // Wireless Networks January 2005. Vol. 11. Iss. 1. pp 115–133.
5. Camilo H. Viecco, A Dense Wireless LAN Case Study / Camilo H. Viecco, Minaxi Gupta // Technical Report TR640: Indiana University, Dec 2006.
6. Lee Jaehwan, Analysis of User Behavior and Traffic Pattern in a Large-Scale 802.11a/b Network / Jaehwan Lee, Sunghyun Choi, Hanwook Jung. URL: https://www.researchgate.net/publication/228627517_Analysis_of_user_behavior_and_traffic_pattern_in_a_large-scale_80211_ab_network.

Викулов Антон Сергеевич

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация, asv012016@gmail.com

Парамонов Александр Иванович

– доктор технических наук, профессор, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
alex-in-spb@yandex.ru

Vikulov Anton

– Postgraduate student, SPbSUT, St. Petersburg,
193232, Russian Federation, asv012016@gmail.com

Paramonov Alexander

– Doctor of Engineering Sciences, Full Professor,
SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation,
alex-in-spb@yandex.ru