

О ПРОЕКТИРОВАНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕЙ WI-FI

И. А. Альшаев¹, В. А. Лаврухин¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация
Адрес для переписки: alshaev51@gmail.com

Информация о статье

УДК 004.732

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 28.12.15, принята к печати 29.01.16.

Ссылка для цитирования: Альшаев И. А., Лаврухин В. А. О проектировании и оптимизации сетей Wi-Fi // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Том 4. № 1. С. 87–95.

Аннотация

В статье рассмотрены процессы проектирования и оптимизации современных корпоративных сетей Wi-Fi. Описаны основные подходы к проектированию, основанные на расчете радиопокрытия и абонентской нагрузки. Предложен алгоритм расчета необходимого числа точек доступа. Показаны основные методы оптимизации сети Wi-Fi после ее построения.

Ключевые слова

проектирование, оптимизация, Wi-Fi, беспроводная локальная сеть, время использования радиоканала, абонентская станция, точка доступа, характеристики станций, радиопокрытие, абонентская нагрузка.

WI-FI NETWORKS DESIGN AND OPTIMIZATION I. Alshaev¹, V. Lavrukhin¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation
Corresponding author: alshaev51@gmail.com

Article info

Article in Russian.

Received 28.12.15, accepted 29.01.16.

For citation: Alshaev I., Lavrukhin V.: Wi-Fi Networks Design and Optimization // Telecom IT. 2016. Vol. 4. Iss. 1. pp. 87–95 (in Russian).



Abstract

The paper describes design and optimization processes of the modern corporate WLANs. User load and radio coverage aspects are considered. The number of access point calculation algorithm is proposed. Basic optimization methods of Wi-Fi networks are shown.

Keywords

design, optimization, Wi-Fi, wireless local area network, airtime, subscriber station, access point, station parameters, radio coverage, user load.

Введение

В последние годы сети Wi-Fi стали очень популярны в корпоративной среде. Сегодня Wi-Fi – это основной метод подключения различных портативных устройств к сети Интернет. Во многих ноутбуках, не говоря уже о планшетных компьютерах и смартфонах, отсутствует интерфейс Ethernet, и Wi-Fi остается единственным способом подключения устройства не только в глобальную, но и в локальную сеть. В этих условиях требования к корпоративным сетям Wi-Fi постоянно повышаются, а вопросам правильного проектирования уделяется все больше внимания.

1 Жизненный цикл сети Wi-Fi

Жизненный цикл любой корпоративной сети Wi-Fi содержит несколько этапов: проектирование, развертывание, мониторинг и оптимизация, устранение неисправностей, масштабирование (рис. 1).



Рис. 1. Жизненный цикл сети Wi-Fi

Процесс проектирования позволяет учесть предъявляемые к беспроводной локальной сети требования, а также выбрать число точек доступа, необходимых для удовлетворения заданных требований. По окончании проектирования сеть разворачивают и настраивают оборудование. На следующем этапе производят мониторинг развернутой сети и проверяют, удовлетворяет ли она всем требованиям заказчика. При необходимости на этом же этапе проводят оптимизацию сети. Далее сеть сдают в эксплуатацию, пользователи начинают использовать ее для передачи данных. Два последних этапа в жизненном цикле связаны, прежде всего, с эксплуатационными характеристиками сети и включают процессы поиска и устранения неисправностей, а также масштабирования, если требования к сети по нагрузке или покрытию изменились. Как правило, масштабирование сети приводит к необходимости ее повторного проектирования, таким образом жизненный цикл обновленной сети снова включает все указанные выше этапы.

В данной статье подробно рассмотрены этапы проектирования и оптимизации в жизненном цикле сети Wi-Fi.



2 Проектирование и оптимизация сети Wi-Fi

Подходы к проектированию и оптимизации сетей Wi-Fi претерпели значительное изменение за последние годы. И если в начале XXI века большинство сетей Wi-Fi проектировали, исходя лишь из обеспечения необходимого радиопокрытия [1], то сейчас доминирует сбалансированный подход с учетом как характеристик радиопокрытия, так и пользовательской нагрузки на сеть.

В сетях мобильной связи такой сбалансированный подход используется при частотно-территориальном планировании уже много лет [2] и является основой для расчета необходимого числа базовых станций в сети радиодоступа.

Рассмотрим более подробно алгоритм проектирования и оптимизации сети WiFi с учетом радиопокрытия и нагрузки (рис. 2).

2.1 Сбор требований

Процесс сбора информации о требованиях к беспроводной локальной сети должен быть первым шагом при проектировании. На этом шаге необходимо определить, какими именно характеристиками будет обладать беспроводная сеть.

При сборе информации о требованиях к сети следует обратить особое внимание на:

- тип абонентских устройств;
- количество абонентских устройств;
- технические характеристики и возможности абонентских устройств;
- требования к приложениям пользователей беспроводной локальной сети и типам передаваемых данных;
- требования к пропускной способности и задержкам;
- необходимость использования бесшовного роуминга;
- специфические требования по объекту развертывания (планы помещений, материалы и толщина стен и конструкций, возможности монтажа точек доступа и т. д.)

2.2 Расчет числа точек доступа

После того как сформированы требования к сети Wi-Fi, рассчитывают ее нагрузочные характеристики, которые чаще всего позволяют рассчитать необходимое число точек доступа. Однако для некоторых объектов такой расчет производить не имеет смысла, например, при организации беспроводных локальных сетей на складах и в производственных помещениях. В большинстве указанных объектов сеть Wi-Fi



Рис. 2. Алгоритм проектирования и оптимизации сетей Wi-Fi

используют для передачи данных от сканеров штрих-кодов и другого низкоскоростного промышленного оборудования. Поэтому необходимое число точек доступа определяют, исходя исключительно из параметров радиопокрытия, а не нагрузки.

Для расчета нагрузки в беспроводной локальной сети можно воспользоваться методом, основанным на расчете времени использования радиоканала (airtime) [3–5].

Вначале необходимо собрать сведения о пользовательских устройствах. Если создают сеть для офиса, то проводят анализ характеристик абонентских станций, которые уже есть или появятся у пользователей. Когда определить тип устройств заранее невозможно, например, при создании сети Wi-Fi в аэропорту или другом общественном месте, то для расчета используют усредненные сведения (табл. 1).

Таблица 1.

Усредненные характеристики основных типов устройств Wi-Fi

Категория устройств	Тип радио модуля Wi-Fi	Поддерживаемые каналы	Ширина канала, МГц	Мощность передатчика, дБм	Максимальная скорость передачи данных при 20 МГц/40 МГц, Мбит/с
Бюджетные смартфоны	802.11g/n	1–13	20	11	54
Смартфоны	802.11n 1 × 1:1	1–13, 36–64	20	11	65–72
Планшеты	802.11n/ac 1 × 1:1	1–13, 36–64	20/40	11–14	65–72
Нетбуки	802.11n 1 × 2:2	1–13	20/40	11–17	72/144
Бюджетные ноутбуки	802.11n 2 × 3:2	1–13, 36–64	20/40	17–20	144/300
Ноутбук	802.11n/ac 3 × 3:3	1–13, 36–64	20/40	17–20	216/450

Важно отметить, что на этом этапе рассматривают не характеристики точек доступа, а характеристики абонентских станций, ибо именно они будут определять нагрузку в беспроводной локальной сети. Для дальнейшего расчета необходимо учесть:

- технологию физического уровня (802.11g/n/ac);
- конфигурацию MIMO (1 × 1:1, 2 × 2:2, 3 × 3:3);
- поддерживаемые каналы (диапазон 2,4 ГГц — каналы 1–13, диапазон 5 ГГц — каналы 36–64);
- ширина канала (20 или 40 МГц);
- мощность передатчика;
- максимальная скорость на физическом уровне.

Далее следует оценить какими приложениями будут пользоваться абоненты беспроводной локальной сети. Для каждого типа приложений необходимо учесть требуемую скорость передачи данных (табл. 2).



Таблица 2.

Типы приложений и требования к пропускной способности

Категория приложений	Требуемая пропускная способность
Веб-браузинг/ почта /соц. сети	500 Кбит/с – 1 Мбит/с
Видео конференции	384 Кбит/с – 1 Мбит/с
Видео стандартного разрешения	1–1,5 Мбит/с
Видео высокого разрешения	2–5 Мбит/с
Передача файлов	5 Мбит/с
Удалённое обучение	2–4 Мбит/с
Интернет-телефония	27–93 Кбит/с

Теперь можно определить число радиомодулей (а затем и точек доступа), требуемых для обслуживания абонентских станций определенного типа, использующих заданное приложение.

Вначале определяют число абонентских станций, которые будут работать в диапазоне 2,4 ГГц (1), а затем — в диапазоне 5 ГГц (2).

$$Q_{2.4} = Q \cdot k_{2.4}, \quad (1)$$

$$Q_5 = Q \cdot k_5, \quad (2)$$

где $k_{2.4/5}$ – это коэффициент использования диапазона 2,4/5 ГГц. Например, если $k_{2.4} = 0,7$, то в диапазоне 2,4 ГГц будет работать 70 % процентов абонентских станций, а в диапазоне 5 ГГц — остальные 30 %. Q – это общее число абонентских станций, которые должна обслуживать сеть Wi-Fi.

Далее определяют процент времени использования радиоканала A_t одним устройством при передаче определенного вида трафика (3).

$$A_t = \frac{B_{app}}{B_{max}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где B_{app} – это требуемая скорость передачи данных для приложения (табл. 2), B_{max} – это максимальная скорость передачи, на которой может работать данная абонентская станция (4).

$$B_{max} = B_{maxPHY} \cdot c, \quad (4)$$

где c – это коэффициент потери пропускной способности, равный $[0,4 \div 0,6]$. Данный коэффициент показывает во сколько раз падает скорость передачи на транспортном уровне (например TCP или UDP) по сравнению со максимальной скоростью на физическом уровне B_{maxPHY} (табл. 1). При $c = 0,4$ максимальная скорость передачи данных составляет 40 % от максимальной скорости передачи на физическом уровне – это консервативный прогноз, который следует использовать при проектировании высоконагруженных сетей Wi-Fi с большим количеством пользователей. При $c = 0,6$ максимальная



скорость передачи данных составляет 60 % от максимальной скорости передачи на физическом уровне – это оптимистичный прогноз, который следует использовать в офисных помещениях с небольшой плотностью размещения сотрудников.

Далее рассчитывают общий процент времени использования радиоканала всеми абонентскими станциями в каждом из диапазонов (5, 6).

$$A_{\Sigma 2.4} = Q_{2.4} \cdot A_{t2.4}, \quad (5)$$

$$A_{\Sigma 5} = Q_5 \cdot A_{t5}. \quad (6)$$

В заключении определяют необходимое число радиомодулей каждого диапазона для обслуживания всех требуемых абонентских станций, использующих заданные приложения (7, 8).

$$R_{2.4} = \frac{A_{\Sigma 2.4}}{80 \%}, \quad (7)$$

$$R_5 = \frac{A_{\Sigma 5}}{80 \%}. \quad (8)$$

В формулах (7, 8) принято, что один радиомодуль может обрабатывать полезный трафик только в 80 % времени работы сети. Остальные 20 % времени тратят на обработку служебного и управляющего трафика [6].

Если в сети будет использовано несколько типов станций, то расчеты суммируют. Аналогично суммируют требования по приложениям пользователей.

Определив число необходимых радиомодулей можно рассчитать число точек доступа. Для этого следует выбрать вендора оборудования (*Cisco, Aruba Networks, Ruckus Wireless* или др.) и тип точек доступа. У каждого из ведущих вендоров Wi-Fi-оборудования в линейке точек доступа представлено множество различных моделей с разными характеристиками и числом радиомодулей. Например, есть точки доступа, в которые встроен один радиомодуль, работающий в диапазоне 2,4 или 5 ГГц. Также присутствуют точки доступа с двумя встроенными радиомодулями, одновременно работающими в диапазонах 2,4 и 5 ГГц. Такое разнообразие позволяет проектировщику выбрать оптимальное решение по соотношению цена/производительность.

2.3 Моделирование радиопокрытия

Только после предварительного расчета необходимого числа точек доступа для обслуживания заданного числа абонентов и выбранных приложений следует приступить к моделированию радиопокрытия.

Моделирование, как правило, производят в специализированном ПО, которое позволяет учесть топологию здания или помещения, материалы стен, высоту потолков и окружающие предметы. Большинство программных продуктов для моделирования рассчитывает уровни сигналов от точек доступа, уровни помех и интерференции, а также другие параметры радиопокрытия. Чаще всего для определения уровней сигнала в каждой из точек помещения используют лучевые модели распространения радиоволн. Трудоемкость этого



процесса очень высокая, именно поэтому моделирование проводят в специализированном ПО, а не вручную.

2.4 Оптимизация

После моделирования радиопокрытия приступают к его оптимизации. На этом этапе проводят частотное планирование и минимизируют интерференцию по совмещенному каналу. С целью оптимизации изменяют характеристики оборудования: мощность передачи, частотные каналы и их ширину, азимут и угол наклона установки антенн точек доступа. В некоторых случаях проектировщику приходится изменять местоположение точек доступа, высоту их установки или даже выбирать точки доступа другого типа с другими антеннами.

Оптимизацию обычно проводят в том же самом ПО, где было проведено первоначальное моделирование (рис. 3), итеративно добиваясь требуемых показателей радиопокрытия.

По окончании оптимизации приступают к строительству сети, а также настройкам оборудования.

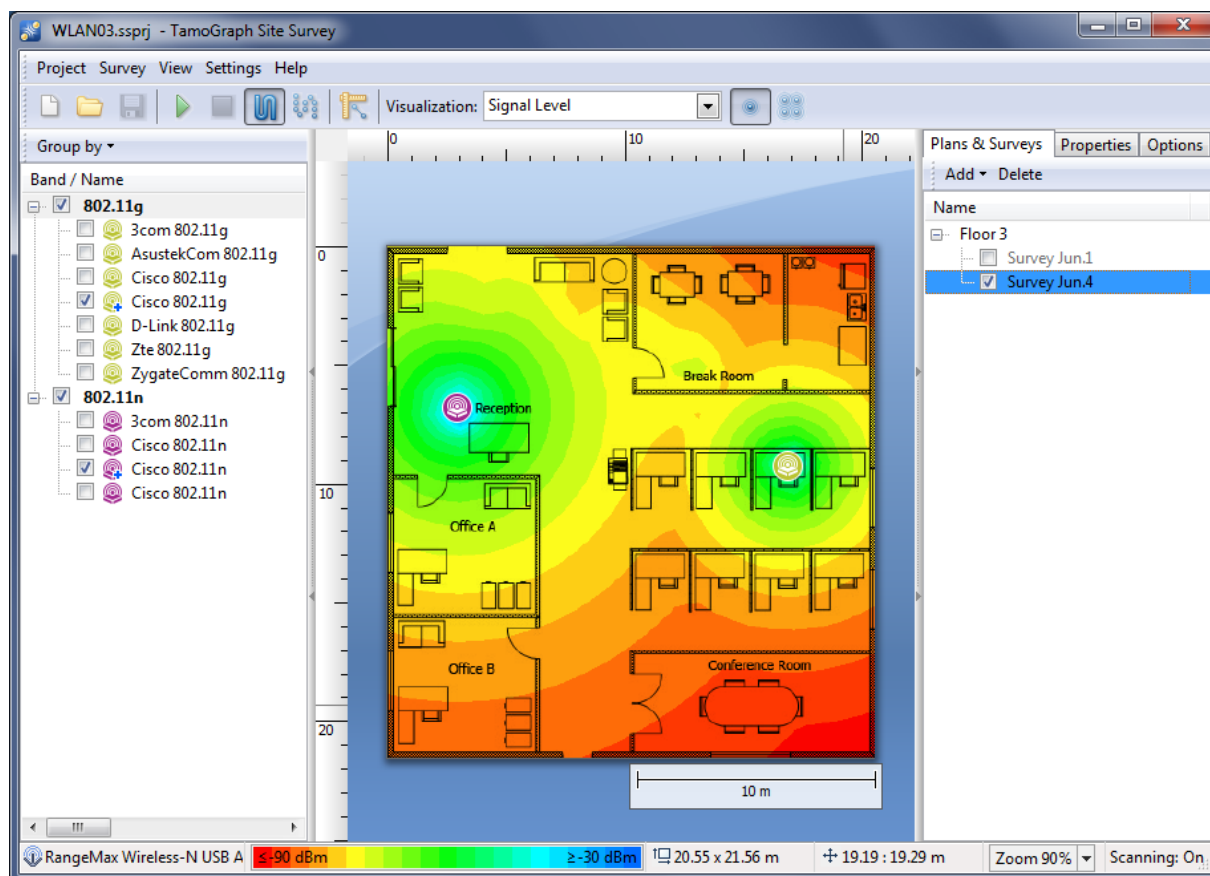


Рис. 3. Пример моделирования и оптимизации сети Wi-Fi в специализированном ПО TamoGraph Site Survey

2.5 Радиообследование

На заключительном этапе обязательно проводят радиообследование развернутой беспроводной локальной сети. Существует 2 типа радиообследования: пассивное и активное. В первом случае оценивают только характеристики ра-



диопокрытия: уровни сигналов, уровни шума, уровни помех, число видимых точек доступа и др. Во втором – дополнительно оценивают скорость передачи данных в построенной сети Wi-Fi.

На практике проведение пассивного радиообследования является обязательным требованием, а активного – опциональным.

Радиообследование также выполняют с помощью специализированного ПО. В него загружают план помещения или карту местности. Затем инженер перемещается по помещению и производит измерения радиопараметров в каждой точке, отмечая свое положение на плане или карте [7].

По результатам радиообследования принимают решение, пригодна ли сеть к эксплуатации, соответствует ли она предъявленным требованиям или нет. Если сеть не удовлетворяет требованиям, например, в реальности присутствует интерференция, то возвращаются к этапу оптимизации и изменяют характеристики или положение точек доступа, распределение частот или другие параметры. Итеративно добиваются того, чтобы сеть удовлетворяла всем требованиям и только после этого вводят ее в эксплуатацию.

Заключение

В статье приведены основные положения по проектированию и оптимизации сетей Wi-Fi. Описанные методы активно используются профессионалами при развертывании современных сетей Wi-Fi в корпоративных средах.

Предложенный метод расчета нагрузки беспроводной локальной сети обладает простотой и может быть легко использован специалистами при проектировании объекта любой сложности: от малого офиса до аэропорта или торгового комплекса.

Литература

1. Рошан П., Лиэри Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: пер. с англ. М. : Издат. дом «Вильямс», 2004. 304 с. ISBN 5-8459-0701-2.
2. Бабков В. Ю., Цикин И. А. Сотовые системы мобильной радиосвязи : учеб. пособие / 2-е изд., перераб. и доп. СПб. : БХВ-Петербург, 2013. 432 с.: ил. ISBN 978-5-9775-0877-3.
3. Andrew Von Nagy. Revolution Wi-Fi Capacity-Planner. NY. 2012–2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/revolution-wi-fi-capacity-andrew-von-nagy> (дата обращения: 06.06.2016).
4. Lavrukhin V. An Overhead Analysis of Access Network Query Protocol (ANQP) in Hotspot 2.0 Wi-Fi Networks // 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), 2013. IEEE, 2013. pp. 266–271.
5. Lavrukhin V, Simonina O., Volodin E. An experimental study of the key QoS parameters in public Wi-Fi networks // 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2014. IEEE, 2015. pp. 198–203.
6. Коротин В. Е., Лаврухин В. А. Аппаратно-программный комплекс для изучения стандартных процедур и безопасности сетей Wi-Fi // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2012. № 1. С. 185.
7. Полянский Э. С., Тютхтев Д. А. Исследование беспроводной Wi-Fi сети корпуса К волгоградского государственного университета // Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах: сборник докладов и тезисов VI Всероссийской научно-практической конференции ФГАОУ ВПО "ВолГУ". Волгоград, 2015. С. 128–132.



References

1. Roshan P., Liehri D. 802.11 Wireless LAN Fundamentals: Edited by M. : Publishing «Williams», 2004. 304 p. ISBN 5-8459-0701-2.
2. Babkov V. Yu., Cikin I. A. Cellular Mobile Radio Systems: a Tutorial // 2nd edition, Saint-Petersburg: BHV-Petersburg, 2013. 432 p. ISBN 978-5-9775-0877-3.
3. Andrew Von Nagy. Revolution Wi-Fi Capacity-Planner. NY. 2012–2016. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/revolution-wi-fi-capacity-andrew-von-nagy> (appl.: 06.06.2016).
4. Lavrukhin V. An Overhead Analysis of Access Network Query Protocol (ANQP) in Hotspot 2.0 Wi-Fi Networks // 13th International Conference on ITS Telecommunications (ITST), 2013. IEEE, 2013. pp. 266–271.
5. Lavrukhin V., Simonina O., Volodin E. An experimental study of the key QoS parameters in public Wi-Fi networks // 6th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2014. IEEE, 2015. pp. 198–203.
6. Korotin V. E., Lavrukhin V. A. Hardware-software complex for study the standard procedures and Security Wi-Fi Networks // Proceedings of the North Caucasian branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2012. № 1. p. 185.
7. Polyanskiy E. S., Tyuhtyaev D. A. Research Wireless Wi-Fi Network Building "K" of the Volgograd State University // Information Transmission Problems in Infocommunication Systems: Collection of Papers and Abstracts of VI All-Russian scientific-practical conference FGAOU VPO "VoISU". Volgograd, 2015. pp. 128–132.

Альшаев Илья Алексеевич

– студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, alshaev51@gmail.com

Лаврухин Владимир Алексеевич

– начальник научно-образовательного центра, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, vladimir.lavrukhin@gmail.com

Alshaev Ilya

– student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, alshaev51@gmail.com

Lavrukhin Vladimir

– head of Research and Education Center, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, vladimir.lavrukhin@gmail.com

