

УДК 004.415.2.031.43

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ТЕПЛОВЫХ КАРТ

Л.А. Клейман

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29
E-mail: smarttty@yandex.ru

В.И. Фрейман

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет
Россия, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29
E-mail: vfrey@mail.ru

Ключевые слова: диагностика, точка доступа, Wi-Fi, сеть, клиент, пользователь.

Аннотация: В докладе представлен один из инструментов диагностики системы беспроводной передачи данных, а именно – расчет мощности сигнала с построением тепловой карты. В частности представлен алгоритм расчета уровня сигнала по введенным расположениям точек доступа на планах этажей здания, включающий учет факторов ослабления сигнала в зависимости от расстояния и препятствий, а также многоэтажного расположения точек доступа. Были проанализированы существующие программные решения в данной области, выделены недостатки и обоснована разработка собственного инструментария.

1. Введение

В современной промышленности и экономике для обеспечения качества функционирования сложных технических объектов и технологических процессов активно используются информационно-управляющие системы (ИУС) [1].

Большинство современных информационно-управляющих систем являются распределенными. Одним из основных видов взаимодействия между их элементами является обмен информацией с использованием беспроводных технологий передачи данных. В связи с этим необходимо решать вопросы надежного функционирования элементов беспроводных информационно-управляющих систем (БИУС). Одной из основных проблем является надежность связи. Она заключается в том, что связь может исчезнуть при несвоевременной смене батарей питания, изменении расположения узлов сети или появлении объектов, которые вызывают ослабление, отражение, преломление или рассеяние радиоволн [2].

Целью данного доклада является разработка подхода к повышению надежности функционирования коммуникационных устройств [3] беспроводных информационно-управляющих систем. Предполагаемые показатели надежности, которые позволят улучшить описываемый метод: устойчивость соединения и достоверность передаваемых данных.

В качестве элементов БИУС часто используется оборудование компании Cisco Systems, для мониторинга которого используется веб-интерфейс в специально встраиваемом компоненте Cisco Virtual Wireless Controller [4]. Это виртуальная машина, которая собирает данные с точек доступа и, с помощью веб-интерфейса позволяет донести информацию до администраторов сети.

Данная система обладает рядом недостатков. В ней отсутствует возможность быстрого («в один клик») перехода от одного связанного объекта к другому, нет оперативного построения тепловых карт (учета многоэтажности) и выявление «слепых» зон, нет настройки обработки логов для анализа возможных событий. Все это могло бы быть очень полезно в рамках мониторинга и диагностики БИУС.

Результатом работы с инструментом тепловых карт будут рекомендации по настройке (канал передачи) и взаимному месторасположению устройств, применив которые можно увеличить описанные ранее показатели надежности.

2. Архитектура системы

Работа с тепловыми картами интересна как отдельный инструмент, но может быть более полезна в составе полноценной системы мониторинга и диагностики. Такая система была разработана и ее архитектура представлена на рис. 1.

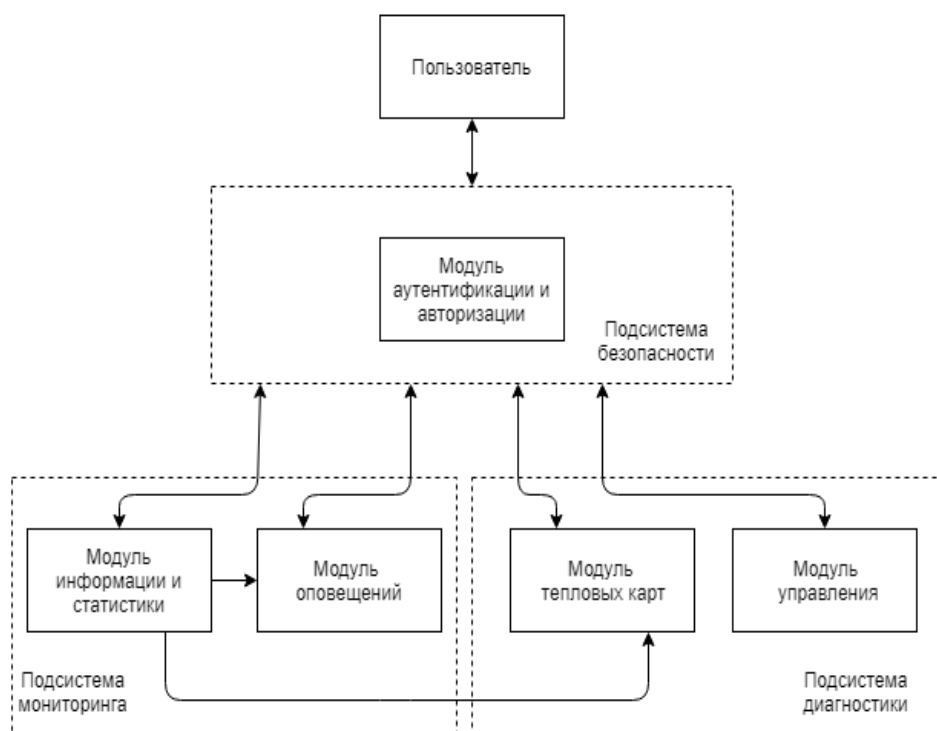


Рис. 1. Архитектура системы мониторинга и диагностики БИУС.

В состав данной системы входят 3 подсистемы: безопасности, мониторинга и диагностики. Подсистема безопасности отвечает за аутентификацию и авторизацию пользователей и допуск их к работе с 2-мя оставшимися подсистемами. Подсистема мониторинга позволяет в режиме реального времени получать информацию об элементах системы, а также оповещения о различных событиях (атака, отключение). Подсистема ди-

агностики позволяет в режиме реального времени проводить диагностику элементов системы, выявлять ошибки в конфигурации или месторасположении элементов, а также управлять подключениями пользователей. Инструмент тепловых карт является модулем подсистемы диагностики. Далее подробнее о методе расчета.

3. Метод расчета мощности сигнала

Для разработки необходимого инструмента диагностики требуется учесть ряд факторов.

Первый фактор – затухание беспроводного сигнала в зависимости от расстояния до точки доступа и частоты данного сигнала в воздухе. Величина затухание радиосигнала в воздухе описывается формулой [5]:

$$(1) \quad FSPL = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right),$$

где $FSPL$ – потери сигнала в децибелах, λ – длина волны сигнала, d – расстояние до принимающей антенны.



Рис. 2. График зависимости величины затухания сигнала Wi-Fi от расстояния в воздухе при частоте 2,4 ГГц, рассчитанной по формуле (1).

Для разных величин частоты сигнала рассчитаны данные таблице 1.

Таблица 1. Величины затухания для сигналов с частотой 2,4 ГГц и 5 ГГц в зависимости от расстояния в воздухе.

Участок затухания, м	$f = 2,4$ ГГц	$f = 5$ ГГц
	Величина затухания, dB	
0-5	48,00	54,38
5-10	57,54	63,92
10-15	61,98	68,35
15-20	64,90	71,28
20-25	67,09	73,46
25-30	68,83	75,20
30-35	70,28	76,65
35-40	71,52	77,90
40-45	72,61	78,98

	$f = 2,4 \text{ ГГц}$	$f = 5 \text{ ГГц}$
Участок затухания, м	Величина затухания, dB	
45-50	73,58	79,95
50-55	74,44	80,82
55-60	75,23	81,61

Следующим шагом был учет препятствий в виде стен и перекрытий (рис. 3).

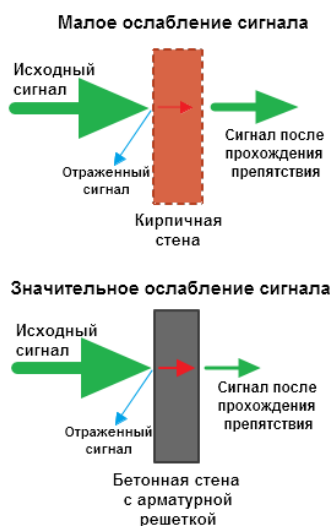


Рис. 3. Пример прохождения сигнала через препятствия.

Очевидно, что, чем больше длина препятствия, тем сильнее сигнал подвержен затуханию и тем слабее он на выходе после этого препятствия. Также имеет значение и материал, из которого это препятствие состоит. В таблице 2 приведены данные, содержащие коэффициенты затухания для различных видов препятствий в здании [6].

Таблица 2. Коэффициенты затухания для различных материалов.

	$f = 2,4 \text{ ГГц}$	$f = 5 \text{ ГГц}$
Материал (конструкция)	Коэффициенты затухания, dB/м	
Гипсокартон	3-4	3-5
Офисные перегородки	2-5	4-9
Дерево	3-4	6-7
Кирпич	8-12	9-16
Бетон	6-18	10-30
Стекло	2-3	6-8
Сталь	13-19	25-32

На рис. 4 приведена иллюстрация к расчету параметров затухания. Красным кругом обозначена точка доступа, положение которой задано пользователем на плане этажа. Желтым – точка, в которой нужно рассчитать сигнал.

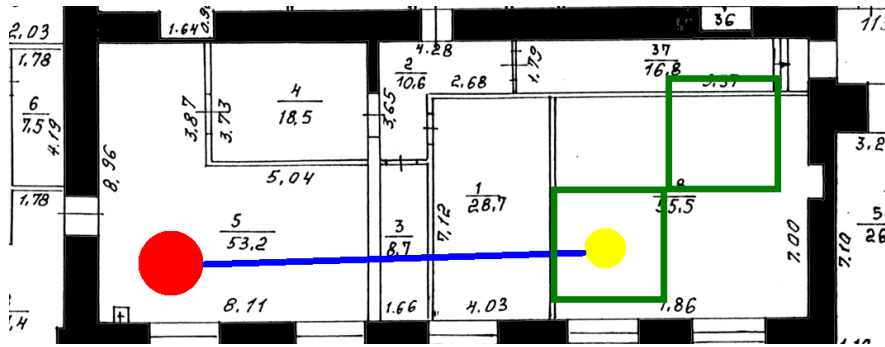


Рис. 4. Пример плана этажа для расчета. Стены – бетон.

Алгоритм строит прямую, соединяющую эти точки (синяя линия), и записывает в координаты точек этой прямой, и их цвета с плана этажа. Далее идет расчет толщины всех видов препятствий согласно масштабу. Последним действием вычисляется сигнал путем вычитания из сигнала точки доступа значения сигнала, затухающего от двух вышепересмотренных факторов.

Алгоритм повторяется для каждой точки чертежа (с учетом масштаба и заданной погрешности), значение сигнала обозначается на рисунке особым цветом.

Последним учитываемым фактором является перекрытия каналов. Если рядом с точкой доступа, работающей, например, на канале 11, поставить точку доступа, также работающую на 11 канале, то результирующий сигнал будет зашумлен. Для того чтобы показать пользователю, что выбранное им расположение точек доступа или выбор каналов является неудачным, на карте особым знаком отмечают такие зоны.

Для каждой точки плана существует массив, в который записывается соответственно номер канала, максимальное значение сигнала и максимальное значение зашумления. Из всех этих значений выбирается максимальная разность полезного сигнала и зашумления и, если максимальный сигнал зашумлен менее чем на 30 %, тогда в точке отображается цветное значение разности полезного сигнала и зашумления, а если сигнал зашумлен более чем на 30 %, тогда точка на плане приобретает особый цвет, показывающий пользователю, что расположение нужно поменять.

Для расчета не только одного этажа, но и всего здания были приняты следующие решения (рис. 5):

- Точки доступа друг от друга находятся на расстоянии, задаваемым высотой этажа;
- Возможно задавать высоту этажа и толщину междуэтажного перекрытия;
- Учитывать сигнал только от точек доступа, находящихся на рассчитываемом этаже, этаже выше (при наличии) и этаже ниже (при наличии).

Все координаты точек доступа, поставленных на этажах, сохраняются, поэтому при расчете этажа, расстояние от точки доступа с нижнего или верхнего этажа до точки вычисляется по формуле [5]:

$$R = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + h^2},$$

где x_2, y_2 – координаты точки доступа, x_1, y_1 – координаты рассчитываемой точки, h – высота этажа.

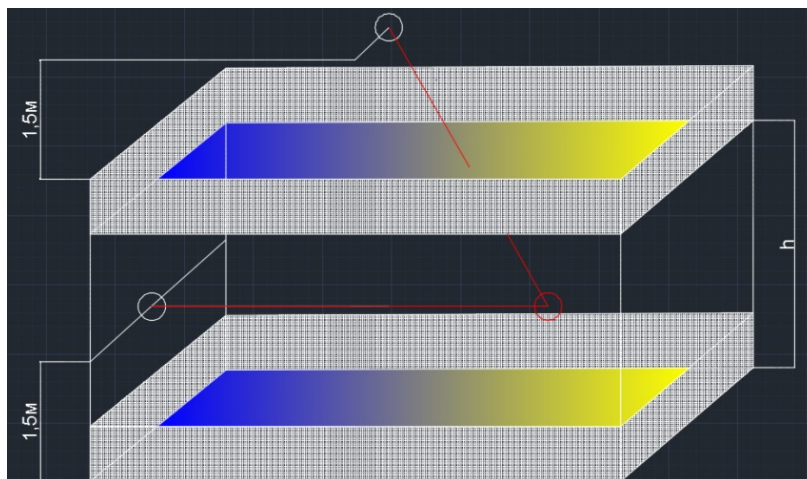


Рис. 5. Схема многоэтажного здания (2 этажа), h – высота этажа.

4. Алгоритм работы с инструментом тепловых карт

Алгоритм работы с инструментом тепловых карт в разработанной системе мониторинга и диагностики выглядит следующим образом.

- 1) Необходимо создать здание, в котором будут рассчитываться тепловые карты.
- 2) Подготовить планы этажей таким образом, чтобы цвет на плане обозначал материал перекрытия (по умолчанию, черный – бетонное перекрытие). Также, необходимо отцентрировать планы этажей, для правильного учета многоэтажности.
- 3) В созданном здании нужно создать этажи, заполнив для них следующие данные (Номер этажа, ширина, длина и высота этажа, толщина и материал перекрытия)
- 4) Последним шагом необходимо поставить на этажах точки доступа. В разработанной системе их можно выбрать из перечня наблюдаемых, также есть возможность создать и добавить точки вручную.

После заполнения всех данных можно посмотреть тепловые карты реального времени в рамках одного этажа и здания целиком. Также, обнаружив проблему можно перейти в режим конфигурации и выбрать для точек доступа новое расположение или номер канала.

Система была развернута на базе сетевой инфраструктуры университета. Благодаря инструменту тепловых карт были выявлены причины неудовлетворительного качества сети в 10 зонах университета. У 70% процентов проблемных зон, основной причиной было влияние точек доступа с соседних этажей. Изменение настроек и месторасположения некоторых точек доступа, по рекомендациям системы, позволило увеличить мощность полезного сигнала в 1,5 раза, что существенно отразилось на надежности передачи данных с помощью беспроводных устройств. Пример расчета для этажа университета представлен на рис. 6. Для отображения проблемных зон, на карте присутствуют восклицательные знаки. Она дают информацию о том, на каком канале и какие элементы есть проблемы.

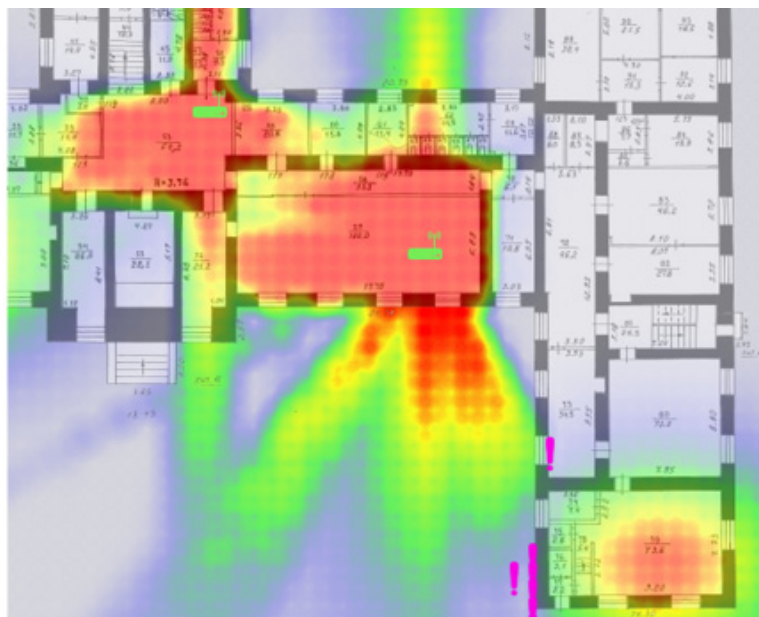


Рис. 6. Пример расчета покрытия сигнала Wi-Fi.

На данном рисунке видна графическая интерпретация мощности сигнала в виде тепловой карты, где красный цвет означает мощный сигнал, желтый – средний, а зеленый и синий – низкий. Так же можно заметить знаки восклицания, таким образом показаны зоны, в которых перекрытие каналов составляет более 30%.

5. Заключение

В данном докладе был представлен инструмент тепловых карт, позволяющий увеличить такие характеристики надежности функционирования коммуникационных устройств, как устойчивость соединения и достоверность передаваемых данных. Был представлен используемый метод расчета уровня сигнала. Таким образом разработанный инструмент в виде всей системы позволяет не только наблюдать за состоянием системы, но и с помощью подсистемы диагностики повышать заявленные характеристики надежности.

Список литературы

1. Безукладников И.И., Гаврилов А.В. Управление и мониторинг в беспроводных распределенных сетевых инфраструктурах // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 8. С. 18-23.
2. Willig A. Redundancy Concepts to Increase Transmission Reliability in Wireless Industrial LANs // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2005. Vol. 1, No. 3, P. 173-182.
3. Фрейман В.. Разработка и исследование диагностических моделей коммуникационных элементов систем управления // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2017. № 4 (36). С. 33-45.
4. Cisco virtual wireless controller data sheet / Cisco. 2017. [Электронный ресурс] URL: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/virtual-wireless-controller/data_sheet_c78-714543.html (Дата обращения: 22.10.2018).
5. The Basics of Signal Attenuation [Электронный ресурс] URL: http://www.dataloggerinc.com/content/resources/white_papers/332/the_basics_of_signal_attenuation, (Дата обращения 22.10.2018).
6. Пахомов С.С. Анатомия беспроводных сетей // КомпьютерПресс. 2002. № 7. С. 167-175.

7. Клейман Л.А., Фрейман В.И. Система управления точками WI-FI-доступа // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. 2017. № 1. С. 39-45.