

Экспериментальное исследование малоразмерных сетей стандарта Wi-Fi

И.И. Резван

В ходе проведения натурных испытаний было проанализировано влияние структурно-подобных помех соседних каналов связи аппаратуры Wi-Fi на реальную скорость передачи данных в малоразмерной беспроводной сети. Определена зависимость уровня принимаемого сигнала и дальности связи от искусственно созданной помеховой обстановки. Построенные по результатам испытаний графические зависимости показывают, что реальный радиус зоны обслуживания точки доступа составляет всего 23 метра, что существенно меньше заявленного производителем фирменного оборудования.

Ключевые слова: беспроводные сети, стандарт Wi-Fi.

1. Введение

Беспроводные сети стандарта Wi-Fi нашли широкое применение для организации малоразмерных локальных сетей в квартирах, офисных помещениях и зонах публичного доступа (Hot-Spot) и т.п. [1, 2].

Но оптимальное проектирование локальных зон обслуживания таких сетей всегда наталкивается на определённые трудности, связанные с необходимостью учёта особенностей распространения радиочастотных сигналов диапазона Wi-Fi в помещениях сложной конфигурации с многочисленными отражающими элементами и конструкциями в условиях воздействия самых разнообразных помех от многочисленных электронных устройств. Поэтому реальные размеры формируемых зон обслуживания оказываются гораздо меньше ожидаемых. Тоже можно сказать и об информационных характеристиках технических устройств Wi-Fi,

основными из которых являются сетевые адаптеры и точки доступа.

Проанализируем реальные возможности малоразмерных локальных сетей Wi-Fi при построении зоны обслуживания для конкретного помещения на основе натурального эксперимента с применением беспроводных точек доступа и сетевых адаптеров фирмы Zuxel. И сравним полученные результаты с расчётами по известным моделям распространения радиочастотных сигналов, представленным в [3–5].

2. Модель ослабления радиочастного сигнала

Применение известных эмпирических моделей базируется на ситуации, когда уровень сигнала на входе приёмного устройства адаптера ($P_{\text{пр}}$) рассчитывается как разность уровня мощности ($P_{\text{пер}}$), излученной в его направлении, и потерь в распространении (L):

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{пер}} - L. \quad (1)$$

А средний уровень потерь в распространении, предлагаемый в [5], определяется из следующего выражения:

$$L = 10 \cdot \lg(\lambda^2) - 20 \cdot \lg(4\pi) + 40 \cdot \lg(r) + kF + pW_1 + W_2(\text{dB}), \quad (2)$$

где k – число этажей между базовой станцией и абонентскими терминалами; F – коэффициент, учитывающий потери на этаж; p – число стен между базовой станцией и абонентскими терминалами; W_1 – потери при прохождении радиоволн через стену; W_2 – потери при прохождении радиоволн через этажные перекрытия; λ – длина волны радиочастотного сигнала Wi-Fi в метрах; r – расстояние между приёмником и передатчиком в метрах.

В данной работе рассматриваем зону обслуживания, расположенную только на одном этаже, поэтому в формуле (2) следует пренебречь слагаемыми kF и W_2 . И окончательно она будет выглядеть:

$$L = 10 \cdot \lg(\lambda^2) - 20 \cdot \lg(4\pi) + 40 \cdot \lg(r). \quad (3)$$

В рассматриваемой модели значение W_1 зависит от толщины стены: 3 dB – для тонких стен, 10 dB – для средних стен. Внешние стены будут вносить затухание около 20 dB – W_2 .

Следует отметить, что предлагаемая для проведения расчётов эмпирическая модель пространства появилась раньше моделей, представленных в [3, 4], и давно стала классической, хотя и не всегда применима без адекватной коррекции для помещений с различными характеристиками.

3. Экспериментальная среда

Для проведения натурных испытания использовались следующие технические устройства Zyxel.

Адаптер ZyAIR B-220 EE, подключающийся к персональному компьютеру через порт USB и выполняющий ту же функцию, что и сетевая карта в проводной сети. Эту же роль в современных переносных компьютерах выполняют встроенные Wi-Fi адаптеры, совместимые со многими существующими разновидностями стандартов семейства IEEE 802.11.

Точка доступа ZyAIR B-500 EE (accesspoint) представляет собой автономный модуль со встроенным микрокомпьютером и приёмо-передающим устройством. Через неё осуществляется взаимодействие по радиочастотному каналу и обмен информацией между беспроводными адаптерами, а также связь с проводным сегментом сети.

Измерения были проведены в одном из помещений лабораторного корпуса ФГОБУ ВПО «СибГУТИ», план которого представлен на рис.1.

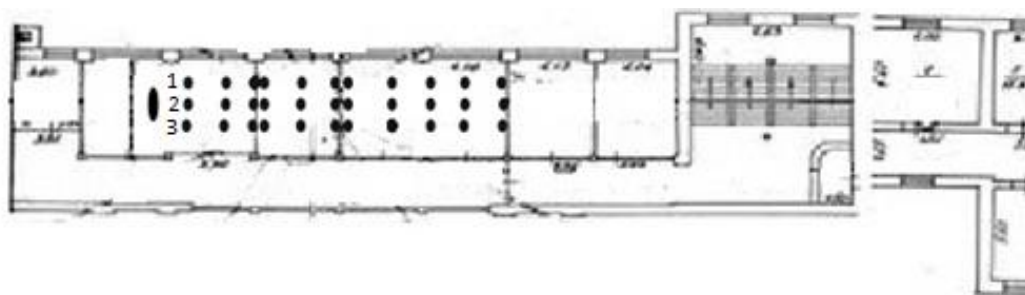


Рис.1. План расположения точек измерения уровней сигналов на входе приёмника адаптера ZyAIR B-220 EE

Для измерения уровня принимаемого сигнала на входе приёмо-передающего устройства сетевого адаптера использовалась известная компьютерная программа Xirrus Wi-Fi Inspector [6], пользовательский интерфейс которой представлен на рис.2.

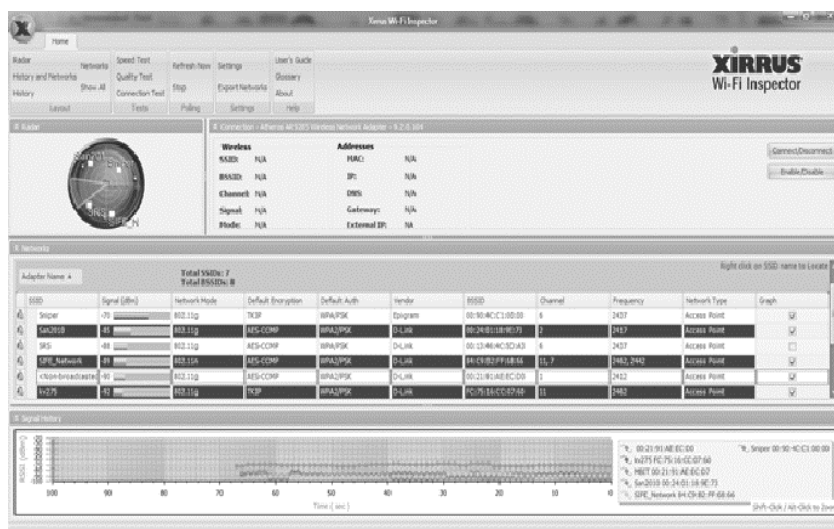


Рис.2. Пользовательский интерфейс программы Xirrus Wi-Fi Inspector

Установленная на компьютере с подключённым сетевым адаптером Wi-Fi и активированная программа Xirrus Wi-Fi Inspector начинает взаимодействовать с интегрированной измерительной подсистемой адаптера и обеспечивает визуальное отображение расположенных поблизости радиоизлучающих устройств Wi-Fi и уровни принимаемых от них сигналов в реальном масштабе времени.

4. Результаты экспериментов

С помощью показанного выше программно-аппаратурного комплекса были проведены измерения уровней принимаемых сигналов в помещении (рис.3) на различных расстояниях от действующей точки доступа. Результаты изменений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерений уровней принимаемых сигналов в зависимости от расстояния между точкой доступа и адаптером (дБм)

	3.5м	5.5м	7м	10м	10.2м	12.2м	14.2м	14.4м	18м	20м	22м	24.4м
1	-33	-46	-50	-56	-68	-64	-60	-63	-75	-70	-67	-75
2	-38	-41	-45	-52	-63	-60	-65	-62	-60	-66	-68	-71
3	-37	-44	-46	-49	-63	-62	-61	-69	-71	-80	-70	-78

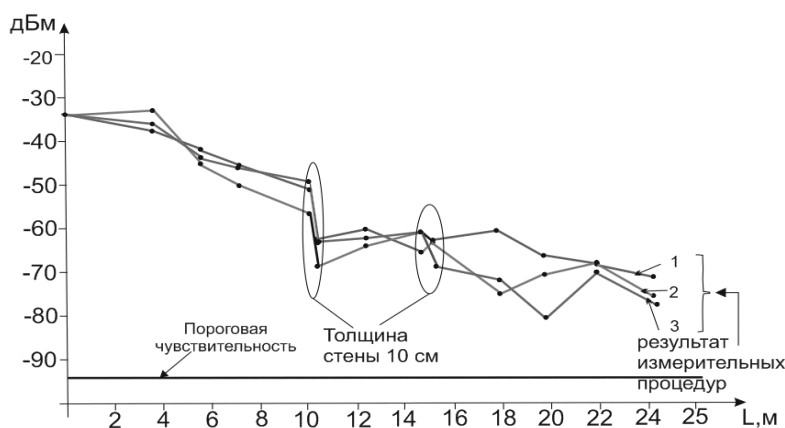


Рис.3. Зависимость уровней принимаемых сигналов от расстояния между точкой доступа и адаптером

Анализ результатов измерений позволяет заключить, что реальные уровни принимаемых сигналов в конкретном помещении в указанных направлениях зависят от расстояния случайным образом с выраженной тенденцией ослабления в среднем. Далее, представляется целесообразным сравнить эти измерительные результаты с расчётными, проведёнными в программной среде MathLab в соответствии с математическим выражением (3) и представленными на рис. 4.

Графические зависимости, представленные на рис.4, показывают существенное различие результатов реальных измерений и расчётов по исходной эмпирической модели распространения радиочастотных сигналов Wi-Fi в соответствии с выражением (3). Поэтому исходная модель нуждается в коррекции в сторону увеличения средней величины ослабления примерно на 20 дБм для данного помещения.

Для исследования скоростных характеристик сетевой аппаратуры Wi-Fi использовалась известная кроссплатформенная клиент-серверная программа Iperf, предусматривающая генерацию TCP-трафика для тестирования пропускной способности в условиях воздействия структурно-подобных помех.

Программа Iperf имеет возможность работать и как клиент по запросу, и в режиме проверки сервера. При этом одна система выступает в качестве сервера Iperf на одном из портов, а другая — в качестве клиентской системы, на которой запущен клиент Iperf. В обеих системах используется один и тот же исполняемый файл, в котором предусмотрена возможность выбора одной из ролей — сервера или клиента, так что при необходимости системы можно легко поменять местами. После ввода основных данных для тестирования запускается быстрая проверка качества соединения между двумя системами.



Рис.4. Сравнение измеренных значений уровней принимаемых сигналов с расчётными в зависимости от расстояния.

Для проведения эксперимента в рамках оговоренного выше помещения были организованы две беспроводные зоны обслуживания на базе точек доступа ZyAIRB-500 EE (рис.5). К каждой зоне обслуживания подключалось по две рабочих станции посредством беспроводных адаптеров ZyAIR B-220EE. Между двумя беспроводными рабочими станциями, внутри каждой зоны, запускалась клиент-серверная программа Iperf, с помощью которой фиксировалась скорость передачи данных между клиентом и сервером при различных комбинациях каналов связи, на которых работали точки доступа.

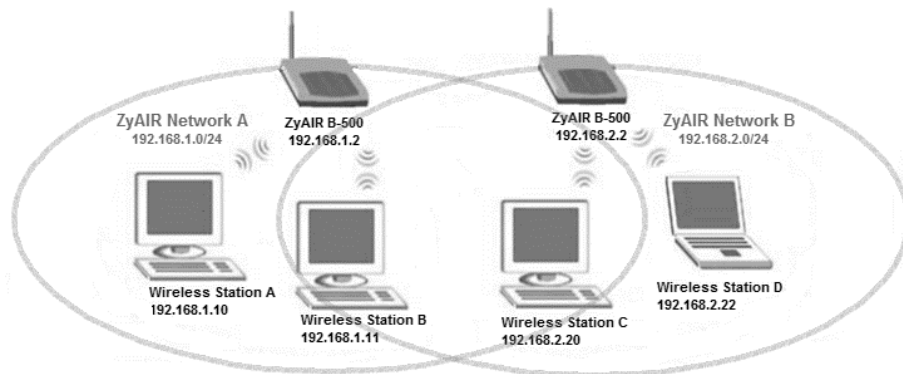


Рис. 5. Схема организации связи исследуемых зон обслуживания

Для создания помеховой обстановки в зоне обслуживания ZyAIR Network A с одной беспроводной рабочей станции на другую через общую папку запускался видеофайл. В качестве исследуемой зоны обслуживания была принята ZyAIR Network B. В данной зоне обслуживания на различном расстоянии от точки доступа (ZyAIR B) переносной компьютер (Wireless Station D) принимал файлы фиксированного размера от беспроводной рабочей станции Wireless Station C (рис. 5). При этом фиксировались время передачи этих файлов и уровни сигнала Wi-Fi на разном удалении переносного компьютера от точки доступа.

Между рабочими станциями исследуемой зоны обслуживания передавались файлы видео, изображения и текстового документа объёмом 14 Мб. Уровни сигнала Wi-Fi в точках измерений фиксировались посредством программы XirtusWi-FiInspector на переносном компьютере. Измерения проводились в два этапа: на первом этапе «помеховая» и исследуемая зоны обслуживания работали на одном канале связи (6 канале), на втором этапе – на разных каналах связи (6 и 1 каналах). Результаты измерений сведены в табл.2.

Таблица 2. Результаты исследования влияния помеховой обстановки на дальность связи и время передачи данных в сети Wi-Fi

Рабочие каналы	Параметр измерения	Расстояние от передатчика до приемника, метры						
		2	8	12	16	20	24	30
6 и 6	Уровень сигнала, дБм	-41	-66	-71	-76	-81	-86	-91
	Время передачи видеофайла, с	67	95	125	148	165	Нет передачи	Нет передачи
	Время передачи изображения, с	63	98	129	153	171	Нет передачи	Нет передачи
	Время передачи текстового файла, с	68	96	134	161	178	Нет передачи	Нет передачи
6 и 1	Уровень сигнала, дБм	-41	-66	-71	-76	-81	-86	-91
	Время передачи видеофайла, с	41	65	93	126	142	167	Нет передачи
	Время передачи изображения, с	45	68	102	129	146	172	Нет передачи
	Время передачи текстового файла, с	40	71	109	134	149	177	Нет передачи

По полученным данным построим графики зависимостей времени передачи данных от расстояния между точкой доступа и адаптером (рис.6).

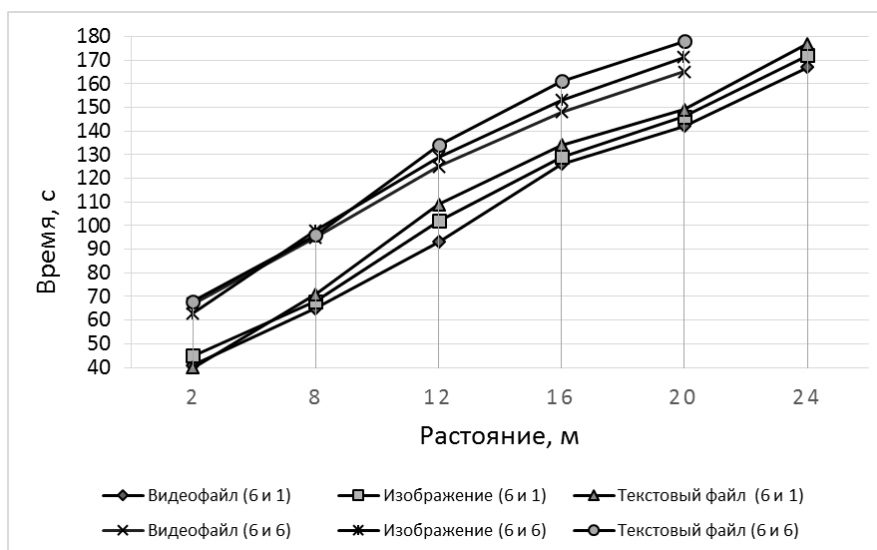


Рис.6. Зависимости времени передачи данных от расстояния

Из представленных графиков (рис.6) видно, что для обоих случаев прослеживается одна и та же закономерность: чем больше расстояние между точкой доступа и беспроводным приёмным устройством, тем больше время передачи данных между ними. Также можно заметить некоторое увеличение темпа роста времени передачи данных после отметки в 8 метров. Данное явление обусловлено тем, что на пути распространения сигнала появляется препятствие в виде второй стены, которое вызывает некоторое затухание Wi-Fi сигнала. Кроме того, можно наблюдать то, что при прочих равных условиях видеофайлы передаются несколько быстрее, чем остальные данные. Это объясняется тем, что пакеты видеофайлов не требуют подтверждений при передаче, нежели более критичная к ошибкам информация, как изображение или текстовый документ.

Однако, несмотря на общие тенденции в характере роста кривых зависимостей времени передачи данных от расстояния, помеховая обстановка оказывает очевидное воздействие на качество связи Wi-Fi. При работе соседних точек доступа на двух перекрывающихся друг друга каналах связи время передачи данных увеличивается на 20–30%. А это, в свою очередь, означает снижение скорости передачи данных. В табл. 3 отображены результаты влияния помеховой обстановки на скорость передачи данных в исследуемой сети Wi-Fi в зависимости от расстояния.

Таблица 3. Результаты влияния помеховой обстановки на скорость передачи данных в сети Wi-Fi

Рабочие каналы	Параметр измерения	Расстояние от передатчика до приемника, метры						
		2	8	12	16	20	24	30
6 и 6	Уровень сигнала, дБм	-41	-66	-71	-76	-81	-86	-91
	Скорость передачи видеофайла, Мбит/с	1.67	1.18	0.89	0.76	0.68	-	-
	Скорость передачи изображения, Мбит/с	1.77	1.14	0.87	0.73	0.65	-	-
	Скорость передачи текст.файла, Мбит/с	1.65	1.17	0.83	0.69	0.63	-	-
6 и 1	Уровень сигнала, дБм	-41	-66	-71	-76	-81	-86	-91
	Скорость передачи видеофайла, Мбит/с	2.73	1.72	1.2	0.88	0.78	0.67	-
	Скорость передачи изображения, Мбит/с	2.48	1.64	1.09	0.87	0.76	0.65	-
	Скорость передачи текст.файла, Мбит/с	2.80	1.57	1.02	0.83	0.75	0.63	-

Анализируя данные табл. 3 и графики рис.7, мы можем наблюдать, что при одном и том же уровне сигнала в каждой точке измерения скорость передачи данных аппаратуры

Wi-Fi, настроенной на один канал связи, заметно ниже скорости передачи данных оборудования Wi-Fi, настроенного на разные каналы. Это обусловлено тем, что при работе точек доступа на перекрывающихся друг друга каналах связи (см. рис.8) отношение сигнал/шум в обрабатываемых ими зонах обслуживания увеличивается, а следовательно, при прочих равных условиях, скорость передачи снижается.

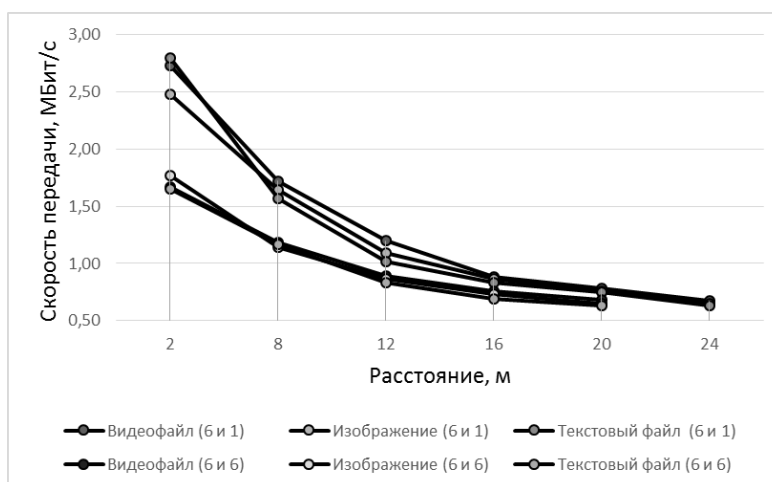


Рис.7. График зависимостей скорости передачи от расстояния

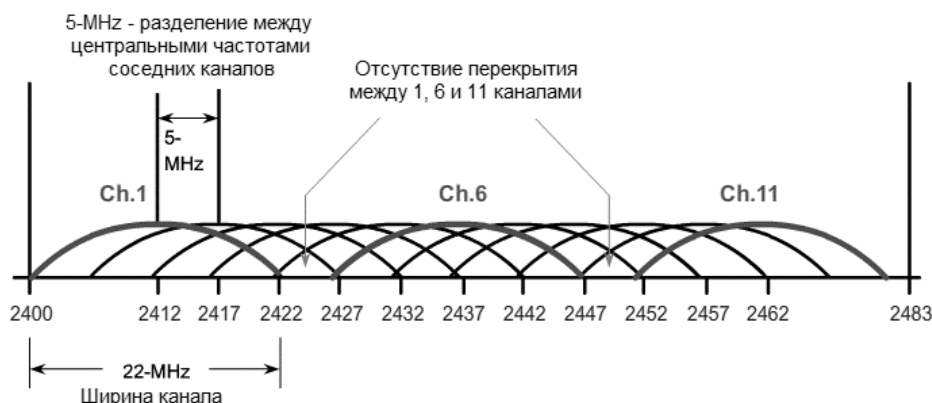


Рис.8. Каналообразующая схема стандарта Wi-Fi IEEE 802.11b

5. Заключение

По результатам исследований сетевых и информационных возможностей основных функциональных элементов сетевого оборудования стандарта Wi-Fi IEEE 802.11b можно сделать следующие выводы:

Известные эмпирические модели распространения радиочастотных сигналов (в частности, предложенные в [5]) могут использоваться для оценочных расчётов параметров зон обслуживания точек доступа и маршрутизаторов. Но нуждаются в обязательной коррекции по результатам проведения выборочных натурных испытаний в конкретном помещении.

Для организации удовлетворительной работы сети по информационным характеристикам в условиях воздействия помех следует учитывать особенности каналообразования стандарта IEEE 802.11b и (по возможности) настраивать соседние точки доступа на непересекающиеся по спектру каналы.

Литература

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В./ М.: изд-во «Техносфера», 2005 г. – 592 с.
2. Рошан П., Лиэри Дж. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11/Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс».2004-304с.
3. Михайлов Е.В., Дудов Р.А., Захаров П.Н., Козарь А.В., Королев А.Ф. Возможности метода конечных интегралов при расчете распространения радиоволн в зданиях. // Труды школы-семинара «Волны—2009», часть 1, 2009, С. 63—68.
4. Беленький В.Г. Методы определения потерь распространения в радиоканалах систем связи с подвижными объектами// Перспективы развития современных средств и систем телекоммуникаций. Материалы международного научно-технического семинара (9-15 августа 1998г.).
5. Doble John Introduction to Propagation for Fixed and Mobile Communications, – Artech House Publishers, 1996. – 216 с.
6. Xirrus. URL: <http://www.xirrus.com>. – (Дата доступа 31.08.2014).

Статья поступила в редакцию 01.09.2014.

Резван Иван Иванович

к.т.н., доцент кафедры вычислительных систем СибГУТИ, (630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86), тел. (383) 269-82-93, e-mail: rezvan@csc.sibsutis.ru.

Experimental testing of small-sized WiFi networks

I.I. Rezvan

During full-scale tests, the effect of structurally similar interference of adjacent channels of Wi-Fi communication equipment on the actual data transfer rate in small-sized wireless network was analyzed. The dependence of the received signal level and the communication range of the artificial noise conditions are defined. Built according to the test results, graphic dependences show that the actual radius of the coverage area of the access point is only 23 meters that is substantially less than it was claimed by the branded equipment manufacturer.

Keywords: wireless networks, Wi-Fi.