

---

## ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛЕЙ КАНАЛОВ СВЯЗИ БЕСПРОВОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

***Дядюнов Александр Николаевич***

*доцент, канд. техн. наук, преподаватель кафедры ИУ-3,  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
105005, РФ, г. Москва, улица 2-я Бауманская, дом 5  
E-mail: [adyadunov@mail.ru](mailto:adyadunov@mail.ru)*

***Кадырбаева Анастасия Рустемовна***

*кандидат в аспиранты,  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
105005, РФ, г. Москва, улица 2-я Бауманская, дом 5  
E-mail: [naten702@mail.ru](mailto:naten702@mail.ru)*

## FEATURES OF LOCAL WIRELESS NETWORK CHANNELS

***Alexander Dyadunov***

*Associate Professor, Candidate of Engineering sciences, lecturer of IU-3Chair,  
Bauman Moscow state technical university,  
105005, Russia, Moscow, 2d Bauman's st., 5*

***Anastassya Kadyrbaeva***

*Postgraduate student candidate,  
Bauman Moscow state technical university,  
105005, Russia, Moscow, 2d Bauman's st., 5*

## АННОТАЦИЯ

Из-за развития высоких технологий системы беспроводной связи возникает интерес к исследованию канала связи беспроводных локальных сетей, которые в современном мире получили широкое распространение. Для мобильной связи используются стандарты EDGE, GSM, LTE, WiMax, а для локальной связи – IEEE.

Статья посвящена вопросам исследования канала связи беспроводных локальных сетей. Проведено исследование уровня сигнала для передачи данных по локальной беспроводной сети в закрытом помещении. При этом было выявлено влияние многолучевого распространения и отражения на пропускную способность и качество передачи беспроводной сети. Радиосигнал редко идет по кратчайшему пути между передатчиком и приемником из-за различных препятствий. Посредством его переотражения образуется множество копий исходного сигнала, которые приходят на приемник разными путями. Возможность использования канала связи с MIMO (Multiple Input Multiple Output) и большим количеством приемников снижает эффект многолучевого распространения и деструктивную интерференцию. Доказано, что большой положительной эффект оказывает применение технологии MIMO с разнесением антенн WiFi как на передающей стороне, так и на принимающей, а также такие технологии, как комбинирование принятых сигналов с цифровой обработкой для искусственного создания условий положительной интерференции и результирующего усиления.

### **ABSTRACT**

In modern world local wireless networks are used widely, therefore there are special interest in that field. For mobile communications EDGE, GSM, LTE and WiMax standards are used, for local networks - IEEE.

This article is devoted to local area wireless network research. Signal level during data transfer in closed environments is analyzed. It is shown that multipath propagation reduces general performance and increases delays in wireless networks. Radio waves rarely travel by shortest path, because usually there are huge amount of different obstacles. This wave reflects in different paths producing several copies of itself. Multipath propagation and destructive interferences are reduced due to MIMO (Multiple Input Multiple Output) technology and use of several receivers. It is shown that MIMO (Multiple Input Multiple Output) technology with antenna diversity on both sides, as well as use of DSP (Digital Signal Processing), gives

a positive impact on general performance in wireless networks and creates artificial positive interference.

**Ключевые слова:** беспроводные локальные сети, исследования, MIMO.

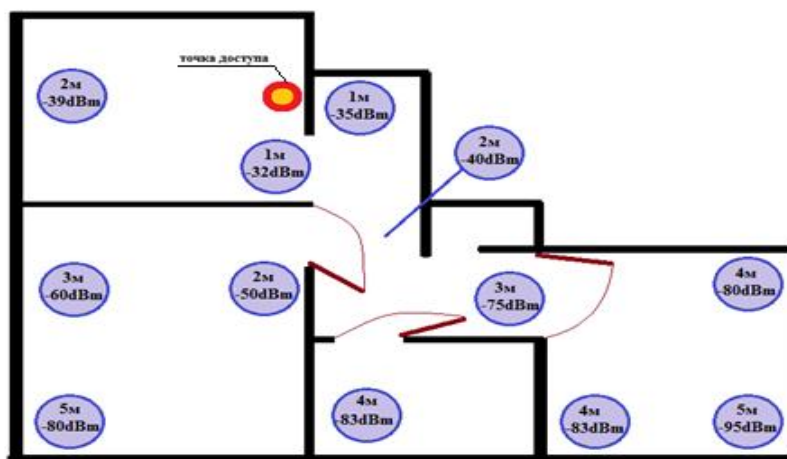
**Keywords:** Local Area Wireless Network, research, MIMO, multipath.

В настоящее время из-за развития технологий системы беспроводной связи, а именно мобильные и локальные, имеют широкое распространение (и применение). Разработано несколько стандартов беспроводных сетей. Для мобильной связи самые распространённые стандарты это EDGE, GSM, LTE, WiMax, а для локальной связи – IEEE, имеющий несколько версий. Стандарт IEEE 802.11 описывает беспроводную локальную сеть, более известную как Wi-Fi, а стандарт IEEE 802.16 описывает беспроводную городскую сеть WiMax. Технологии беспроводных локальных сетей получили свое распространение благодаря развитию мобильных телефонов, ноутбуков и других мобильных устройств. Такие технологии предоставляют широкополосный доступ к сети через радиоканал и поддерживают технологии TDD, FDD, point-to-multipoint (один-всем) и многие другие. Из всех стандартов IEEE 802.11 наиболее часто применяются четыре: a, b, g, n. Различие этих стандартов заключается в радиусе действия, мощности радиоприемника, скорости и диапазоне работы приемника и передатчика [4].

Если рассматривать случай с развертыванием беспроводной локальной сети внутри помещения, к примеру в квартире или офисе, радиосигнал редко пойдет по кратчайшему пути между передатчиком и приемником из-за различных препятствий (стен, дверей, дверных проемов и др.) [1]. Большинство подобных окружений имеют много различных поверхностей, которые отражают радиосигнал. Посредством переотражения образуется множество копий исходного сигнала, которые приходят на приемник разными путями [3]. Условия множественного распространения постоянно меняются: перемещаются базовые станции, Wi-Fi устройства, либо перемещаются

различные объекты вокруг, создавая помехи. В случае прибытия сигналов в разное время под разными углами это может вызвать искажения и возможное затухание сигнала. Возможность использовать канал связи с ММО и большим количеством приемников может снизить эффект многолучевого распространения и деструктивную интерференцию [2].

Были проведены исследования передачи данных по локальной (рис. 1) и мобильной (рис. 3) беспроводной связи в жилом помещении. Экспериментальные данные, полученные с помощью программ Wifi Solver и insider, а также беспроводных электронно-вычислительных устройств, занесены в таблицу 1. На основе экспериментальных данных, полученных с помощью программы Mobile Signal Tracker, построена диаграмма покрытия мобильной сети (рис. 4). Целью исследования было изучение уровня сигнала мобильной и локальной беспроводной связи на приемнике. На его основе можно сделать выводы о качестве приема, скорости передачи и о возможных ошибках.



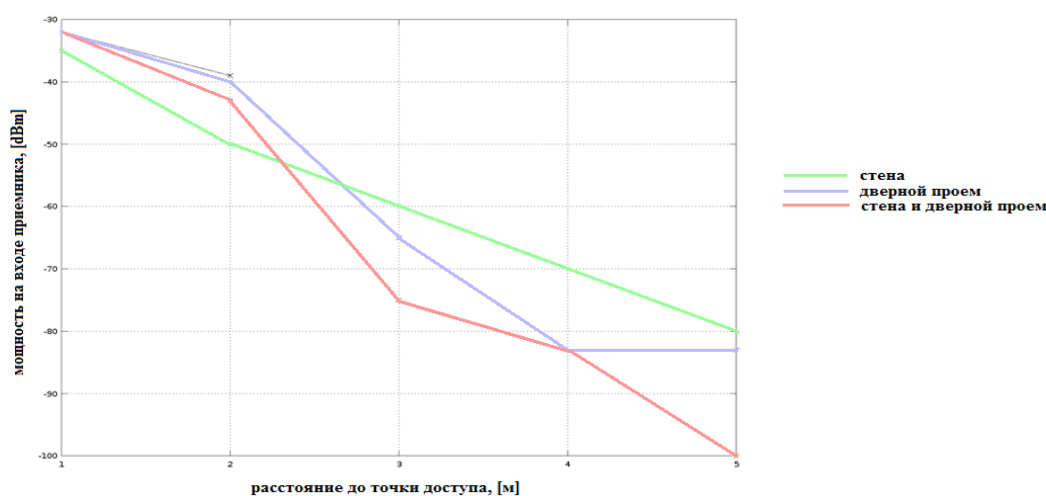
**Рисунок 1. Измерения уровня принимаемого сигнала беспроводной локальной сети в помещении**

Результаты измерений беспроводной локальной связи занесены в таблицу 1. На их основе построен график зависимости уровня сигнала от расстояния до базовой станции (рис. 2).

*Таблица 1.*

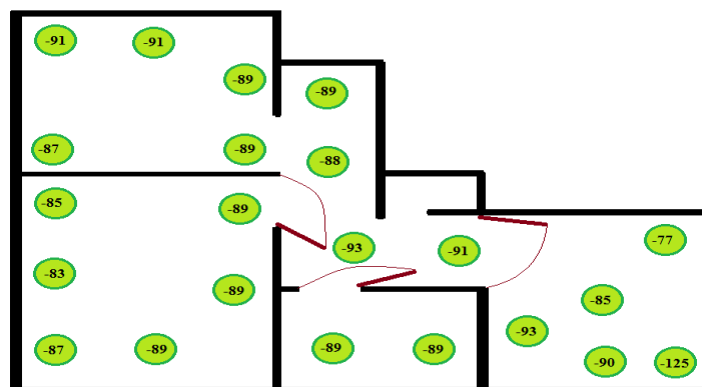
**Уровни принимаемого устройством сигнала в зависимости от расстояния от базовой станции до устройства**

Расстояние от базовой станции, м	RSSI,dBm			
	прямая видимость	стена	дверной проем	стена и дверной проем
1	-32	-35	-32	-32
2	-39	-50	-40	-43
3	-	-60	-65	-75
4	-	-70	-83	-83
5	-	-80	-	-100

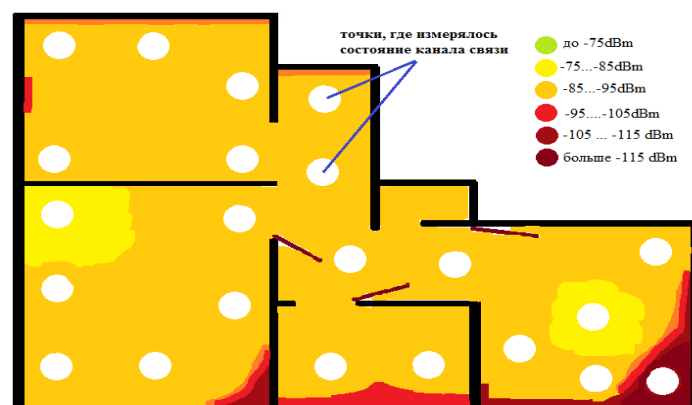


*Рисунок 2. Зависимость уровня сигнала от расстояния*

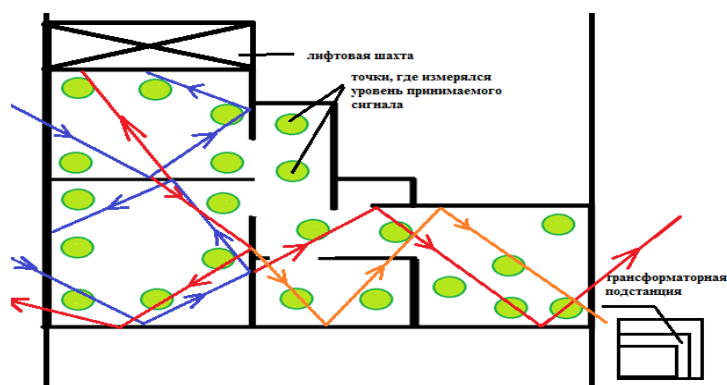
Такие результаты могли получиться благодаря дифракции сигнала, поглощения энергии сигнала и отражения. Длина волны Wi-Fi сигнала примерно 12–13 сантиметров, поэтому металлическая решетка и бетонный столб не мешают распространению сигнала, в то время как бетонная стена здания является практически непреодолимой преградой. Затухание сигнала увеличивается с ростом частоты и расстоянием, сильно зависит от типа материала. К материалам с высоким коэффициентом поглощения относятся бетон, металл, керамика. К материалам со средним коэффициентом поглощения относятся тонированное стекло, живые существа, кирпич, штукатурка.



**Рисунок 3. План помещения с обозначением точек проведения измерений.  
Все измерения в dBm**



**Рисунок 4. Диаграмма покрытия мобильной связи  
с обозначением точек измерений**



**Рисунок 5. Распространение сигналов беспроводной локальной сети  
в помещении. Синие линии – изначальный сигнал, приходящий с базовой  
станции; красные и оранжевые линии - сигнал, прошедший через  
препятствие один и более раз соответственно.**

Уровень сигнала мобильной беспроводной связи значительно ухудшается вблизи лифтовых шахт, электрической разводки розеток. При приближении к трансформаторному генератору, находящемуся в непосредственной близости

от жилого здания, наблюдается потеря сигнала как у мобильной, так и у локальной беспроводной связи.

Изменение в передаче сигнала у локальной и мобильной связи вызваны тем, что базовая станция отдалена от жилого помещения (в случае с мобильной связью), а близкое расположение лифтовых шахт и электрической разводки розеток, трансформаторного генератора, а также наложение отраженных сигналов друг на друга создают помехи в принимаемом сигнале, вплоть до потери уровня связи.

В большинстве случаев радиосвязь осуществляется в отсутствие прямой видимости, распространение радиоволн - нестационарно. Это связано с перемещением мобильной станции или других подвижных объектов. Радиоволны приходят в точку приема в результате многократного отражения от зданий и других объектов, используя, таким образом, эти объекты в качестве пассивных излучателей.

Многолучевое распространение имеет негативный характер, чаще всего на общую производительность, пропускную способность и увеличение задержек сети. Использование направленных антенн или разнесение приемных антенн может позволить снизить негативный эффект. Для современных сетей стандарта Wi-Fi 802.11n существует значительно больше механизмов компенсации проблем многолучевого распространения сигнала. Большой положительной эффект оказывает применение технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output) с разнесением антенн Wi-Fi как на передающей, так и на принимающей стороне, а также такие технологии, как комбинирование принятых сигналов с цифровой обработкой для искусственного создания условий положительной интерференции и результирующего усиления.

### **Список литературы:**

1. Бабков В.Ю., Цикин И.А. Сотовые системы мобильной радиосвязи: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 432 с.

2. Баскаков С.С. Надежность радиочастотного цифрового канала связи при крупномасштабном замирании и случайном разбросе параметров приемопередачи // Успехи современной радиоэлектроники. – 2008. – № 12. – С. 47–52.
3. Дядюнов А.Н., Кузнецов К.Н. Моделирование беспроводных сенсорных сетей // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009. – № 139. – С. 64–70.
4. IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, “Channel models for fixed wireless applications,” IEEE 802.16a-03/01, 2003-06- 27.

### **References:**

1. Babkov V.Iu., Tsikin I.A. Cellular mobile radio systems. St. Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2013, 432 p. (In Russian).
2. Baskakov S.S. The reliability of the radio-frequency digital communication channel for large scale fading and random variation of parameters transceiver. Uspekhi sovremennoi radioelektroniki [Successes of modern radioelektroniki]. 2008, no. 12, pp. 47–52 (In Russian).
3. Dyadunov A.N., Kuznetsov K.N. Wireless sensor networks simulation. Nauchnyi vestnik MGTU GA [Scientific Bulletin of Bauman Moscow state technical university]. 2009, no. 139, pp. 64–70 (In Russian).
4. IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, “Channel models for fixed wireless applications,” IEEE 802.16a-03/01, 2003-06- 27.