



## *Analysis of the characteristics of wave propagation by indoor wireless communication*

### *Анализ характеристик распространения волн беспроводной связи в помещении*

*Igor Lvovich, Andrey Preobrazhenski, Oleg Choporov*

*Игорь Львович, Олег Чопоров, Андрей Преображенский*

#### **Abstract:**

---

*In this paper the analysis of features of propagation of waves in wireless communication systems in the internal area of the premises. In the experiment, was considered the process of propagation of electromagnetic waves through a concrete and brick barriers (ceilings and floors). This recommendations for the approximation of the obtained data based on the method of least squares. The degree of the polynomial was chosen not more than 10, with an error of no more than 10 %. Was conducted changing the settings, signal levels and transmission speeds when I change the power of the broadcast data against the 100 %, 50 %, 25 % of the power transmission device, the transmission speed has not changed. For conditions, when radio waves propagate over barriers in the internal area of the premises in the course of the experiment were carried out considering these options: access point and laptop are separated by a plaster wall, the access point and laptop are separated by a plaster wall and wooden wardrobe, access point and laptop are separated by two brick and one plaster wall, and wooden wardrobe. On the basis of the relevant wave propagation through obstacles at varying values of the variables involving optimization techniques were determined the values of the indexes of refraction of the materials. The offered structure of subsystem of information processing in the study of radio wave propagation in the room. As input sizes are internal areas of the premises, the values of dielectric and magnetic materials fields. The results can be useful in the design of wireless communication systems, determining the areas within the premises, which achieves a high signal value.*

**Keywords:**

*Wireless communications, wave propagation, experimental data.*

**ACM Computing Classification System:**

*Computer-communication networks- Distributed Systems*

*Computer-communication networks- Local and Wide-Area Networks*

*Information systems applications- Communications Applications*

**Abstract:**

*В данной работе проводится анализ особенностей распространения волн в системах беспроводной связи во внутренней области помещений. В проведенном эксперименте, рассматривались процессы распространения электромагнитных волн через бетонные и кирпичные преграды (потолки и полы). Даны рекомендации для проведения аппроксимации полученных данных на основе метода наименьших квадратов. Степень полинома была выбрана не более, чем 10, с погрешностью не более 10 %. Проводилось изменение параметров уровней сигнала и скоростей передачи когда изменялась мощность трансляции данных по отношению к 100 %, 50 %, 25 % от мощности передающего устройства, при этом скорость передачи не изменилась. Для условий, когда распространяются радиоволны через преграды во внутренней области помещений, в ходе эксперимента проводилось рассмотрение следующих вариантов: точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной, точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной и деревянным шкафом, точка доступа и ноутбук разделены двумя кирпичными и одной гипсовой стеной, а так же деревянным шкафом. На основе соответствующих моделей распространения радиоволн через препятствия, при варьировании значений переменных с привлечением методов оптимизации определялись значения коэффициентов преломления материалов. Предложена функциональная структура подсистемы обработки информации при исследовании распространения радиоволн в помещении. В качестве входных данных используются размеры внутренних областей помещений, значения диэлектрических и магнитных областей материалов. Результаты работы могут быть полезны при проектировании беспроводных систем связи, определения областей внутри помещений, в которых достигается высокое значение сигнала.*

**Keywords:**

*Беспроводная связь, распространение радиоволн, экспериментальные данные.*

**► Введение**

При проведении работ, связанных с организацией беспроводных сетей связи, важно учитывать условия, при которых осуществляется процесс распространения радиоволн. На качество связи могут оказывать влияние разные параметры, среди которых количество стен, препятствий на пути радиоволн, помехи разной природы [1]. Существует зависимость расстояния, на которое распространяются радиоволны от вида материалов объектов, а также от вида радиочастотных шумов. Когда стремятся размещать точки доступа, то обеспечивают максимальный охват

пространства. При планировании мероприятий, направленных на защиту беспроводных сетей, стремятся к: применению парольного доступа при управлении точками доступа Wi-Fi, проведению трансляций ID сетей, использованию фильтраций для MAC адресов, применению протоколов шифрования данных, уменьшению расстояния, на котором сеть можно обнаружить вне компании.

## ▲ 1 Анализ литературных источников

Исследования распространения радиоволн в помещениях могут быть на основе расчетных и экспериментальных подходов [2-6]. Расчетные способы не всегда могут быть использованы на практике вследствие сложности геометрии помещений, а также разнообразия материалов. Эксперимент дает возможности детальным образом учесть форму помещения и автоматическим образом измеряется уровень сигнала для различных поглощающих материалов.

Экспериментальные методы определения характеристик вторичного излучения подразделяются на методы: натуральных измерений; масштабного электродинамического моделирования; масштабного акустического моделирования.

**Целью** данной работы является разработка подсистемы для проведения анализа характеристик распространения радиоволн беспроводной системы связи в помещении.

## ▲ 2 Методика

Данные, используемые при анализе, были взяты из эксперимента, когда передавались блоки информации во внутренней области помещений при различных условиях и мощностях трансляции точек доступа.

Для проведения эксперимента использовалось следующее оборудование:

- беспроводная точка доступа при поддержке режима маршрутизатора D-link DAP 1150;

- ноутбук Samsung NP-N100 с зарядным устройством;
- витая пара с длиной 10 метров, имеющую RJ-45 интерфейсы;
- рулетка 300 см;
- сетевой коммутатор D-link;
- сетевой фильтр.

В эксперименте требовалось несколько железобетонных преград, при условиях, что нет экранов между ними, нет возникновения дополнительных помех при передаче информации.

Проведя анализ, мы располагали точку доступа на 3 этаже. Железобетонные преграды – это потолки, которые представляют собой железобетонные плиты, они находятся друг от друга на одинаковом расстоянии [7].

Схема эксперимента по получению результатов измерений при распространении волн беспроводной связи в помещении приведена на рисунке 1.

На четвертом этаже ноутбук располагаем над точкой доступа, ориентируясь на координаты, по которым она стоит на 3 этаже. Поскольку в этом положении приемник будет по одной вертикали с точкой доступа, то уровень сигнала и скорость передачи будут максимальными. Получив результаты измерений уровня сигнала и скорости передачи, необходимо сделать сдвиг в следующую точку со сдвигом в 1 метр, таким образом, чтобы продолжать оставаться в одной плоскости

с точкой доступа на 3 этаже, и далее делать измерения до сдвига в 10 метров, расстояния между контрольными точками равно 1 метру. Процедура проведения измерений на 4 этаже, повторяется на 5 и 6 этаже.

При анализе кирпичных преград мы рассматриваем несколько кирпичных стен [7]. Схема эксперимента дана на рисунке 2.

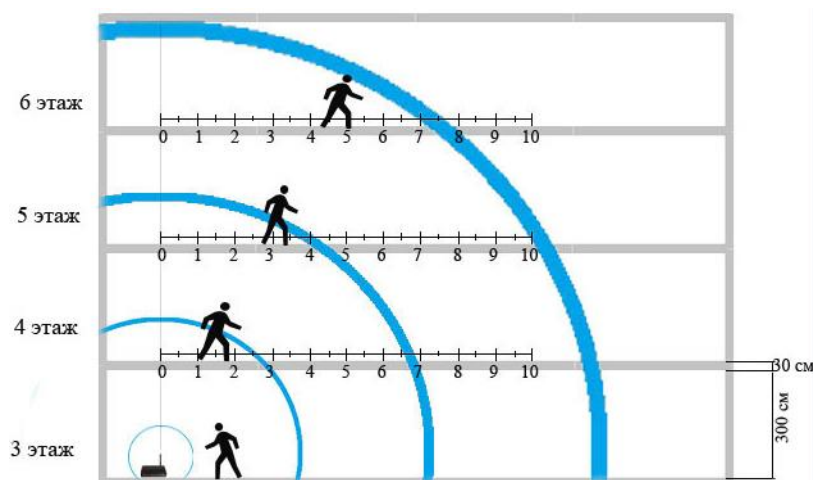


Рисунок 1. Схема эксперимента по измерениям результатов прохождения радиоволн через железобетон

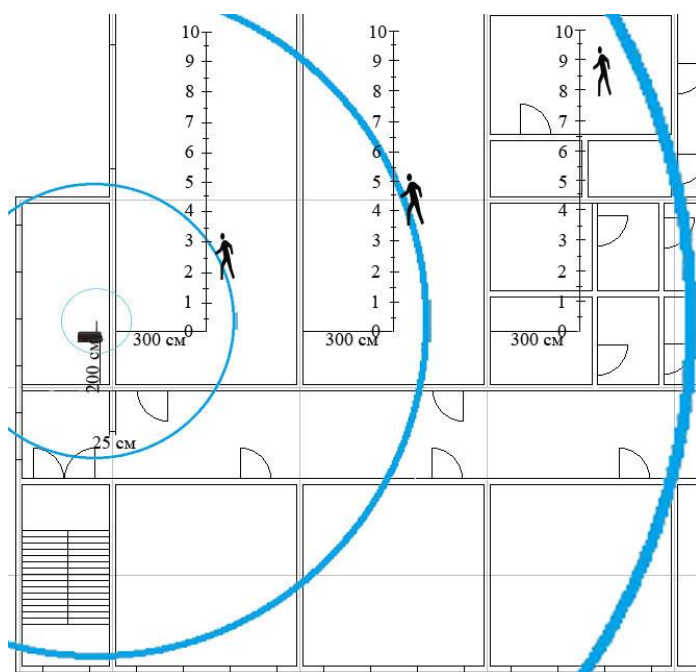


Рисунок 2. Схема с кирпичными стенами

Аналогично, как и с железобетоном проводятся измерения уровня сигнала и скорости передачи данных. Для этого снимаем измерения с контрольных точек с 0 по 10 в трех местах отмеченных на схеме.

Полученные результаты измерений были аппроксимированы на основе метода наименьших квадратов, использовалась степень полинома не превышающая 10, при этом ошибка, не превышала 10 %. Проводилось изменение параметров уровней сигнала и скоростей передачи когда изменялась мощность трансляции данных по отношению к 100 %, 50 %, 25 % от мощности передающего устройства.

На основе применения соответствующих моделей, описывающих распространение радиоволн через объекты [8-10], при варьировании значений переменных на основе способов оптимизации проводилось определение значений коэффициентов преломления материалов.

Исходя из данных аппроксимации есть возможность определения уровня сигнала для произвольной точки во внутренней области помещений.

Для условий, когда распространяются радиоволны через преграды во внутренней области помещений в ходе эксперимента проводилось рассмотрение таких вариантов [11]:

- точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной;
- точка доступа и ноутбук разделены гипсовой стеной и деревянным шкафом;
- точка доступа и ноутбук разделены двумя кирпичными и одной гипсовой стеной, а так же деревянным шкафом.

На основе соответствующих моделей распространения радиоволн через препятствия [8-10], при варьировании значений переменных с привлечением методов оптимизации определялись значения коэффициентов преломления материалов.

В таблице 1 продемонстрированы примеры экспериментальных данных.

Таблица 1. Примеры данных эксперимента

Тип преград	Угол падения	Уровень сигнала
1 гипсовая стена	0°	99%
1 гипсовая стена	45°	≅86-88%
1 гипсовая стена	30°	90%
1 гипсовая стена + деревянный шкаф	0°	85%
2 гипсовые стены + 1 кирпичная стена	60°	60%
2 гипсовая стена + 1 кирпичные стены	0°	55%

Результаты эксперимента сравнивались с теоретическими данными, которые были получены на основе модели модели COST 231 [12]. Для потерь при распространении радиоволн внутри помещений, выраженных в дБ, мы имеем:

$$L = 37 + 20 \lg(d) + \sum_{i=1}^N D_i + 18.3q \left( \frac{q+2}{q+1} - 0.46 \right)$$

где:  $d$  – расстояние между приемником и передатчиком, выраженное в метрах;

$N$  – количество пересекаемых стен типа  $i$ ;

$D_i$  – потеря на стене типа  $i$ ;

$q$  – количество пересекаемых межэтажных перекрытий.

Разница в теоретических и экспериментальных данных не превышала 1 дБ.

На рисунке 3 приведена функциональная структура предлагаемой подсистемы, связанной с обработкой информации, при исследовании процессов распространения радиоволн во внутренней области помещений.

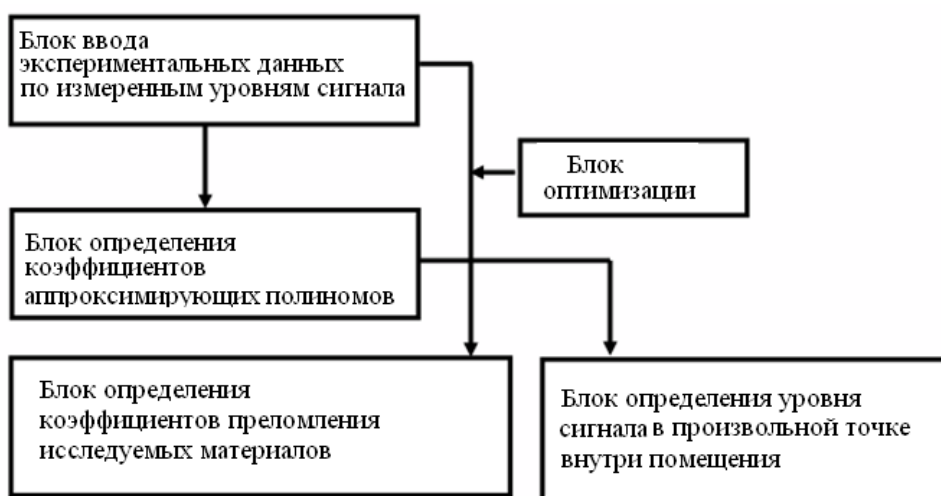


Рисунок 3. Функциональная структура подсистемы по обработке данных при исследовании распространения радиоволн во внутренней области помещения

## Выводы

В данной работе проведены исследования закономерностей распространения волн беспроводной связи во внутренней области внутри помещений. Результаты эксперимента по распространению через разные преграды сравнивались с теоретическими данными, которые были получены на основе модели модели COST 231. На основе применения соответствующих моделей, описывающих распространение радиоволн через объекты, при варьировании значений переменных на основе способов оптимизации проводилось определение значений коэффициентов преломления материалов. Предложена функциональная структура подсистемы по обработке данных при исследовании распространения радиоволн во внутренней области помещения.

## ▲ Литература

- [1] Пролетарский А. В. Беспроводные сети Wi-Fi / А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Д. Н. Чирков / Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ; Лаборатория знаний, 2007 – 217 с.
- [2] Мишин Я. А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Я. А. Мишин // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 153-156.  
Болучевская О. А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О. А. Болучевская, О. Н. Горбенко //
- [3] Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 4.
- [4] Ерасов С. В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах / С. В. Ерасов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 20-26.
- [5] Преображенский А. П. Оптимизация характеристик сигналов, рассеянных сложным объектом, на основе комбинированного алгоритма / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 1-2. – С. 55-59.
- [6] Преображенский А. П. Ускорение вычислений электродинамических характеристик составного объекта / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 1-2. – С. 65-69.
- [7] Информационные технологии: приоритетные направления развития: монография / А. Б. Андросик [и др.]; под общей ред. С. С. Чернова. – Новосибирск, Издательство Сибпринт, 2012. – Том 8. – 227 с.
- [8] Ослабление сверхширокополосных хаотических сигналов диапазона 3-5 ГГц при прохождении через стены зданий / А. И. Рыжов [и др.] // Журнал радиоэлектроники. – № 5. – 2012.
- [9] Сверхширокополосная беспроводная связь и сенсорные сети / А. С. Дмитриев [и др.] // Радиотехника и электроника. – 2008. – Т. 58. – № 10. – С. 1278-1289.
- [10] Кочин В. П. Методика быстрой оценки мощности WI-FI-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания / В. П. Кочин, Ю. И. Воротницкий, Д. А. Стрикелев // ([http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/22199/1/Кочин\\_В\\_П.pdf](http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/22199/1/Кочин_В_П.pdf)).
- [11] Чопоров О. Н. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / Чопоров О. Н. , А. П. Преображенский, А. А. Хромых // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 584-587.
- [12] Ли У. Техника подвижных систем связи / У. Ли; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 392 с.

.....

**Prof. Igor Lvovich**

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,  
Voronezh Institute of High Technologies  
E-mail: i\_lvovich@mail.ru

**Anrey Preobrazhensky**

Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor,  
Voronezh Institute of High Technologies  
E-mail: app@vivt.ru

**Prof. Oleg Choporov**

Doctor of Sciences (Engineering), Professor,  
Voronezh Institute of High Technologies  
E-mail: choporov\_oleg@mail.ru Prof. Igor Lvovich