

УДК 621.396

Е.Н.Казаков

## РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ УРОВНЯ СИГНАЛА В СЕТИ WI-FI

*Воронежский институт высоких технологий*

*В статье проводится анализ методов беспроводной передачи данных. Отмечается, что технологии беспроводной связи не дают возможностей в полной мере обеспечивать устойчивое функционирование сети, без проведения точных расчетов. Указаны эффекты, возникающие при обычном распространении электромагнитных волн. Построен алгоритм оценки уровня Wi-Fi. Создана программная реализация этого алгоритма.*

**Ключевые слова:** распространение электромагнитных волн, Wi-Fi, передача данных.

В настоящее время беспроводные технологии активным образом используются, и они никак не уступают в своем развитии многим технологиям связи. Среди подобных технологий можно отметить Wi-Fi, Zigbee, WiMax, Dect и др.

В городских условиях быстрыми темпами появляются высотные здания (5-40 этажей), которые имеют разные формы строений. Во многих из них есть офисы, банковские структуры, магазины, торговые центры, в которых есть разные устройства, и они должны быть связаны с новыми технологиями и методами [1-5].

Но было бы неправильным полагать, что происходит вытеснение беспроводными технологиями в процессах своего развития традиционных решений, предусматривающих существование кабельных систем.

В беспроводных технологиях есть ряд проблем с тем, как распространяется сигнал в многоэтажных помещениях, имеющих разную конструкцию.

К сожалению, на данный момент, технологии беспроводной связи не дают возможностей в полной мере обеспечивать устойчивое функционирование сети, без проведения точных расчетов, мест положения, точек доступа и приемника [6-9].

Несмотря на то, что на данный момент существует множество продуктов позволяющих делать оценку характеристик электромагнитных полей для сложных конфигураций их стоимость довольно высока и в этой связи является поиск разных упрощенных подходов. Представляет интерес данной разработки программа позволяющая производить оценку уровня волн вол в помещении на основе простых соотношений (сделать первое приближение).

Цель работы:

Реализация алгоритма оценки уровня волн Wi-Fi в помещении.

Решаемые задачи:

- 1) Проведение анализа методов оценки уровня Wi-Fi.
- 2) Построение алгоритма оценки уровня Wi-Fi.
- 3) Программная реализация оценки уровня Wi-Fi.

Многолучевое распространение это феномен распространения сигнала, в результате которого появляются два или более путей прибытия сигнала на антенну приемника в одно и то же время или с минимальным отличием по времени (наносекунды разницы). При обычном распространении волн в привычных каждом окружениях при распространении возникают такие эффекты как:

- отражение с разбиением на множество малых волн,
- прохождение волн через препятствия с изменением характеристик,
- огибание волнами препятствий и изменение направления волны при достижении крупного препятствия.

И все это всякий раз проявляется не одинаково. Также важно понимать, что в определенных условиях отдельные эффекты проявляются значительно сильнее, например существенное отражение возникнет когда в комнате есть большие металлические шкафы или антенна находится рядом с шахтой и дверьми лифта и, вероятнее всего, в таком случае этот эффект будет преобладать.

В любом случае данные эффекты будут создавать условия возникновения множественных копий и множественных путей одного исходного сигнала. Все это в полной мере применимо к сетям стандарта Wi-Fi 802.11. Внутри помещений отраженные сигналы Wi-Fi и их эхо-сигналы (копии исходного сигнала Wi-Fi) могут вызываться такими условиями как длинные коридоры, стены, столы, пол, шкафы, а также большим количеством других препятствий.

Такие внутренние зоны с большим количеством металла, как ангары аэропортов, складские ангары, цеха заводов и фабрик изначально являются объектами с высоким уровнем многолучевого распространения сигналов Wi-Fi из-за большого количества отражающих поверхностей. На улице (вне помещений) многолучевое распространение Wi-Fi может вызываться отражением от дороги, от большого зеркала воды (озеро, река и т.п.), от зданий или от атмосферы при возникновении специфических условий. Таким образом, мы будем иметь сигналы, которые изменяют направление (изгибаются с приближением или удалением) во многих различных направлениях.

Базовый/исходный сигнал Wi-Fi будет доходить до приемной антенны, но множественные копии сигналов с изменёнными направлениями и после многих пере отражений могут также добраться до

приемной антенны, имея совершенно непредсказуемые характеристики (фазу, амплитуду и т.п.).

Обычно для отраженных сигналов требуется несколько больше времени, чтобы добраться до приемной антенны из-за необходимости пройти больший путь, чем базовый сигнал. Разница во времени может измеряться в наносекундах. Эта временная разница называется задержкой распространения сигнала (delayspread).

При этом одни технологии более подвержены такого рода задержке, другие менее. Для радиосигналов эффект многолучевого распространения может становиться положительным или отрицательным (иногда говорят: конструктивным или деструктивным). Значительно чаще результат является отрицательным. Из-за разницы в фазах множества путей копий сигналов комбинированный сигнал на приемнике чаще будет затухать или будет повреждаться [10-11].

Многолучевое распространение может иметь негативный эффект на общую производительность, пропускную способность и увеличение задержек вашей сети стандарта Wi-Fi из-за необходимости выполнения пере посылок фреймов 2-го уровня, прямой причиной которых является межсимвольная интерференция. Это касается любой сети Wi-Fi 802.11. Многолучевое распространение является очень серьезной проблемой для сетей устаревших стандартов Wi-Fi 802.11 a/b/g. Использование направленных антенн нередко может позволить снизить негативный эффект. Также может положительно влиять разнесение приемных антенн Wi-Fi (diversity).

Иногда помогает снижение мощности излучения на передаче WiFi-устройства или использование антенн с меньшим коэффициентом усиления (конечно, это работает, пока поддерживается необходимый уровень связи с ответной стороной). Для современных сетей стандарта WiFi 802.11n существует значительно больше механизмов компенсации проблем многолучевого распространения сигнала. Здесь большой положительной эффект оказывает применение технологии MIMO. Многолучевой сигнал может возникать: Прирост уровня сигнала (Upfade) Это увеличение силы сигнала (увеличение амплитуды). Когда множественные радиосигналы прибывают на приемник в одно и то же время и находятся в фазе или с небольшим расфазированием по отношению к базовому сигналу, то результатом будет увеличение силы сигнала (увеличение амплитуды).

Небольшая разница в фазах в пределах от 0гр до 120гр будет вызывать прирост уровня сигнала.

Важно пояснить, что принятый сигнал никогда не будет сильнее исходного (сигнал, вышедший с антенны передатчика) в силу огромного

негативного влияния потерей при распространении в свободном пространстве (FSPL/Free Space Path Loss).

Снижение уровня сигнала (Downfade)- это снижение силы сигнала (уменьшение амплитуды). Когда множественные радиосигналы прибывают на приемник в одно и то же время и находятся. Не в фазе с базовым сигналом результатом будет снижение уровня сигнала. Разница в фазах в диапазоне от 121гр до 179гр будет приводить к снижению уровня. Обнуление сигнала – это полное затухание сигнала. Когда множественные радиосигналы прибывают на приемник в одно и в то же время имеют разницу фаз в 180гр, с базовым сигналом результатом будет обнуление, это полное затухание.

Как известно, при распространении узкополосных сигналов в помещении возникает сложная интерференционная картина, связанная с когерентным сложением отраженных лучей. В узкополосных системах связи эта картина проявляется в замираниях сигнала и в резком изменении качества связи при незначительном изменении положения приемника относительно передатчика [1]. В то время как средняя мощность при изменении расстояния от 14 до 28 м уменьшается примерно на 6 дБ, размах быстрых колебаний достигает 25 дБ. Необходимость компенсации потерь качества связи вследствие интерференции в многолучевой среде вынуждает разработчиков узкополосных систем передачи информации обеспечивать запас по мощности передатчика не менее 10 дБ и применять схемы приема, компенсирующие большой динамический диапазон сигнала.

Характер распространения сверхширокополосных хаотических сигналов внутри помещений совершенно иной. При увеличении расстояния между передатчиком и приемником происходит затухание сверхширокополосных хаотических радиоимпульсов. Передатчик в эксперименте перемещался вдоль помещения, приемник оставался неподвижным. Передатчик и приемник располагались на высоте около 80 см от пола напротив друг друга, смещенные на 0,5 м относительно оси помещения. Антенны передатчика и приемника всенаправленные. Приемник хаотических радиоимпульсов, построенный на логарифмическом приемнике AD8317, в связке с цифровым запоминающим осциллографом TektronixDPO 4104 позволяет оценивать относительные изменения мощности сигнала на входе приемника с точностью порядка 0,5 дБ. В диапазоне расстояний 0,1 – 10 м измерения проводились с шагом 10 см, а в диапазоне 10 – 35 м – с шагом 20 см.

Сложение СШП сигнала с отраженными лучами не приводит к возникновению интерференции. Это связано с тем, что автокорреляционная функция хаотических сигналов является быстропадающей, и отраженные лучи оказываются некоррелированными

при относительной задержке, превышающей время автокорреляции сигнала.

Как следует из теоремы Винера–Хинчина, для СШП хаотического сигнала с шириной полосы частот  $F$  время автокорреляции равно  $F^{-1}$ . Для СШП хаотического сигнала с полосой частот 3–5 ГГц время автокорреляции составляет около  $= 1/2$  ГГц  $= 0,5$  нс, поэтому лучи с относительным сдвигом по времени более  $= 0,5$  нс (или относительным набегом более  $l = c = 15$  см) оказываются некоррелированными. На входе приемника лучи складываются по мощности и замираний сигнала практически не наблюдается.

Как нам уже известно, СШП хаотический сигнал затухает по степенному закону  $P(d) = d^{-n}$ , причем показатель степени  $n$  для данного помещения равен  $n = 1,5$ .

Это свидетельствует о том, что сигнал в многолучевой среде затухает медленнее, чем в свободном пространстве, где  $n = 2$ . Это объясняется тем, что, как упоминалось выше, при сложении отраженных откликов сверхширокополосных сигналов с сигналом прямого луча складываются мощности лучей. Кроме того, замирания здесь не наблюдаются, а колебания мощности сигнала приемника невелики. В случае узкополосных сигналов может достигать 25 дБ, в случае СШП сигналов он не превышает 3 дБ, т.е. на 2 порядка меньше.

Значительная доля задач, которые могут возлагаться на такую связь, должна решаться в жилых помещениях, офисах и промышленных зданиях, т.е. в многолучевой среде. В таких системах как, к примеру, прямо хаотические, в которых передача информации осуществляется с помощью хаотических радиоимпульсов, длительность и положение которых.

Как уже сказано, при распространении в многолучевой среде СШП хаотические сигналы затухают медленнее, чем в свободном пространстве. Более того, как было ранее показано теоретически, при этом наблюдается многолучевое усиление СШП сигналов, в основе которого лежит также малое время автокорреляции.

Вывод: В работе проведен анализ методов оценки уровня Wi-Fi. Построен алгоритм оценки уровня Wi-Fi. Создана программная реализация оценки уровня Wi-Fi. Полученные результаты могут быть полезны при оценке характеристик распространения в беспроводных системах связи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Львович Я.Е. Решение задач оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн на дифракционных структурах при их проектировании / Я.Е.Львович, И.Я.Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 255-256.

2. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей / А.В.Баранов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49-50.
3. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах / А.П.Преображенский // Телекоммуникации. 2004. № 5. С. 32-35.
4. Львович Я.Е. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Я.Е.Львович, И.Я.Львович, А.П.Преображенский, С.О.Головинов // Электромагнитные волны и электронные системы. 2012. Т. 17. № 1. С. 32-35.
5. Косилов А.Т. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / А.Т.Косилов, А.П.Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.
6. Преображенский А.П. Аппроксимация характеристик рассеяния электромагнитных волн элементов, входящих в состав объектов сложной формы / А.П.Преображенский, Ю.П.Хухрянский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 15-16.
7. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / О.В.Милошенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
8. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в диапазоне длин волн / Преображенский А.П. // Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 21-24.
9. Lvovich Y.Y. The use of "ant" algorithm in constructing models of objects that have maximum average values of the scattering characteristics / Y.Y.Lvovich, I.Y.Lvovich, A.P.Preobrazhenskiy, O.N.Choporov // Life Science Journal. 2014. Т. 12. № 12. С. 463.
10. Преображенский А.П. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / А.П.Преображенский, О.Н.Чопоров // Системы управления и информационные технологии. 2005. Т. 21. № 4. С. 17-19.
11. Душкин А.В. Декомпозиционная модель угроз безопасности информационно-телекоммуникационным системам / А.В.Душкин, О.Н.Чопоров // Информация и безопасность. 2007. Т. 10. № 1. С. 141-146.

E.N. Kazakov

**THE DEVELOPING AND SOFTWARE ANALYSIS EVALUATION  
ALGORITHM OF THE LEVEL JF SIGNAL OF WI-FI**

*Voronezh institute of high technologies*

*In the paper the analysis of methods of wireless data transmission is given. It is noted that wireless technologies are not given opportunities to fully ensure the stable operation of the network, without performing exact calculations. The effects are indicated that arise in the normal propagation of electromagnetic waves. Algorithm for estimation of level of Wi-Fi is formed. A software implementation of this algorithm is created.*

**Keywords:** propagation of electromagnetic waves, Wi-Fi, data transfer.