

УДК 621.396

Э.С.Зацепин, А.Г.Скляр, Д.В.Русанов

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В СОТОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

*Воронежский институт высоких технологий
Российский новый университет*

В статье проводится моделирование распространения электромагнитных волн сотовых систем связи в городе. На основе соответствующей функции передачи канала, а также методов оптимизации, найдены возможные отражения лучей при распространении вдоль улиц. Определены значения затуханий при разных удалениях мобильных станций от базовых.

Ключевые слова: связь, моделирование, лучевой метод, оптимизация, метод, зона покрытия.

В настоящее время идет непрерывный рост беспроводных сетей. Исследователи полагают, что мобильными сетями, работающими в рамках стандарта GSM еще не выработан свой ресурс. Можно видеть, что происходит увеличение абонентской базы операторов, происходит строительство новых дорог, идет изменение городского ландшафта и климата. Указанные обстоятельства значительным образом влияют на процессы распространения электромагнитных волн. Основываясь на этом, весьма актуальным является формирование специализированных программных средств, которые могут быть внедрены в САПР, дающие возможности на базе электронных карт местностей сделать оценку характера распространения электромагнитных волн, и сделать определение зоны покрытия базовых станций, но те программы, которые сейчас распространены, характеризуются большой погрешностью в вычислениях, или в их вычислениях идет потребление огромного количества ресурсов [1-4].

Целью данной работы является исследование закономерностей распространения волн в мобильных системах связи на основе использования комбинации лучевых методов и методов оптимизации.

В этой работе мы используем расчеты на основе метода трассировки лучей, его можно считать как один из лучших для такого класса задач [5-10], вследствие того, что идет минимизация погрешности по расчетам и затратам небольших ресурсов на расчеты уровней сигналов. В нем есть преимущества по сравнению с подходами, основанными на методах Окамуры, Хата, включающими в себя статистический анализ, а также способами, базирующимися на проведении детерминированного анализа того, как идет распространение электромагнитных волн в пределах городской застройки, есть возможности учета эффектов отражения,

дифракции, диффузного рассеяния, которые возникают, когда идет распространение сигналов.

Целью настоящей работы является разработка подсистемы, предназначенной для расчета зоны покрытия в беспроводных системах связи на основе соответствующего способа, базирующегося на методе трассировки лучей.

Проводилось решение следующих задач:

1. Проведение сравнительного анализа методов оценки зоны покрытия для беспроводных систем связи, а так же рассмотрение факторов, которые влияют на условия распространение электромагнитных волн.
2. Разработка алгоритма оценки характеристик распространения сигналов на основе метода трассировки лучей.
3. Определение всех возможных значений отражений, когда идет распространение вдоль главных и второстепенных улиц и проведение интерполяции по ограничивающим плоскостям с применение метода наименьших квадратов и полиномов Лагранжа.

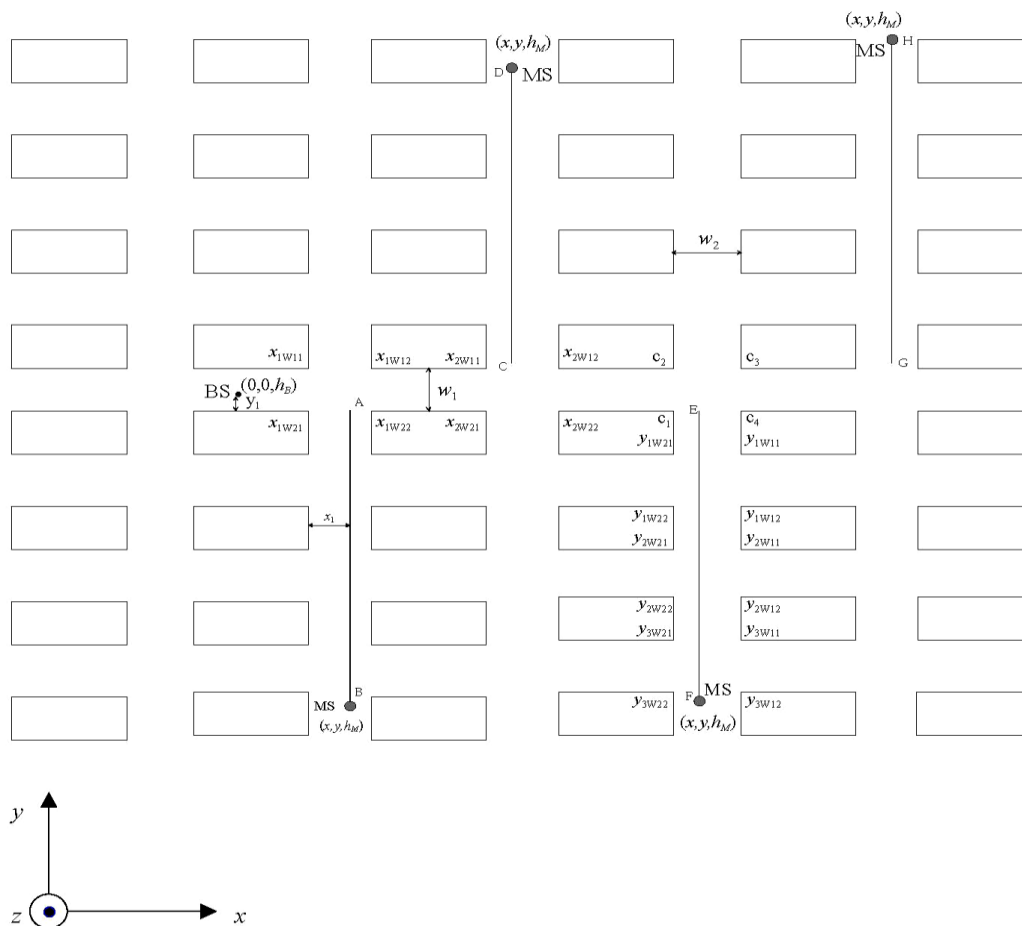


Рисунок 1 – городская уличная сетка, показывая перпендикулярную улицу и пересекая угловую информацию.

Функцию передачи канала, которая определяется характеристиками передатчиков (Рис.1) можно вычислить таким образом [7]

$$H_{V,H} = \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right) \sum_{i \equiv (m,S,n,u,g)} \left[f_B(\theta_i, \phi_i) f_M(\Theta_i, \Phi_i) (\mathfrak{R}_{V,H}^i)^g (R_{H,V}^{in})^n (R_{H,V}^{im})^m \frac{e^{-jkr_i}}{r_i} \right] \quad (1)$$

где i -й луч представляется в виде ряда пяти целых чисел (m, S, n, u, g), m и n – отражения от стен на главной и перпендикулярной улице, соответственно, $g=0,1$ для отражения от земли, λ – длина волны, k – волновое число, $\mathfrak{R}_{V,H}^i$, $R_{H,V}^{im}$ и $R_{H,V}^{in}$ – известные коэффициенты отражения Френели от земли и стен на главной и перпендикулярной улицах, соответственно, с передачей в вертикальной, горизонтальной поляризации, соответственно. Здесь введены обозначения БС, МС – базовая станция, мобильная станция, соответственно.

Поле, которое излучается антеннами, может быть определено на основе соответствующих методов [11-13].

Чтобы проверить на лучи, которые соединяют БС к МС, в горизонтальной плоскости используется ряд углов, чтобы использовать критерии членства в наборе определить лучи сцепления. Критерий проверки сначала решает, что набор углов соответствует лучам, которые могут войти в перпендикулярную улицу.

Тогда, это определяет набор углов, которые соответствуют лучам, которые потеряны или в переулке перед перпендикулярной улицей или в лучах, которые потеряны на одной из параллельных улиц, ветвившихся от перпендикулярной улицы прежде, чем они достигнут МС.

Найдены все возможные значения отражений, при распространении вдоль главной и второстепенной улиц.

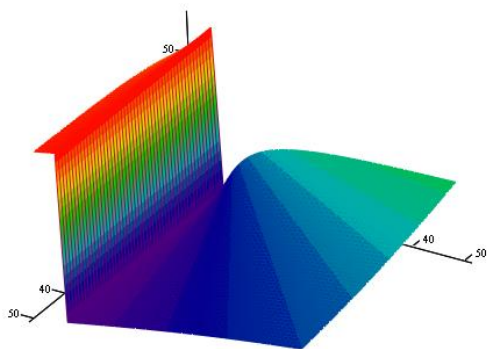


Рисунок 2 – Плоскость распределения лучей

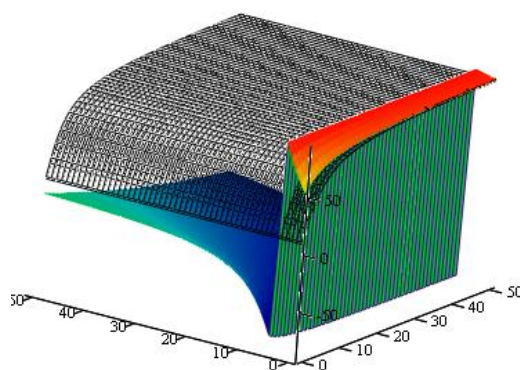


Рисунок 3 – Ограничивающая плоскость

По рисунку 2 можно определить все возможные лучи, которые соединяют базовую и мобильную станции. На представленном рисунке по осям X и Y откладываются количество отражений луча при распространении вдоль главной и второстепенной улиц. По оси Z откладывается угол наклона луча.

В соответствии с представленным алгоритмом для нахождения лучей, которые соединяют БС и МС, необходимо наложить ограничения. При этом первое ограничение заключается в том, что лучи доходят до нужного перекрёстка вдоль главной улицы, второе ограничение – лучи заходят на второстепенную улицу.

На рисунке 3 представлено наложение ограничивающих плоскостей на плоскость лучей. По данному графику можно определить все возможные лучи, которые будут соединять БС и МС.

По внешнему виду ограничивающих плоскостей можно заметить, что изменение ограничивающей плоскости зависит только от одного значения (количества отражений вдоль главной улицы). Поэтому интерполяцию будем проводить в двумерной плоскости.

В соответствии с предложенным методом наименьших квадратов, порядок аппроксимирующего полинома равен 6, при этом погрешность аппроксимации ограничивающей плоскости равна 0,032.

Погрешность при использовании полинома по форме Лагранжа значительно меньше.

Полученные результаты могут быть использованы при построении соответствующего модуля САПР [14-16].

В работе мы провели исследование предложенной модели, для разных положений МС в зависимости от удаления от базовой станции (БС), при ее фиксированной высоте. В результате численного эксперимента определялась суммарная мощность, состоящая из суммы мощностей вносимой каждым лучом в зависимости от удаления БС от первого перекрёстка. «Главные» улицы на схеме располагались горизонтально, «проулки» - перпендикулярно (вертикально), при этом БС находилась в неподвижном состоянии на главной улице, между зданиями. Мобильная станция двигалась по проулку, проходя через три перекрестка пересечений проулка с «главными» улицами. Сигнал измерялся при расположении МС между зданиями.

На рис. 4. изображено отношение затухания мощности сигнала, исследуемого нами от расстояния в метрах до МС.

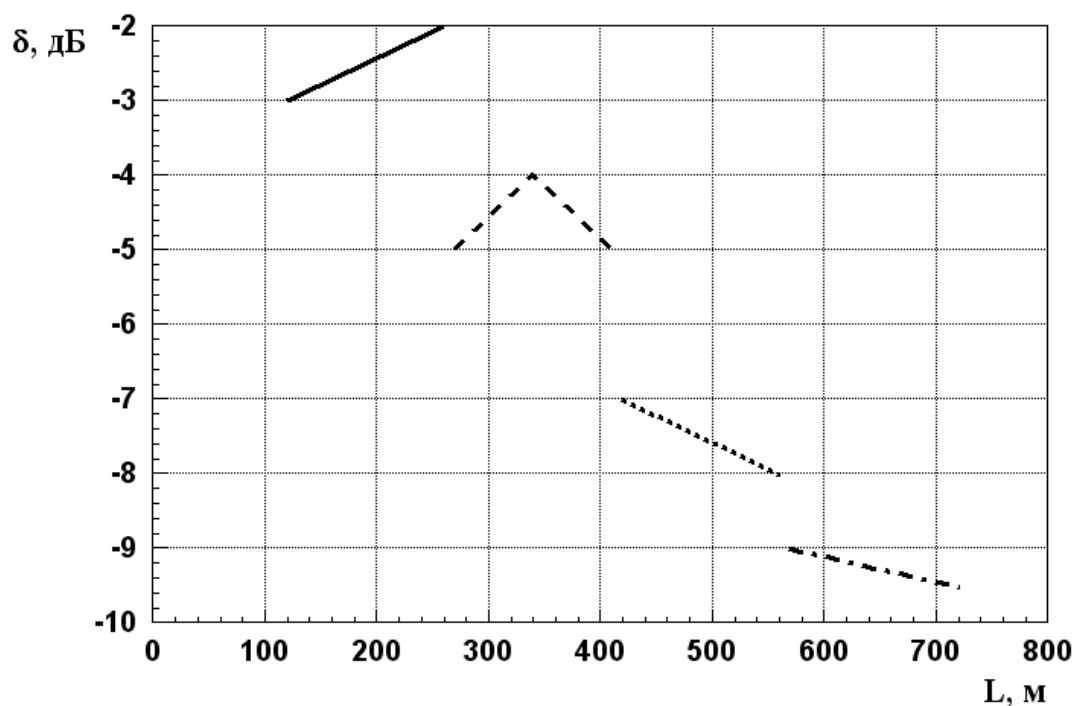


Рис. 4. – Отношение затухания мощности сигнала от расстояния до приемника.

Для первого проулка затухание сигнала происходит линейным образом при удалении от источника. Расчеты проходили для расстояний от 120 до 260 метров от источника. Можно убедиться, что сигнал изменяется незначительным образом – не более, чем на 1-2 дБ.

При исследованиях затуханий сигналов по второму проулку было установлено, что изменение сигналов находится в границах 1 дБ. Происходило измерение сигнала для расстояний от 270 до 410 метров удаления от БС. Происходил рост мощности сигнала для промежутка от 270-ти до 340 метров, затем мощность падала и для изменений сигнала не величина не превышала 1 дБ.

Для сигнала, который распространялся в третьем проулке мы можем увидеть затухание по всему промежутку от 420 до 560 метров, по всему проулку, приблизительно на 1 дБ.

В четвертом проулке можно увидеть зависимость по изменению сигнала, которая относится к расстоянию от 570 до 720 метров до источника сигнала приблизительно на 0.5 дБ.

По этим результатам можно сделать вывод, что затухание сигнала на городских улицах прямоугольной застройки с перпендикулярным расположением улиц может достигать от одного до семи дБ, при удалении от источника сигнала на расстояние 600-700 метров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косилов А.Т., Преображенский А.П. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.
2. Преображенский А.П., Хухрянский Ю.П. Аппроксимация характеристик рассеяния электромагнитных волн элементов, входящих в состав объектов сложной формы / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 15-16.
3. Преображенский А.П., Юров Р.П. САПР современных радиоэлектронных устройств и систем / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 3. С. 35-37.
4. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
5. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Методика прогнозирования радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах / Системы управления и информационные технологии. 2004. Т. 14. № 2. С. 98-101.
6. Кульнева Е.Ю., Гащенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.
7. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование методов оптимизации при проектировании систем радиосвязи / Теория и техника радиосвязи. 2011. № 1. С. 5-9.
8. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / Системы управления и информационные технологии. 2005. Т. 21. № 4. С. 17-19.
9. Львович И.Я., Преображенский А.П., Юров Р.П., Чопоров О.Н. Программный комплекс для автоматизированного анализа характеристик рассеяния объектов с применением математических моделей / Системы управления и информационные технологии. 2006. Т. 24. № 2. С. 96-98.

10. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2005. № 12. С. 29-31.
11. Львович И.Я., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Построение алгоритма оценки средних характеристик рассеяния полых структур / Телекоммуникации. 2014. № 6. С. 2-5.
12. Шутов Г.В. Приближенная модель для оценки средних характеристик рассеяния / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 60.
13. Львович И.Я., Преображенский А.П. Расчет характеристик металлodieлектрических антенн / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 11. С. 26-29.
14. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 20-26.
15. Чопоров О.Н., Преображенский А.П., Хромых А.А. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 584-587.
16. Львович И.Я., Преображенский А.П. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 63-68.

E.S.Zatsepin, A.G.Sklyar, D.V.Rusanov
**THE SIMULATION OF RADIO WAVE PROPAGATION IN
MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS**

*Voronezh institute of high technologies
Russian new university*

In the paper we considering the simulation of the propagation of electromagnetic waves of cellular communication systems in the city. On the basis of the corresponding transmission channel as well as optimization techniques a possible reflections of the rays during propagation along streets are found. The values of attenuation at different distances from mobile base stations are calculated.

Keywords: communication, simulation, radiation method, optimization, method, coverage area.