

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

© 2018 А. В. Шапаев, О. Ю. Клишина

Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)
 ОАО концерн «Созвездие» (г. Воронеж, Россия)

В работе рассматривается модель распространения электромагнитных волн связи в городе. Используется лучевой подход. Построена зависимость суммарной мощности в точке приема от номера луча. Проведено сравнение расчетных данных и данных эксперимента.

Ключевые слова: мобильная радиосвязь, городская застройка, лучевой метод, моделирование распространения радиоволн.

К настоящему времени различными авторами разработана модель предсказания распространения электромагнитных волн в помещении [1, 11]. Алгоритм основан на определении доминирующих путей распространения радиосигнала в помещениях. Алгоритм рассчитывает дерево отношений между комнатами в здании, а ветви дерева используются для определения доминирующих путей. Модель параллельного вычисления, основанная на трёхмерной трассировке лучей для беспроводных каналов связи, которая заключается в распределении вычислительной нагрузки между рабочими станциями участвующих в процессе расчёта и разделяется на три этапа: предварительная обработка, обработка лучей и постобработка. Предварительная обработка заключается в равномерном распределении рабочей нагрузки среди ПК, которые составляют рабочую группу. На этапе постобработки происходит объединение всех полученных результатов и нанесение на карту распределения электромагнитного поля. Разработана гибридная модель, основанная на геометрической оптике и рассеянии, с использованием модели зеркального отражения с использованием формул Френеля, а также диффузного отражения [2-4].

Большое количество моделей предназначенных для расчета распределения поля, разработано для параллельно-перпендикулярного типа застройки (рис. 1). В [4] приведено описание подобной модели, которая рассматривает две группы лучей. Первая группа – лучи «отраженный-отраженный» ($R-R$), которая учитывает пути

распространения сигнала через отражение вдоль главной и перпендикулярной улиц. Вторая группа – лучи «отраженный-дифрагированный-отраженный» ($R-D-R$), которая состоит из лучей отраженных при распространении вдоль главной улицы, дифрагированных на углах улиц и отражённых при распространении вдоль перпендикулярной улицы.

Рассмотрим описание применяемой нами модели.

Передача данных моделируется для беспроводных систем связи на основе такого подхода. В качестве функции, описывающей процесс распространения сигнала в канале, возьмем $H(f, r)$, здесь f является частотой, и r является длиной пути. Для среды распространения полная функция это [5]:

$$H_t = H_{RR} + H_{RDR}, \quad (1)$$

при этом полными функциями распространения будут H_{RR} и H_{RDR} по $R-R$ и $R-D-R$ групп лучам соответствующим образом.

На рисунке 2 приведена расчетная кривая, которая показывает зависимость уровня сигнала в точке приема от номера луча. Из рисунка видно, что вначале в точку приема приходят лучи прошедшие минимальное расстояние (минимальное количество переотражений) и, следовательно, с максимальным уровнем сигнала. По мере увеличения длины луча, вносимый уровень сигнала уменьшается [5, 6]. В связи с этим, если ввести параметр погрешности расчета Δ , относительно максимального уровня сигнала, то можно сократить количество принимаемых лучей и, следовательно, уменьшится время выполняемых расчетов. Так, например, для графика, изображенного на рисунке 2, с учетом погрешности $\Delta = 2$ дБ, количество лучей учитываемых в точке приема сокращается с 50, до 15.

Шапаев Александр Викторович – Воронежский институт высоких технологий, аспирант, foerty8899083@yandex.ru.
 Клишина Ольга Юрьевна – ОАО концерн «Созвездие», специалист drue345dr2@yandex.ru.

На рисунке 1 показано, каким образом располагается базовая станция (БС) (обозначена BS) и мобильная станция (МС) (обо-

значена MS), $a = 11$ м, $b = 22$ м, $p = 16$ м, $y = 10$ м.

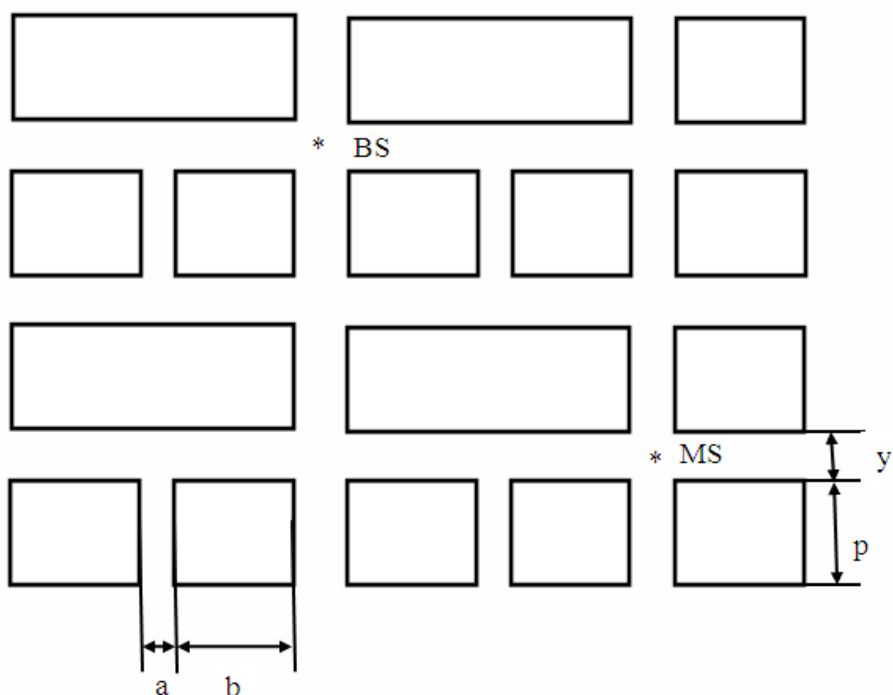


Рисунок 1. Схема расположения БС и МС станции в городской застройке

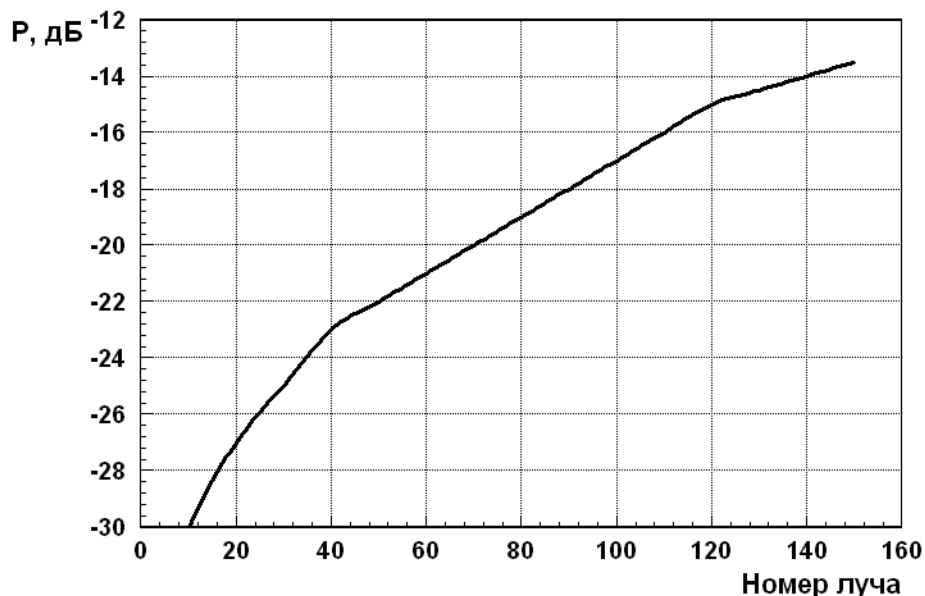


Рисунок 2. Зависимость суммарной мощности в точке приема от номера луча.

На рисунке 2 приведена расчетная кривая, которая показывает зависимость уровня сигнала в точке приема от номера луча. Из рисунка видно, что вначале в точку приема приходят лучи прошедшие минимальное расстояние (минимальное количество преломлений) и, следовательно, с максимальным уровнем сигнала. По мере увеличения длины луча, вносимый уровень сигнала уменьшается. В связи с этим, если ввести

параметр погрешности расчета Δ , относительно максимального уровня сигнала, то можно сократить количество принимаемых лучей и, следовательно, уменьшится время выполняемых расчетов [7-9].

Схема расчета уровня сигнала в точке приема (для МС) приведена на рисунке 3. В целях понижения времени выполняемых вычислений процесс расчета суммарного уровня сигнала разделен на два независимых

потока, в которых производится расчет $R-R$ и $R-D-R$ групп лучей соответственно. При этом в первую очередь необходимо найти лучи, которые соединяют БС и МС, а также количество переотражений для каждого луча. Это определяется тем, что для расчета уровня сигнала в точке приема осуществля-

ется на основе информации о количестве отражений вдоль улиц [10].

После определения количества переотражений, рассчитывается суммарный уровень сигнала для каждой из групп лучей приходящих в точку приема. Затем суммарный уровень сигнала в местоположении МС.

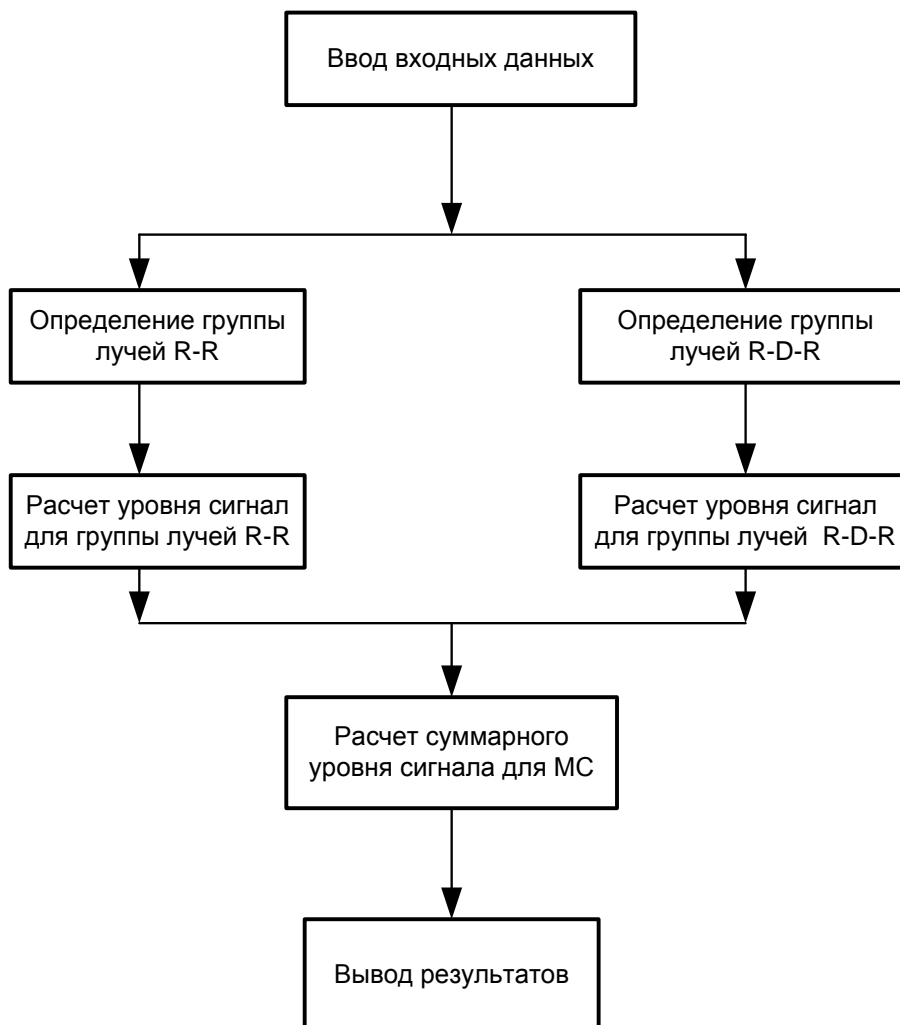


Рисунок 3. Схема расчета уровня сигнала.

На основе результатов экспериментов [3, 4] для городской застройки (рис. 1) проведем оценку адекватности приведенной модели, причем в качестве подвижного объекта возьмем МС.

Результаты сравнения с экспериментом приведены в таблице 1, среднее значение ошибки $\Delta = 0,8$ дБ (без учета погрешности).

Результаты сравнения с экспериментом приведены в таблице 2, среднее значение ошибки $\Delta = 0,47$ дБ (без учета погрешности).

Сравнение с результатами эксперимента, продемонстрировало, что среднее значение погрешности не превышает значения в 1 дБ (без учета погрешности).

Проведем исследование предложенной модели, для разных положений мобильной

станции ($МС_1, МС_2, МС_3, МС_4$, рис. 1) будем измерять суммарную мощность состоящую из суммы мощностей вносимой каждым лучом в зависимости от удаления БС от первого перекрестка (параметр k_1 , рис. 1). На основе полученных результатов, можно сделать вывод о том, что при изменении местоположения БС вдоль главной улицы (т.е. при приближении БС к пересечению с второстепенной улицей, где расположена МС, рисунок 1) уровень сигнала в точке приема повышается (затухания уменьшаются). Также можно заметить, что количество лучей, определяющих уровень сигнала, уменьшается. Наибольшее изменение параметров в точке приема наблюдаются при нахождении МС на первой второстепенной улице ($МС_1$, рис. 1).

Таблица 1

координата МС	затухание, дБ		Δ
	расчётное	измеренное	
30	94,532	95	0,468
39	98,593	99	0,407
49	101,938	103	1,062
56	101,727	103	1,273

Таблица 2

координата МС	затухание, дБ		Δ
	расчётное	Измеренное	
20	96,567	97	0,433
25	96,757	97,3	0,543
30	97,038	97,5	0,462
34	97,586	98	0,414
39	97,958	98,5	0,542

Рассмотрим влияние на уровень сигнала изменения положения МС на второстепенной улице. На основе полученных результатов, можно сделать вывод о том, что при изменении положения МС вдоль второстепенной улицы (удаление от БС), уровень сигнала и количество лучей в точке приема уменьшается.

Рассмотрим влияние на уровень сигнала изменение положения МС на второстепенной улице. На основе полученных результатов, можно сделать вывод о том, что уровень сигнала уменьшается от краев улицы (от границы стен зданий) к центру, т.е. в центре улицы имеется минимальное значение уровня сигнала, по краям улицы – максимальное значение уровня сигнала. Количество лучей распределяется следующим образом: в центре улицы количество лучей – минимально, при приближении к границам со зданиями количество лучей увеличивается.

Проведем исследование влияния ширины главной и второстепенной улиц (параметры a и y , рис. 1) на уровень сигнала в точке приема, при удалении её от БС. Из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что изменении ширины главной улицы (уменьшение a , при фиксированном значении ширины второстепенной улицы) уровень сигнала и количество лучей в точке приема уменьшается. При изменении ширины второстепенной улицы (уменьшение y , при фиксированном значении ширины главной улицы) уровень сигнала и количество лучей в точке приема, наоборот, увеличивается.

С учетом полученных результатов, можно выделить зоны минимального уровня сигнала:

- в центре улицы, где расположена МС;
- в точке перед каждым перекрестком на улице, где расположена МС.

Выводы. Таким образом, в данной работе проведен анализ методов и алгоритмов для расчета уровня сигнала при распространении электромагнитных волн в условиях городской застройки. Проведено уточнение модели основанной на методе трассировки лучей, которая позволяет уменьшить количество учитываемых лучей в точке приема сигнала. На основе исследования предложенной модели были выявлены зоны минимального уровня сигнала в условиях городской застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриняк В. М. Возможности позиционирования внутри помещений с помощью bluetooth устройств / В. М. Гриняк, А. С. Девятисильный, В. И. Люлько, П. А. Цыбанов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 2 (21). – С. 132-43.
2. 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.
3. Львович Я. Е. Исследование методов оптимизации при проектировании систем

радиосвязи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Теория и техника радиосвязи. – 2011. – № 1. – С. 5-9.

4. Львович Я. Е. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 40-42.

5. Поначугин А. В. Моделирование системы радиодоступа в мультисервисных сетях связи / А. В. Поначугин, И. В. Гусев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 118-130.

6. Пономарев Д. Ю. Особенности применения тензорного анализа к моделированию телекоммуникационных сетей / Д. Ю. Пономарев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 2 (21). – С. 46-63.

7. 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.

8. Преображенский Ю. П. Рассеяние радиоволн на сложных объектах /

Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 191-194.

9. Преображенский Ю. П. Применение поглощающих материалов при проектировании электродинамических устройств / Ю. П. Преображенский // Будущее науки-2018. Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 374-377.

10. Преображенский Ю. П. Моделирование распространения радиоволн для условий дифракции / Ю. П. Преображенский // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 183-186.

11. Чопоров О. Н. Анализ затухания радиоволн беспроводной связи внутри зданий на основе сравнения теоретических и экспериментальных данных / О. Н. Чопоров, А. П. Преображенский, А. А. Хромых // Информация и безопасность. – 2013. – Т. 16. – № 4. – С. 584-587.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF ATTENUATION OF SIGNALS MOBILE COMMUNICATION IN AN URBAN ENVIRONMENT

© 2018 A. V. Shapaev, O. Yu. Klishina

*Voronezh Institute of high technologies (Voronezh, Russia)
JSC concern «Sozvezdie» (Voronezh, Russia)*

In this paper we consider the model of electromagnetic wave propagation in the city. The scheme of location of the base and mobile station is given. The degree of attenuation of electromagnetic waves in urban development is estimated.

Key words: attenuation, urban development, base station, mobile station.