

УДК 621.396

А.П. Преображенский

ПОСТРОЕНИЕ МОДУЛЯ РАСЧЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Воронежский институт высоких технологий

В работе рассматривается модель расчета беспроводной системы связи на основе лучевого метода. Предлагается дополнить основную модель расчета, базирующуюся на лучевом методе, методами, позволяющими учесть особенности объектов или уточнить характеристики распространения радиоволн. Приведена структура модуля проектирования системы беспроводной системы связи.

Ключевые слова: САПР, беспроводная связь, лучевой метод, метод физической оптики, метод интегральных уравнений.

ВВЕДЕНИЕ

Для того, чтобы найти оптимальное решение в современных системах связи, необходимо использовать соответствующие алгоритмы, поскольку трудности связаны как с размерностью решаемой задачи, так и с количеством накладываемых ограничений. Для того, чтобы решать задачи большой размерности, необходимо применять средства вычислительной техники, но не для любых параметров ресурсов вычислительной техники может хватить.

В данной работе рассмотрены возможности использования методов расчета при решении задач, связанных с оценкой характеристик распространения радиоволн в системах связи в дополнение к использованию модели [1-4].

ОПИСАНИЕ ОСНОВНОЙ МОДЕЛИ

Ниже приведена математическая модель задачи.

При моделировании процессов передачи данных в беспроводных системах связи мы в качестве функции распространения сигналов в каналах считаем как $H(f, r)$, где f – это частота, и r – длина пути. При этом полная функция среды распространения рассматривается таким образом [1-4]:

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

где H_{RR} и H_{RDR} являются полными функциями распространения по R - R и R - D - R группам лучей соответственно. Затем покажем выражения, которые могут быть использованы при расчётах функций распространения в каждой группе.

Для функция распространения, которая состоит из лучей R - R , идущих от передающей к приёмным антеннам, ее можно определить на основе такого выражения [1-4]

$$H_{V,H} = \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi} \right) \cdot \sum_{i=(m,S,n,u,g)} \left[f_B(\theta_i, \phi_i) \cdot f_M(\Theta_i, \Phi_i) \cdot (\mathfrak{R}_{V,H}^i)^g \cdot (R_{H,V}^{in})^n \cdot (R_{H,V}^{im})^m \cdot \frac{e^{-j \cdot k \cdot r_i}}{r_i} \right], \quad (2)$$

здесь i -й луч представляется в виде пятерки целых чисел (m, S, n, u, g), число отражений от стен, соответствующих главной и второстепенной улицам рассматривается как m и n , соответственно, коэффициент $g=0,1$ соответствует отражению от земли, λ - длина волны, k – волновое число, для известных коэффициентов отражения Френеля от земли и от стен, соответствующим главным и второстепенным улицам $\mathfrak{R}_{V,H}^i$, $R_{H,V}^{im}$ и $R_{H,V}^{in}$, которые рассматриваются как для вертикальной, так и горизонтальной поляризации.

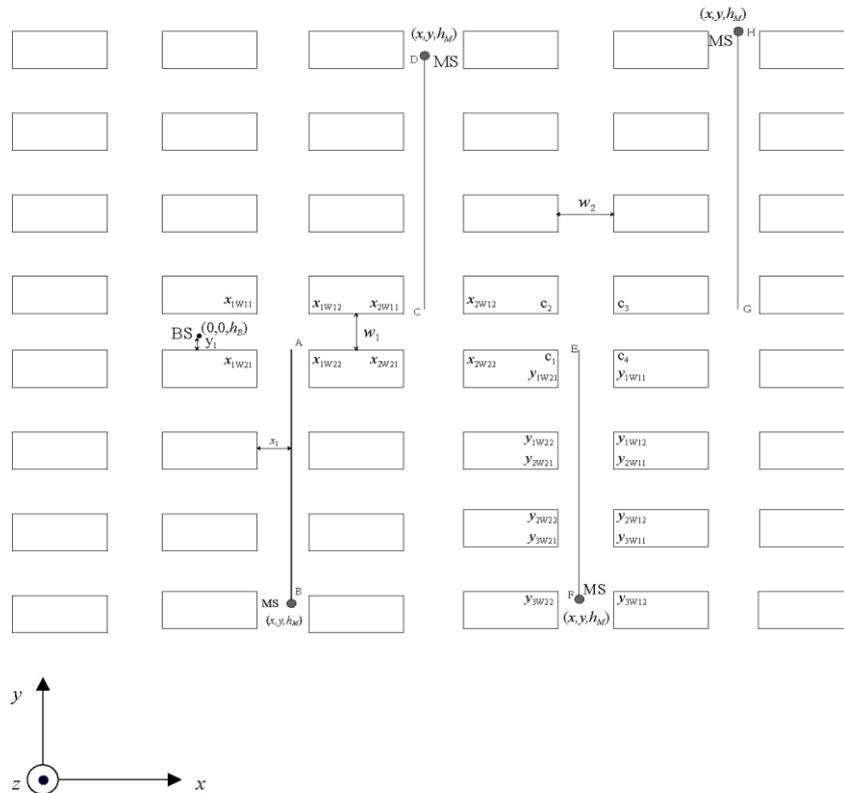


Рисунок 1 – Схема городской уличной застройки

Для диаграмм направленности базовых станций (БС) и мобильных станций (МС) мы имеем такие обозначения $f_B(\theta, \phi)$ и $f_M(\Theta, \Phi)$, исходя из того, какая поляризация (Рисунок 1). Для углов, которые соответствуют вертикальной и горизонтальной плоскости относительно БС и МС имеем (θ, Θ) и (ϕ, Φ) [1-4].

Для того, чтобы осуществить проверку лучей, которые идут от БС к МС, необходимо рассматривать совокупность углов, которые относятся к

горизонтальной плоскости, с тем, чтобы определить критерии принадлежности к набору при расчетах лучей сцепления. При рассмотрении критерия проверки мы определяем, что набор углов имеет соответствие для лучей, которые имеют возможности для распространения по перпендикулярной улице. В таком случае определяется совокупность тех углов, которые связаны с лучами, не возвратившихся их переулков, или лучами, которые не возвратились из улиц, параллельных главной, которые отошли от перпендикулярной улицы до того, как ими будет достигнута МС. Для того, чтобы проверять лучи, входящие на перпендикулярную улицу, требуется ввести угол в горизонтальной плоскости, по i -му лучу, рассчитываемый на основе выражения [1-4]:

$$\alpha_{i_hplane} = \arctan \left(\frac{y - (-1)^S \cdot \left((m + (-1)^S \cdot \Xi(m)) \cdot \omega_1 - 2 \cdot (-1)^S \cdot \Xi(m) \cdot y_1 \right)}{(-1)^u \cdot \left((n + (-1)^u \cdot \Xi(n)) \cdot \omega_2 + (-1)^u \cdot (x - 2 \cdot \Xi(n) \cdot x_1) \right)} \right), \quad (3)$$

Одновременно с этим следует следить за выполнением условий:

$$\alpha_{i_hplane} \in \left\{ \begin{array}{l} \alpha : \alpha_{i_lthr} < \alpha < \alpha_{i_uthr} \cap \alpha \begin{array}{l} > \\ < \end{array} \alpha_{i_c\eta}, \quad \forall m > 0 \\ \alpha : \alpha_{i_lthr} < \alpha < \alpha_{i_uthr} \quad m = 0 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\alpha_{i_uthr,lthr,c\eta} = \arctan \left(\frac{y_{c(\mu,\beta,\eta)} - (-1)^S \cdot \left((m + (-1)^S \cdot \Xi(m)) \cdot \omega_1 - 2 \cdot (-1)^S \cdot \Xi(m) \cdot y_1 \right)}{x_{c(\mu,\beta,\eta)}} \right) \quad (5)$$

где $(x_{C_i}, y_{C_i})_{i=1..4}$ определяет положения по углам для пересекающихся улиц, которые лежат между БС и МС. В том случае, когда видим выполнение условия, луч имеет возможности для того, чтобы распространяться в перпендикулярной улице.

Для того, чтобы определять лучи, соединяющие БС и МС, необходимо отслеживать выполнение соответствующих условий. Те лучи, которые имеют заданные угловые диапазоны, имеют возможности для дифракции в области главной улицы, и затем распространяться по второстепенной улице. Для определенных условий можно пренебречь лучами, которые идут других переулках. Во многих случаях такие лучи, имеют достаточно высокое затухание и для них гораздо меньшая вероятность для того, чтобы быть в точке приема с большой мощностью. С целью гарантии, достижения лучом МС, необходимо, чтобы в нем были характеристики, исключаяющие его из лучей, распространяющимся по параллельным

улицам, которые расходятся от второстепенных улиц перед расположением МС. В результате, для угла в горизонтальной плоскости по i -му лучу в области главной улицы можно определить как [1-4]

$$\alpha_{ihp_m} = \arctan \left(\frac{(-1)^S \cdot (m + (-1)^S \cdot \Xi(m)) \cdot \omega_1 - 2 \cdot (-1)^S \cdot \Xi(m) \cdot y_1 - Y_C}{-X_C} \right). \quad (6)$$

Следует обращать внимание на выполнение условия по каждому углу перекрестка по главным и второстепенным улицам (H_{C1} - H_{C4}) [1-4]

$$\alpha_{ihp_m} \notin \bigcup_{p=1}^J \bigcup_{q=1}^m \left\{ \alpha : \begin{array}{cc} \alpha_{m_pWGq2} & \begin{array}{c} c1,c4 \\ < \\ > \\ c2,c3 \end{array} \\ \alpha_{m_pWGq1} & \begin{array}{c} c1,c4 \\ < \\ > \\ c2,c3 \end{array} \end{array} \right\}, \quad (7)$$

пока

$$\alpha_{m_pWGq\xi} = \arctan \left(\frac{(-1)^S \cdot q \cdot \omega_1}{x_{pWG\xi} - X_C} \right) \quad (8)$$

где $p = 1, 2, \dots, J$ (соответствуют перекресткам, которые располагаются перед второстепенными улицами), $\xi = 1, 2$, $G = S - (-1)^S \Xi(q)$ и $x_{pWG\xi}$ определяют расположение по определенному углу пересечения улиц (рисунок 1).

ОПИСАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ

Указанная выше модель может быть использована в комбинации со следующими методами:

-метод физической оптики [5]. Этот метод позволяет решать задачи, в которых требуется осуществлять моделирование для достаточно крупных металлических или диэлектрических структур. При этом вследствие того, что рассматривается асимптотическое приближение общей теории дифракции, относящееся к высоким частотам рассматриваются не понятия лучей, а токи.

-метод интегральных уравнений [6]. При сведении задач дифракции к системам двумерных интегральных уравнений Фредгольма возникают возможности не использовать специальные системы координат. Также прямым образом получаем единственное решение.

Указанные методы отвечают таким требованиям:

-алгоритмы для методов достаточно просты с точки зрения программирования;
-рассматриваемые задачи решаются в течение относительно короткого времени;
-результаты вполне соответствуют физическим представлениям о них и пригодны для того, чтобы в дальнейшем их использовать.

Для

ОПИСАНИЕ МОДУЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

На рис. 2 приведена структура модуля проектирования системы беспроводной системы связи.

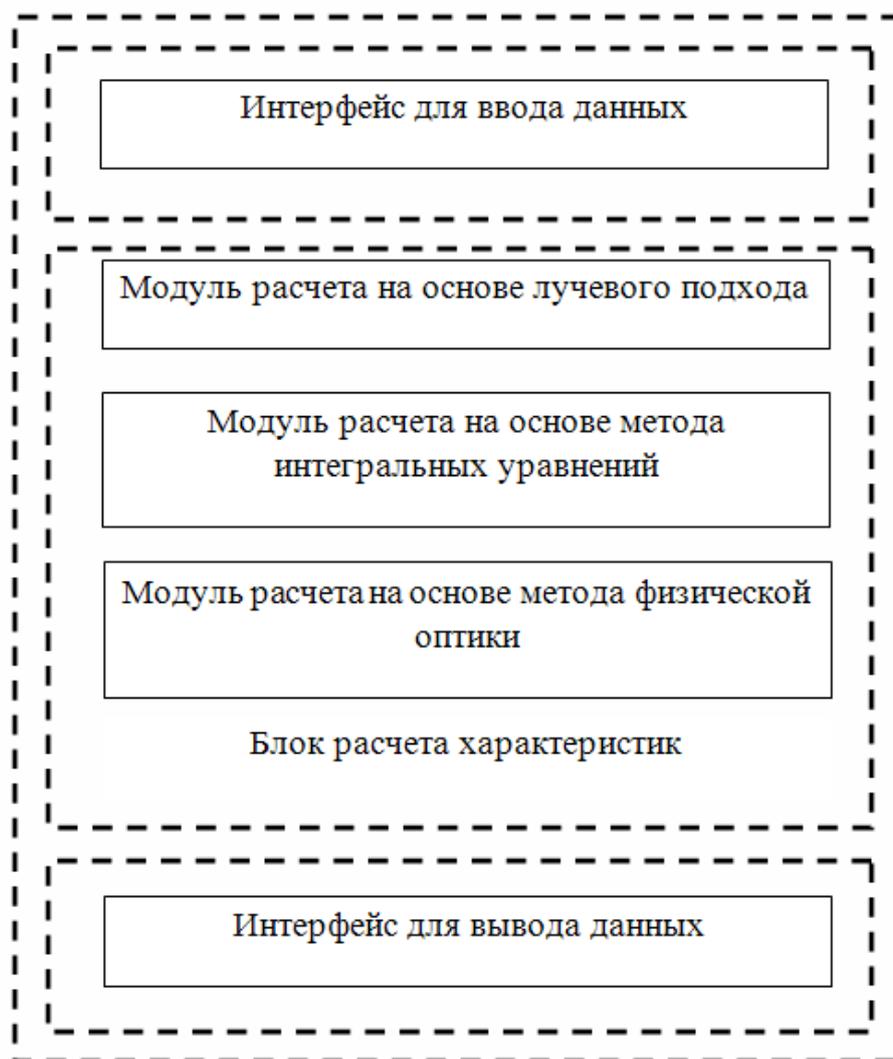


Рисунок 2 – Структура модуля проектирования системы беспроводной системы связи

Указанный модуль строится в соответствии с общими принципами построения компонентов САПР [7-8].

ВЫВОД

В работе рассмотрена возможность комбинации нескольких методов для расчета характеристик распространения радиоволн в системах беспроводной связи. Использование дополнительных методов даст возможности для определенных условий и конфигураций системы уменьшить общее время расчета. Предложена структура модуля проектирования системы беспроводной системы связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. El-Sallabi H. M. and Vainikainen P. Radio wave propagation in perpendicular streets of urban street grid for microcellular communications / Progress In Electromagnetics Research, PIER 40, 229-254, 2003
2. Головинов С.О., Преображенский А.П., Львович И.Я. Моделирование распространения миллиметровых волн в городской застройке на основе комбинированного алгоритма / Телекоммуникации. 2010. № 7. С. 20-23.
3. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Электромагнитные волны и электронные системы. 2012. Т. 17. № 1. С. 32-35.
4. 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.
5. Кобак В. О. Радиолокационные отражатели / М.: Сов. радио, 1972. -248 с.
6. Самохин А. Б. Интегральные уравнения электродинамики трехмерных структур и итерационные методы их решения. / А.Б.Самохин // Радиотехника и электроника. - 1993. - Т. 38. - № 8. - с. 1345-1369.
7. Батищев Д. И., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Оптимизация в САПР: Учебник / Воронеж: ВГУ, 1997. - 416 с.
8. Корячко В. П., Курейчик В.М., Норенков И.П. Теоретические основы САПР / М.: Энергоатомиздат, 1987. - 400 с.

A.P. Preobrazhensky
**THE CONSTRUCTION OF MODULE FOR CALCULATION
MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS**

Voronezh Institute of High Technologies

This paper considers the model to calculate the wireless communication system based on the ray method. It is proposed to supplement the basic calculation model based on the ray method, another methods allowing to take into account features of objects or clarify propagation characteristics. The structure of the module design of a wireless communication system is given.

Keywords: CAD, wireless communication, radiation method, physical optics, the method of integral equations.