

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ В СЕТЯХ ПОКОЛЕНИЯ 3G

Логвинов А.В.

В работе рассматривается возможность автоматизированного решения уравнения электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) для сетей 3G с точки зрения оптимального размещения базовых станций (БС). Результатом работы является программный продукт «Оптимизация размещения базовых станций в сетях поколения 3G».

Ключевые слова: сеть поколения 3G; критерий электромагнитной совместимости; модель Хата.

Оценка ЭМС РЭС является общей задачей и неотъемлемой частью процесса обеспечения совместной работы РЭС сетей 3G. В ходе этой оценки вырабатываются условия, удовлетворяющие критерию ЭМС в данной электромагнитной обстановке. Эти условия могут включать: территориальные ограничения на размещение станции – источника помех; ограничение излучаемой мощности станции – источника мешающих сигналов в направлении на станцию, подверженную помехе; ширину защитных полос и величины частотных ограничений РЭС; уровень подавления боковых лепестков диаграмм направленности передающей и приемной антенн; оптимизацию параметров расположения РЭС и ориентации антенн и др.

С учетом распределения полос частот для сетей 3G варианты взаимного влияния БС сетей 3G и РЭС гражданского назначения в диапазоне 2 ГГц могут быть следующими:

- РЭС → БС (РЭС на базовую станцию);
- РЭС → АО (РЭС на абонентское оборудование);
- БС → РЭС (базовая станция на РЭС);
- АО → РЭС (абонентское оборудование на РЭС).

Как правило, условия влияния потенциально несовместимых РЭС определяются взаимной ориентацией их антенн. Возможны следующие сочетания ориентации диаграмм направленности антенн (ДНА), характеризующие взаимное влияние РЭС:

- Г-Г – ориентация ДНА РЭС главными лепестками (ГЛ) навстречу друг другу;
- Г-Б – ориентация ГЛ ДНА радиопередатчика на боковой лепесток (БЛ) ДНА радиоприемника;

- Б-Г – ориентация БЛ ДНА радиопередатчика на ГЛ ДНА радиоприемника;

- Б-Б – ориентация ДНА РЭС боковыми лепестками навстречу друг другу.

Уравнение ЭМС РЭС устанавливает взаимосвязь энергетических, частотных и пространственных параметров РЭС, излучающих полезный сигнал, и РЭС – источников непреднамеренных радиопомех, при которых обеспечивается требуемое качество функционирования РЭС. Обычно уравнение ЭМС составляют для «дуэльной» ситуации, когда ЭМС оценивается для двух РЭС, одно из которых рассматривается в качестве приемника полезного сигнала, а второе – источника непреднамеренных радиопомех. В общем случае возможно учесть несколько источников непреднамеренных радиопомех.

Важнейшими факторами, которые необходимо учитывать при анализе ЭМС РЭС, являются потери при распространении радиоволн на трассе и флуктуации уровней принимаемых сигналов и радиопомех.

Флуктуации интенсивности полезного и мешающего сигналов в диапазонах волн, выделенных для подвижной связи, подчиняются логнормальному закону, т.е. мощность полезного PS и мешающего PI сигналов в месте приема (на входе приемника) может быть записана следующим образом:

$$P_S = P_{OS} + X_S, \quad P_I = P_{OI} + X_I, \quad (1)$$

где P_{OS} , P_{OI} – медианные значения мощности сигнала и радиопомехи; X_S , X_I – случайные гауссовские величины с нулевым средним значением и с дисперсией σ^2 , определяющей глубину флуктуации этих уровней (обычно принимают, что для городов с малой и средней этажностью застройки стандартное отклонение $\sigma = 6$ дБ, а для пригородов и сельской местности $\sigma = 4$ дБ).

Уравнение ЭМС РЭС может быть записано в следующем виде [1]:

$$P_{\min} - P_{OI} \geq A + k(\sqrt{2} - 1)\delta, \quad (2)$$

где $P_{\min}$ – чувствительность РПМ (рецептора радиопомех), дБВт; A – защитное отношение РПМ

в совмещенном канале, дБ; $k(\sqrt{2}-1)\delta$ – запас на замирания сигнала и радиопомехи, дБ; P_{oi} – мощность радиопомехи на входе РПМ, дБВт;

$$P_{oi} = P_{РПД} + G_{РПД}(\varphi_{РПМ}) + G_{РПМ}(\varphi_{РПД}) + U_{РПД} + U_{РПМ} + N(\delta f) - L(R), \quad (3)$$

где $P_{РПД}$ – мощность радиопередатчика источника радиопомех, дБВт; $G_{РПД}(\varphi_{РПМ})$ – коэффициент усиления антенны РПД в направлении на РПМ, дБ; $G_{РПМ}(\varphi_{РПД})$ – коэффициент усиления антенны РПМ в направлении на РПД, дБ; $U_{РПД}$, $U_{РПМ}$ – затухание в антеннофидерном тракте РПД и РПМ, дБ; $N(\delta f)$ – ослабление радиопомехи в линейном тракте РПМ, дБ; $\delta f = f_{РПД} - f_{РПМ}$ – частотная расстройка, МГц; $L(R)$ – потери на трассе распространения сигналов от РПД (в данном случае источника радиопомех) к РПМ (рецептору радиопомех), дБ. Эти потери принято называть основными потерями передачи, которые рассчитываются от входа передающей изотропной антенны до выхода приемной изотропной антенны.

Зависимость ослабления помехи от расстройки δf вычисляется по формуле

$$N(\delta f) = 10 \lg \left(C \int_{-\infty}^{+\infty} S(f) K^2(f - \delta f) df \right), \quad (4)$$

где C – нормировочный коэффициент; $S(f)$ – спектр сигнала радиопередатчика; $K(f)$ – нормированная функция избирательности радиоприемника (амплитудно-частотная характеристика).

Основной моделью распространения радиоволн для оценки ЭМС РЭС принята модель Хата. В рекомендации ITU-R P.529 дано уравнение Хата для напряженности поля в следующем виде:

$$E = 5,55 - 6,16 \lg(f) + 13,82 \lg(h_{BC}) - k[44,9 - 6,55 \lg(h_{AC})] \lg(R), \quad (5)$$

где f – рабочая частота РЭС в МГц; h_{BC} , h_{AC} – высоты расположения антенн БС и АС в м.

В (5) используется поправочный коэффициент на высоту АС

$$a(h_{AC}) = (1,1 \lg(f) - 0,7) h_{AC} - 1,56 \lg(f) + 0,8. \quad (6)$$

Коэффициент k в (5) позволяет расширить действие модели для протяженности трассы до 100 км, поскольку $k = 1$ для $R < 20$ км и

$$k = 1 + (0,14 + 1,87 \cdot 10^{-4} f + 1,07 \cdot 10^{-3} h_{BC}) \times \left[\lg\left(\frac{R}{20}\right) \right] \cdot 0,8 \quad (7)$$

для $20 \text{ км} < R < 100 \text{ км}$.

Формула (5) может быть использована также в частотном диапазоне от 1 ГГц до 2 ГГц с ограничением по дальности до 20 км.

Основные потери передачи $L(R)$ [дБ] при распространении на трассе протяженностью R от радиопередатчика к радиоприемнику в соответствии с этой моделью определяются как

$$L(R) = \alpha + \beta \cdot \lg(R), \quad (8)$$

где α, β – коэффициенты, зависящие от типа местности, рабочей частоты и высоты расположения антенн РЭС. Формулы для расчета $L(R)$ для различных типов местности (крупный город, город, пригород, сельская местность и открытое пространство) представлены в ITU-R P.529.

Для корректного применения формул Хаты необходимо придерживаться следующего соответствия между типами моделей и характеристиками местности.

1. Плотная городская застройка (крупный город) – застройка в основном высокими зданиями (выше 20 этажей) с малой площадью зеленых насаждений. Покрываемость определяется в основном дифракцией и рассеянием сигнала на ближайших к абоненту зданиях.

2. Городская застройка – многоэтажная административная и жилая застройка, промышленные районы. Плотность зданий достаточно высокая, но может быть «разбавлена» зелеными насаждениями, небольшими скверами.

3. Пригород – одиночные жилые дома, административные здания, магазины высотой 1-3 этажа. Большие площади зеленых насаждений (деревьев), парковые зоны с отдельными группами зданий плотной застройки.

4. Сельская местность – открытое пространство с несколькими зданиями, фермы, кустарниковые насаждения, шоссе.

5. Открытое пространство – озера, водохранилища, открытые участки без насаждений, неплодородные земли.

На основе вышеизложенного была составлена программа [2], алгоритм которой изображен на рис. 1. На рис. 2 приведены результаты работы программы.

Использование разработанного алгоритма позволяет производить оптимизацию расположения базовых станций мобильной связи в сетях 3G не только по результатам оценки ЭМС РЭС, но и с учетом поляризации антенн.

Расчеты по оптимизации расположения БС, выполненные программой, реализующей данный алгоритм, подтверждают обоснованность данного метода.

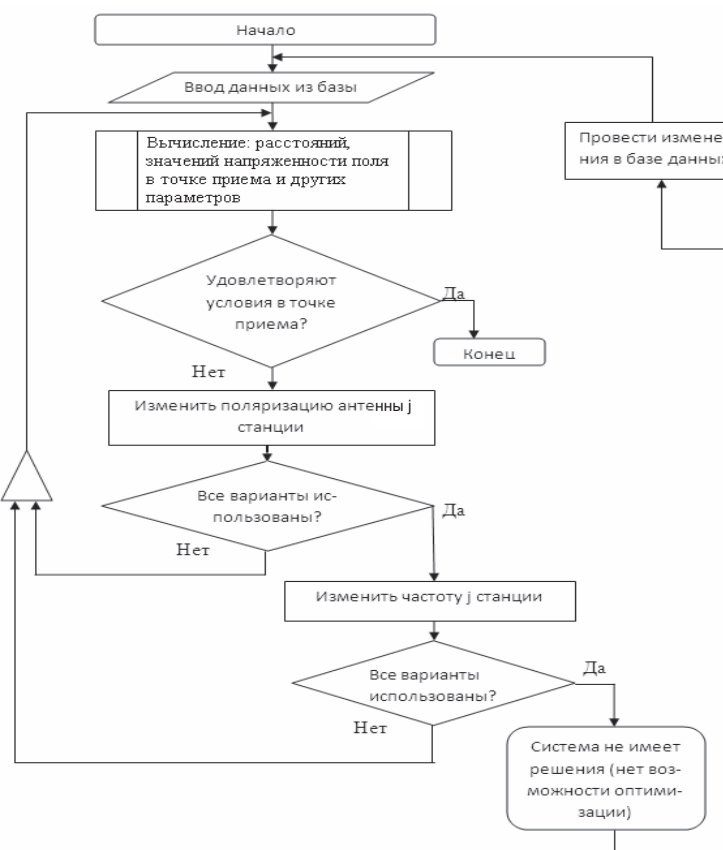


Рис. 1. Блок-схема алгоритма программы

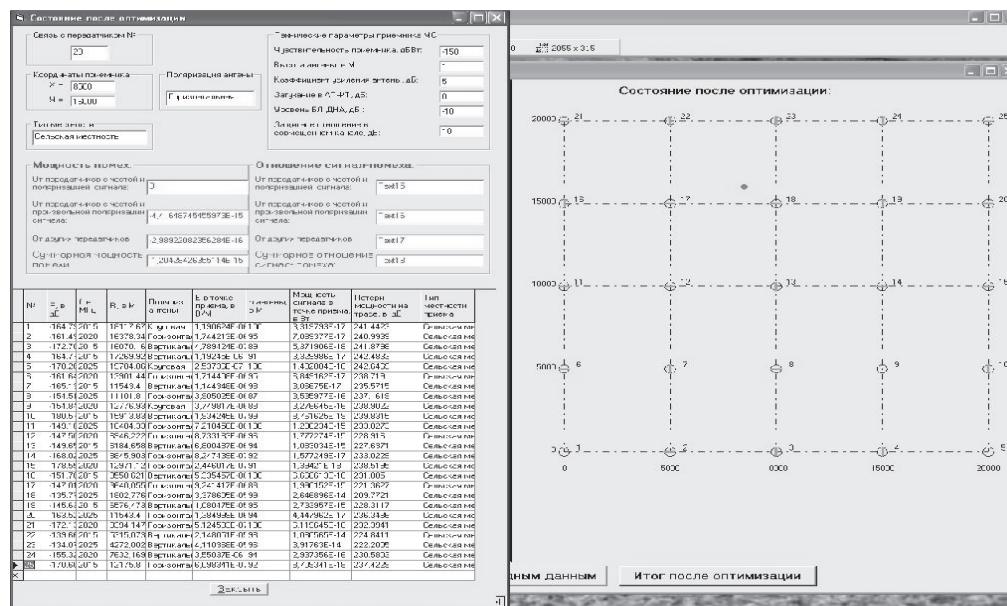


Рис. 2. Результаты оптимизации частотного плана базовых станций

Литература

1. Тихвинский В.О. Сети подвижной связи третьего поколения. Экономические и технические аспекты развития в России. Под ред. Зубарева Ю.Б. М.: Радио и связь, 2004. – 312 с.

2. Логвинов А.В. Оптимизация расположения базовых станций в сетях поколения 3G. Свидетельство об отраслевой регистрации электронного ресурса № 00182. М.: ИИО, 2009. – 11 с.

AN ALGORITHMIC APPROACH TO OPTIMIZING THE LOCATION OF BASE STATIONS IN THE GENERATION 3G NETWORKS

Logvinov A.V.

We consider the possibility of automated solution of EMC RES for 3G networks in terms of optimal placement of base stations (BS). The work is a software product «Optimizing placement of base stations in networks generation 3G».

Keywords: network of generation 3G; criterion electromagnetic compatibility; model Hata.

Логвинов Александр Владимирович, заместитель директора по учебно-воспитательной работе колледжа связи Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. (8-846) 926-14-40. E-mail: ks_logvinov@mail.ru

УДК 338.24

ЗАДАЧА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СЕТИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

Конторович Т.А., Осьмакова А.Г.

Дается содержательная постановка задачи синтеза оптимальной структуры сети базовых станций, формулируется определение оптимальной структуры сотовой сети. Предлагаются критерии оптимальности, ограничения и условия, при которых решается поставленная задача, и математическая модель задачи синтеза оптимальной структуры сети. Предлагается формально-эвристический метод синтеза оптимальной структуры сотовой сети GSM нового поколения. Результаты проведенной экспериментальной проверки подтвердили предположение о том, что планирование вариантов структуры сотовой сети с использованием предложенного метода синтеза способствует построению вариантов, требующих меньших затрат.

Ключевые слова: сотовая связь, базовая станция, зона обслуживания, качество сотовой связи, чистый дисконтированный доход, индекс доходности дисконтированный, внутренняя норма доходности дисконтированная, срок окупаемости дисконтированный, оптимальная структура сети, согласованная система.

Постановка задачи

Свое название сотовые сети (сети) связи получили в соответствии с сотовым принципом организации связи, согласно которому зона обслуживания (территория города или региона) делится на большое число малых рабочих зон, или сот [1]. В центре каждой соты расположена базовая приемопередающая станция (BTS), осуществляющая связь по радиоканалам с подвижными абонентами мобильных радиостанций (MS), находящимися в ее рабочей зоне.

В состав базовой станции (БС) входит несколько приемопередатчиков, цифровые процессоры, размещаемые в составе устройств базовой станции, коммутационные шины различного назначения.

Для сот используют три геометрические фигуры: треугольник, квадрат и правильный шестиугольник.

При разделении территории на соты измеряются или рассчитываются параметры сотовой системы для определения минимального числа БС, обеспечивающих удовлетворительное обслуживание абонентов по всей территории.

Наиболее высокое качество обслуживания достигается в зоне, границы которой определяются исходя из превышения уровнем принимаемого сигнала чувствительности приемника в 99% мест и в 99% времени.

Однако с практической точки зрения при планировании зоны обслуживания следует руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Отличное качество связи будет в зоне, границы которой определяются исходя из ожидаемого превышения сигналом уровня чувствительности приемника в 95% мест и 95% времени (вероятность устойчивой двусторонней связи 0,9);

2. Хорошее качество связи будет в зоне, границы которой определяются исходя из ожидаемого превышения сигналом уровня чувствительности приемника в 90% мест и 90% времени (вероятность устойчивой двусторонней связи 0,8).

Для каждой заданной территории можно получить много вариантов структуры сети, отвечающих требуемому качеству.

Эти варианты будут отличаться друг от друга числом и местами расположения БС, их параметрами и затратами на строительство и эксплуатацию БС.

Для синтеза оптимальной структуры сети необходимо выбрать критерий оптимальности, ограничения и условия, при которых решается задача.

Критерий оптимальности должен отвечать следующим основным требованиям: он должен быть