

и перемещений мобильных роботизированных платформ. Анализ изображений объектов в рабочей зоне манипулятора (мобильной платформы) обеспечивает всю систему управления обратной связью, влияющей на дальнейшее функционирование системы управления. Естественно, что описанные программные компоненты будут служить основой и для функционирования системы поддержки принятия решений робота [3].

Розглядаються методики планування й оптимізації мереж стільникового зв'язку. Приводиться аналіз можливостей відомих програмних комплексів планування. Описується методика наближеного розрахунку ємності стільнику при плануванні й оптимізації мережі 3-го покоління (мережі UMTS)

Ключові слова: мережі UMTS, планування й оптимізація, мережа стільникового зв'язку, програмний комплекс

Рассматриваются особенности планирования и оптимизации сетей сотовой связи. Приводится анализ возможностей известных программных комплексов планирования. Описывается методика приближенного расчета емкости соты при планировании и оптимизации сети 3-го поколения (сети UMTS)

Ключевые слова: сети UMTS, планирование и оптимизация, сеть сотовой связи, программный комплекс

This article represents the methods of planning and optimization of cellular communication networks. Analysis possibilities of the well known program complexes of planning. The method of calculation of capacity cells is also described at planning and optimization of UMTS network

Keywords: UMTS networks, planning and optimization, program complex

1. Введение

В процессе развития сетей сотовой связи (ССС) важными являются вопросы их планирования и оптимизации [1-4]. Для автоматизации проектирования при решении задач планирования и оптимизации созданы и используются специальные программные комплексы, которые позволяют сокращать сроки и стоимости процесса проектирования СССР.

Литература

1. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 894 с.
2. Марселлус Д. Программирование экспертных систем на Турбо-Прологе. – М.: Финансы и статистика, 1994. – 256 с.
3. Цимбал О.М., Цехмістро Р.І. Системи планування рішень інтелектуальних роботів: стан та перспективи. Східно-європейський журнал передових технологій, Харків, 2004, 4 (10), С. 60-63.

УДК 381.324:621.394.79

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ

В.М. Безрук

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

Контактный тел.: 8 (067) 722-31-18

E-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

И.В. Бондарь

Магистр*

Кафедра сети связи

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: 8 (063) 643-41-46

E-mail: bondar1986@gmail.com

В настоящее время начинают внедряться сети 3-го поколения.

Сети третьего поколения (3G) отличаются от сетей второго поколения (2G), работающих на основе стандарта GSM [1], гораздо большей скоростью передачи данных, а также более широким и более высоким качеством предоставления услуг. Поэтому актуальной задачей является планирование и оптимизации при проектировании этих сетей.

В данной статье рассматриваются некоторые особенности планирования и оптимизации ССС 3-го поколения, которые в основном приводятся в работах зарубежных авторов [3-4]. Анализируются возможности известных программных комплексов планирования таких сетей. Приводятся некоторые расчетные соотношения, используемые при их планировании и оптимизации.

2. Основные задачи планирования и оптимизации сетей сотовой связи 3-го поколения

В процессе создания и совершенствования ССС решаются две неразрывно связанные задачи: планирование сети (номинальное и детальное) и оптимизация сети (перепланирование по результатам эксплуатации) [2].

Планирование сети заключается в оценке структуры сети (Network Layout), определении мест размещения элементов радиосистемы (Network Elements), определении высот и мест установки антенн базовых станций сети (Antenna Heights).

Процесс планирования сети сотовой связи можно разбить на два этапа:

- номинальное планирование;
- детальное планирование.

Номинальное планирование сети связано с выбором стратегии — заданием таких параметров сети, как:

- покрытие (Coverage);
- емкость (Capacity);

- основные ключевые параметры качества функционирования (Key Performance Indicators).

Основными параметрами качества функционирования, которые следует учитывать при планировании считаются:

- относительное число успешных вызовов CSR;
- относительное число срывов соединений DCR (Dropped Call Rate);
- относительное число удачных хэндоверов HSR;
- качество обслуживания вызовов (Call Quality);
- время установления вызова (Call Set-up Time);
- средняя балльная оценка качества речи по шкале MOS;

Кроме того, на этапе номинального планирования оценивают: компоновку сети и предполагаемое размещение элементов сети радиодоступа; количество базовых станций, необходимое для выбранного покрытия. Как правило, на этапе предварительного планирования используют гипотетические данные о параметрах и инфраструктуре сети, которые уточняются на следующем этапе — этапе детального планирования [1-3].

На этапе детального планирования осуществляется:

- планирование конфигурации сети (определение типа и размещения базовых станций, типа и разме-

щения антенных систем, расчет баланса мощностей в линиях «вверх» и «вниз»);

- планирование топологии сети (расчет зон покрытия и границ базовых станций с учетом данных об абонентском трафике); особенностью расчета зон покрытия для сети UMTS является наличие эффекта «дыхания» соты, заключающегося в уменьшении размеров соты при увеличении абонентской нагрузки.

Оптимизация сети предполагает анализ данных верификации (проверки соответствия результатов планирования параметрам существующей сети) и мониторинга, анализ проблем, выявленных при эксплуатации сети (жалоб клиентов, данных об отказах и ремонтах сети), выбор параметров и критериев оптимизации, изменение (регулирование) параметров, анализ полученных результатов на основе повторного мониторинга. Оптимизация отличается от планирования тем, что она:

- во-первых, выполняется при разработанном частотно-территориальном покрытии;
- во-вторых, основывается на результатах проведенных драйв-тестов и технического аудита параметров сети в проблемных зонах обслуживания;
- в-третьих, ее целями являются: повышение эффективности использования сетевых и радиоресурсов, обеспечение равномерного распределения нагрузки в сети, улучшение параметров качества услуг.

Этапы процесса оптимизации сети сотовой связи представлены на рис. 1.

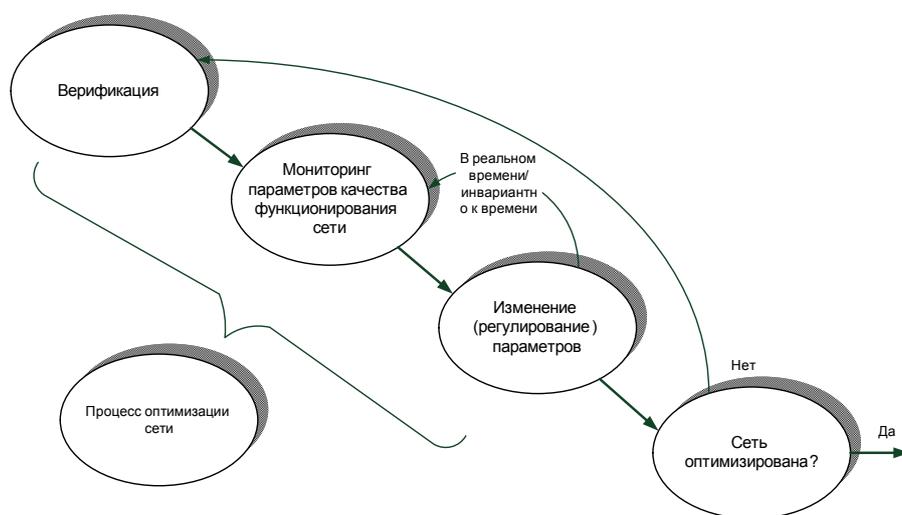


Рис. 1. Этапы оптимизации сети сотовой связи

Верификация предусматривает контроль следующих основных данных:

- координат размещения базовых станций;
- зоны обслуживания базовых станций;
- зоны хэндоверов;
- списков частот для сот;
- типов и параметров приемопередатчиков базовых станций (мощность излучения, чувствительность);
- типов и параметров антенн (коэффициента усиления, диаграммы направленности);
- числа приемопередатчиков на антенну;
- координат размещения антенн;

- параметров размещения антенн (углов наклона, азимутов, высоты установки, характеристик антенно-фидерного устройства).

Мониторинг сети с помощью ИАПК позволяет оценить радиопокрытие и параметры качества функционирования сети для проверки их соответствия результатам детального планирования и выявления проблемных участков («узких мест»).

Оптимизация предполагает различные виды перепланирования сети на основе данных, полученных в результате верификации и мониторинга. При этом параметры сети изменяются (оптимизируются) в соответствии с выбранными задачами и критериями. Например, задачами оптимизации могут быть:

- перераспределение трафика сети;
- повышение эффективности использования радиочастотного спектра за счет частотно-территориального перепланирования.
- минимизация потерь покрытия в зонах обслуживания из-за влияния интерференционных помех;
- увеличение зоны обслуживания;
- улучшение параметров хэндоверов;
- повышение качества отдельных или совокупности услуг;
- использование совмещенных стандартов в сети и т.д.

При оптимизации сетей 3-го поколения (UMTS) должны решаться дополнительные задачи — планирования физических и транспортных каналов, используемых логическими каналами, а также распределения расширяющих кодов. Правильное планирование физических и транспортных каналов позволяет обеспечить эффективное функционирование логических каналов, связанных с конкретными приложениями и услугами. При неправильном планировании распределения расширяющих кодов ухудшается ортогональность сигналов и уменьшается покрытие и емкость сети.

Важным элементом повышения эффективности сетей UMTS является улучшение алгоритма управления мощностью. Особенность алгоритма заключается в быстром управлении мощностью излучения с высокой точностью. Из-за некачественного управления мощностью абонентские терминалы, расположенные вблизи базовой станции, могут «подавить» более отдаленные от нее АТ, т.е. заблокировать их, а, следовательно, уменьшить зону покрытия.

3. Анализ функциональных возможностей программных комплексов планирования сети сотовой связи.

С целью обеспечить качественные услуги мобильной связи, ведущие операторы применяют методы математического и компьютерного моделирования. Наиболее эффективным инструментом автоматизации процесса оптимизации (ССС) являются геоинформационные технологии, прошедшие в своем развитии путь от узкоспециализированных способов и методов обработки цифровой картографической информации до высокоразвитых программных средств, называемых геоинформационными системами (ГИС). Геоинформационные технологии (ГИС-технологии) представляют собой совокупность средств и мето-

дов обработки данных, имеющих пространственный аспект и обеспечивающих получение информации в требуемом виде [2-4].

Примером реализации ГИС-технологий для решения прикладных задач в области телекоммуникаций являются программные комплексы (ПК) планирования и оптимизации (ССС). Операторы связи используют ПК как импортного, так и отечественного производства. К наиболее известным зарубежным ПК относятся программные продукты следующих фирм:

- **AIRCOM Int.** (Великобритания). Предлагает программное обеспечение ASSET Enterprise, состоящее из основных модулей: ASSET3G - радиопланирования, ILSA - автоматизированного распределения частот, CONNECT - планирования радиорелейных интервалов, DIRECT - планирования транспортной сети, ADV-ANTEG - автоматизированного планирования сот.

- **ERICSSON** (Швеция). Предлагает программные продукты: TEMS CellPlanner Universal - радиочастотного планирования, TEMS Link-Planner - планирования радиорелейных интервалов, Planet EV - планирования и оптимизации радиорелейных сетей.

- **Forsk** (Франция). Предлагает многофункциональный программный продукт радиочастотного планирования и расчета радиорелейных интервалов Atoll Core.

- **Agilent Technologies** (США). Предлагает программные продукты: WIZARD - радиопланирования, CellOpt AFP - радиочастотного планирования, CellOpt ACP - планирования сот и OPAS32 - сетевой анализатор.

- **Nokia** (Финляндия). Предлагает программный продукт Nokia NetAct Planner, позволяющий решать задачи расчета покрытия, радиочастотного планирования и интервалов радиорелейной связи.

Среди отечественных программных продуктов следует отметить разработки следующих организаций.

- **ЛОНИИР** (Санкт-Петербург). Предлагает САПР «Балтика», включающую подсистему радиочастотного планирования сетей сотовой связи «Балтика-СПС» с дополнительным модулем «Балтика-ЭМС» и подсистему расчета радиорелейных линий связи «Балтика-РРЛ».

- Центр компьютерных технологий «**Силикон-Телеком Софт**» (г. Зеленоград). Предлагает систему RPS-2, позволяющую выполнять расчеты покрытия сети сотовой связи и радиорелейных интервалов.

- **ИнфоТел** (Санкт-Петербург). Предоставляет версии программного комплекса планирования сетей сотовой связи: ONEPLAN RPLS (рабочее наименование ONEGA), обеспечивающего расчет покрытия, автоматическую калибровку моделей расчета по данным измерений, автоматизированное формирование частотного плана и расчет радиорелейных интервалов; ONEPLAN RPLS-CDMA для планирования сетей связи с кодовым разделением каналов; ONEPLAN RPLS-DB Link для планирования радиорелейных интервалов, линий и сетей связи [1-4].

Далее рассмотрим самые популярные программные комплексы (ПК) планирования и оптимизации сетей сотовой связи. Операторы связи используют ПК как импортного, так и отечественного производства

Основным назначением программного комплекса является автоматизация разработки с использовани-

ем ГИС-технологии технически и экономически обоснованных планов развития сетей мобильной связи 2G/3G, сетей транкинговой и пейджинговой связи, сетей ТВ и радиовещания диапазона УКВ, расчета радиорелейных интервалов и линий, оценки электромагнитной совместимости группировки интервалов и линий радиорелейной связи.

Функциональные возможности наиболее полно реализуются при планировании сетей мобильной связи. Программный комплекс позволяет повысить оперативность и обоснованность решений, принимаемых при проектировании, развитии и эксплуатации региональных сетей, а также сформировать рациональные структурно-топологические и технические характеристики сетей. Пользователь программного комплекса получает рациональный проект, в котором топологическая структура и технические параметры сети сотовой связи обеспечивают минимальные затраты аппаратного и частотного ресурсов при удовлетворении потребностей абонентов в услугах связи заданного качества. Процесс формирования рационального проекта сети сотовой связи базируется на методе последовательного анализа различных вариантов построения структуры сети, каждый с соответствующими наборами параметров качества функционирования сети.

Автоматизация сети планирования сетей мобильной связи в программном комплексе реализована на основе анализа последовательности задач, которые разделены на три уровня, совместно влияющих на итоговое время расчетов и различающихся алгоритмами принятия решения.

Верхний уровень: определение состава и численных значений управляемых параметров (мест размещения и режимов работы базовых станций), внешних факторов (мешающих радиоэлектронных средств и условий распространения радиоволн), а также целей и критериев расчетов.

Средний уровень: выбор и реализация правила (последовательности) перебора управляемых параметров и учитываемых внешних факторов.

Нижний уровень: вычисление параметров качества функционирования сети сотовой связи.

В зависимости от поставленной задачи, временных и стоимостных ограничений пользователь программного комплекса может оценить эффективность принимаемых решений по трем взаимозависимым глобальным показателям планирования - оперативности, адекватности и стоимости. Если требуется в сжатые сроки не только принять решение, например по модернизации сети, но и реализовать его, то можно использовать упрощенные процедуры: расчета, и тем самым повысить оперативность принимаемых решений. Однако в данном случае придется пожертвовать точностью расчетов, т.е. ухудшится адекватность принимаемых решений. И наоборот, если требуется детально проработать вопросы совершенствования сети сотовой связи, т.е. получить достоверное и адекватное решение, придется использовать более точные методы расчета параметров качества функционирования сети. В этом случае затрачивается значительный временной ресурс, а значит, ухудшается оперативность. Стоимость каждого решения должна оцениваться индивидуально.

Для нормального функционирования ПК при планировании сетей мобильной связи требуется большой набор исходных данных, достоверность которых может существенно повлиять на адекватность принимаемого решения. Исходные данные можно сгруппировать следующим образом:

- электронные карты местности региона планирования (геоданные);
- параметры подсистемы базовых станций и радиорелейных линий, установленные стандартами ETSI и ITU, а также технические характеристики оборудования;
- количество планируемых сайтов;
- радиоклиматические параметры региона планирования.

Электронные карты местности региона планирования. В ПК в качестве внутренних используются векторные карты. Для планирования в регионах рекомендуются электронные карты масштабов 1:100 000 или 1:200 000, для планирования в крупных населенных пунктах - планы местности с указанием высоты застройки. Обязательным требованием к картам является наличие данных о рельефе местности. Входящий в состав программного комплекса геоинформационный модуль позволяет настроить отображение карты и сформировать матрицу высот рельефа местности, которая импортируется в программу и используется при расчетах.

Параметры подсистемы базовых станций и радиорелейных линий, установленные стандартами, и технические характеристики оборудования. Ввиду важности этой группы исходных данных в процессе планирования сети сотовой связи в ПК предусмотрен встроенный справочник. Основные разделы справочника сгруппированы по папкам: стандарты, приемопередатчики базовых станций, комбайнеры, абонентские терминалы, модели расчета распространения сигналов, шаблоны базовых станций, ЧТП, радиорелейных интервалов (РРИ), передачи данных и речи. Имеется также антенный редактор, который в текстово-графическом виде отображает электрические параметры антенн в формате msi.

Количество планируемых сайтов. Данные о сайтах с координатной и адресной привязкой формируются пользователем ПК или импортируются из внешних файлов или баз данных.

Радиоклиматические параметры регионов планирования. При расчете покрытия учитываются коэффициент рефракции района планирования, а также электрические параметры почвы - диэлектрическая проницаемость и проводимость. При расчетах радиорелейных интервалов дополнительно учитываются среднее значение и стандартное отклонение градиента диэлектрической проницаемости, тип подстилающей поверхности, абсолютная влажность водяного пара, Q-фактор земной поверхности и климатический фактор, интенсивность осадков[1].

Программный комплекс автоматизирует процесс планирования и оптимизации сети сотовой связи для следующих постановок задачи:

- при заданном аппаратном и частотном ресурсах сформировать сеть (фрагмент сети) мобильной связи, обеспечивающую максимальную зону покрытия, с требуемым качеством;

- для заданного района планирования определить минимальные затраты аппаратного и частотного ресурсов, обеспечивающих покрытие, качество которого было бы не ниже требуемого. Основные функциональные модули программного комплекса представлены на рис.2.

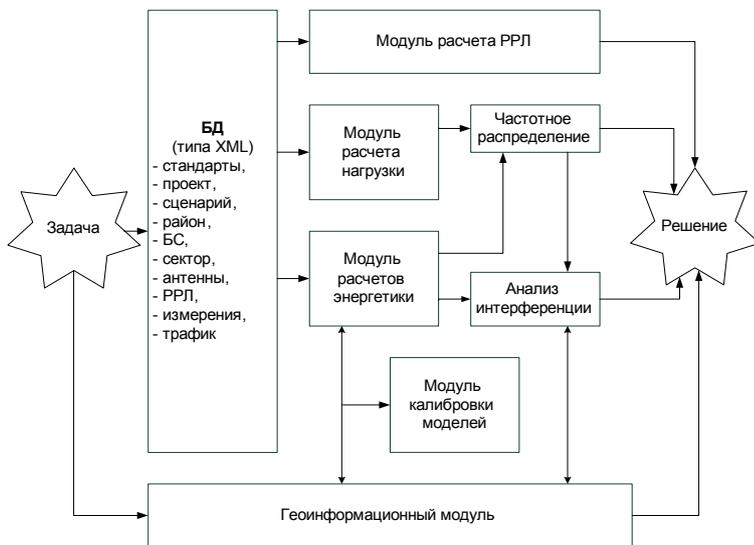


Рис. 2. Структура программного комплекса

В модуле базы данных (БД) хранятся пространственно-технические характеристики исходного множества вариантов построения сети, из которого по результатам расчета параметров качества функционирования сети выбирается предпочтительный, с точки зрения пользователя ПК, вариант. Геоинформационный модуль обеспечивает взаимодействие расчетных модулей с матрицами рельефа, отображение векторных карт местности и результатов расчета, а также вспомогательных растровых изображений.

4. Некоторые расчетные соотношения, используемые при планировании сетей 3-го поколения

Рассмотрим некоторые расчетные соотношения, которые могут быть использованы при планировании ССС 3-го поколения которые строятся по технологии CDMA.

Особенности расчета емкости соты при номинальном планировании сети UMTS. Емкость соты определяется числом абонентов, обслуживаемых одновременно на одном частотном канале (5 МГц). Так как точное определение этого числа является сложной задачей, зависящей от многих факторов, рассмотрим приближенную методику расчета, основанную на следующих допущениях [2]:

- все АТ в соте находятся на равном удалении от антенны базовой станции;
- все АТ имеют одинаковую мощность передачи радиосигналов;
- все АТ имеют одинаковую скорость передачи данных.

Введено понятие выигрыша $G_j = W / v_j R_j$ в отношении сигнал/шум за счет широкополосности используемого радиосигнала ($B \gg 1$). С учетом принятых допуще-

ний все абоненты имеют одинаковый выигрыш G. При этом скорость передачи элементарных символов в соте фиксирована (3,84 Мбод), а G определяется скоростью передачи данных R в канале. Скорость передачи данных в канале может быть равной 30, 60, 120, 240, 480 и 960 кбит/с. Следовательно, АТ, использующие минимальную скорость передачи данных, имеют выигрыш $G = 38\,400\,000 / 30\,000 = 128 = B$.

Согласно $\frac{E_{bj}}{N_0} = \frac{W}{v_j R_j} \cdot \frac{P_{cj}}{P_{N_0}} = G_j \cdot \frac{P_{cj}}{P_{N_0}}$ отношение мощностей сигнала и шума на входе приемника определяется выражением

$$\frac{P_c}{P_{N_0}} = \frac{E_b / N_0}{G} \tag{1}$$

Предположим, что в соте имеется N абонентов. Тогда для каждого абонента мощность шума определяется суммой мощностей радиосигналов от других абонентов $P_{N_0} = (N-1)P_c$. В этом случае (1) примет вид

$$\frac{P_c}{P_{N_0}} = \frac{P_c}{P_c(N-1)} = \frac{1}{N-1} \tag{2}$$

При большом числе абонентов выражение (2) можно упростить:

$$P_c / P_{N_0}$$

Таким образом, $(E_b / N_0) / G \approx 1 / N$, или число абонентов в соте

$$N \approx \frac{G}{E_b / N_0} \tag{3}$$

Предположим, что база радиосигналов, используемых в соте, равна 128, требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника базовой станции составляет 3 дБ.

Согласно (3)

$$N \approx \frac{G}{E_b / N_0} = \frac{128}{3} \cdot 4 \approx \frac{128}{2} = 64 \text{ (абонента.)}$$

Теоретически 64 – максимальное число абонентов в соте при G = 128. При расчете учитывалось лишь влияние помех внутри соты. Если учесть влияние помех от соседних сот, то число обслуживаемых абонентов уменьшится. Так, при равном влиянии соседних сот число обслуживаемых абонентов уменьшится вдвое: 64/2=32. Зависимость возможного числа абонентов в соте от скорости передачи данных показана на рис. 3.

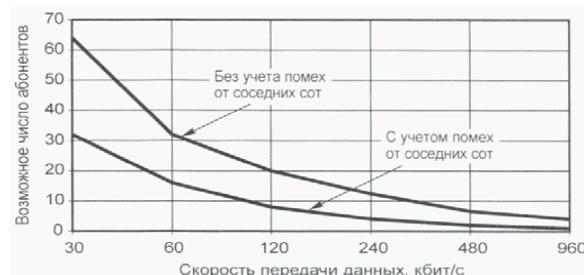


Рис. 3. Зависимость возможного числа абонентов в соте от скорости передачи данных

Требуемое значение отношения E_b/N_0 является главным фактором при расчете емкости соты, связанным со скоростью передачи данных в частотном канале. Отношение сигнал/шум характеризуется следующими физическими принципами:

- спектральная плотность тепловых шумов является постоянной величиной и характеристикой приемника;

- с увеличением базы радиосигнала (выигрыша G) требуемое значение энергии радиосигнала для передачи одного бита сообщения (E_b) уменьшается;

- увеличение скорости передачи данных требует большого значения энергии E_b ;

- с увеличением расстояния между АТ и базовой станцией требуемое значение E_b увеличивается;

- чем выше скорость перемещения АТ, тем выше требуемое значение.

Расчет мощности передатчика базовой станции, излучаемой на одну абонентскую станцию

В системах стандарта CDMA на каждую АС приходится определенная доля суммарной мощности передатчика [3-5]. Большинство производителей оборудования CDMA рекомендует использовать следующие значения мощности передатчика, приходящейся на одного абонента: 0,46...2,19 Вт (-3,3...-3,4 дБВт), в зависимости от удаленности АС от БС.

Согласно модели Окамуры-Хата мощность сигнала, приходящаяся на одного абонента определяется соотношением:

$$P_{BC} = [69,55 + P_{AC} + 26,16 \lg f - 13,82 \lg h_{BC} - \alpha - G_{BC} + (44,9 - 6,55 \lg h_{BC}) \lg R + k_t \sigma_0], \quad (4)$$

где $\alpha = (4,1 \lg f - 0,7) h_{AC} - (1,56 \lg f - 0,8)$,

P_{AC} - чувствительность приемника мобильной станции, дБВт;

f - частота, на которой осуществляется передача сигналов в сети, МГц,

R_0 - радиус соты, км;

G_{BC} - коэффициент усиления антенны базовой станции, дБ;

h_{BC} - высота подвеса антенны, м.

Если принять значения

$P_{BC} = -154$ дБВт, $f = 2$ ГГц, $G_{BC} = 20$ дБ, $h_{BC} = 30$ м, $h_{AC} = 3$ м, $R_0 = 10$ км, $k_t \sigma_0 = 1,645 \cdot 1,39 = 2,3$

Подставим числовые значения в формулу (4) получим:

$$P_{BC} = 69,55 - 154 + 86,3 - 20,4 - 4,3 - 20 + 35,3 + 2,3 = -5,25 \text{ дБВт (0,3 Вт)}.$$

Последний член данного выражения определяет запас мощности сигнала для обеспечения заданной надежности радиоканала. Этот запас в системах CDMA оказывается меньше, чем в других системах, так как АС осуществляет выбор той БС, которая обеспечивает наибольший уровень принимаемого сигнала.

Полная мощность сигнала, излучаемая антенной БС определяется формулой (5):

$$P_t = \frac{1,09 \alpha \left(\frac{n_0}{2} \right) P_R}{1 - \lambda} \quad (5)$$

С учетом регулировки мощности получим формулу (6):

$$P_t = \frac{1,09 \alpha P_R n_0}{1 - \lambda} \quad (6)$$

Для приемлемых значений n_0 порядка 50-60.

Получим:

$$P_t = \frac{1,09 \cdot 0,375 \cdot 0,3 \cdot (50 \dots 60)}{0,8} = (7,66 \dots 9,2) \text{ Вт}.$$

Полученный результат указывает на то, что в системах CDMA значение излучаемой мощности базовой станцией существенно ниже, чем в системах TDMA (GSM-900, GSM-1800 и др.)

5. Выводы

В данной статье был выполнен анализ особенностей и задач планирования и оптимизации (ССС) 3-го поколения. Приводится анализ возможностей известных программных комплексов планирования. Также приводятся расчетные соотношения, используемые при планировании и оптимизации сетей 3-го поколения. Было доказано, что наиболее эффективным инструментом автоматизации процесса планирования и оптимизации сетей мобильной связи являются геоинформационные технологии, прошедшие в своем развитии путь от узкоспециализированных способов и методов обработки цифровой картографической информации до высокоразвитых программных средств, называемых геоинформационными системами (ГИС). Геоинформационные технологии (ГИС-технологии) представляют собой совокупность средств и методов обработки данных, имеющих пространственный аспект и обеспечивающих получение информации в требуемом виде [1-4].

Также описывается методика приближенного расчета емкости соты при номинальном планировании сети UMTS и расчет мощности передатчика базовой станции, излучаемой на одну абонентскую станцию. Емкость соты определяется числом абонентов, обслуживаемых одновременно на одном частотном канале (5 МГц). Так как точное определение этого числа является сложной задачей, зависящей от многих факторов, мы рассмотрели приближенную методику расчета и показали ее на конкретном примере.

Литература

1. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: ЭкоТрендз, 2005. – 296 с. с ил.
2. Тихвинский В.О., Терентьев С.В. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS. – М.: ЭкоТрендз, 2007. – 400 с. с ил.
3. H. Holma, A. Toskala, W-CDMA for UMTS, John Wiley & Sons, 3rd edition, 2004
4. Ch. Chevallier, Ch. Brunner, A. Garavaglia, Kenn P. Murray, Kenneth R. Baker. WCDMA (UMTS). Deployment Handbook. Planning and Optimization. – Wiley, 2006.
5. J. Laiho, A. Wacker, T. Novosad. Radio Network Planning and Optimisation for UMTS. – Wiley, 2007.