

УДК 621.396

Н.В. Москалец

Харковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ УПАКОВКИ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ ФЕМТОСОТ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Рассматривается задача планирования пространственного размещения фемтосот на основе их рационального размещения в здании, на площади с использованием метода оптимизации упаковки объектов. Построен алгоритм поиска и удаления вложенных потенциальных контейнеров – зоны обслуживания базовых станций в пределах которой осуществляется процедура одиночного присоединения фемтосот. Предложенный алгоритм одиночного присоединения фемтосоты на основе логического выбора позволяет сократить время поиска точки доступа и повысить скорость размещения фемтосот.

Ключевые слова: планирование, фемтосота, точка доступа, упаковка, контейнер

Введение

При установке точек доступа фемтосот возникают различные ситуации, связанные с потребностью улучшения качества обслуживания потребителей. Существуют различные методы пространственного размещения точек доступа (ТД) фемтосот для случаев облегчения доступа абонентов на границах зон обслуживания базовой станции (БС). Часто возникает необходимость установки единственной точки доступа в труднодоступном месте, где электромагнитная волна приходит к абонентской станции сильно ослабленной: в переходе, за преградой, в доме и др. Вместе с тем достаточно типовой являются ситуации, когда возникает потребность расположения группы точек доступа, например вблизи и внутри деловых центров, объектов массового стечения народа, в многоэтажных зданиях и др. Существует необходимость линейной установки, на плоскости или в трехмерном пространстве указанных ТД фемтосот. Таким образом, возникает задача размещения в зоне обслуживания БС точек доступа фемтосот, как одиночных объектов, так и объектов, располагающихся в линию на плоскости или в структуре зоны действия БС (рис. 1).

Метод планирования с использованием упаковки

Очевидно проектирование размещения одиночной ТД не вызывает трудностей. Однако при проектировании установки 2-х и больше ТД – требуется то или иное обоснование.

В качестве такого обоснования могут быть: потребность максимально плотного покрытия фемтосотами, минимизации количества фемтосот, перераспределения трафика в различные периоды деятельности.

Такая задача успешно решается при небольшом количестве фемтосот – 2-5 путем прямого перебора вариантов размещения.

Однако с увеличением их количества задача размещения становится NP – полной и прямое её решение – проблематично [1].

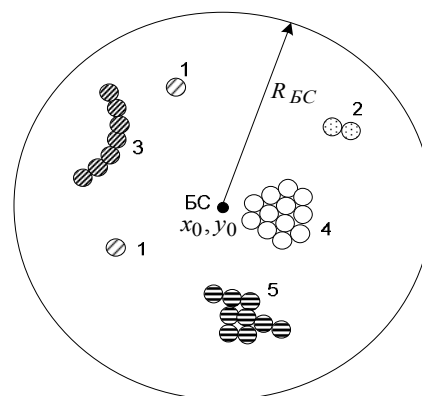


Рис. 1. Пример размещения фемтосот в зоне обслуживания БС с координатами $\{x_0, y_0\}$ и радиусом R_{E0} : 1 – одиночное расположение; 2 – группа из двух фемтосот; 3 – линейное расположение фемтосот; 4 – компактная группа; 5 – сложная структура

Координаты каждой i -й точки доступа фемтосоты $\{x_i, y_i\}$ или в 3-х мерном пространстве $\{x_i, y_i, z_i\}$. При радиусе зоны обслуживания фемтосоты R_{ϕ} , координаты ее на плоскости:

$$(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 = R_{\phi i}^2, \quad (1)$$

или в 3-х мерном пространстве

$$(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2 = R_{\phi i}^2. \quad (2)$$

Зона обслуживания каждой фемтосоты зависит от окружающей обстановки, от наличия переизлучателей, преград, затенений.

При планировании зон обслуживания, их структуру представляют в виде кругов или шестиугольных сот. В нашем случае (1), (2) зона представляется кругом или шаром.

Учитывая большой разброс расчетных уровней поля электромагнитной волны внутри зоны – форма

аппроксимирующей фигуры может быть любой: аксиально симметричной, равнобедренный многоугольник, квадрат, куб, шар и др.

При планировании фемтосот внутри здания более адекватной является геометрическая фигура в виде куба – контур или объем помещения, в котором размещается группа фемтосот.

Контур или объем, в котором размещается группа фемтосот могут иметь различную достаточно сложную конфигурацию, что затрудняет решение задачи покрытия.

Если представить данный объем или плоскость в виде контейнера, то возникает задача упаковки объектами (фемтосотами) аксиально симметричными фигурами данного контейнера.

Имеется большое число приближенных методов упаковки контейнеров объектами различной конфигурации:

- генетические алгоритмы оптимизации упаковки прямоугольных объектов [2];
- последовательно – одиночного размещения кругов различных радиусов [3];
- методы упаковки цилиндров на основе ϕ -функций Стояна [4];
- геометрической комбинаторики [5];
- алгебрологический метод [6].

Учитывая феноменологический характер предложенных методов, сопоставления их по эффективности представляется затруднительным.

Можно организовать их попарное сравнение по критериям вычислительной сложности для одних и тех же условий, по критериям полноты покрытия и др. Однако значительный уровень неопределенности в отношении распределения поля ЭМВ вряд ли позволит получить достоверные результаты. Поэтому выбор того или иного метода определяется контекстом решаемой задачи. Мы выбираем метод одиночного присоединения на основе логического выбора [6].

В этом случае точка объекта i , наиболее удаленная от начала координат контейнера, будет иметь координаты:

$$(y_{ij}^1 + s_i^1; y_{ij}^2 + s_i^2; \dots; y_{ij}^F + s_i^F). \quad (3)$$

Необходимо разместить все объекты в заданном числе контейнеров при выполнении всех условий корректного размещения [6]:

1) зоны размещаемых ТД не перекрывают друг друга:

$$(y_{ij}^f \geq y_{kj}^f + s_k^f) \vee (y_{kj}^f \geq y_{ij}^f + s_i^f), \quad (4)$$

при $\forall j \in [1; M], \forall f \in [1; F], \forall i \forall k \in [1; m], i \neq k$;

2) зоны обслуживания ТД не выходят за границы зон обслуживания БС:

$$\forall j \exists [1; M], \forall f \exists [1; F], \forall i \in [1; m], \quad (5)$$

$$(y_{ij}^f \geq 0) \wedge (y_{ij}^f + s_i^f \leq S_j^f).$$

Процедура размещения ТД внутри контейнеров (зон обслуживания) обычно начинается с привязки контейнера к системе координат и указания разных точек (узлов), по отношению к которым производится присоединение ТД.

Положение k -го узла в F -мерном контейнере описывается вектором

$$Y_k = \{y_k^1, y_k^2, \dots, y_k^F\}. \quad (6)$$

При проектировании фемтосот на плоскости образуется j контейнеров внутри которых далее происходит упаковка.

При размещении фемтосот в здании происходит разделение на i -уровней, соответствующих этажности, на каждом из которых формируется свой контейнер $y_i^f, f \in F$.

Положение i -го контейнера относительно начала координат представим как $Q(y_i^f)$.

При размещении ТД в контейнере формируются новые уровни.

При присоединении ТД (объекта) с размерами зоны обслуживания $\{s^1, s^2, \dots, s^F\}$ к БС (узлу) с координатами $\{y^1, y^2, \dots, y^F\}$ вдоль каждой оси $\forall f \in [1; F]$ фемтосоты (контейнера) образуются новые уровни $W_k^f : Q(Y_k^f) = y^f + s^f$, причем $\exists Y_j^f : Q(Y_j^d) > Q(Y_k^f), Q(Y_{j-1}^f) < Q(Y_k^f)$, (рис. 2).

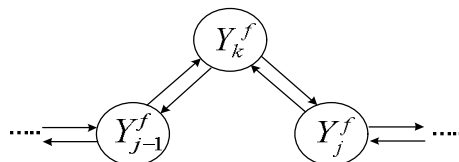


Рис. 2. Процедура добавления нового уровня при двухсвязной организации уровней контейнера (зоны обслуживания БС)

Возможность присоединения ТД с габаритными размерами $\{s^1, s^2, \dots, s^F\}$ к БС с координатами $\{y^1, y^2, \dots, y^F\}$ будет определять положение размещаемой ТД относительно всех ранее размещенных ТД, пересекающих хотя бы один уровень из набора $[Y_{i1}^f, Y_{i2}^f] \forall f \in [1; F]$, где $Y_{i1}^f : Q(Y_{i1}^f) = y^f$ и $Y_{i2}^f : Q(Y_{i2}^f) \geq y^f + s^f, Q(Y_{i2,1}^f) < y^f + s^f$.

Так, при присоединении зоны обслуживания ТД (прямоугольного объекта) с габаритными размерами $s_1 \times s_2$ к расположенной в точке $\{0; 0\}$ зоны обслуживания БС в виде пустого двухмерного контейнера с габаритными размерами $S_1 \times S_2$, в углах размещенного объекта формируются новые узлы,

содержащие виртуальные объекты, описываемые векторами

$$P_2 = \{S_1 - s_1; S_2\}, P_3 = \{S_1 - s_1; S_2 - s_2\} \text{ и}$$

$$P_4 = \{S_1; S_2 - s_2\}.$$

На основе метода одиночного присоединения объектов и анализа оставшегося свободного пространства i -го контейнера построим алгоритм поиска и удаления вложенных потенциальных контейнеров. На рис. 3 представлен алгоритм поиска и удаления вложенных потенциальных контейнеров (ПК).

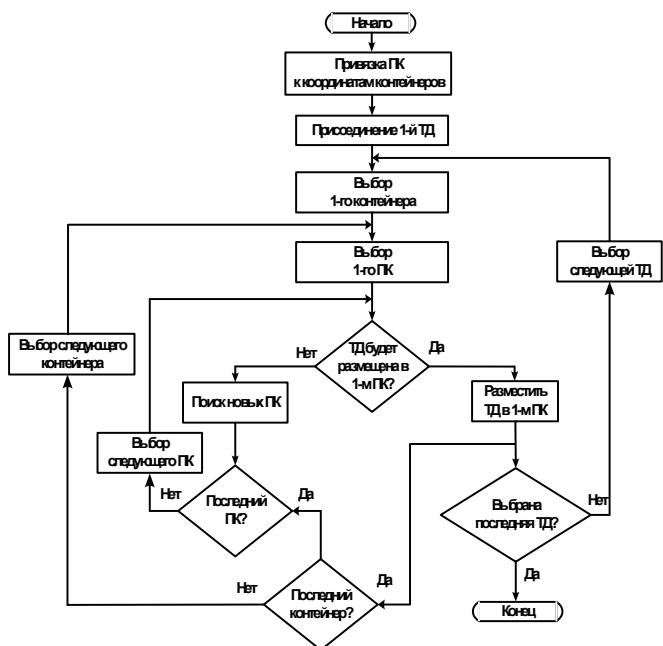


Рис. 3. Алгоритм поиска и удаления ТД на основе метода одиночного присоединения

Выводы

1. При планировании пространственного размещения микро и фемтосот возникает необходимость рационального их размещения в здании, на площади. Простым решением проблемы размещения является прямой перебор вариантов. Однако, с

увеличением количества фемтосот задача становится NP-трудной.

2. Среди множества решений таких задач наиболее адекватным является метод одиночного присоединения на основе логического выбора, что позволяет наращивать возможности сети и является относительно простым.

3. Предложенный алгоритм одиночного присоединения на основе логического выбора позволяет сократить время поиска точки доступа.

4. Предложенный метод планирования пространственного размещения фемтосот на основе теории упаковки объектов позволит повысить скорость размещения точек доступа фемтосот.

Список литературы

1. Popovskij, V. Control and adaptation in telecommunication system: Mathematical foundations / V. Popovskij, A. Barkalov, L. Titarenko. – Tom 94. – Springer Science & Business Media. – 2011. – P. 173.
2. Заруба, Д.В., Использование методов эволюционной оптимизации для решения задач трехмерной упаковки / Д.Ю. Запорожец, Ю.А. Кравченко // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2012. – № 2 (9).
3. Карташов, А.В. Одна реализация метода последовательно-одиночного размещения для решения задачи оптимального размещения кругов различных радиусов в полосе / А.В. Карташов, Н.В. Лученцова // Компьютерная система та інформаційні технології. – 2006. – С. 90-94.
4. Коваленко, А. А. Упаковка круговых цилиндров в цилиндрический контейнер с учетом специальных ограничений поведения системы / А.А. Коваленко, А. В. Панкратов, Т.Е. Романова, П. И. Стецюк // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2013. – № 1 (111). – С. 126-134.
5. Чеканин В.А., А.В. Чеканин. Модели конструирования ортогональной упаковки объектов / В.А.Чеканин, А.В. Чеканин // Информационные технологии и вычислительные системы. – № 2. – 2014. – С. 37-45.

Надійшла до редколегії 1.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Д.В. Агеев, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ УПАКОВКИ ОБ'ЄКТІВ В ЗАДАЧАХ ПЛАНУВАННЯ ФЕМТОСТІЛЬНИКІВ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

М.В. Москалец

Розглядається задача планування просторового розміщення фемтосот на основі їх раціонального розміщення в будівлі, на площі з використанням методу оптимізації упаковки об'єктів. Побудований алгоритм пошуку і видалення вкладених потенційних контейнерів - зони обслуговування базових станцій в межах якої здійснюється процедура поодинокого приєднання фемтосот. Запропонований алгоритм поодинокого приєднання фемтостільників на основі логічного вибору дозволяє скоротити час пошуку точок доступу і підвищити швидкість розміщення фемтосот.

Ключові слова: планування, фемтостільник, точка доступу, упаковка, контейнер.

USING THE METHOD OF OPTIMIZATION OF OBJECT PACKAGING IN PROBLEMS OF PLANNING FEMTOSELLS IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

N.V. Moskalets

The problem of planning the spatial deployment of femtocells is considered on the basis of their rational placement in a building, on the area using the method of optimizing object packing. There has been constructed an algorithm for searching and deleting nested containers, i.e. the service areas of base stations, in which the procedure of single attachment of femtocells is performed. The proposed algorithm for a single femtocell connection based on a logical choice allows to shorten the search time of an access point and increase the speed of femtocell deployment.

Keywords – planning, femtocell, access point, packing, container.