



УДК 004.352.4

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ RFID-ОБОРУДОВАНИЯ

Сафонов А.А., safonov.novoch@yandex.com, Панфилов А.Н., panfiloff@rambler.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Приводится обзор алгоритмов геометрического покрытия и их возможное применение для решения задачи размещения антенн *RFID*-считывателей в системе удаленного мониторинга перемещения объектов по территории, и предлагается реализация алгоритма «первый подходящий». Для успешного функционирования системы контролируемые объекты с размещенными на них *RFID*-метками должны постоянно находиться в зоне покрытия антенн считывателей меток, и при этом возникает задача выбора оптимального размещения таких антенн, при которой необходимое количество антенн и зоны перекрытия их сигналов будут минимальны, но контролируемая территория будет покрыта максимально эффективно. Задача такого размещения может быть сведена к задаче геометрического покрытия и решена с использованием соответствующих методов.

USAGE OF GEOMETRIC COVERING ALGORITHMS FOR SOLVING THE RFID- EQUIPMENT PLACEMENT PROBLEM

Safonov A.A, Panfilov A.N.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Southern Federal University, Rostov on Don

An overview of geometric covering algorithms and their possible application for solving the *RFID*-readers' antennas placement problem in a remote monitoring system of objects movement are given, and an implementation of the "first-fit" algorithm is shown. For the system to function properly, monitored objects and their *RFID*-tags have to be within the range of readers' antennas at all times, thus producing the problem of antennas' optimal placement over the controlled territory, in which number of antennas used and their signal overlapping must be minimized, but the territory has to be covered efficiently. Such problem can be reduced to a geometric covering problem and be solved with appropriate methods.

Одним из способов сбора оперативной информации на предприятии является использование средств радиочастотной идентификации (*RFID*). На отслеживаемых объектах закрепляются пассивные *RFID*-метки, взаимодействующие со считывающими антеннами, которые размещаются по всей территории возможного перемещения объектов [1]. Выбор мест размещения антенн считывателей может быть осуществлен с применением алгоритмов геометрического покрытия, в которых необходимо покрыть произвольную поверхность геометрическими объектами таким образом, чтобы вся поверхность была покрыта целиком с наименьшей площадью перекрытий, используя минимум объектов [2]. В таком случае покрывающими геометрическими объектами выступают зоны покрытия антенн считывателей (в общем случае круглой формы), а покрываемая поверхность может быть создана на основе карты помещений модернизируемого предприятия.

В рассматриваемом подходе принято, что все объекты имеют растровую структуру, что позволяет удобно связать данные с их графическим представлением. Все алгоритмы геометрического покрытия базируются на методе наложения двумерных матриц. Исходная поверхность S_0 представляется в виде матрицы размером $a \times b$, где a и b – соответственно длина и ширина поверхности, вычисляемые по самой дальней точке. Каждый элемент матрицы может находиться в состояниях: 1) лежит в области покрываемой поверхности, не покрыт ни одним



объектом (т.н. пропуск); 2) лежит в области покрываемой поверхности, покрыт ровно одним объектом (успех); 3) лежит в покрываемой области, покрыт более чем одним объектом (переполнение, перекрытие); 4) не лежит в покрываемой области, не покрыт ни одним объектом; 5) не лежит в покрываемой области, покрыт одним или более объектом (промах). Предлагается хранить данные о состоянии элементов в компонентах *RGB*-составляющей пикселя, соответствующего элементу матрицы, т.е. в значениях кортежа вида (0~255; 0~255; 0~255). Для оценки эффективности покрытия вводятся оценки [3]:

$$K_L = \frac{L}{Sum}, K_M = \frac{M}{Sum}, K_O = \frac{O}{Sum}, K_I = \frac{I}{Sum}, \quad (1)$$

где L – количество успешно покрытых точек, $K_L \rightarrow 1$; Sum – количество точек всех используемых покрывающих объектов; M – количество промахов, $K_M \rightarrow 0$; O – количество перекрытий, $K_O \rightarrow 0$; I – количество пропусков, $K_I \rightarrow 0$.

Алгоритм «первый подходящий» предполагает простую укладку покрывающих объектов на первую встреченную пустую область на исходной поверхности. Он является однопроходным и не гарантирует получения качественного результата, но позволяет получить хорошее начальное приближение при использовании однообразных покрывающих объектов и не требует больших вычислительных ресурсов. Вероятностный алгоритм осуществляет перебор решений, получаемых с помощью алгоритма «первый подходящий», в котором каждому размещаемому объекту назначается вероятность его использования. Вероятность размещения объекта снижается на каждой итерации, где он был использован, что позволяет генерировать разнообразные решения. Экстремальный алгоритм предполагает работу с единственным решением, которое шаг за шагом улучшается. Исходная поверхность последовательно разбивается на равные по площади части, на наихудшей из которых производится перестановка размещаемых объектов.

«Муравьиный» алгоритм достаточно популярен для решения задачи коммивояжера, но может быть модифицирован для решения задач геометрического покрытия [4]. Он основан на поведении муравьиной колонии – маркировка более удачных путей (решений) большим количеством феромона. Каждый размещаемый объект получает определенное количество феромона, в зависимости от эффективности такого размещения. На последующих итерациях объекты с большим количеством феромона имеют большую вероятность использования, однако прочие объекты не отбрасываются полностью, что позволяет получать новые решения. Также может быть использован генетический алгоритм, работающий аналогично естественному отбору [5]. На каждом его этапе выполняются действия: формирование популяции (набора решений), скрещивание, мутация, селекция. Геометрические объекты по одному случайным образом добавляются на исходную поверхность, затем отыскивается заданное число пробных решений. Расстановки объектов, дающие наилучшие результаты, будут включены в следующую популяцию с большей вероятностью. Эффективность алгоритма очень сильно зависит от параметров (размер начальной популяции, тип селекции, уровень мутации), подбираемых опытным путём.

Для оценки возможности использования метода наложения двоичных матриц при решении задачи размещения *RFID*-оборудования была разработана программная реализация алгоритма «первый подходящий». Геометрия размещаемых объектов – круг (зона покрытия сигнала антенны, равномерно затухающего в лю-



бом направлении), в качестве входных данных выступило обработанное изображение некоторых производственных помещений. Благодаря использованию в качестве матрицы данных растровой сетки пикселей, результат работы программы хорошо визуализируется и представлен на рисунке 1.

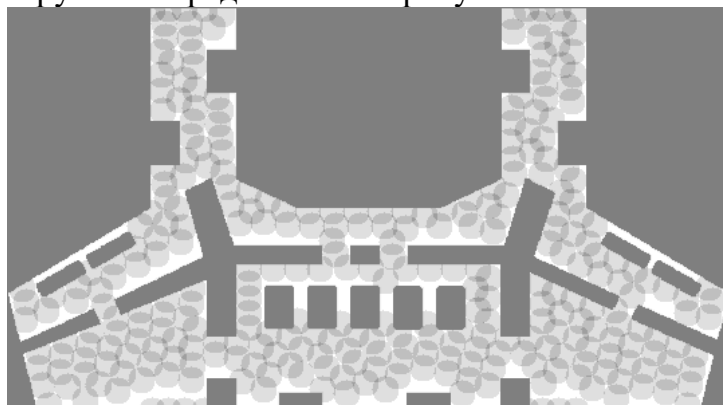


Рис. 1 – Графическое представление результата работы программы

При этом значения коэффициентов согласно метрике (1) составили: $K_L = 0,62$; $K_O = 0,37$; $K_M = 0,07$; $K_I = 0,07$. Алгоритм продемонстрировал достаточно высокую степень покрытия исходной поверхности и небольшое число промахов, но при этом больше трети покрываемых точек были покрыты неоднократно, что показывает значительную избыточность размещаемых объектов. Также на рис. 1 можно проследить проблемы покрытия узких «коридоров» в исходной поверхности, из чего можно сделать вывод, что для повышения эффективности работы алгоритма следует комбинировать покрывающие объекты разных габаритов, в данном случае – антенн разного радиуса действия.

Список цитируемой литературы

1. Сафонов А.А., Панфилов А.Н. Применение RFID-технологии для контроля перемещения багажных тележек в аэропорту // Научные революции: сущность и роль в развитии науки и техники: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Уфа, НИЦ Астерна, 2018. – т. 2. – с.96-98
2. Н.В. Кошлаков. Задача геометрического покрытия // Политехнический молодежный журнал, г. Москва, МГТУ им Н.Э. Баумана, 2018. - №1 – с.33-41
3. С.Л. Забелин, В.Д. Фроловский. Разработка и исследование моделей, методов и алгоритмов для синтеза и анализа решений задач геометрического покрытия // Вестник СибГУТИ, г. Новосибирск, 2013. - №2 – с.42-53
4. Фроловский В.Д., Забелин С.Л. Сравнение алгоритма двумерных матриц и муравьиного алгоритма для задачи геометрического покрытия // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Новосибирск, СибГУТИ, 2010. – с. 63-64
5. Добрынина А.В. Разработка и исследование бионических методов решения задач геометрического покрытия // Сборник научных трудов НГТУ, г. Новосибирск, 2009. - №1(55). – с.67-72