

УДК 621.396

О РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ РАДИОФИЗИКИ

Бондаренко А.В.

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: bohbk@yandex.ru

Задачи, связанные с синтезом антенн и дифракционных структур сложной формы, в большинстве своём подразумевают огромные объёмы математических расчётов с соответствующими требованиями к производительности используемого компьютера. Основываясь на вышесказанном, применение параллельных вычислений является весьма целесообразным. В статье рассматривается решение задачи рассеяния электромагнитных волн на объекте, имеющем сложную форму на базе метода краевых волн. Предлагается при вычислениях использовать параллельный подход. Предложен алгоритм разбиения объекта на facets и использование поточных вычислений. Проведено тестирование производительности полученного алгоритма анализа и доказана состоятельность его использования. Выявлена зависимость успешного завершения алгоритма синтеза от величины, на которую изменяются координаты узлов в системе и значения точности по поиску оптимальной реализации объекта.

Ключевые слова: параллельные вычисления, дифракция радиоволн, метод краевых волн

ABOUT THE DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR APPLICATION OF PARALLEL COMPUTING IN RADIOFISICS PROBLEMS

Bondarenko A.V.

Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: bohbk@yandex.ru

The problems associated with the synthesis of antennas and diffraction structures of complex shape, most of them involve huge amounts of mathematical calculations with the relevant performance requirements of the computer. Based on the foregoing, the use of parallel computation is highly desirable. The paper considers the solution of the problem of scattering of electromagnetic waves on complex-form object in the framework of the method of edge waves. The use of parallel computations for carrying out the calculations is proposed. The algorithm for the partition of the system of facets to threads is given. The performance testing of the algorithm analysis and proved the viability of its use is conducted. The dependence of successful completion of the synthesis algorithm on the magnitude of change of the coordinate system units and precision of the search for the optimum realization of the object.

Keywords: parallel computing, diffraction of radio waves, the method of boundary waves

Параллельное программирование появилось уже более 50 лет назад, тогда, когда были изобретены каналы – независимые аппаратные контроллеры, позволяющие в центральном процессоре исполнять прикладные программы одновременным образом с разными операциями, связанными с вводом-выводом других программ. Сначала работы по параллельному программированию в основном были в области операционных систем. К концу 1960-х годов были сформированы многопроцессорные компьютеры. Тогда появились возможности использования новых разработок не только у разработчиков операционных систем, но и у прикладных программистов.

Использование параллельных вычислительных систем (ПВС) может быть названо как одно из стратегических направлений в развитии объектов вычислительной техники. Это связано с тем, что есть определенные ограничения по быстродействию обычных последовательных ЭВМ, но при этом появляются новые задачи, при решении которых недостаточно возможностей

применяемых на настоящий момент средств вычислительной техники. Задачи, связанные с синтезом антенн и дифракционных структур сложной формы, в большинстве своём подразумевают огромные объёмы математических расчётов с соответствующими требованиями к производительности используемой ЭВМ. Исходя из вышесказанного применение параллельных вычислений весьма целесообразно.

При распараллеливании вычислений основная идея связана с тем, что задача может быть поделена на совокупность меньших задач, решение которых можно проводить одновременно. При реализации параллельных вычислений обычно необходимо соблюдать координацию действий. Существуют разные виды параллельных вычислений: на уровне битов, на уровне инструкций, для данных, для задач.

При осуществлении проектирования дифракционных структур важно находить геометрические размеры конструкций, которые обеспечивают необходимые с точки зрения практики электродинамические характери-

стики [3, 4]. При этом одним из вопросов при проектировании является проведение выбора того, какая структура у антенны. В том случае, когда тип антенны не был заранее обозначен, то его выбор при осуществлении процессов структурной оптимизации можно сделать на основе того, что сравниваются несколько разновидностей антенн исходя из опыта проходивших до этого разработок [5, 6]. При проведении традиционного проектирования после проведения выбора типа антенны проведение ее расчёта проводится на основе метода последовательных приближений, другими словами, параметры изменяются – это размеры антенны, ее элементы (проводится параметрическая оптимизация) и сравнивают электродинамические характеристики с необходимыми [7, 8]. Для современного состояния теории антенн существуют возможности для определенных случаев не делать параметрическую оптимизацию на основе определенных процедур, сделать связь электродинамических характеристик и геометрических параметров антенн, то есть. решается задача синтеза антенн.

ной задачи рассматривается амплитудно-фазовое распределение, которое получается на базе классической задачи синтеза.

На рис. 1 изображена схема рассеяния электромагнитных волн (ЭМВ) на фрагменте объекта, состоящем из i -й и j -й полоски. Здесь P – точка наблюдения, Q – точка – источник волн. Из рисунка видно, что изменяя угол φ_i , мы получаем непропорциональное ему изменение угла φ_j , поэтому в реализации не получится явно задавать сектор углов наблюдения. В качестве альтернативы этому можно использовать перемещение точки наблюдения по некоторому заданному отрезку $S_P E_P$ с определённым шагом Δr .

Итак, для начального момента времени задается определенный объект в виде совокупности N двумерных полосок, каждая из них характеризуется своей длиной $2a$, расстоянием r до точки, в которой наблюдают, углами α и φ падения волны и расположения приемника, соответственно. Расчет характеристик рассеяния полосок проводился на основе метода краевых волн [1, 2, 9]. Помимо вышеуказанного, задается отрезок, отно-

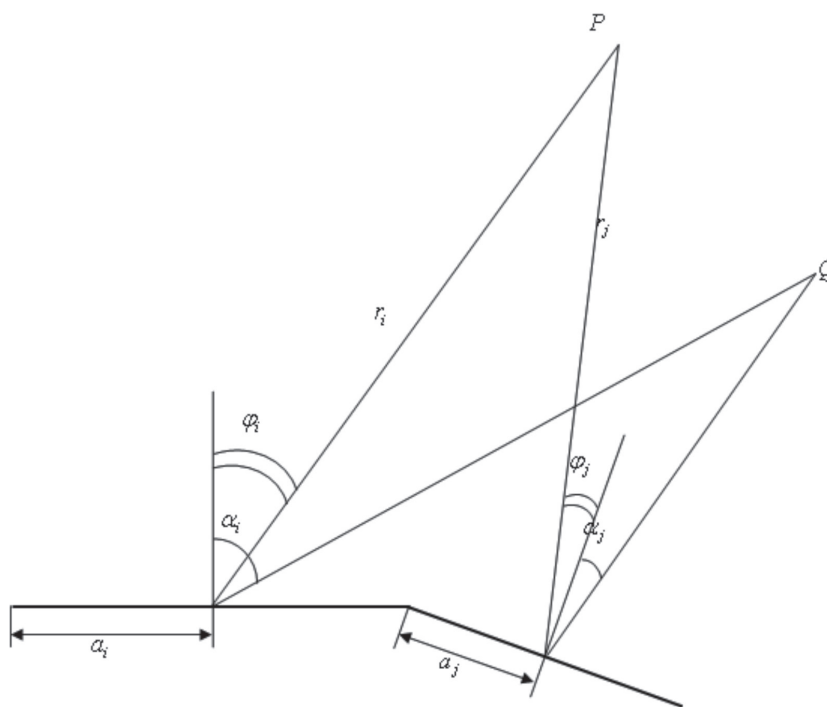


Рис. 1. Схема рассеяния ЭМВ на фрагменте объекта сложной формы

При решении задачи конструктивного синтеза проводится определение всей геометрии антенны, основываясь на заданных электрических характеристиках, при этом исходным параметром при решении подоб-

нительно которого при вычислениях будет проходить перемещение точки наблюдения, и значение «эталонной» эффективной площади рассеяния (ЭПР), которой должен соответствовать объект, который синтезируется.

Для каждой составной части такой совокупности, полосы или точки наблюдения, есть описание на основе координат в декартовых плоских системах координат. Когда изменяются координаты одной из точек по отдельной полоске должно проходить изменение частичным или полным образом величины, которые описывают эту полоску (например, когда изменяются координаты начала полосы, автоматическим образом происходит изменение таких показателей, как её длина, координат центра, углов падения и наблюдения, расстояния до точки приемника).

Реализация параллельных вычислений по k потокам происходит на основе того, что фацетная система разбивается на k частей. Есть отличие частей системы друг от друга лишь значениями отрезков наблюдения. В каждом потоке необходимо вычислять своё среднее значение ЭПР по отрезку. После того, как завершены все потоки, происходит вычисление среднего арифметического результатов – получаем искомую среднюю ЭПР по всей системе. Для каждой из итераций в алгоритме поиска средней ЭПР системы идет перемещение точки наблюдения относительно своего отрезка на некоторую малую величину Δp . Дадим запись расчётных формул по координатам точки наблюдения, которая перемещается из точки S_p по направлению точки E_p на расстояние Δp .

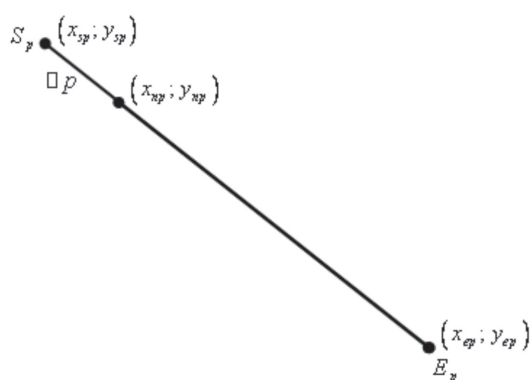


Рис. 2. Схема полоски

$$x_{np} = x_{sp} + \frac{\Delta p (x_{ep} - x_{sp})}{\sqrt{|x_{ep} - x_{sp}|^2 + |y_{ep} - y_{sp}|^2}};$$

$$y_{np} = y_{sp} + \frac{\Delta p (y_{ep} - y_{sp})}{\sqrt{|x_{ep} - x_{sp}|^2 + |y_{ep} - y_{sp}|^2}}.$$

Будем считать, что ρ – является длиной отрезка наблюдения, Δp – является шагом

разбиения такого отрезка, k – описывает число вычислительных потоков, n – описывает число разбиений во всей системе, n_i – описывает число разбиений в i -й подсистеме (в i -м потоке), n_k – описывает число разбиений в подсистеме последнего потока. Далее приведены формулы, позволяющие проводить вычисления для величин ρ, n, n_p, n_k .

$$\tilde{n} = \sqrt{|x_{ep} - x_{sp}|^2 + |y_{ep} - y_{sp}|^2};$$

$$n = \text{Round}(\tilde{n} / \Delta p) + 1;$$

$$n_i = \text{Round}(n / k), i = 1, k-1;$$

$$n_k = n - (k-1)n_1,$$

здесь $\text{Round}()$ – является функцией округления. На рис. 3 приведена схема разбиения фацетной системы по потокам, они здесь обозначаются через t_i .

Для того, чтобы получить такое разбиение осуществляем такие шаги:

Создается массив из k копий по исходной фацетной системе (исходя из количества необходимых потоков).

Проводится вычисление значений величин ρ и n .

Начальную точку наблюдения выбираем в начале отрезка наблюдения первичной системы.

Для цикла по всем потокам, кроме последнего, исполняются действия:

Началом отрезка наблюдения считается то положение перемещаемой точки, в котором она была последний раз;

Перемещение точки, в которой идет наблюдение относительно отрезка первичной системы продолжается, идет расчет числа подобных перемещений до тех пор, пока это число не будет равно числу разбиений в отрезке наблюдения по текущему потоку;

Идет установление настоящего положения точки наблюдения, которое считается концом отрезка наблюдения в подсистеме фацетов в текущем потоке;

Идет перемещение точки наблюдения на величину еще одного шага.

Происходит установление текущего положения точки наблюдения как начала отрезка по которому наблюдаем фацетную подсистему в последнем потоке.

Идет вычисление величины n_i , и происходит перемещение точки в сторону конца наблюдаемого отрезка в первичной системы при шаге Δp n_i раз.

Делается выбор последнего положения точки наблюдения как конца наблюдаемого отрезка в подсистеме последнего потока.

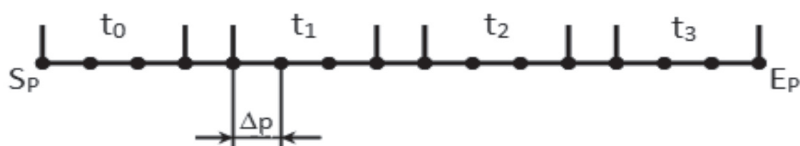


Рис. 3. Разбиение системы на потоки

Разработан параллельный алгоритм анализа объектов сложной формы, а на его основе – алгоритм нахождения геометрических форм объектов, обладающих заданными характеристиками отражения ЭМВ. Проведено тестирование производительности полученного алгоритма анализа и доказана состоятельность его использования. Выявлена зависимость успешного завершения алгоритма синтеза от значения изменения координат узлов в системе и значения точности поиска оптимальной реализации объектов.

Список литературы

1. Аббас Д.Х. Разработка подсистемы САПР для проведения анализа рассеивающих свойств объектов с поглощающими покрытиями на основе фасетной модели / Д.Х. Аббас, А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 2(17). С. 10.
2. Глотова Т.В. О некоторых характеристиках методов трассировки лучей / Т.В. Глотова // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 223-224.
3. Воронов А.А. Обеспечение системы управления рисками при возникновении угроз информационной безопасности / А.А. Воронов, И.Я. Львович, Ю.П. Преображенский, В.А. Воронов // Информация и безопасность. 2006. Т. 9. № 2. С. 8-11.
4. Кульнева Е.Ю. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Е.Ю. Кульнева, И.А. Гащенко // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.
5. Калашников А.О. Атаки на информационно-технологическую инфраструктуру критически важных объектов: оценка и регулирование рисков / А.О. Калашников, Е.В. Ермилов, О.Н. Чопоров, К.А. Разинкин, Н.И. Баранников // монография / под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. Воронеж, Издательство: ООО «Издательство «Научная книга», 2013, 159 с.
6. Львович И.Я. Основы информатики / И.Я. Львович, Ю.П. Преображенский, В.В. Ермолова / учебное пособие, Воронеж, Издательство: Воронежский институт высоких технологий, 2014, 339 с.
7. Пахомова А.С. Целенаправленные угрозы компьютерного шпионажа: признаки, принципы и технологии реализации / А.С. Пахомова, О.Н. Чопоров, К.А. Разинкин // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 2. С. 211-214.
8. Ермилов Е.В. Риск-анализ распределенных систем на основе параметров рисков их компонентов / Е.В. Ермилов, Е.А. Попов, М.М. Жуков, О.Н. Чопоров // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 1. С. 123-126.
9. Шутов Г.В. Характеристики методов трассировки лучей / Г.В. Шутов // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 238-239.