



Д.Г.Воротникова

СОВМЕСТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА С FDTD-МЕТОДОМ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Введение

Сегодня можно говорить о том, что экстенсивное развитие процессоров путем наращивания частоты исчерпало себя, и для повышения производительности требуется применение новых подходов в программировании, в том числе векторных и параллельных вычислений. Как известно, генетические алгоритмы и FDTD-метод относятся к числу тех алгоритмов, которые могут быть эффективно распараллелены.

Вопросам вычислений на GPU и в частности вопросам реализации FDTD-метода на видеокартах посвящено множество работ и библиотек. Совместной реализации FDTD-метода на GPU с параллельным генетическим алгоритмом посвящено дальнейшее изложение.

1 FDTD-метод

Метод конечных разностей во временной области (Finite Difference Time Domain, FDTD) — один из наиболее популярных методов численной электродинамики, основанный на дискретизации уравнений Максвелла, записанных в дифференциальной форме. FDTD относится к общему классу сеточных методов решения дифференциальных уравнений. Базовый алгоритм метода был впервые предложен Кейном Йи (Калифорнийский университет) в 1966 г. в статье «Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell's equations in isotropic media»[1]. Однако имеющуюся популярность FDTD приобрел только в 90х гг. прошлого столетия, когда он стал основным для моделирования самых разных оптических приложений: для расчета рассеяния падающей волны на различных структурах, для моделирования излучения источника в заданном электромагнитном окружении, для изучения оптических свойств резонаторов и волноводов и т. д.

Один из основных плюсов FDTD-метода, на взгляд автора, является присущая методу высокая параллельная эффективность, которая позволяет проводить расчеты больших задач на кластерных вычислительных системах. Существует достаточно большое количество готовых библиотек и пакетов, предлагающих различные параллельные реализации данного метода и имеющие открытые исходники, которые при необходимости возможно доработать. К примеру, библиотека EMTL[2], использующая вызовы MPI, позволяет производить вычисления одновременно на нескольких ядрах процессора или на нескольких процессорах в кластере. Пакет B-CALM (Belgium California Light Machine[3]) - это моделирующее устройство для реализации FDTD-метода на GPU.



2 Генетический алгоритм

В 1966 г. Л.Дж.Фогель, А.Дж. Оуэнс, М.Дж.Волш[4] предложили и исследовали эволюцию простых автоматов, предсказывающих символы в цифровых последовательностях. В 1975г. Д.Х.Холланд[5] предложил схему генетического алгоритма. Эти работы легли в основу главных направлений разработки эволюционных алгоритмов. На сегодняшний день генетические алгоритмы - это популярные способы решения задач оптимизации. В их основе лежит использование эволюционных принципов для поиска оптимального решения. Существует множество различных моделей генетических алгоритмов, приспособленных как для последовательных, так и параллельных вычислений.

3 Совместные реализации генетического алгоритма с FDTD-методом.

В общем виде сочетание генетического алгоритма с FDTD методом можно схематично представить как на рисунке 1. Зачастую вычисление FDTD-метода требует больших временных затрат [6], но, как было упомянуто выше, FDTD-метод достаточно эффективно параллелится, поэтому мы приходим к схеме, когда FDTD-вычисления производятся на GPU (рисунок 2).

Если говорить о параллельном исполнении генетического алгоритма, то, наиболее адекватной моделью данного алгоритма для реализации на кластере с большим количеством независимых узлов автору представляется островная модель[7]. Представим группу близко расположенных островов, на которых живут популяции одинаковой численности. Эти популяции развиваются независимо, обмениваясь представителями своих популяций. То есть главная особенность островной модели генетического алгоритма — это использование нескольких независимых подпопуляций с миграцией между ними.

Для генерации начальных популяций автор рассматривает идею микро-генетического алгоритма[8]. Термин «микро-генетический алгоритм» означает алгоритм, использующий очень небольшую численность популяции с переинициализацией. Идея была предложена Голдбергом, согласно его теоретическим исследованиям численность населения 3 особи достаточна, чтобы сходиться, независимо от длины «хромосомы». Процесс, предложенный Голдбергом, запускается с малочисленным в произвольном порядке сгенерированным населением, к нему применяются генетические операторы и затем генерируется новая популяция, в которую попадают лучшие особи, остальные же в произвольном порядке генерируются заново. Krishnakumar[9] продолжил исследования микро-генетического алгоритма. В своих опытах он использовал численность населения 5 особей и показал, что микро-генетический алгоритм дает результат для некоторых задач быстрее, чем стандартный с 50 особями.

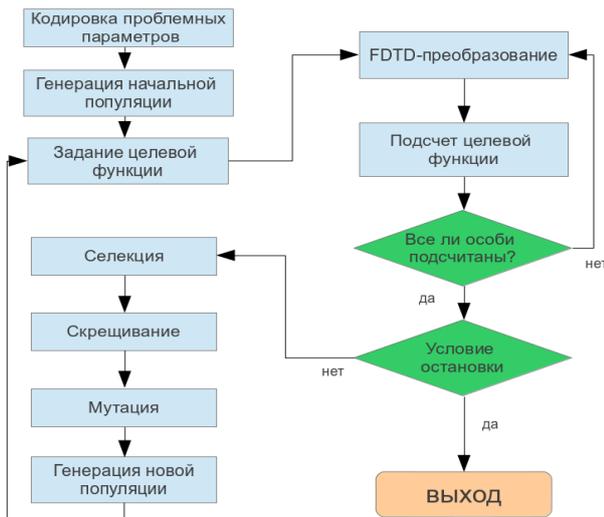


Рис. 1. Совместная реализация
ГА и FDTD.

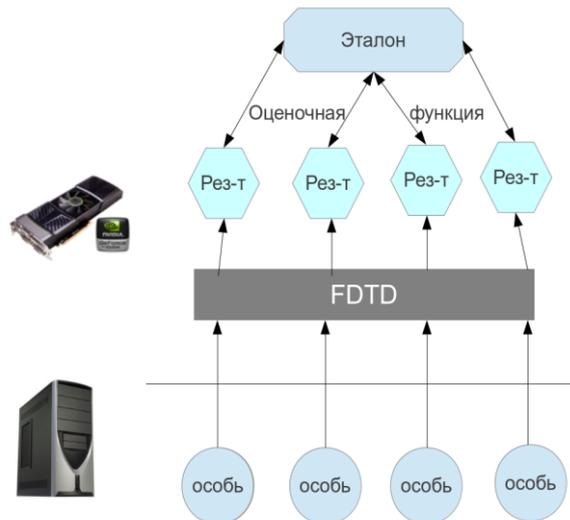


Рис. 2. Совместная реализация
ГА и FDTD на GPU

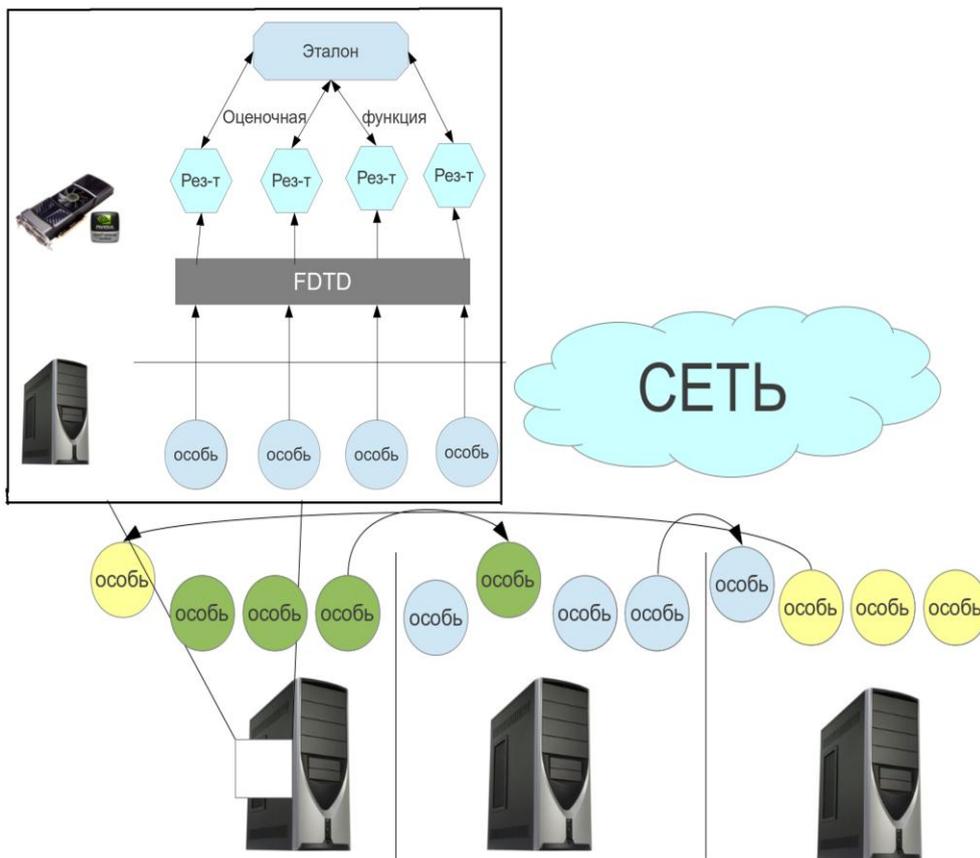


Рис. 3. Островная модель микро-генетического алгоритма

В итоге, оптимальная модель совместной реализации генетического алгоритма с FDTD-методом видится автором данной статьи, как островная модель генетического алгоритма, использующая микро-генетический алгоритм для каждой подпопуляции острова (рисунок 3).

Заключение



Появление и бурное развитие вычислений на графических процессорах и кластерных компьютерах позволило существенно снизить длительность расчетов разнообразных задач и методов компьютерной оптики, что открывает широкие перспективы для исследований в данной области. В настоящей работе впервые предложена идея решения обратных задач нанофотоники и нанооптики посредством совместной реализации генетического алгоритма и FDTD-метода на кластерной вычислительной системе с графическими процессорами.

Литература

1. Kane Yee Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media // IEEE Transactions on Antennas and Propagation 14 (3), 1966. – pp. 302 – 307
2. Electromagnetic Template Library (EMTL) // Url: <http://fdtd.kintechlab.com/ru/start>.
3. Pierre Wahl, Dany-Sebastien Ly-Gagnon B-CALM: An open-source GPU-based 3D-FDTD with multi-pole dispersion for plasmonics // Optical and Quantum Electronics, Volume 44, Issue 3 – 5, 2012. – pp. 285 – 290
4. Fogel David B. Evolutionary Computation: The Fossil Record. – New York: IEEE Press, 1998
5. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. – University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975
6. Jianhua Jiang and Gregory P. Nordin A rigorous unidirectional method for designing finite aperture diffractive optical elements // The University of Alabama in Huntsville, 2000
7. Pettey C.B., Leuze M.R., Grefenstette J.J. A parallel genetic algorithm// Grefenstette J. J., Ed., Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms. – Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. – pp.155-161
8. Jeffrey Horn, Nicholas Nafpliotis, and David E. Goldberg. A Niche Pareto Genetic algorithm for multiobjective optimization // In Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation», IEEE World Congress on Computational Intelligence, volume 1, Piscataway, New Jersey, June 1994. – pp. 82 – 87
9. Krishnakumar K. Micro-genetic algorithm for stationary and non-stationary function optimization, SPIE 1196, 1989. – pp. 289 – 296