

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АТЫРАУСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА
НАЦИОНАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. аль-Фараби
НИИ МАТЕМАТИКИ и МЕХАНИКИ КазНУ им. аль-Фараби
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН
ИНСТИТУТ ГИДРОДИНАМИКИ им. М.А. Лаврентьева СО РАН**



СБОРНИК ТРУДОВ

**VIII КАЗАХСТАНСКО-РОССИЙСКОЙ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
В НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОБЛЕМАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ»**

(г.Атырау, 20-21 июня 2014 г.)

Том 2

УДК 665.6:519.8
ББК 26.343.1
М82

Математическое моделирование в научно-технологических и экологических проблемах нефтегазовой отрасли: Сборник трудов VIII Казахстанско-Российской международной научно-практической конференции (20-21 июня 2014 г.) в 2-х томах. Том 2 – Атырау: Атырауский институт нефти и газа МОН РК, 2014. – 293 с.

ISBN 978-9965- 9895-1-3

В сборник включены доклады VIII Казахстанско-Российской международной научно-практической конференции «Математическое моделирование в научно-технологических и экологических проблемах нефтегазовой отрасли».

Тематика докладов сконцентрирована вокруг следующих научных направлений:

- перспективы развития нефтегазового комплекса;
- математическое моделирование динамики многофазных сред;
- вычислительные и информационные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса;
- экологические и социально-экономические проблемы нефтегазового комплекса;
- инновационные технологии в науке, технике и образовании.

УДК 665.6:519.8
ББК 26.343.1

Координатор: Д.М. Цыбулова

Редакционная коллегия: Б.Б.Оразбаев, Е.Ш.
Э.К. Дербисинова, У.К. Койбакова, А.Б. Тур...

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 3. Вычислительные и информационные технологии в решении проблем нефтегазового комплекса

Р.А. Абдрахманов, А.Ю. Копылов, И.И. Салахов, Л.Ю. Мосунова Исследование и моделирование первичной переработки смеси карбоновой и битуминозной нефтей.....	4
А.У. Абдибеков Параллельный алгоритм решения задачи распространения поверхностных волн в открытой акватории.....	8
У.С. Абдибеков, Д.Б. Жакебаев, А.Н. Абдигалиева Сравнение результатов моделирования затухания однородной турбулентности методами LES и DNS.....	13
У.С. Абдибеков, А.К. Хикметов, Д.Б. Жакебаев, О.Л. Каруна Моделирование процесса переноса и испарения нефтяной пленки с поверхности моря.....	20
К.А. Айдаров, Д.Ж. Ахмед-Заки Распределенная вычислительно-информационная система анализа разработки нефтегазовых месторождений.....	26
Д.Ж. Ахмед-Заки, М.Е. Мансурова, Б. Маткерим, А.С. Шоманов, Б.А. Кумалаков Распределенный параллельный алгоритм численного решения 3d задачи движения жидкости в упругой пористой анизотропной среде с применением технологий MAPREDUCE и MPI.....	31
Д.Ж. Ахмед-Заки, О.Н. Турар, Б.С. Дарибаев Визуализация нефтегазового пласта на мобильных устройствах с помощью CUDA технологии.....	36
Т.Т. Бекибаев, Б.К. Асилбеков, У.К. Жапбасбаев, К.А. Турегельдиева, А.К. Асилбекова Моделирование соляно-кислотной обработки призабойной зоны скважины с учетом загрязненности породы.....	40
А.Я. Бомба, Е.Н. Гладкая О математическом моделировании нелинейных процессов вытеснения нефти с учетом образования трещин гидроразрыва пласта.....	44
Ж.Д. Габбасова, Б.Б. Оразбаев, Ш.К. Коданова Математическая модель процесса рассеивания вредных выбросов и их оседания на поверхности земли.....	50
З.К. Джуламанова Напряженно-деформированное состояние двух полостей прямоугольного сечения неглубокого заложения в условиях ползучести	56
Н.Г. Джумамухамбетов, В.А. Яшков Экономико-математические модели оптимизации надежности систем электроснабжения объектов нефтегазового комплекса	59
Ф.Р. Гусманова, Б.К. Шеркешбаева Сыртқы әсері жоқ гидравликалық жетектің орнықтылығы.....	63
А.А. Елеуов, Р.А. Елеуова Вычисление собственных значений и собственных векторов матрицы.....	70
Д.Б. Жакебаев, А.У. Абдибекова Численный метод решения вырождения МГД турбулентности при больших числах Рейнольдса.....	77
Д.Б. Жакебаев, В. Мукамеденкызы, А.П. Кизбаев Численное моделирование возникновения неустойчивости механического равновесия в газовой системе Ar-He.....	83
У.К. Жапбасбаев, Е.С. Махматов, С.А. Рзиев, Т.Т. Бекибаев, Г.И. Рамазанова Расчеты энергосберегающих режимов магистральных насосов.....	86
Т.С. Иманкулов, С.Т. Мухамбетжанов, Д.Ж. Ахмед-Заки Проектирование ИСАР-II в рамках концепции I-FIELDS: распределенная высокопроизводительная система анализа гелеполимерного заводнения	91
С.Ш. Искакова, Л.Ж. Косетова, К.Н. Оразбаева, Б.Б. Оразбаев Анизотропты уақ кеуек ортадағы стационар емес бір текті сұйықтықтың қозғалысының модельдері және сүзгілеу есебін сандық шешу тәсілдері.....	97
С.Ш. Искакова, Ж.Ж. Молдашева, Б.Е. Өтенова, Б.Б. Оразбаев Сөйлеудің просодикалық және акустикалық сипаттамаларын зерттеу.....	105
Ф.Б. Кайрлиева, А.С. Буканова, Г.Н. Мухамбетова, А.И. Адилханов Применение математических методов для прогнозирования процесса прокаливания нефтяного кокса на АНПЗ.....	108
Ш.К. Коданова, Ж. Ж. Калимова, К.Н. Оразбаева, Б.Б. Оразбаев Классификациялау және бейне тану есептерінде жасанды нейрондық желіні қолдану мәселелері.....	112
К.Т. Кулманова, Т.Г. Балгереев Особенности моделирования разливов нефти на Каспии.....	118
Д. С. Куранаков, Д. В. Есипов, В. Н. Лапин, С. Г. Черный Трёхмерная численная модель зарождения трещин, учитывающая «эффект размера».....	125

РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В УПРУГОЙ ПОРИСТОЙ АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ MAPREDUCE И MPI

Д.Ж. Ахмед-Заки¹⁾, М.Е. Мансурова²⁾, Б. Маткерим³⁾, А.С. Шоманов⁴⁾, Б.А. Кумалаков⁵⁾

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
darhan.ahmed-zaki@kaznu.kz, mansurova01@mail.ru, bazargulmm@gmail.com, adai_is@mail.ru,
b.kumalakov@gmail.com

Focus of this study is the organization of high performance processing of oil field data, as well as the development of high performance algorithms for oil extraction problems. As a result, a constructive approach of distributed parallel computing using MapReduce and MPI is suggested. This approach has been applied to solve the problem of fluid dynamics in anisotropic elastic porous medium.

Обзор гибридных решений технологий *MapReduce* и *MPI*

Принципы организаций параллельных и распределенных вычислений известны довольно давно [1-3]. К наиболее используемым технологиям можно отнести *MPI* и *MapReduce*. Технология *MPI* является основным инструментом для параллельных вычислений при решении широкого класса задач. Однако с увеличением объема обрабатываемых данных встает вопрос о надежности *MPI* приложений. В последние годы получают все более широкое признание технологии распределенных вычислений, основанные на парадигме *MapReduce*.

Большинство современных исследований в данной области ориентированы на поиск новых методов организаций эффективных параллельных и распределенных вычислений для крупномасштабных задач и ресурсов [4, 5], описания их адекватных дискретных моделей с возможностью обеспечения высокой надежности разрабатываемых систем. Не менее актуальны работы в области исследований параллельных вычислений в гетерогенных и гибридных системах, разработки систем проектирования параллельных программ – каркасных решений («скелетон»), систем верификаций параллельного программного кода и соответствующих архитектурных решений.

С другой стороны, вопросы эффективной эксплуатации уже имеющихся высокопроизводительных ресурсов с учетом их неоднородности также не решены в полной мере [6-8]. Одним из путей решения, по-видимому, является привлечение технологий виртуализации компьютерных систем и их интеграция с технологиями параллельных вычислений. Куда более сложная задача возникает при рассмотрении проблем организации надежных систем, реализующих распределенную (на гетерогенных вычислительных ресурсах) высокопроизводительную обработку больших объемов неоднородных данных [9, 10].

Именно объединению преимуществ технологий параллельных, распределенных и облачных вычислений посвящено большинство работ [11-13], ввиду их особой практической значимости. В данной работе описывается конструктивный подход гибридного объединения технологий *MapReduce Hadoop* [14] и *MPI* [15] для организации распределенных параллельных вычислений на гетерогенных системах. Общее описание модели вычислений *MapReduce* представлено во многих работах [16, 17], где ее применение в основном сосредоточено на распределенной высокопроизводительной обработке больших объемов данных. Основными проблемами в этой области являются обеспечение эффективной балансировки нагрузки на имеющихся ресурсах и высокой надежности проводимых распределенных обработок (вычислений) данных. Основным преимуществом *MapReduce* является четкое разделение ролей вычислительных узлов – на «*mapper*» и «*reducer*», распределение которых никак не зависит от структуры (характеристик) вычислительного узла.

Существенным недостатком является сложность организации коммуникаций между узлами в процессе расчета.

Создание гибридных решений позволяет использовать преимущества отдельных технологий. При этом существует большое многообразие таких решений. В работе [18] проводится сравнение технологий *MPI* и *MapReduce Hadoop* с позиции отказов системы. Проводится численный анализ для изучения влияния различных параметров на отказоустойчивость. Авторы считают, что их исследование будет полезно для ответа на вопрос: на каких объемах данных следует отказаться от *MPI* и использовать *MapReduce* в случае возможных отказов системы. Изучение примитивов коммуникации *MPI* и *MapReduce* позволило авторам [19] утверждать, что *MPI* может дать повышение производительности *MapReduce* приложениям.

Работа [20] существенно отличается от представленных выше работ, в которых технология *MPI* встраивается в среду *MapReduce*. В [20] описана обратная задача – запуск приложений *MapReduce* в *MPI* среде. При этом указывается, что для полной поддержки *MapReduce* требуется написание нескольких дополнительных функций *MPI*. Тем не менее, многие из этих функций, как правило, признаны важными, и развиваются в *MPI* для поддержки других современных парадигм программирования и распараллеливания. В [21] суть подхода заключается в разделении исполнения *MPI* приложений на последовательность этапов вычислений, каждый из которых завершается стадией коммуникации. Этот подход основан на концепции адаптеров, распространенных в традиционных утилитах, для согласованности требований приложений и аппаратной части платформы.

Другие приложения по адаптации *MapReduce* модели к организации параллельных вычислений приведены в работах [22], [23-26]. Но в целом проблема эффективной организации итерационных вычислений на *MapReduce* модели остаются, особенно, задачи масштабируемости таких алгоритмов и их адаптации для широкого класса научных задач, также нет четких подходов обеспечения надежности таких систем.

В данной работе представлен конструктивный подход организации распределенных параллельных вычислений с использованием технологий *MapReduce Hadoop* и *MPI*. Данный подход был применен для решения задачи движения жидкости в упругой пористой анизотропной среде.

Математическая модель давления жидкости в нефтяном пласте

Рассмотрим гиперкуб в пористой эластичной анизотропной среде $\Omega = [0, T] \times K \{0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1\}$. Пусть уравнение (1) описывает движение жидкости в гиперкубе Ω с начальными условиями (2) и граничными условиями (3):

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\phi(x, y, z) \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\phi(x, y, z) \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\phi(x, y, z) \frac{\partial P}{\partial z} \right) + f(t, x, y, z) \quad (1)$$

$$P(0, x, y, z) = \varphi(0, x, y, z) \quad (2)$$

$$P|_{\Gamma} = 0 \quad (3)$$

Здесь Γ в условии (3) является площадью поверхности куба Ω . В уравнении (1) функция решения $P(t, x, y, z)$ является пластовым давлением в точке (x, y, z) в момент времени t ; $\phi(x, y, z)$ является коэффициентом диффузии в пласте; $f(x, y, z)$ – плотностью источников. Для решения задачи (1)-(3) был использован явный численный метод Якоби. Для задачи (1)-(3) был реализован параллельный алгоритм решения с применением технологии *MRJ*, представленный в [27].

Распределенный параллельный алгоритм численного решения задачи с применением технологий MapReduce и MPI

Обзор работ, приведенных выше, показывает, что применение технологии MPI к приложениям MapReduce может дать существенное повышение производительности. Для этого должен быть разработан определенный механизм взаимодействия MapReduce и MPI, что представляет собой достаточно сложную задачу. В данной работе представлено решение задачи движения жидкости в упругой пористой анизотропной среде (1)-(3) на основе конструктивного подхода гибридного объединения технологий MapReduce и MPI.

Предлагаемый для решения задачи распределенный параллельный алгоритм состоит из нескольких стадий.

Стадия инициализации. Во-первых, вызывается MapReduce задача, которая вычисляет начальные значения для трехмерной области, заданной с помощью параметров высоты, ширины и длины. Данная задача состоит из 2 этапов – Map и Reduce. На этапе Map определяется способ декомпозиции области вычислений на подобласти, а также каждой подобласти назначается свой ключ. Затем после процедуры map, на каждом Reducer-е происходит параллельное вычисление значений в тех точках, которые были назначены в подобласть, определяемую по ключу данного Reducer-а. На выходе формируется файл, в котором данные в каждой строке имеют следующий формат:

Reducer-id x_coord y_coord z_coord value.

Здесь *Reducer-id* – это ключ reducer-а, *x_coord* – координата по оси *x*, *y_coord* – координата по оси *y*, *z_coord* – координата по оси *z* и *value* – рассчитанное по уравнению начальное значение в точке (*x_coord*, *y_coord*, *z_coord*).

Итерационная стадия. На этой стадии происходит основной итерационный цикл решения задачи Дирихле. Для этого создается следующая MapReduce задача, которая также состоит из 2 этапов – Map и Reduce соответственно.

На этапе Map начальные координаты и значения в точках, рассчитанные для трехмерной области вычислений на стадии инициализации, или координаты и значения в точках, полученные в процессе итераций, разбиваются по ключам, так чтобы, каждый из reducer-ов параллельно обрабатывал данные в тех точках, которые поступили к нему на вход от Mapper-ов.

На этапе Reduce данные по координатам и значениям, поступившие ему на вход, содержатся в специальной переменной *values* передаваемой функции *reduce* в качестве параметра.

Данные полученные от Mapper-ов в зависимости от координаты *x* записываются в различные файлы, так чтобы каждый MPI-процесс производил вычисления по определенной подобласти, при этом в зависимости от ранга (*rank*) данный процесс обрабатывал бы только данные из файла с именем «*out_* + ранг процесса». Таким образом, организуется процесс обмена данными между средой Hadoop и MPI. Так как статические данные, которые хранятся локально на каждом из узлов, также нужно передать для обработки MPI-процессам, то организуется дополнительная процедура. В данной процедуре производятся операции чтения из файлов, в которых хранятся статические данные, и записи в файлы, предназначенные для определенных MPI-процессов.

После того как входные данные для каждого MPI-процесса будут распределены, нужно непосредственно запустить саму MPI-программу, которая будет производить необходимое вычисление для решения задачи. Для написания MPI-программы была использована библиотека MPJ, которая позволяет создавать параллельные MPI-программы на языке программирования Java. Так как невозможно напрямую совместить работу библиотеки MPJ и Hadoop в среде одного проекта, был реализован подход, который основан на удаленном вызове MPI-программы из Reducer-а, в результате чего данная MPI-программа запускается как отдельный дочерний поток. Данный подход позволяет также компилировать и запускать MPI-программу, отвечающую за вычисление задачи. При получении результата об успешной компиляции программы можно соответственно запускать саму MPI-программу.

MPI-программа сначала считывает данные из файла, предназначенного для процесса с рангом *rank*, и затем записывает их в трехмерный массив, который будет нужен для пересчета значений в точках из подобласти, определенной для данного процесса. Значения в трехмерном массиве пересчитываются согласно алгоритму, и новые пересчитанные значения записываются в соответствующий файл для данного *MPI*-процесса для возможности их дальнейшей обработки на стороне *Reducer*-а.

Если ранг процесса равен 0 или количеству процессов минус 1, то самый верхний слой и самый нижний дополнительные слои, которые были распределены для обработки на данные процессы, остаются без изменения.

После этого процесс вычисления передается снова на *Reducer*. Затем на этапе *Reduce* данные по всем точкам, вычисленным на этапе *MPI*, группируются так, что статические данные записываются в локальную файловую систему данного узла, на котором выполняется *Reducer*, а граничные значения, подлежащие обмену, редуцируются для дальнейшей раздачи этих значений для остальных узлов, нуждающихся в этих граничных значениях.

На рис. 1 приведена схема потока данных распределенного параллельного алгоритма. При этом отображено взаимодействие процессов с распределенной файловой системой *HDFS* и локальными файловыми системами.

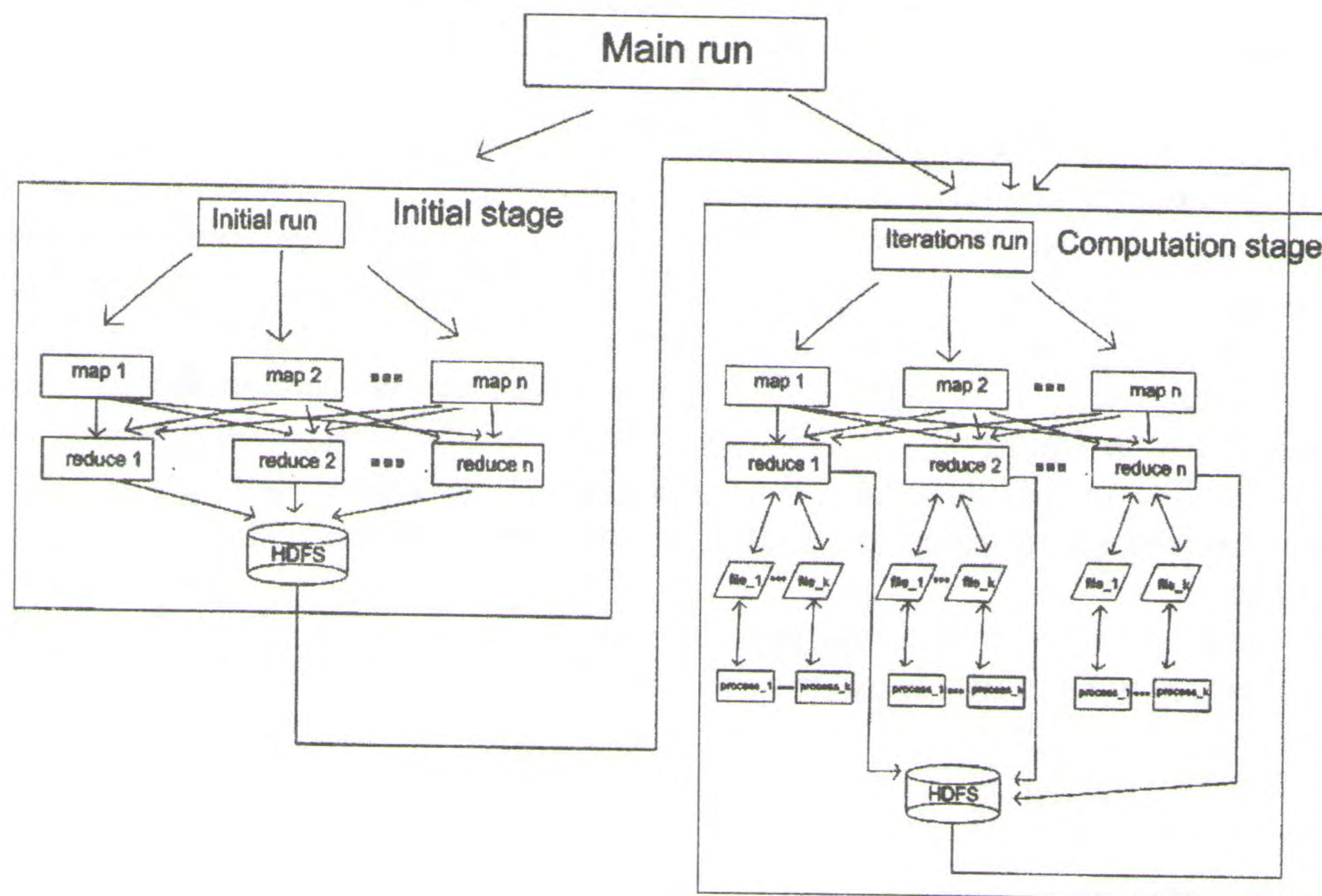


Рисунок 1- Схема потока данных распределенного параллельного алгоритма

Предлагаемый в работе конструктивный подход гибридного объединения технологий *MapReduce* и *MPI* позволяет организовать распределенные параллельные вычисления на гетерогенных системах для решения модельной 3D задачи. При этом разработанный механизм распределения данных по узлам вместе с организацией обмена данными во время выполнения и проверкой условия завершения итераций может быть успешно применен для решения различных задач нефтедобычи.

Литература

1. Chen S.S., Dongarra J.J., Hsiung C.C.: Multiprocessing linear algebra algorithms on the CRAY X-MP-2 - experiences with small granularity // Journal of Parallel and Distributed Computing 1(1). – 1984. – P. 22-31.

2. Gropp W., Lusk E., Doss N. A high-performance, portable implementation of the MPI message passing interface standard // *Parallel Computing* 22 (6). – 1996. – P. 789-828.
- Sunderam V.S., Geist G.A., Dongarra J. The PVM concurrent computing system - eVolution, experiences, and trends // *Parallel Computing* 20(4). – 1994. – P. 531-545.
3. Malyshkin V.: *Assembling of Parallel Programs for Large Scale Numerical Modeling*. – Chicago: IGI Global, – 2010. 1021 p.
4. Becker J.C., Dagum L. Particle simulation on heterogeneous distributed supercomputers // *Concurrency-Practice and experience* 5 (4). – 1993. – P. 367-377.
5. Fougere D., Malyshkin V. NumGrid middleware: MPI support for computational grids // *PACT 2005. LNCS*. – 2005. – Vol. 3606. – P. 313-320.
6. Diaz J., Munoz-Caro C., Nino A.A. Survey of Parallel Programming Models and Tools in the Multi and Many-Core Era. *IEEE Transactions on parallel and distributed systems* 23(8). – 2012. – P. 1369-1386.
7. Cappello F., Djilali S., Fedak G. Computing on large-scale distributed systems: XtremWeb architecture, programming models, security, tests and convergence with grid. *Future generation computer systems* 21(3). – 2005. – P. 417-437.
8. Wang J., Liu Z. Parallel Data Mining Optimal Algorithm of Virtual Cluster. *International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge*. – 2008. – Vol 5. – P. 358-362.
9. Pandey S., Buyya R. Scheduling Workflow Applications Based on Multi-source Parallel Data Retrieval in Distributed Computing Networks // *Computer journal* 55(11). – 2012. – P. 1288-1308.
10. Liu H., Orban D.: GridBatch. *Cloud Computing for Large-Scale Data-Intensive Batch Applications. CCGRID 2008*. – 2008. – Vol. 1. – P. 295-305.
11. Valilai O.F., Houshmand M. A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm // *Robotics and computer-integrated manufacturing* 29(1). – 2013. – P. 110-127.
12. Dean J., Ghemawat S. Mapreduce. Simplified data processing on large clusters. // *Communications of the ACM* 51(1). – 2008. – P. 107-113.
13. Fagg G.E., Dongarra J. FT-MPI. Fault Tolerant MPI, Supporting Dynamic Applications in a Dynamic World. // *Recent Advances in Parallel Virtual Machine and Message Passing Interface*. – 2000. Vol. 1908. – P. 346-353.
14. He Q., Wang Q., Zhuang F., Tan Q., Shi Z. Parallel CLARANS Clustering Based on MapReduce. // *Energy Procedia*, – 2011. – Vol. 13. – P. 3269-3279.
- Cohen J. Graph twiddling in a MapReduce world. // *Computing in Science and Engineering* 11. – 2009. – P.29-41.
15. Jin H., He X. Sun Performance comparison under failures of MPI and MapReduce. // *An analytical approach Journal Future Generation Computer Systems Issue 7, September*. – 2013. – Vol. 29 – P. 1808-1815.
16. Lu X., Wang B., Zha L., Xu Z. Can MPI Benefit Hadoop and MapReduce Applications? // *Proceeding ICPPW '11 Proceedings of the 2011 40th International Conference on Parallel Processing Workshops*. – 2011. – P. 371-379.
17. Mohamed H., Marchand-Maillet S. Enhancing MapReduce Using MPI and an Optimized Data Exchange Policy // *Proceeding ICPPW '12 Proceedings of the 2012 41st International Conference on Parallel Processing Workshops*. – 2012. – P.11-18.
18. J. Slawinski V. S. Adapting MPI to MapReduce PaaS Clouds: An Experiment in Cross-Paradigm Execution // *2012 IEEE/ACM Fifth International Conference on Utility and Cloud Computing*. – 2012. – P. 199-203.
19. Srirama S.N., Batrashev O., Jakovits P., et al. Scalability of parallel scientific applications on the cloud // *Scientific programming* 19 (2-3). – 2011. – P. 91-105.
20. Matsunaga A., Tsugawa M., Fortes J. CloudBLAST: Combining mapreduce and virtualization on distributed resources for bioinformatics applications in eScience'08. *IEEE 4th Int. Conference on. IEEE*. – 2008.

21. Biardzki C., Ludwig T. Analyzing Metadata Performance in Distributed File Systems. // In: Malyshkin, V. (ed.): PACT 2009. LNCS. – 2009 – Vol. 5698. – P. 8-18.
22. Ekanayake J., Li H., Zhang B., Gunarathne T., Bae S.-H., Qiu J., Fox G. Twister: a runtime for iterative MapReduce // In: HPDC 2010. ACM. – 2010. – P. 810-818.
23. Bu Y., Howe B., Balazinska M., Ernst M.D., The HaLoop approach to large-scale iterative data analysis // VLDB journal 21(2). – 2012. – P. 169-190.
<http://en.wikipedia.org/Memory-mapped-file>.
24. Иманкулов Т.С., Мухамбетжанов С.Т., Ахмед-Заки Д.Ж. Моделирование обобщенной плоской фильтрации жидкости в деформируемой среде // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. Вычислительные технологии. – Часть 1, 2013 г., № 3. – с. 183-191.

УДК 519.713; 519:711:53

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ПЛАСТА НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ С ПОМОЩЬЮ CUDA ТЕХНОЛОГИИ

Д.Ж. Ахмед-Заки, О.Н. Турар, Б.С. Дарибаев

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
darhan.ahmed-zaki@kaznu.kz, turar_olzhas@mail.ru, beimbet.daribayev@kaznu.kz

The article examines the use of technology for computing on NVIDIA graphics devices NVIDIA CUDA to render models of oil and gas reservoir. It describes used visualization algorithm and shows test results of a desktop application that uses a special NVIDIA Optix Ray Tracing Engine library for implementing ray-tracing algorithm. There also described the new mobile technology that allows running a program using modules of CUDA technology to draw the reservoir model.

Введение. Технология CUDA – одна из самых прогрессивных и передовых в проведении расчетов на видеокартах. Используя все превосходства NVIDIA GPU, CUDA позволяет программисту создавать параллельные алгоритмы, которые могут работать в сотни раз быстрее, чем написанная только на CPU эквивалентная программа. В приложении CUDA CPU используется для выделения памяти буферам, запуска ядер CUDA, и анализа результата. GPU выполняет синхронную обработку огромного количества данных и обеспечивает работу модели, которая может быть применена на большой сетке так, что каждая нить-поток будет отвечать один узел сетки.

В статье рассматривается процесс визуализации с помощью этой технологии и те преимущества, которые она может показать относительно шейдерных языков таких, как OpenGL и DirectX. Визуализация нефтегазового пласта с помощью этой технологии позволит пользователям запускать задачи и работать с большими пластами на малых настольных или мобильных устройствах, тем самым обеспечивая точность и скорость при работах на месторождениях. Основной отличительной чертой визуализации с помощью технологий, предназначенных для параллельных расчетов на видеокартах таких, как CUDA, является возможность реализации сложных алгоритмов Ray Tracing [1], Ray Casting и др., ощутимо оптимизирующих и улучшающих визуализацию. В статье особенный интерес падает на мобильные устройства, которая визуализации нефтегазового пласта реализуется именно на этих устройствах.

Визуализация с помощью технологии CUDA и специальной библиотеки NVIDIA Optix Ray Tracing Engine. Рассмотрим вариант вызова функции на видеокарте с использованием классического функционала CUDA, в качестве аргументов для которой