

Тема: Разработка инструментария для планирования и анализа расчётов на гибридных кластерах течений разреженного газа.

Научный руководитель Малков Евгений Александрович, доктор физико-математических наук, профессор.

Для решения научных, технических и промышленных задач, требующих значительных ресурсов, широкое распространение получили кластерные системы. Применение вычислительных комплексов позволяет эффективно решать и моделировать сложные задачи. В качестве решения и тестирования реализованного метода, за основу был взят гибридный кластер ИВЦ НГУ.

Выполняющиеся на гибридном кластере задачи, имеют большое количество выходных данных. Данные в свою очередь ежедневно записываются, методом моментального снимка « Snapshot » на жесткий диск. Время на выполнение задачи связанной с вычислениями может занимать от месяца и более.

Большое количество программного обеспечения, написанного для вычислительной техники, не обладает необходимым запасом вычислительной мощности, производительность остается низкой, время на обработку и вычисление результатов какой либо задачи, по прежнему очень высоко. А главное нельзя сказать, в какой момент времени нужно прекращать выполнение той или иной задачи, достигнув установившегося результата в вычислениях.

Основой всех проектов связанных с вычислениями является: точность, время обработки данных, и доступ к обработанным данным. В качестве примера можно привести задачу, решение которой основано на вычислении уравнения с использованием больших вычислительных ресурсов. Используя ресурс графических карт размещённых на узлах гибридного кластера, для решения сложной задачи, я смогу получить хороший прирост скорости вычисления данных, по отношению к использованию только CPU для решения той же задачи.

Рассматривая метод использования моментального снимка «snapshot» возникла идея, а можно ли, обойтись без выгрузки большого объёма данных на жёсткий диск. В следствии чего, было решено разработать и реализовать метод,

возможности которого позволили бы динамически влиять на данные задачи во время её выполнения.

Основной целью дипломного проекта, является разработка и реализация метода динамического доступа к графической памяти, который поможет оценить ход решения любой задачи связанной с расчётами.

Главными этапами работы являются:

1. разработка наиболее подходящего средства для обмена данными между задачами;
2. реализация и тестирование разработанного средства на гибридном кластере;
3. реализация программы на гибридном кластере, по расчёту уравнения гидродинамики, используя ресурс трёх графических карт (GPU);
4. проведение тестирования разработанного метода в совместном использовании с программой разработанной на этапе 3.

Работа посвящена разработке инструментария, который в свою очередь содержит функционал, позволяющий быстро обрабатывать и моделировать данные, с помощью разработанной и реализованной модели «подключения и сканирования видеопамяти».

Структура предполагаемого инструментария строилась на основе использования современных средств, как совмещение технологий Qt, CUDA , OpenMPI.

На основе совмещения технологий OpenMPI и Qt разработан и реализован графический интерфейс пользователя для управления расчётами течений разреженного газа, выполняемыми на гибридном кластере. Также на основе совмещения технологий CUDA и OpenMPI разработан и реализован основной модуль, предназначенный для вычислений, обработки и передачи данных между MPI процессами и несколькими GPU.

Программная разработка основана на сканировании графической памяти и передачи данных между MPI процессами двух различных задач, также представления результатов в графическом виде. Она позволит более эффективно

планировать и проводить специализированные вычислительные эксперименты в различных областях.

Разработанная система показала эффективность в оценке решения сложных задач проводимых на гибридном кластере.

Основная цель дипломного проекта была полностью достигнута путём разработки и реализации метода динамического доступа к графической памяти, который в свою очередь, исходя из проведённых тестов на задаче, воссозданной на гибридном кластере, помог оценить ход решения работы этой задачи.

Метод показал:

- доступ к графической памяти можно проводить как одной задачей так и одновременно несколькими задачами, в любой момент времени, пока запущена задача, к графической памяти которой, нужно получить доступ;
- возможен доступ к графической памяти, как только одной к примеру карте, так и к нескольким на которых проводятся вычисления – по необходимости;
- решение задачи, проводимой на GPU и пересылка, намного эффективнее по времени, чем, если бы мы, решали эту же задачу на CPU.

Также были выполнены все поставленные во время работы этапы «задачи»:

1. было разработано наиболее подходящее средство для обмена данными между задачами;
2. проведена реализация и тестирование разработанного средства на гибридном кластере – как обычная пересылка заданных значений изначально;
3. реализована программа на гибридном кластере, по расчёту уравнения гидродинамики, используя ресурс трёх графических карт (GPU), также для полноты расширения реализованного метода задача запускалась на двух узлах с использованием шести графических карт;

4. были проведены тесты разработанного метода, в совместном использовании с программой, по расчёту уравнения гидродинамики разработанной на шаге 3;
5. данные запрашиваемые задачей «клиент», представляются с помощью окна Qt, для простого построения 3D поверхностей и графиков.

Подводя итог, можно сказать разработанный метод доступа к графической памяти, хорошо применим к любым задачам любой сложности, в том числе задачам гидродинамики, таким как течений разреженных газов.

Метод применим и будет востребован «сказано с моих слов», в различных областях знаний, таких как физика, вычислительная математика, химия и т.д., используя данное средство возможно в любой момент времени просмотреть результаты выполняющейся задачи, тем самым определить на ранних этапах решения нужно ли продолжать выполнять задачу или отталкиваясь на полученные результаты, будет достаточно чтобы определить дальнейший результат.

Также по данным можно не только моделировать данные в виде графика, как представлено в программе, так и по необходимости влиять на результаты проводя дальнейшие вычисления над ними.

Разработанный метод позволит более эффективно планировать и проводить специализированные вычислительные эксперименты в различных областях знаний, облегчит работу специалистов, которые будут применять данный метод на практике для своих задач.

Результаты:

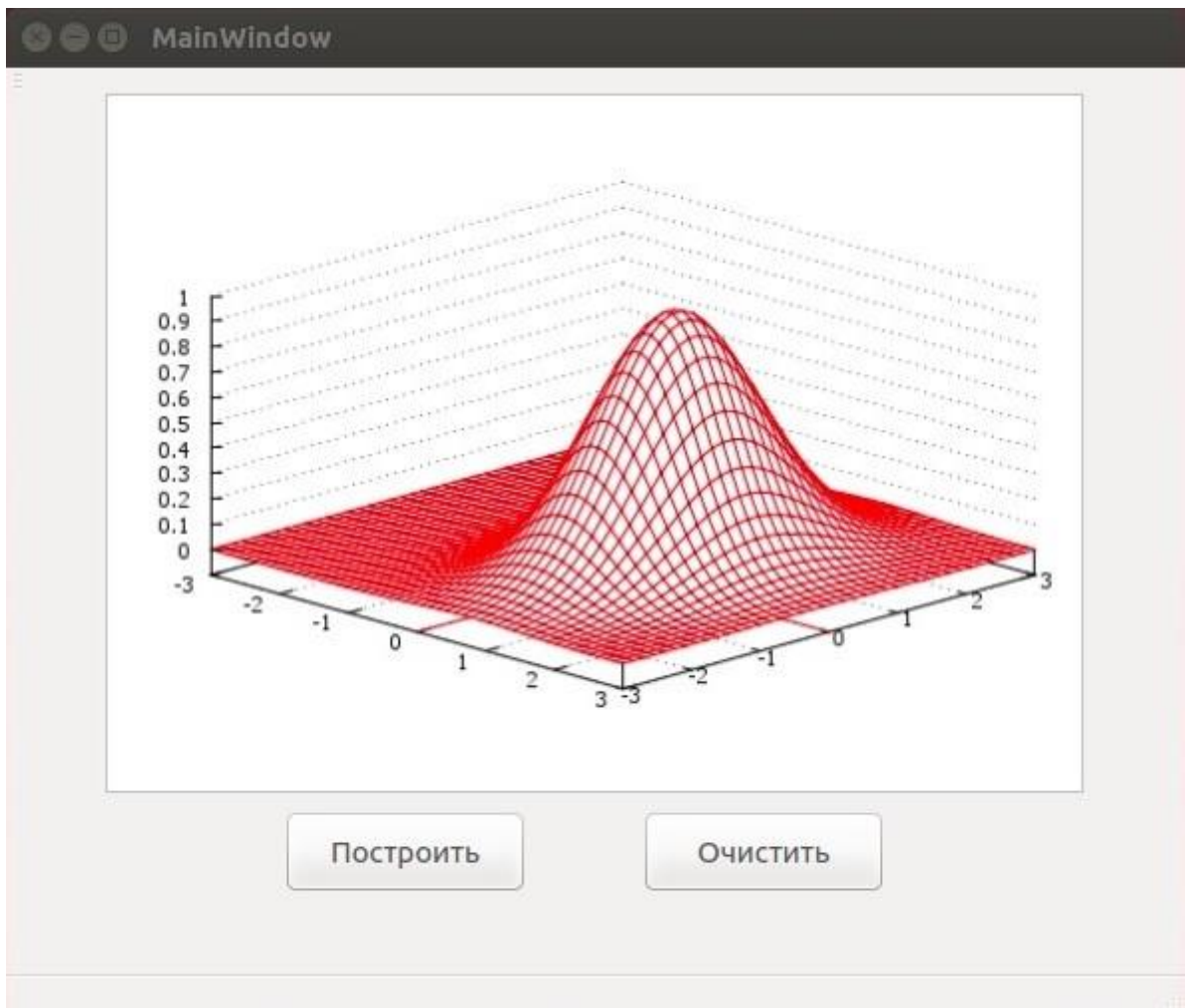
inform from rank 2

```
-----  
x= -1.000000 y= -1.000000 z= 0.029818  
x= -1.000000 y= 0.000000 z= 0.363252  
x= -1.000000 y= 1.000000 z= 0.598901  
x= -1.000000 y= 2.000000 z= 0.133633  
x= -1.000000 y= 3.000000 z= 0.004035  
x= 0.000000 y= -1.000000 z= 0.046771  
x= 0.000000 y= 0.000000 z= 0.569783  
x= 0.000000 y= 1.000000 z= 0.939413  
x= 0.000000 y= 2.000000 z= 0.209611  
x= 0.000000 y= 3.000000 z= 0.006330  
x= 1.000000 y= -1.000000 z= 0.029818  
x= 1.000000 y= 0.000000 z= 0.363252  
x= 1.000000 y= 1.000000 z= 0.598901  
x= 1.000000 y= 2.000000 z= 0.133633  
x= 1.000000 y= 3.000000 z= 0.004035  
x= 2.000000 y= -1.000000 z= 0.007726  
x= 2.000000 y= 0.000000 z= 0.094125  
x= 2.000000 y= 1.000000 z= 0.155186  
x= 2.000000 y= 2.000000 z= 0.034627  
x= 2.000000 y= 3.000000 z= 0.001046  
x= 3.000000 y= -1.000000 z= 0.000814  
x= 3.000000 y= 0.000000 z= 0.009913  
x= 3.000000 y= 1.000000 z= 0.016344  
x= 3.000000 y= 2.000000 z= 0.003647  
x= 3.000000 y= 3.000000 z= 0.000110
```

inform from rank 1

```
-----  
x= -2.000000 y= -2.000000 z= 0.000086  
x= -2.000000 y= -1.000000 z= 0.007726  
x= -2.000000 y= 0.000000 z= 0.094125  
x= -2.000000 y= 1.000000 z= 0.155186  
x= -2.000000 y= 2.000000 z= 0.034627  
x= -1.000000 y= -2.000000 z= 0.000331  
x= -1.000000 y= -1.000000 z= 0.029818  
x= -1.000000 y= 0.000000 z= 0.363252  
x= -1.000000 y= 1.000000 z= 0.598901  
x= -1.000000 y= 2.000000 z= 0.133633  
x= 0.000000 y= -2.000000 z= 0.000520  
x= 0.000000 y= -1.000000 z= 0.046771  
x= 0.000000 y= 0.000000 z= 0.569783  
x= 0.000000 y= 1.000000 z= 0.939413  
x= 0.000000 y= 2.000000 z= 0.209611  
x= 1.000000 y= -2.000000 z= 0.000331  
x= 1.000000 y= -1.000000 z= 0.029818  
x= 1.000000 y= 0.000000 z= 0.363252  
x= 1.000000 y= 1.000000 z= 0.598901  
x= 1.000000 y= 2.000000 z= 0.133633  
x= 2.000000 y= -2.000000 z= 0.000086  
x= 2.000000 y= -1.000000 z= 0.007726  
x= 2.000000 y= 0.000000 z= 0.094125  
x= 2.000000 y= 1.000000 z= 0.155186  
x= 2.000000 y= 2.000000 z= 0.034627
```

```
inform from rank 0
-----
x= -3.000000 y= -3.000000 z= 0.000000
x= -3.000000 y= -2.000000 z= 0.000009
x= -3.000000 y= -1.000000 z= 0.000814
x= -3.000000 y= 0.000000 z= 0.009913
x= -3.000000 y= 1.000000 z= 0.016344
x= -2.000000 y= -3.000000 z= 0.000000
x= -2.000000 y= -2.000000 z= 0.000086
x= -2.000000 y= -1.000000 z= 0.007726
x= -2.000000 y= 0.000000 z= 0.094125
x= -2.000000 y= 1.000000 z= 0.155186
x= -1.000000 y= -3.000000 z= 0.000000
x= -1.000000 y= -2.000000 z= 0.000331
x= -1.000000 y= -1.000000 z= 0.029818
x= -1.000000 y= 0.000000 z= 0.363252
x= -1.000000 y= 1.000000 z= 0.598901
x= 0.000000 y= -3.000000 z= 0.000001
x= 0.000000 y= -2.000000 z= 0.00520
x= 0.000000 y= -1.000000 z= 0.046771
x= 0.000000 y= 0.000000 z= 0.569783
x= 0.000000 y= 1.000000 z= 0.939413
x= 1.000000 y= -3.000000 z= 0.000000
x= 1.000000 y= -2.000000 z= 0.000331
x= 1.000000 y= -1.000000 z= 0.029818
x= 1.000000 y= 0.000000 z= 0.363252
x= 1.000000 y= 1.000000 z= 0.598901
```



Все результаты подробно изложены в ВКР.

ВКР представлена по адресу:
<https://www.sibsutis.ru/science/diploma/element/2005523/>

Также имеется статья:

Немцев М. С. Разработка инструментария для планирования и анализа расчётов на гибридных кластерах течений разреженного газа // РНТК к ДР. Новосибирск: 2016. 6 с.