

# СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

О.В. Джосан, Н.Н. Попова

Статья посвящена методам построения систем визуальной поддержки научных вычислений, проводимых с использованием современных высокопроизводительных систем. В статье рассматривается проект системы визуализации данных, разрабатываемой в рамках высокопроизводительного вычислительного комплекса факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ. Данный комплекс предполагает использование высокопроизводительной системы Blue Gene/P в качестве вычислительного сервера[1]. Особенностью предлагаемых в статье методов является поддержка работы новых типов устройств, а именно, стереоскопических дисплеев, и обеспечение динамического, анимационного режима представления результатов научных расчетов, проводимых на параллельных системах, включающих в свой состав тысячи процессорных узлов.

Визуализация результатов научных исследований является одним из важных направлений в области обработки данных. Существенную роль визуализация имеет при проведении крупномасштабного вычислительного эксперимента на современных высокопроизводительных вычислительных системах. Объемы данных, получаемые при таких расчетах, часто измеряются несколькими сотнями гигабайт, что делает затруднительным их хранение и передачу и обуславливает необходимость разработки новых методов представления этих результатов.

Аппаратные возможности устройств отображения данных постоянно совершенствуются: увеличиваются размеры и разрешение дисплеев, конструируются мультидисплейные комплексы, создаются новые типы устройств, например, объемные - стереоскопические и волнометрические, дисплеи[2]. Такие устройства отображения требуют разработки новых форматов представления и обработки данных.

Спектр систем, поддерживающих визуализацию научных данных, достаточно широк. Одной из наиболее известных, свободно распространяемых систем, используемых для поддержки параллельных вычислений, является система VTK и ее параллельное расширение ParaView[3]. VTK содержит библиотеку C++ классов и несколько интерфейсов для языков высокого уровня, поддерживает широкий набор алгоритмов визуализации, включая скалярные, векторные, тензорные, текстурные и волнометрические методы, в том числе и параллельные вычисления. ParaView включает в себя удобный интерфейс, реализацию распределенных вычислений и параллельный сервер для визуализации. Еще одна часто используемая система – это AVS/Express Parallel Edition [4]. Эта система включает в себя большой набор методов визуализации, большое количество поддерживаемых форматов (растровая графика, видео, VRML, Vector Postscript), параллельную реализацию фильтров и сборщиков данных. Так же в последнее время получила распространение система VisIt[5]. Особенность этой системы состоит в том, что она позволяет эффективно визуализировать данные сложной и нестандартной структуры. Система ScientificVR[6] предоставляет поддержку различных режимов визуализации: визуализация на одном узле данных с нескольких узлов (с возможной предварительной обработкой), визуализация на нескольких узлах с последующей сборкой картинки на одном узле). Несколько вариантов системы визуализации было предложено компанией IBM. Одна из таких систем – Deep Computing Visualization [7] – предназначена для визуализации научных данных на мульти дисплейных комплексах.

Таким образом, существующие системы позволяют решать большинство задач, возникающих при научной визуализации. Однако существующие системы обладают определенными недостатками, исходя из чего, можно задать направления, в которых возможно улучшение эффективности этих технологий. Также развитие вычислительных систем и устройств отображения порождает новые задачи, для решения которых требуется добавление новых методов и подходов в существующие технологии.

В данном докладе будет представлен подход к реализации системы параллельной визуализации данных большого объема, которая ориентирована на задачи, где необходимо отобразить динамику данных. Также предложенная система реализует визуализацию данных в формате для объемной визуализации на стереоскопическом дисплее. Предлагаемая система базируется на методах визуализации библиотеки VTK и является их расширением.

Представленная в данном докладе система визуализации состоит из двух частей: приложения на клиентской машине и системы на многопроцессорном вычислителе. На Рис.1. показана схема основных блоков предложенной системы визуализации. На локальной машине пользователя предоставлен интерфейс для формулирования запросов на визуализацию, а также проводится обработка полученного видео перед отображением на стереоскопическом дисплее.

На многопроцессорном комплексе система может работать в двух режимах: режиме визуализации, совмещенной со счетом, и режиме пост обработки. В режиме пост обработки система визуализирует данные, которые уже посчитаны и хранятся в памяти в одном из стандартных форматов. При этом специальный управляющий про-

цесс берет на себя функции распределения данных по вычислительным процессам, своевременной подкачки данных на вычислительные узлы, сбора визуализированных данных с вычислительных узлов, компоновки итогового видео потока. На вычислительных узлах осуществляется визуализация части данных, находящихся на этом узле, фильтрация полученного видео и сжатие видео. При работе системы в режиме визуализации, совмещенной со счетом, программа пользователя вызывает функции системы визуализации. Посчитанные данных проходят визуализацию на узле, где они были посчитаны, затем полученное видео (или кадр видео) обрабатывается фильтрами для улучшения визуального качества, далее осуществляется сжатие видео перед передачей. Обработанные данные передаются на узел приложений, где осуществляется сборка и компоновка итогового видео файла.

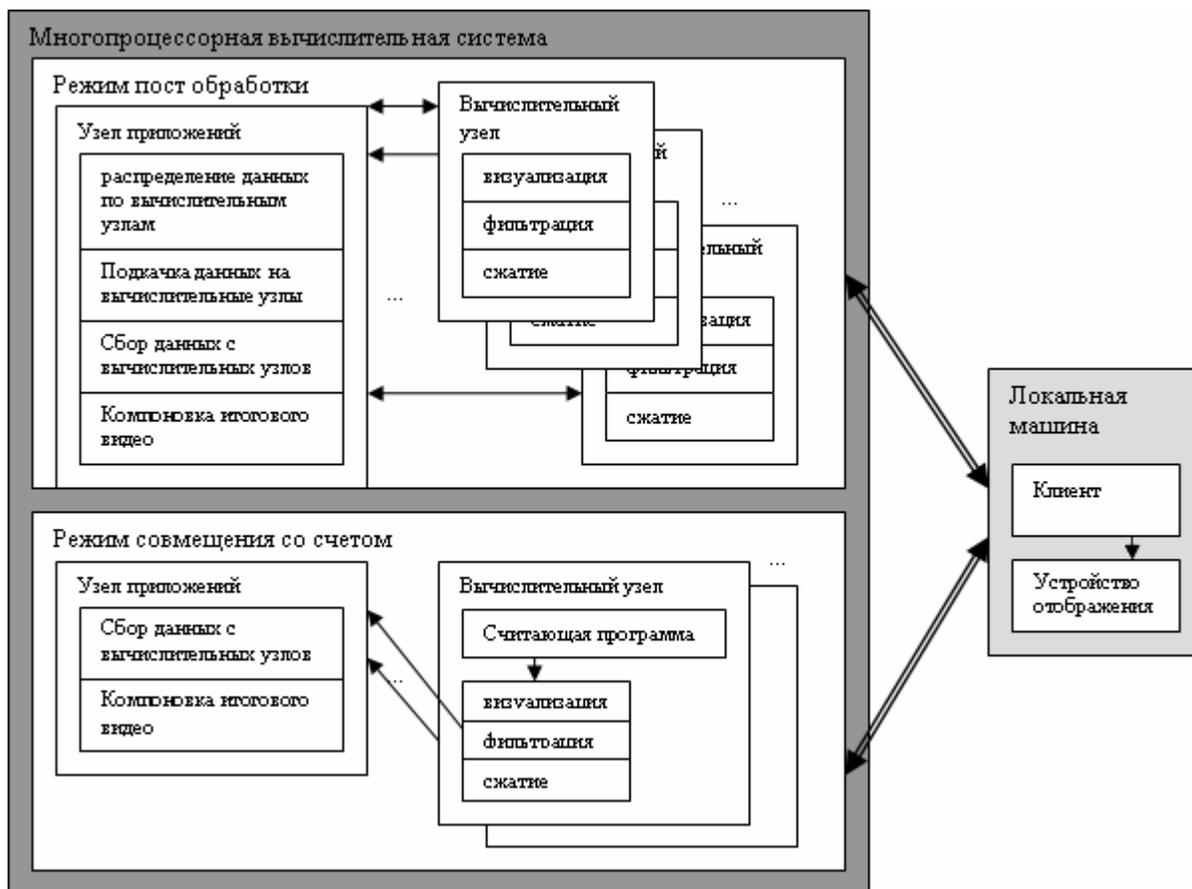


Рис. 1 Схема предложенной системы визуализации научных данных для стереоскопических дисплеев

Наиболее эффективно данная система может быть использована при решении задач, где необходимо визуализировать динамику данных во времени и пространстве. Визуализированные данные представляются в формате видео последовательности. Для улучшения визуального восприятия данных для отображения используются стереоскопические дисплеи, позволяющие увидеть объемное изображение. Такое устройство отображения требует, чтобы видеопоследовательность была в специальном формате, предназначенном для отображения на дисплеях такого типа. Поэтому методы библиотеки VTK были дополнены функциями, позволяющими осуществлять визуализацию данных в таких форматах. В предложенной системе возможна визуализация данных в трех форматах: анаглиф, текстура и карта глубины, нескольких видов изображения. На Рис.2 показаны примеры кадров визуализации молекулы этилена.

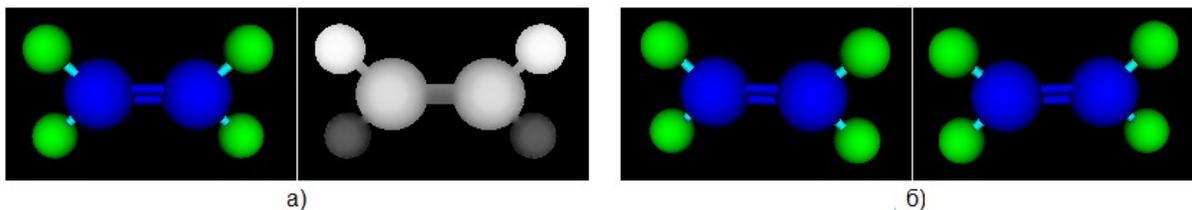


Рис. 2 Пример визуализации молекулы этилена:  
 а) текстура и карта глубины б) стереопара

Важной особенностью данной системы визуализации является то, что генерируемые изображения в любом из форматов по каждой из размерностей в четыре раза меньше, чем требуется для итогового отображения. Это позволяет в шестнадцать раз сократить количество вычислений при рендеринге изображения. Такой подход возможен благодаря использованию специального метода увеличения изображения [8] перед его отображением на дисплее. Так же в предложенной системе используется фильтрация видео для улучшения его визуального восприятия: проводится улучшение локального контраста и коррекция ступенчатых границ[9]. Для предложенной системы были разработаны специальные методы сжатия видеопоследовательностей для стереоскопического дисплея[10].

Основной задачей данной системы является визуализация научных данных для отображения на стереоскопических дисплеях. Использование такой системы позволит существенно сократить объем передаваемых на локальную машину пользователя данных, сохраняя при этом визуальное качество картинки. Предложенная система может быть эффективно использована для визуализации пространственно-временной динамики данных в различных научных областях, например, в задачах гидродинамики, при моделировании атмосферных явлений, в медицинских приложениях.

Данная работа выполняется при поддержке гранта РФФИ № 08-07-00445-а.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. IBM Blue Gene P review <http://www-03.ibm.com/systems/deepcomputing/bluegene/>
2. Tao Ni et. al. «A Survey of Large High-Resolution Display Technologies, Techniques, and Applications» // Proceedings of the IEEE Virtual Reality Conference, 2006
3. W.Schroeder, K.Martin, B.Lorensen, «The Visualisation Toolkit», 3nd ed. Kitware, ISBN 1-930934-07-6, 2002
4. Система AVS/Express Parallel Edition [http://www.avs.com/software/soft\\_t/avsxps.html](http://www.avs.com/software/soft_t/avsxps.html)
5. Система VizIt <http://graphics.stanford.edu/~mhouston/VisWorkshop04/VisIt.pdf>
6. Система Scientific VR [http://www.cfd.ru/r\\_index.htm?2](http://www.cfd.ru/r_index.htm?2)
7. IBM DCV <http://www-03.ibm.com/systems/deepcomputing/visualization/>
8. О.В. Джосан, «Способ и система увеличения разрешения видео последовательности, основанные на вейвлетах и объединении декодирования и интерполяции» // Заявка на патент RU 2007132982, 2007
9. О.В. Джосан, А.Б. Мурынин «Метод улучшения границ на изображении» // журнал Динамика нелинейных систем, том 29(1), № 11, 2007
10. О.В. Джосан, М.Н. Мишуrowsкий, «Анализ методов малой сложности для кодирования изображений без визуальных потерь» // Тезисы конференции «Телевидение: передача и обработка изображений», Россия, Санкт-Петербург, 2008
11. Chris Johnson «Top Scientific Visualization Research Problems» // IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 24, Issue 4, pp. 13 – 17, 2004
12. R. Otsuka, T.Hoshino, Y. Horry «All-around Display System for 3D Solid Modeling» // VRST, 2005