

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРИЕМА И ОТОБРАЖЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*М.В. Григорьева, С.А. Крашаков, А.Ю. Меньшутин, В.Ф. Разумов, С.К. Шикота,
Л.Н. Щур*

Научный центр РАН, Черноголовка

Аннотация

Описана реализация программно-аппаратного комплекса для приема и отображения информации. Аппаратная часть комплекса состоит из трех основных частей: гигабитного сетевого оборудования, кластера из 12-ти двухпроцессорных узлов для параллельного вывода изображения производительностью 640 гигафлопс и мозаичного дисплея. Программный комплекс состоит из операционной системы Scientific Linux 5.2, программного обеспечения для приема и параллельной выдачи видео Sage 3.0, надстройки Xorg R7.4, OpenMPI, системы очередей XXX и распределенная файловая система GluserFS. Обсуждаются цели и задачи проекта. Приведены примеры научного и практического использования системы.

Введение

Разработка и создание инфокоммуникационных систем, обеспечивающих работу виртуальных распределенных коллективов, является одной из важнейших и интереснейших задач в сфере новых информационных технологий. Необходимость таких систем продиктована теми тенденциями современного развития общества в целом, которые ведут к глобализации всех видов человеческой деятельности. Вопросы обеспечения научной деятельности необходимыми техническими и программными средствами являются первоочередными, поскольку наука глобальна по своему существу, в особенности ее естественнонаучные области знаний. Внедрение и апробация новых технологий в научной деятельности ожидаема работниками этих областей. Достаточно высокий средний уровень образованности работников таких областей способствует эффективному и последовательному внедрению новых информационных технологий в эти отрасли знаний.

Дополнительным фактором, способствующим глобализации процесса научной деятельности, является давление со стороны фондирующих организаций. Например, один из условий конкурсов, объявленных странами G8 в сфере разработки вычислительных систем экзафлопсного уровня, является участие как минимум трех коллективов из как минимум трех стран [1]. Для успешности составного виртуального и распределенного коллектива требуется разработка новых технологий совместной работы над проектами. Давление со стороны фондов – это пример внешнего фактора. Недавно осознанно наличие другого, внутреннего фактора. Он связан с наличием «критической массы», минимальной численности успешного научного коллектива, величина которой зависит от области знаний [2]. Участие в совместных проектах позволяет эффективно увеличить критическую массу и повысить успешность уже виртуального научного коллектива.

Необходимость разработки инфокоммуникационных систем для обеспечения деятельности виртуальных коллективов была осознана на рубеже нового века и привела к формулировке концепции Грид. Особое место в теории Грид отведено именно реализации технологий виртуальных коллективов [3]. Одной из важных научно-технических проблем в этом направлении является проблема передачи и приема изображений высокого разрешения. Сложность задачи обусловлена высокой плотностью видеопотока при ограниченной пропускной способности каналов связи, производительности процессоров и числе пикселей на экранах мониторов.

В работе описана реализация программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего получение по каналу связи визуальной информации формата 4К и ее отображение на составном мониторе с числом пикселей 46 миллионов.

1. Описание программно-аппаратного комплекса

Программно-аппаратный комплекс состоит из кластера для параллельной обработки изображения Wall, сетевого коммутационного оборудования и мозаичного монитора.

1.1. Кластер Wall

Для управления видеостеной используется кластер из двенадцати компьютеров: десять компьютеров – приемники, каждый из которых служит для отображения потока пикселей на два монитора видеостены, а также управляющего сервера, на котором запущено приложение FSmap, и одного резервного компьютера. Каждый из компьютеров имеет по два четырехъядерных процессора Intel и 16 ГБайт оперативной памяти. Для хранения файлов с данными и изображениями используется распределенная файловая система GlusterFS, объединяющая дисковые ресурсы всех двенадцати компьютеров.

На всех компьютерах установлен Scientific Linux 5.4, последняя версия X сервера Xorg R7.4, OpenGL и другие библиотеки, а также стандартный SAGE. Для удобства запуска и остановки SAGE на всех машинах нами написаны скрипты. Кроме того, на кластере установлены MPI и система очередей, что позволяет использовать кластер для параллельных приложений, использующих видеостену для отображения результатов расчетов.

Видеокластер Wall может использоваться как вычислительный кластер. На тестах Linpack он показывает производительность около 650 Гфлопс при пиковой производительности 895 Гфлопс.

1.2. Мозаичный монитор

В самом общем виде система визуализации SAGE [4] имеет следующую конфигурацию: экран составлен из требуемого количества мониторов (до нескольких десятков), каждая пара которых подключена к своему компьютеру-приемнику; компьютеры-приемники соединены сетью высокой пропускной способности с управляющим компьютером, на котором работает специальный оконный менеджер, а также с рабочей станцией (или кластером рабочих станций), на которой выполняется основное приложение, взаимодействующее с менеджером и с набором специализированных библиотек. Приемники получают от приложения сжатые потоки пикселей и отображают их на экранах.

SAGE предоставляет также возможности многооконной работы и удаленной трансляции изображения.

Видеостена, установленная в Инновационном центре РАН (Черноголовка) состоит из двадцати 27-дюймовых мониторов с разрешением 1920x1200 пикселей, что дает суммарное разрешение $9600 \times 4800 = 46$ мегапикселей. Общая площадь составного дисплея составляет около 5 м².

С программной точки зрения SAGE состоит из Менеджера свободного пространства (Free Space Manager – FSman), библиотеки интерфейсов приложений SAGE (SAGE Application Interface Library – SAIL), SAGE-приемников и интерфейса пользователя. FSman получает команды от пользователя через клиента интерфейса пользователя и управляет потоком пикселей между SAIL и SAGE-приемниками. SAIL захватывает выходной поток пикселей от приложения и распределяет его на нужные мониторы.

SAGE-приемник получает потоки пикселей от нескольких различных приложений и отображает их на подключенных к нему мониторах (обычно двух). Клиент интерфейса пользователя посылает команды пользователя для управления FSman'ом и получает от него команды, информирующие пользователя о текущем состоянии видеостены [5].

Программное обеспечение видеостены работает под Linux. Приложение, которое будет использовать SAGE, должно быть специально переписано с использованием библиотеки SAIL. Имеются версии приложений VLC, Mplayer, VNC, SVC player, DXT viewer/player и другие, готовые для использования с SAGE. Можно создавать и собственные приложения.

1.3. Сетевое оборудование

Для обеспечения коммутации кластера и его связи с сетью Интернет на скорости 1 гигабит в секунду используются два коммутатора D-Link 3662.

2. Пример использования

В лаборатории отдела прикладных сетевых исследований НЦЧ РАН разработано собственное прикладное приложение для вывода на видеостену результатов численного моделирования двумерных структур роста.



Рис. 1. Визуализация результатов численного моделирования двумерных структур роста с использованием технологии SAGE на видеостене с разрешением 46 Мпикс

Заключение

Программно-аппаратный комплекс представляет пример системы для отображения изображений и видео высокой четкости, в частности, в стандарте 4K (4096x2160), созданной при относительно небольших затратах. В то же время, производительность системы, даже при использовании довольно мощных компьютеров-приемников и сервера приложений, оставляет желать лучшего. Следует поработать над кодом SAIL с целью его оптимизации.

В наших планах на будущее – расширение набора приложений, использующих видеостену для изображений. Следующим шагом планируется подключение видеостены в качестве экрана для видеоконференций с использованием AccessGrid.

Литература

1. The G8 Research Councils Initiative on Multilateral Research Funding – [http://www.dfg.de/en/research_funding/international_cooperation/research_collaboration/g8-initiative].
2. R. Kenna and B. Berche. Critical mass and the dependency of research quality on group size, *Scientometrics*. Vol. 86, p. 527-540 (2011).
3. I. Foster, C. Kesselman, and S. Tuecke. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations, *International J. Supercomputer Applications*. Vol. 15, p. 200-222 (2001).
4. B. Jeong, L. Renambot, R. Singh, A. Johnson, and J. Leigh. High-Performance Scalable Graphics Architecture for High-Resolution Displays. EVL UIC Technical Paper, March 2005.