

05.13.11

А.А. Талалаев к.т.н., И.П. Тищенко к.т.н., В.П. Фраленко к.т.н., В.М. Хачумов д.т.н.

Федеральное государственное учреждение науки Институт программных систем
им. А.К. Айламазяна Российской академии наук,
Исследовательский центр мультипроцессорных систем,
Переславль-Залесский, vmh48@mail.ru

КОНЦЕПЦИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СНИМКОВ¹

В статье предложена концепция создания перспективного интегрированного комплекса обработки и визуализации данных медицинского и промышленного назначения. Концепция учитывает современные направления развития медицинских и промышленных технологий в области обработки и визуализации изображений. Для ускорения вычислений предполагается использование кластерных вычислителей, оборудованных графическими ускорителями.

Ключевые слова: *концепция, комплекс, обработка и визуализация данных, медицина, промышленность, графический ускоритель.*

Введение

Программно-инструментальные комплексы (ПИК) обработки и визуализации изображений медицины и промышленности предназначены в том числе для решения следующих задач: автоматизированного контроля с целью поиска новообразований, дефектов и поддержки принятия решений. Такие комплексы обычно узко специализированы и обеспечивают работу либо с рентгеновскими, либо ультразвуковыми снимками. Универсальный (интегрированный) комплекс – более предпочтительный вариант, имеющий в основе набор унифицированных функций, среди которых в первую очередь следует отметить следующие: получение изображения из различных источников, хранение и предобработка данных.

Применение промышленной компьютерной томографии наиболее перспективно при неразрушающей диагностике ответственных деталей и сборок со сложной внутренней структурой. Использование данных систем дает возможность контролировать дефекты по отдельным рентгеновским снимкам объекта, строить трехмерные модели, получать любые его сечения и проекции для дальнейшего анализа.

УЗИ и рентген в медицине более популярны ввиду дороговизны и малого количества томографического оборудования. Медицинские изображения, получаемые при рентгеновской и ультразвуковой диагностике, различны по виду заложенной в них информации, определяемой, прежде всего, способом взаимодействия используемого вида излучения с органами и тканями. Сканирование поверхности тела человека зачастую происходит пучком рентгеновских лучей или ультразвуковых эхо-сигналов. Полученные данные далее используются для получения изображения на устройстве визуализации с целью обнаружения скрытых объектов: опухолей, трещин в костях и т.д.

Имеющиеся комплексы обычно не обладают высокой производительностью, требующейся для обработки больших объемов анализируемых данных, что приводит к необходимости применения ускорителей вычислений. Применение графических процессоров (GPU) для решения задач обработки медицинских и промышленных снимков является перспективным направлением, способным значительно сократить временные затраты на обработку данных [1,2]. В ряде случаев для успешного решения задач целесообразно

¹ Работа поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации (Государственный контракт №14.514.11.4056 по теме «Разработка программно-инструментального комплекса высокопроизводительной обработки изображений медицинского и промышленного назначения»)

использование кластерных вычислительных систем, которые легко масштабируются и обладают значительными вычислительными мощностями при достаточно низкой себестоимости. Процессоры общего назначения (CPU) и графические процессоры дополняют друг друга. CPU показывает лучшую производительность при работе с последовательными задачами, но при большом объеме обрабатываемой информации, с которой можно работать параллельно, очевидное преимущество имеет GPU [3].

1. Концепция интегрированного комплекса

Предлагаемая далее концепция программно-инструментального комплекса учитывает современные направления развития медицинских и промышленных технологий в области обработки и визуализации изображений, в том числе принципы

- 1) унификации и интеллектуализации медицинских и промышленных интерфейсов,
- 2) стандартизации форматов представления данных (в виде стандартов DICOM и DICONDE) и создание библиотек методов их обработки,
- 3) универсализации драйверов различных приборов и устройств,
- 4) стандартизации способов передачи данных в синхронном и асинхронном режимах,
- 5) интеллектуализации автоматизированной и автоматической обработки слабоструктурированных данных,
- 6) визуализации, в том числе когнитивной, многомерной и разнородной информации,
- 7) поддержки принятия решений пользователя ПИК,
- 8) модульности и наращиваемости программного обеспечения,
- 9) параллельной обработки на многопроцессорных вычислительных системах (МВС) и графических процессорах.

Схема поступления и обработки медицинских и промышленных снимков представлена на рис. 1 и 2.

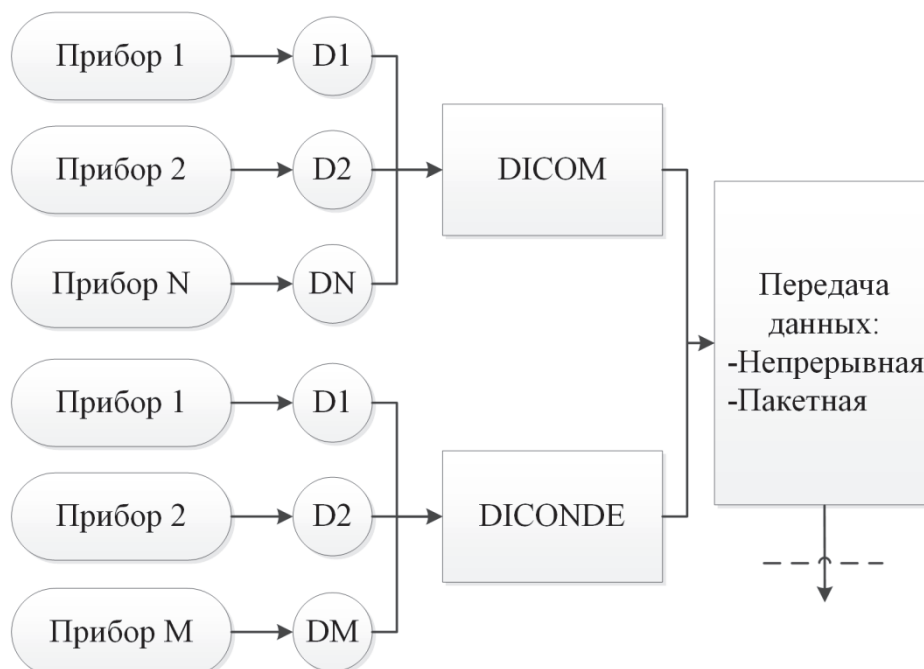


Рис. 1 – Схема передающей части интегрированного комплекса, где D1, D2 и т.д. – драйверы устройств

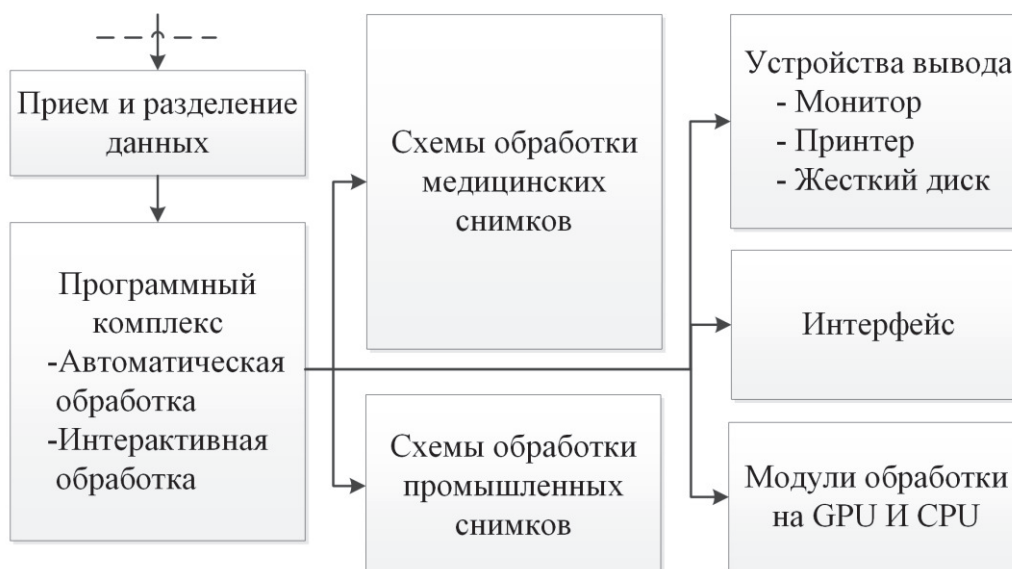


Рис. 2 – Схема приемной части интегрированного комплекса

Предполагается обработка, как одиночных снимков, так и их потоков, как сохраненных заранее, так и полученных в режиме реального времени с некоторого оборудования. Реализация комплекса требует работы последовательности программных модулей:

1. Модуль задания входных данных – производит задание источника данных.
2. Модуль чтения – производит чтение: одиночного снимка; потокового снимка.
3. Модули обработки – производят обработку поступающих снимков.
4. Модули хранения – обеспечивают сохранение результата с целью последующей обработки или сравнения и передачу данных на визуализацию.
5. Модули визуализации – принимают данные и отображают информацию на экране, в том числе рекомендации пользователю.

Для промышленной части схемы предусматривается обработка как отдельного снимка, так и непрерывного потока снимков. Порядок действий не отличается от медицинских снимков, за исключением необходимости специальной регламентированной реакции на найденные повреждения и особенности.

Функциональная схема и архитектура разрабатываемого комплекса приведены на рис. 3 и 4 соответственно. Функционально комплекс разбит на две основные части, включающие 1) вычислительное ядро, модули чтения, модули обработки, модули сохранения и передачи информации; 2) графический интерфейс, модули задания входных данных, модули визуализации.

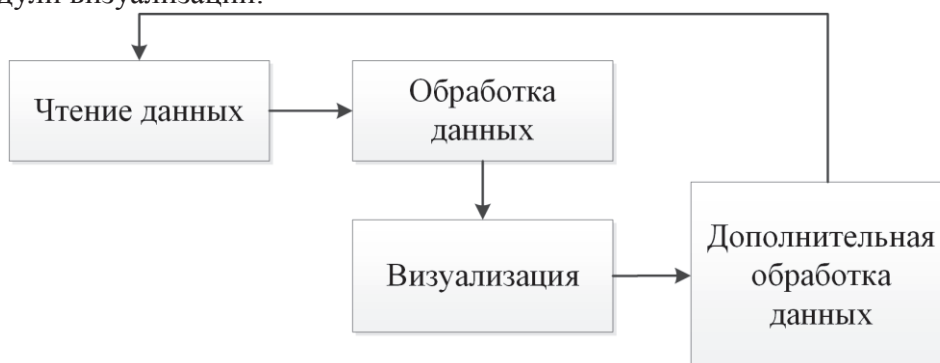


Рис. 3 – Схема функционирования ПИК

Архитектура комплекса наследует полученные ранее структуры и результаты построения прикладных систем различного назначения [4-7].

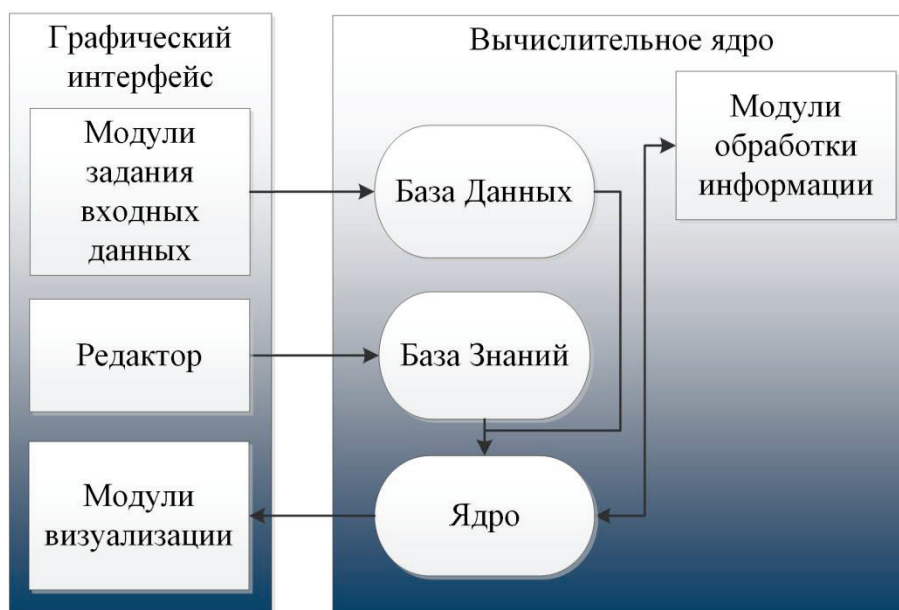


Рис. 4 – Архитектура ПИК

2. Ожидаемые результаты

Ожидается, что результатом работы станет высокопроизводительный комплекс визуализации и обработки медицинских и промышленных данных для задач диагностики. Можно перечислить особенности и возможности разрабатываемого ПИК: кроссплатформенность; унификация алгоритмов обработки; масштабируемость времени вычислений на кластерных вычислительных устройствах и графических процессорах; поддержка расширения функциональных возможностей за счет подключения новых программных модулей; поддержка создания визуальных схем решения задач; визуализация полученных результатов; обеспечение гибкости управления за счет использования модулей и каналов передачи данных.

Опыт проектирования высокопроизводительных систем обработки данных [4-7] дает основание утверждать, что наиболее удобным способом организации подобного комплекса является модульный, в котором основные алгоритмические единицы реализуются в виде подгружаемых библиотек и могут содержать как последовательную, так и параллельную реализацию алгоритма. В первом случае параллелизм обеспечивает вычислительное ядро, во втором – прикладной программист, реализующий модуль. Процесс запуска параллельных модулей контролируется вычислительным ядром, что позволяет комплексу функционировать в условиях ограниченных аппаратных ресурсов.

Широкий круг решаемых задач определяет необходимость использования двух уровней параллелизма. Помимо параллельной требуется и конвейерная обработка данных. Информация от одного модуля передается следующему в цепочке по мере готовности данных. После заполнения все звенья конвейера работают параллельно [8].

Для уменьшения ошибок оператора логичным выглядит использование двухуровневого контроля действий: графический интерфейс на этапе формирования схемы решения прикладной задачи информирует пользователя об ошибках в ее описании; вычислительное ядро в процессе анализа и решения задачи взаимодействует с графическим интерфейсом. Тот, в свою очередь, анализирует получаемые сообщения и уведомляет пользователя о критических событиях.

Предлагаемое решение должно быть способно функционировать как на КВУ под управлением ОС Linux, так и на многопроцессорных персональных компьютерах под управлением ОС Windows, обеспечивая вышеперечисленные особенности на каждой из них. Высокоуровневая часть разрабатываемого ядра отвечает непосредственно за механизмы параллельно-конвейерной обработки (т.е. за сбалансированную загрузку многопроцессорной вычислительной системы и графических ускорителей), ее реализация – общая для обеих

поддерживаемых платформ; низкоуровневая часть ядра будет иметь лишь общие интерфейсы для обеих систем, но различные реализации для каждой из них.

Высокие требования к построению ПИК требуют концентрации в комплексе как стандартных алгоритмов, так и новых научно-технических решений, что позволяет определить необходимые технические характеристики разрабатываемого комплекса следующим образом:

- 1) разрешение обрабатываемого изображения до 20 мегапикселей;
- 2) скорость обработки до 30 кадров в секунду;
- 3) максимальная разрядность обрабатываемого изображения не менее 14 бит;
- 4) возможность вывода изображения на экран и принтер;
- 5) работа с изображениями медицинских рентгеновских и ультразвуковых снимков в формате DICOM, JPEG, TIFF, BMP, PNG;
- 6) наличие интерфейса оператора;
- 7) возможность управления внешними устройствами по стандартным протоколам передачи данных TCP и UDP;
- 8) возможность нанесения маркеров (знаки, текст) на изображения, вычисления расстояния между произвольными точками на изображении, а также вычисления площадей произвольных областей на изображении;
- 9) работоспособность на персональных компьютерах, оснащенных графическими ускорителями с поддержкой технологий OpenCL и CUDA, и на кластерных высокопроизводительных вычислительных устройствах с количеством вычислительных узлов не менее двух (на каждом – не менее двух процессоров общего назначения с не менее чем 4 вычислительными ядрами у каждого).

Заключение

В статье предложена концепция создания перспективного интегрированного комплекса обработки и визуализации данных медицинского и промышленного назначения. Комплекс необходим для решения задач непрерывного конвейерного контроля; обработки сигналов и изображений в рамках медицинских учреждений и промышленных предприятий; обеспечения задач хранения, конвейерно-параллельной обработки и визуализации данных, поступающих в потоковом режиме. Комплекс будет оснащен набором базовых инструментов для высокопроизводительной обработки изображений с целью ускорения работы и поддержки решения специалистов в области рентгеновского и ультразвукового контроля. Для ускорения вычислений предполагается использование кластерных вычислителей, оборудованных графическими ускорителями.

Результаты исследований должны обеспечить увеличение скорости обработки изображений медицинского и промышленного назначения за счет использования как персональных компьютеров, так и кластерных вычислительных установок, оснащенных набором графических процессорных устройств. Ожидается повышение удобства работы конечного потребителя за счет визуального контроля над обработкой изображений медицинского и промышленного назначения посредством графического программного интерфейса.

Список литературы

1. *Luebke D., Humphreys G.* How GPUs Work. – Computer, February 2007, 126-130. URL: http://www.cs.virginia.edu/~gfx/papers/pdfs/59_HowThingsWork.pdf (дата обращения: 31.03.2013).
2. Wikipedia – Graphics processing unit. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_processing_unit (дата обращения: 31.03.2013).
3. *Хачумов В.М.* Проект создания программной системы для распознавания графических образов на основе нейронных сетей. – Нейрокомпьютеры: разработка, применение, №9, 2008, с.52-54.
4. *Джораев А.Р.* Гибридные вычислительные системы на основе GPU для задач биоинформатики. – Компьютерные исследования и моделирование, 2010 Т. 2, № 2, с. 163-167. URL: <http://crm.ics.org.ru/uploads/crmissues/crm2010-2-2/crm10205.pdf> (дата обращения: 31.03.2013).
5. *Константинов К.А., Талалаев А.А., Тищенко И.П., Хачумов В.М.* Концепция архитектуры нейросетевой системы контроля, диагностики и обработки изображений космического назначения. – Авиакосмическое приборостроение, № 5, 2009, с.39-47.
6. *Талалаев А.А.* Организация конвейерно-параллельных вычислений для обработки потоков данных. – Информационные технологии и вычислительные системы, №1, 2011, с.8-13.
7. *Хачумов В.М., Талалаев А.А.* Технические характеристики кластерных вычислителей и анализ эффективности параллельных программных средств обработки потоков данных. – Авиакосмическое приборостроение, 2011, №12, с.3-17.
8. *Хачумов В.М.* Модели конвейерного медицинского технологического процесса. – Искусственный интеллект и принятие решений, №3, 2009, с.25-32.