

# МАКЕТ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

*В.Е. Турланов, В.П. Гергель*

*Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского*

Представлены принципы организации и архитектура макета информационной телемедицинской системы нового поколения. Новизна системы определяется тремя главными признаками: 1) организация системы на основе вычислительного кластера, как системы вычислительной медицины или биологии; 2) организация системы на основе большого распределенного долговременного хранилища медицинских и биологических данных, совместимого с HIS, LIS, PACS, RIS; 3) объединение в системе данных и средств медицинской диагностики с системами вычислительного моделирования работы органов человека на клеточном уровне.

## **Введение**

Наиболее актуальным для инновационной медицины сегодня является объединение и медицинских, и биологических исследований вокруг конкретного пациента на основе всестороннего использования ресурсов высокопроизводительных кластеров и организованных при них хранилищ данных, что подтверждают, в том числе, проекты лидера производства суперЭВМ IBM (2008 – использование 3D-модели пациента, как основы его медицинской карты [1], 2012 – моделирование действия лекарств на 3D-аватаре конкретного человека [2]). Дополнительным аргументом является возможность организации на основе такого кластера многочисленных профильных облачных сервисов.

Задаче создания именно такого объединения средств диагностики, вычислительной медицины и вычислительной биологии и созданию на этой основе макета телемедицинской системы нового поколения был посвящен трехлетний (2010-2012) госконтракт.

## **Архитектура созданного макета телемедицинской системы**

Ядром системы является гетерогенный вычислительный кластер с Интернет-доступным распределенным хранилищем медицинских диагностических данных, в состав которого могут входить также базы данных медицинских учреждений (HIS, PACS, RIS,...). Хранилище, объемом до 36 терабайт, развернуто на базе гетерогенного вычислительного кластера ННГУ. Сегодня в хранилище находятся около 10 000 томограмм, в основном МРТ, общим объемом 70 гигабайт.

Обеспечение функциональности базы данных (БД) медицинских изображений, а тем более томограмм, предъявляет существенные дополнительные требования: предварительный просмотр слоев томограммы, без ее полного скачивания; пакетное наполнение хранилища на сервере большими объемами данных в формате DICOM с контролем целостности и автоматическим обезличиванием для обеспечения конфиденциальности медицинских данных; упаковка изображений для повышения скорости передачи; интеграция клиента с системой 2D-3D визуализации томограмм.

Все подсистемы макета телемедицинской системы имеют доступ чтение/запись к хранимым данным. Система способна принимать данные от своих подсистем и диагностических приборов: а) терагерцового анализатора (разработка малого предприятия) для экспресс-анализа по выдыхаемому воздуху; б) ультразвукового анализатора крови и биологических жидкостей; в) модели прибора оптической диффузионной томогра-

фии; г) модели электрической активности сердца с учетом его геометрии и моделей активности клеток (программа «Виртуальное сердце»); д) моделей активности ансамблей клеток мозга.

### Устройство серверной части

Серверная часть системы (рис.1) состоит из сервера базы данных, хранящего метаданные об изображениях, и одного или нескольких серверов хранения, на которые непосредственно загружаются изображения. В качестве СУБД использована PostgreSQL. В качестве HTTP-сервера использован Microsoft IIS. Выполнением операций над изображениями на сервере хранения управляет сервер приложений. Он реализован как FastCGI-приложение к HTTP-серверу. Для непосредственного хранения данных используется SAS (Serial Attached SCSI) хранилище. В целях масштабируемости его разделы монтируются как подкаталоги в каталог storage без присвоения латинской буквы каждому разделу. FastCGI-приложение при импорте томограмм упаковывает серии изображений слоев в формате DICOM в единый файл и без сжатия размещает в подкаталогах “volume001”, “volume002” и т.д. в зависимости от наличия свободного пространства. В качестве пути к томограмме на сервере хранения в базу данных заносится путь относительно каталога storage, например «/volume001/tom245».

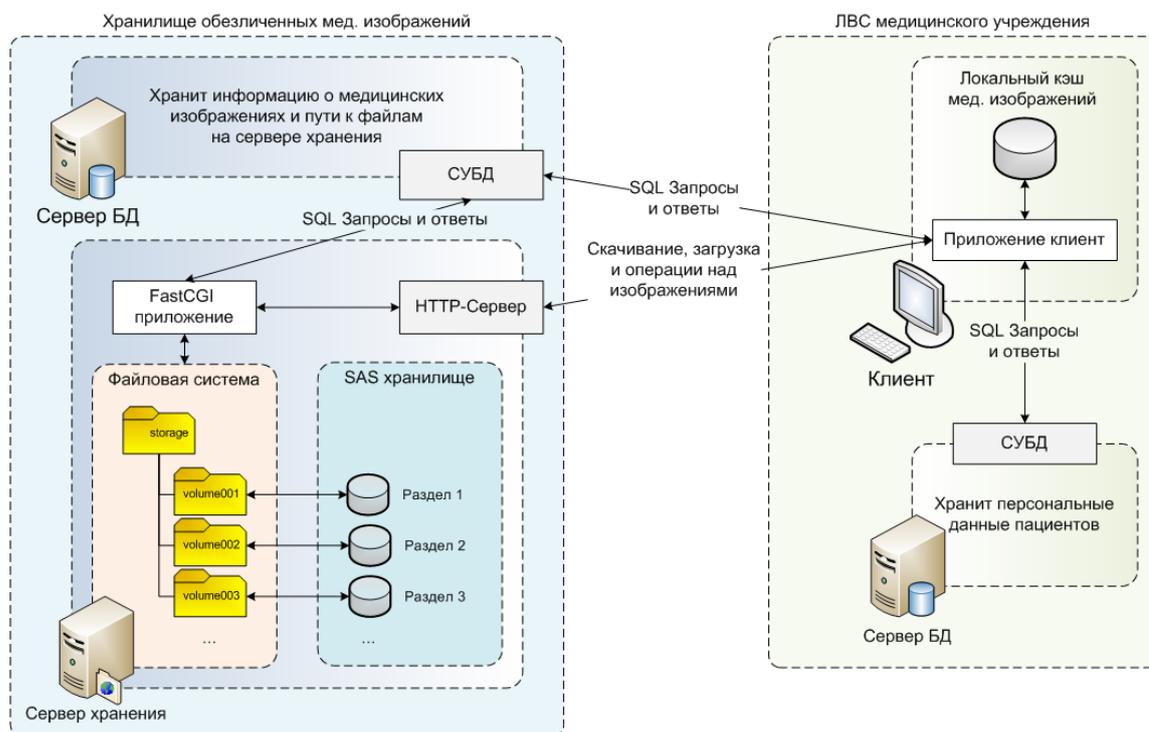


Рис. 1. Архитектура компонентов системы хранения и обработки медицинских изображений

### Ускорение скачивания/загрузки изображений

При передаче томограммы целиком производится сжатие без потерь с использованием алгоритма DEFLATE. Сжатие с максимальной степенью компрессии позволяет уменьшить объем передаваемых данных более, чем в два раза, при незначительных (по сравнению со временем передачи) накладных расходах на сжатие/распаковку. Это позволяет удвоить скорость передачи снимков между сервером и клиентом. При передаче одиночного слоя для целей предварительного удаленного просмотра слоев томограммы через браузер производится его кодирование в формат PNG (сжатие без потерь тем же

алгоритмом DEFLATE) с уменьшением глубины цвета до 8 бит. Для ускорения повторного доступа реализована подсистема локального дискового кэширования на стороне клиента. Кэш представляет собой специально выделенный каталог, содержащий подкаталоги/файлы. Максимальный объем кэша задается в настройках программы. Кэш работает по принципу вытеснения объектов. Имя каждого подкаталога/файла состоит из префикса, указывающего тип объекта кэша, и уникального числового кода. Это позволит в будущем при необходимости расширить список объектов кэширования. Для серии изображений одной томограммы в формате DICOM запись в дисковом кэше представляет собой подкаталог с файлами, которые содержат отдельные слои. В качестве имени подкаталога используется префикс “tom” и числовой идентификатор соответствующей записи в базе данных. Такой формат хранения позволяет открывать изображения для чтения непосредственно из кэша.

### Интерфейс клиентского приложения и интеграция подсистем

При пакетном импорте кроме записей о самих изображениях в базе данных создаются и все связанные записи (пациент, исследование, часть тела и др.). Чтобы не передавать большое количество данных, записи выводятся постранично, по умолчанию по 20 записей. Возможен переход между соседними страницами и на указанную страницу, сортировка записей по любому полю. Благодаря реализации сервера приложений в клиентскую добавлена выборка и предварительный просмотр отдельных слоев томограммы до того, как скачивать томограмму целиком (см. рис. 2).

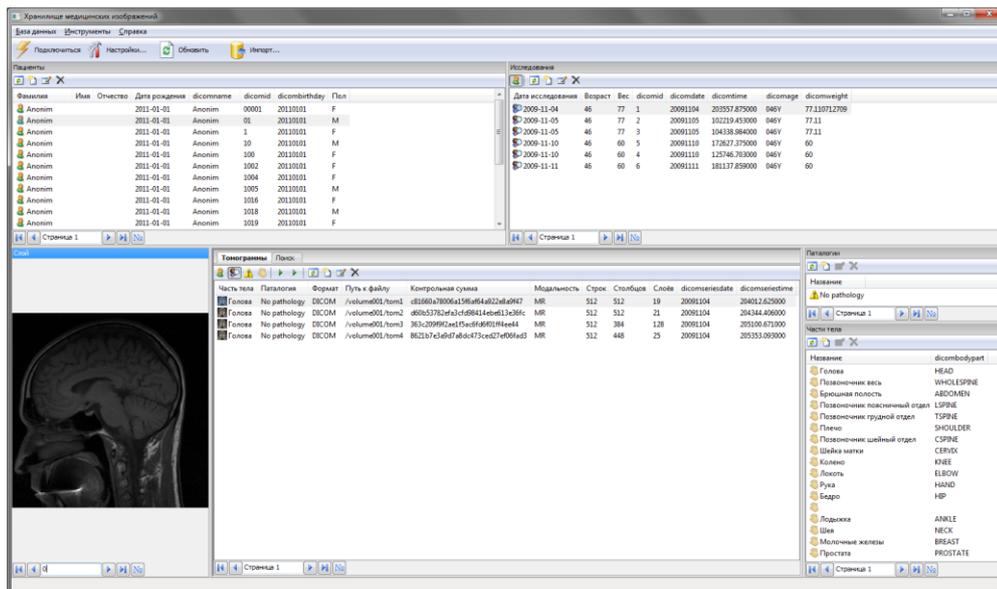


Рис. 2. Копия окна клиентского приложения

3D-визуализатор позволяет просматривать томограммы в различных режимах визуализации и его запуск осуществляется из окна клиента после выбора томограммы в списке (см. пример на рис. 3).

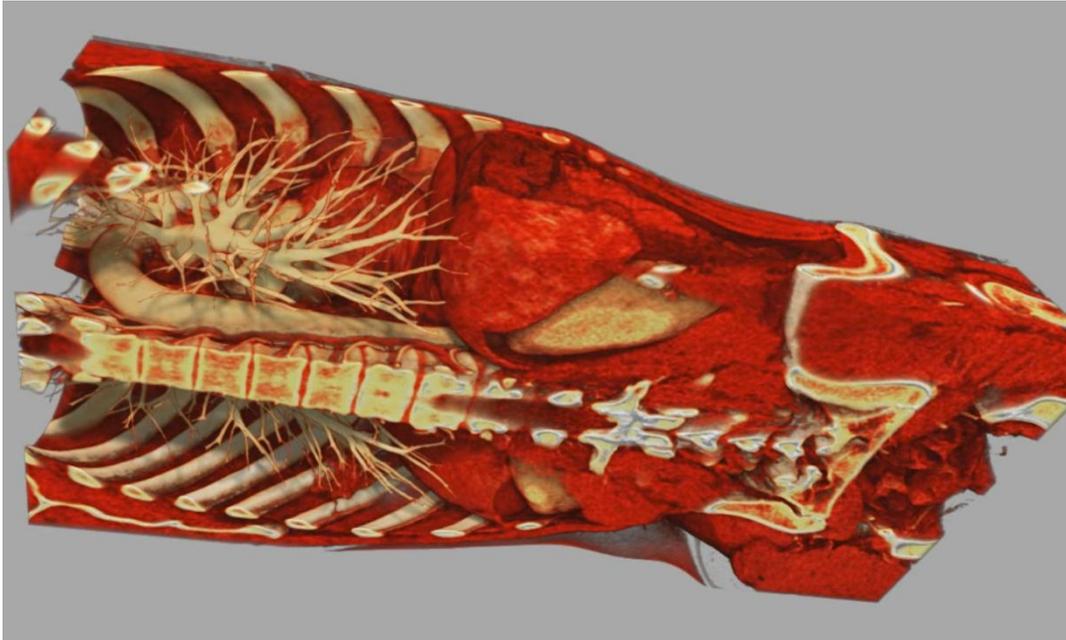


Рис. 3. Пример 3D-визуализации томограммы

Сложность интеграции профильных подсистем сильно различается от простого запуска процесса до реализации специальных окон диалога условий параллельных вычислений, подготовки входных и анализа выходных данных. Примером сложной интеграции является подсистема оптической диффузионной томографии (программа XMCML). Компонент XMCML активируется как консольное приложение.

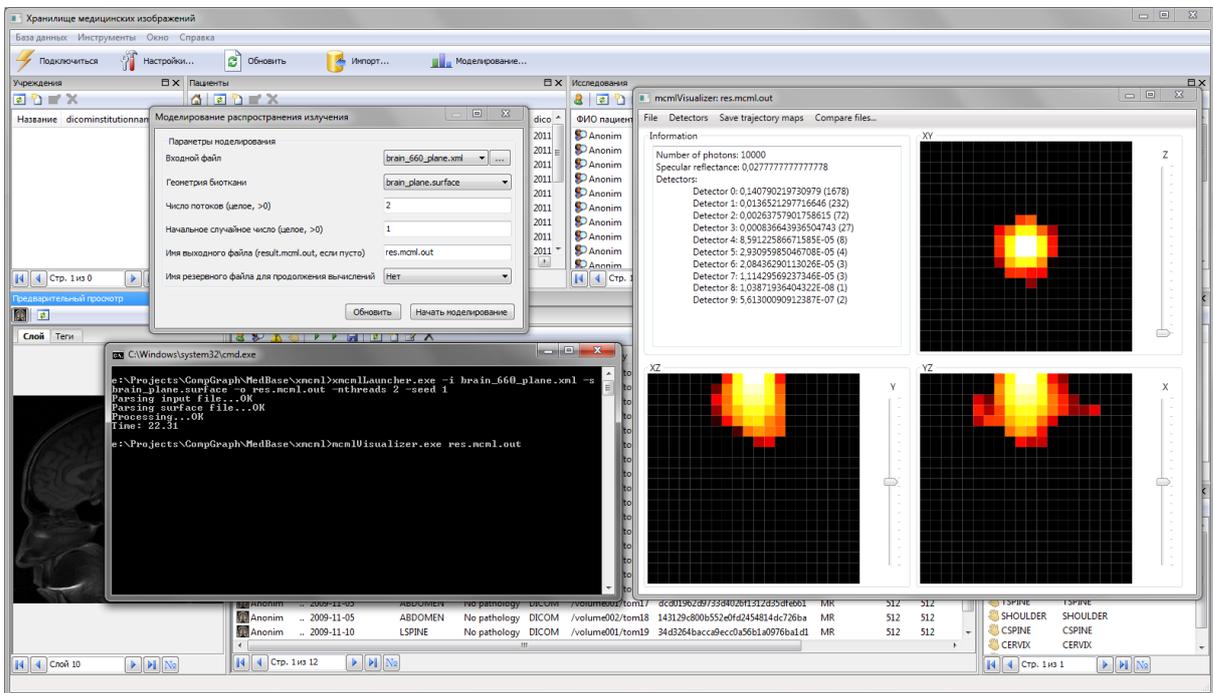


Рис. 4. Подключенная подсистема оптической диффузионной томографии. Результат моделирования распространения зондирующего излучения в мозге

В качестве входа оно принимает XML-файл с описанием параметров задачи. В качестве результата создается сохраняемый выходной файл, содержимое которого отображено (рис. 4) посредством GUI-приложения mcmVisualizer.exe. Файлы, необходимые приложению, размещены в каталоге ../xmcml (относительно рабочего каталога клиен-

та). Для интегрирования подобных компонентов в программную оболочку клиента создано отдельное окно, позволяющее задавать условия запуска: файл с параметрами задачи; файл, описывающий геометрию зондируемого объекта; число вычислительных потоков на кластере, имя выходного файла и др.

### **Заключение**

Итогом работы является создание действующего макета телемедицинской системы нового поколения со следующим, интересным для врачей-диагностов и клиницистов, набором свойств и характеристик:

- Ядром системы является гетерогенный вычислительный кластер с Интернет-доступным распределенным долговременным хранилищем медицинских диагностических данных, хранящем сегодня около 10 000 томограмм.
- Система способна выполнять также функции центра вычислительной медицины и вычислительной биологии, значительно дополняя и расширяя функции телемедицинской системы, обеспечена необходимым функционалом для ее практической эксплуатации и построения на ее основе телемедицинских и других систем исследовательской и практической медицины.
- Впервые системы прямой медицинской диагностики объединены с системами моделирования и исследования отдельных важнейших органов человека сердца и мозга, использующими вычислительные возможности кластера для постепенного сближения исследования человека на макро- и микроуровнях, раскрытия глубинных причин болезней и методов их лечения и профилактики.
- Система имеет 3D-визуализатор томограмм, не уступающий по качеству, производительности и функциональности зарубежным аналогам [3].

Планируется создание на основе данного макета системы для сопровождения процесса лечения в клинике ядерной медицины: диагностики; назначения на лечение в стационар; собственно графика лечения с наблюдением и анализом его результативности по данным ПЭТ+КТ.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», госконтракт № 02.740.11.0839 и гранта Президента РФ НШ-1960.2012.9.

### **Литература**

1. Charette R.N. Visualizing Electronic Health Records With "Google-Earth for the Body" (IBM researchers develop 3-D visualization tool for electronic health records) Jan. 2008. (<http://spectrum.ieee.org/biomedical/diagnostics/visualizing-electronic-health-records-with-googleearth-for-the-body>)
2. Charette R.N. Using Avatars to Understand Adverse Drug Reactions / March 06, 2012. (<http://spectrum.ieee.org/riskfactor/biomedical/diagnostics/using-avatars-to-understand-adverse-drug-reactions/>).
3. Гаврилов Н.И., Турлапов В.Е. Подходы к оптимизации GPU-алгоритма volume raycasting для применения в составе виртуального анатомического стола // Научная визуализация. 2012. Кв. 2. Т. 4. № 2. С. 21–56. – [<http://sv-journal.com/2012-2/index.php?lang=ru>].