

Остальные дефекты не проявлялись. Время постобработки моделей сократилось с 5 до 2 мин.

Выводы

Даже при условии соблюдения требований к условиям съемки могут возникать артефакты поверхности электронной геометрической модели при 3D-сканировании сегментов тела человека. Использование приемов в работе с 3D-сканером, знание основных принципов используемой технологии съемки, умение применять инструменты ПО для ручной и полуавтоматической обработки ЭлГМ позволяют качественно и количественно повысить точность регистрируемых моделей. Тщательность подготовки объекта к съемке сокращает время обработки ЭлГМ.

Список литературы:

1. Тишкин В.О. Методика сборки и обработки данных, полученных в процессе 3D-сканирования // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2011. № 1 (71). С. 87-92.
2. ГОСТ Р 57558–2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения.
3. Zanuttigh P., Marin G., Dal Mutto C., Dominio F., Minto L., Cortelazzo G.M. Time-of-Flight and Structured Light Depth Cameras Technology and Applications. – Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG.2016, XII. P. 355.
4. Ryniewicz A., Ryniewicz A., Bojko L., Gołębiewska W., Cichoński M., Madej T. The use of laser scanning in the procedures replacing lower limbs with prosthesis // Measurement. 2017. Vol. 112. PP. 9-15.
5. Mak A.F.-T., Zhang M., Leung A.K.-L., Prado da Silva M.H. Artificial Limbs. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. 2017. PP. 1-34.

6. Herr H.M., Moerman K.M., Sengeh D.M. Method and system for designing a biomechanical interface contacting a biological body segment / Заявка на патент US20190021880A1 (дата посещения: 2019).
7. Colombo P. et al. Development of a virtual testing laboratory for lower limb prosthesis / Scuola di dottorato di ricerca in ingegneria industriale. Indirizzo: ingegneria chimica, dei materiali e della produzione. Ciclo XXVI. 2014. P. 133.
8. Botsch M., Sorkine O. On Linear Variational Surface Deformation Methods // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2008. Vol. 14 (1). PP. 213-230.

Константин Константинович Щербина,
д-р мед. наук, директор,
Институт протезирования и ортезирования,
ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта
Минтруда России,
Михаил Андреевич Головин,
аспирант, руководитель отдела,
Вадим Геннадьевич Суслеев,
канд. мед. наук, руководитель отдела,
Никита Владимирович Марусин,
магистр, научный сотрудник,
Владимир Михайлович Янковский,
канд. мед. наук, ст. научный сотрудник,
Марина Владимировна Золотухина,
специалист, мл. научный сотрудник,
ФГБУ ФНЦРИ им. Г.А. Альбрехта
Минтруда России,
г. С.-Петербург,
e-mail: golovin@center-albreht.ru

Р.Ш. Хабипов

Разработка облачной базы данных для хранения и обработки медицинских изображений

Аннотация

Представлена разработка облачного решения для хранения и обработки медицинских данных, полученных на томографах ТМР-КФТИ, разработанных в КФТИ ФИЦ КазНЦ РАН, и других устройствах. Исследована концепция облачных технологий, приведены их преимущества по сравнению с традиционными способами хранения данных. Исследованы виды облачных хранилищ, приведены примеры из мировой практики и обоснована необходимость создания собственного решения. Представлены перспективы развития облачных технологий в медицине.

Введение

Облачные технологии прочно входят в нашу жизнь, получая повсеместное распространение во всех областях, в том числе и в медицине. Облако можно определить как набор сервисов, реализация которых скрыта от пользователя [1]. Эти сервисы могут работать на одном или нескольких компьютерах, обеспечивать сохранность собственных данных, управлять доступом к ним. Пользователю не нужно знать всех этих технических деталей, он просто пользуется услугой.

Облачные технологии позволяют минимизировать затраты на оборудование, настройку программного обеспечения. У облачных сервисов гибкая инфраструктура, они могут быть масштабированы при необходимости, т. е. если аппаратных ресурсов не хватает, можно их добавить, не переустанавливая сервис. Также у облачных сервисов большой запас отказоустойчивости, они могут работать без перебоев, даже если вышла из строя часть оборудования.

Для исследования преимуществ облачных технологий рассмотрим традиционные способы хранения и обработки данных. Самый простой, но наименее удобный и надежный способ – сохранять и обрабатывать все данные на одном компьютере, например хранить все томографические изображения на компьютере оператора. Во-первых, обычно такой компьютер маломощный и поиск данных в нем может происходить долго. Во-вторых, данные никак не защищены от сбоя, в случае отказа компьютера все актуальные данные теряются, может сохраниться лишь часть, которая попала в резервные копии (которые далеко не всегда делают). Для того чтобы показать свои медицинские изображения врачу в другой клинике, пациент вынужден их сбрасывать на носитель (CD-диск или флэшку). Все это создает массу неудобств и порождает уязвимости в надежности системы.

Более эффективный способ – это клиент-серверная архитектура, когда данные автоматически загружаются на сервер, откуда доступны с любой точки сети (локальной или глобаль-

ной, в зависимости от настроек). То есть врач может посмотреть данные пациента со своего рабочего места без необходимости переноса данных на физических носителях. Клиент-серверная архитектура удобна, но у нее есть свои недостатки. Сервер ограничен в ресурсах, и их может не хватить при обслуживании большого количества клиентов. В случае сбоя все клиенты теряют доступ к серверу и не могут работать. Зачастую для работы с сервером необходимо специальное программное обеспечение, которое требуется настраивать.

Наиболее эффективной архитектурой на сегодняшний день является клиент-серверная с использованием облачных технологий. Рассмотрим ее подробнее.

Описание облачной архитектуры

Основой облачных технологий являются виртуальные машины. Виртуальная машина – это эмуляция аппаратно-программного окружения компьютерной системы. Она управляется так называемой программой-гипервизором и может выполняться на любом компьютере, поддерживающем виртуализацию. Разумеется, аппаратные ресурсы компьютера должны покрывать необходимые ресурсы виртуальной машины. Несмотря на то что виртуальная машина потребляет ресурсы через посредника (гипервизор), она работает достаточно эффективно, поскольку виртуализация поддерживается на уровне аппаратуры и процессора. В чем удобство виртуальных машин? Они не зависят от конкретной аппаратной конфигурации и могут быть легко перенесены с одной компьютерной системы на другую. На одном компьютере могут работать и взаимодействовать между собой несколько виртуальных машин. Также виртуальные машины на разных компьютерах могут взаимодействовать и распределять между собой задачи и нагрузку. Такая модель составляет основу облачной архитектуры.

В чем преимущество подобной системы?

1. Отказоустойчивость – нагрузка распределяется между виртуальными машинами, и в случае аппаратного сбоя система все равно продолжит работу.
2. Масштабируемость – при возрастании потребления ресурсов достаточно изменить настройки виртуальных машин или создать новые на дополнительных серверах.
3. Простота настройки – не нужно подстраиваться под конкретную аппаратуру или операционную систему, окружение программы останется то же.

4. Экономичность – нет необходимости закладывать запас ресурсов аппаратуры в расчете на последующий рост нагрузки, можно требовать ресурсов ровно столько, сколько нужно.

Для пользователя нет разницы – работает программа в виртуальной машине или на конкретной аппаратуре, для него реализация скрыта. Он может пользоваться ресурсами облака так же, как пользовался ресурсами сервера. В настоящее время практически все крупные компании в Интернете используют облачную архитектуру.

Облачные технологии в медицине

Применение облачных технологий в медицине особенно актуально, поскольку связано с хранением и обработкой больших объемов данных [2]-[6]. В некоторых странах переход медицинских учреждений на облачные технологии предписан на законодательном уровне и за несоблюдение этих законов предусмотрены штрафы. Например, ряд крупных компаний-производителей медицинского оборудования создали свои облачные решения для медицины. Они предоставляют как публичные облака, так и средства для развертывания частных облаков. Эти решения гибко настраиваются и совместимы как с собственным медицинским оборудованием, производимым этими фирмами, так и с любым оборудованием, поддерживающим эти форматы хранения данных DICOM.

В российском законодательстве появилось требование хранить персональные данные на территории страны, поэтому использование западных публичных облачных решений в России затруднено. Существуют государственные планы переноса баз данных госструктур, в том числе и Министерства здравоохранения, в единое облачное хранилище [7]. В настоящее время медицинские учреждения, стремящиеся перенести данные пациентов в облако, вынуждены использовать частные облака на основе решений западных компаний либо коммерческие решения частных компаний.

Результаты. Облачная база медицинских изображений томографа ТМР-КФТИ

В Казанском физико-техническом институте ФИЦ КазНЦ РАН [8] создано собственное облачное решение для хранения и обработки медицинских данных, получаемых на магнитно-резонансных томографах, разработанных в институте [9]. В

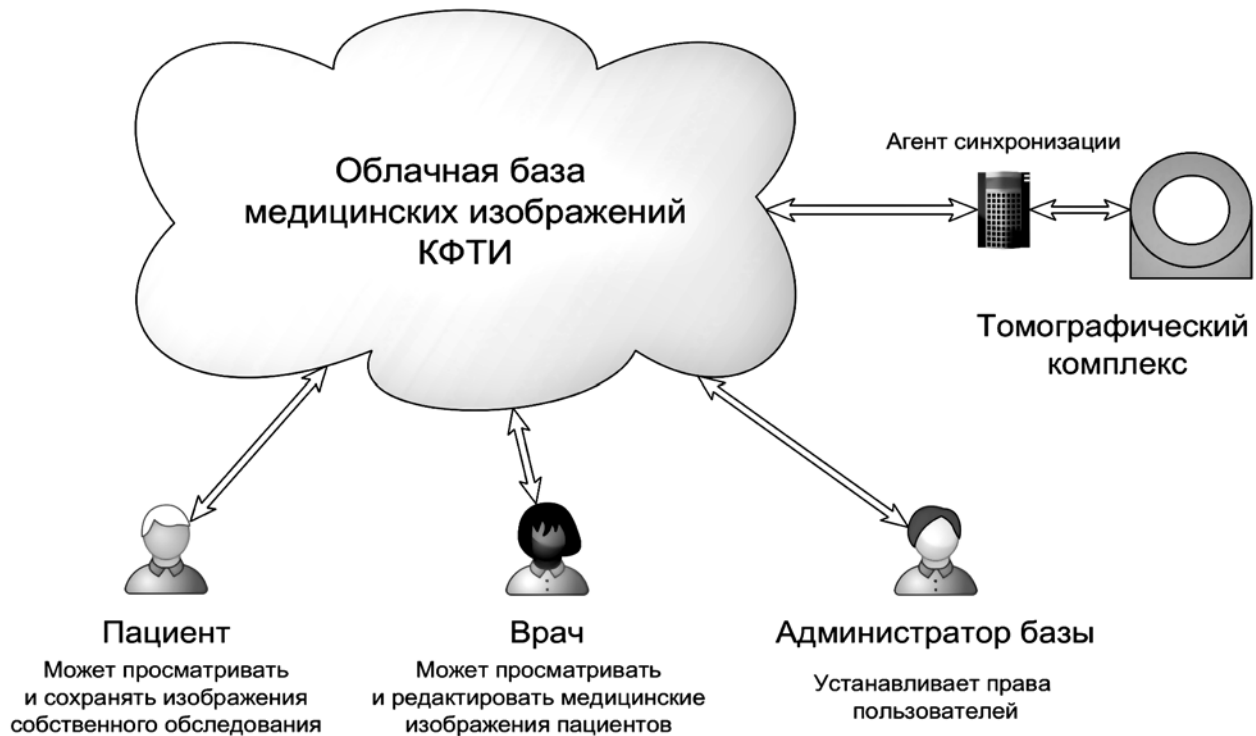


Рис. 1. Схема работы программного комплекса для хранения и обработки медицинских изображений

настоящее время оно работает и активно используется для загрузки и обработки томографических изображений, полученных на томографах ТМР-КФТИ. Это решение обеспечивает сохранность персональных данных и соответствует законодательству РФ. Оно легко устанавливается и настраивается.

Рассмотрим основные характеристики и возможности базы.

Хранение и обработка медицинских данных в облаке КФТИ

База изображений позволяет хранить и обрабатывать большие объемы данных. Доступ к базе осуществляется через веб-браузер. Таким образом, врач может просматривать и редактировать медицинские данные пациента, используя компьютер, планшет или смартфон, из любой точки, где есть Интернет. Пациент также может просмотреть свои данные, но данные других пациентов ему недоступны. Возможна автоматическая загрузка медицинских изображений с использованием предоставляемого программного интерфейса. Для этого на томографическом комплексе работает специальная программа – агент синхронизации. База медицинских изображений доступна по адресу DICOME.RU [10]. На рис. 1 показана схема работы нашего решения.

Доступ к медицинским данным в облаке

Разграничение доступа к данным обеспечивается аутентификацией на основе e-mail пользователя и пароля. Администратор базы может назначить права пользователя путем присвоения роли (пациент, врач, агент синхронизации, администратор). Первоначально создаваемые пользователи не имеют роли, соответственно доступа к данным у них нет. В разделе «Помощь» можно получить логин и пароль тестового аккаунта, который дает возможность просматривать демонстрационные изображения и ознакомиться с основными возможностями системы.

На сайте облачного хранилища организован поиск по пациентам, по обследованиям и по медицинским учреждениям, в которых проводились обследования. Пользователю выводится информация о пациенте, список его обследований, диагноз. Имеется возможность просмотреть полную информацию об обследовании, редактировать диагноз, добавить комментарии. Система позволяет осуществлять навигацию по медицинским изображениям, корректировать яркость/контрастность и другие параметры. Можно редактировать справочники оборудования, на котором проводилось обследование, и медицинских

учреждений, где оно проводилось. На рис. 2 показан интерфейс работы с медицинскими изображениями.

Пользователю предоставляется прокручиваемый список уменьшенных изображений обследования, в котором можно выбрать интересующее и получить по нему полное изображение и его характеристики. Отдельные характеристики и параметры изображения можно редактировать. Можно добавить комментарий к изображению. Изображение можно также экспортировать и сохранить на локальном диске.

Работа с медицинским оборудованием

Наша система позволяет загружать медицинские данные в хранилище как вручную, так и автоматически, посредством разработанного агента синхронизации. Реализована как поддержка медицинских изображений формата DICOM, так и возможность загружать изображения в стандартных форматах jpeg, gif, bmp. Таким образом, система может использоваться не только совместно с томографом ТМР-КФТИ, разработанным в институте, но и с любым медицинским оборудованием, поддерживающим стандарт DICOM.

Перспективы развития облачного проекта КФТИ

В настоящее время разрабатываются дополнительные модули программного обеспечения, которые дадут возможность интеграции различных типов диагностической информации для более точного и всестороннего обследования пациента. Разрабатывается возможность поиска по диагнозам и заболеваниям, что позволит анализировать сходные медицинские случаи и эффективно выбирать методы лечения. Создается модуль с использованием машинного обучения и нейронных сетей для обработки изображений и постановки диагноза. Планируется создать дополнительные возможности по сбору данных об обращениях к базе и попытках несанкционированного доступа. Также будут предусмотрены меры по блокировке пользователей по различным признакам (длительное отсутствие активности, подозрительная активность). Облачное хранилище позволит медперсоналу изучать диагностическую информацию, собирать статистические данные по заболеваниям, проводить совместную диагностику и комплексное обследование пациентов. Система анализа и статистики позволит сохранять историю лечения, результаты различных методов лечения, а также предлагать возможные методы лечения на основе собранной информации и выявлять наиболее эффективные. Также в базу планируется загружать тестовые и

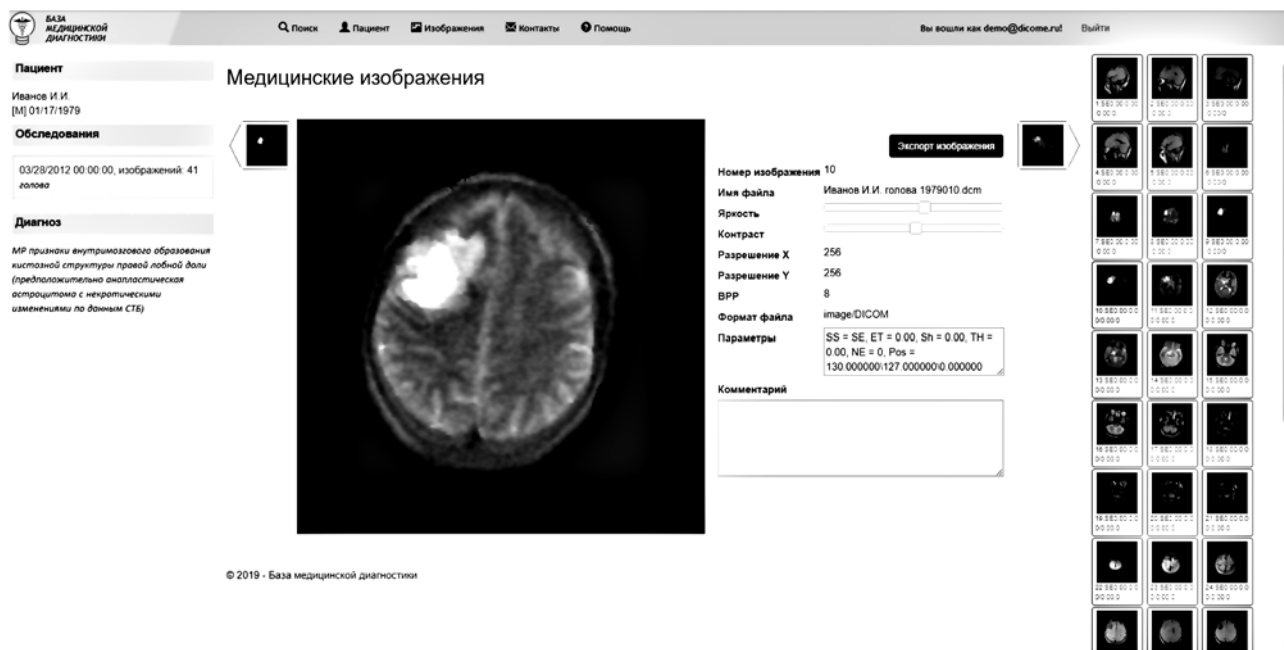


Рис. 2. Интерфейс работы с медицинскими изображениями

демонстрационные данные, на которых медицинский персонал может обучаться и проводить собственные исследования.

В перспективе наше решение может быть включено в планируемое Министерством здравоохранения РФ единое облачное хранилище с доступом через портал «Госуслуги».

Эффективность

Наш проект прежде всего предназначен для хранения и обработки изображений, получаемых на медицинском томографе. Результаты одного томографического обследования пациента занимают объем в среднем 100...300 Мб, а возможно, и больше. Разрешение изображения, полученного на томографе ТМР-КФТИ, может достигать 512 × 512, а количество слоев, получаемых при обследовании, исчисляться десятками. Также применяются различные виды обследований для более точной диагностики. Таким образом, объем данных, сохраняемых и обрабатываемых в день, может достигать нескольких гигабайт. Для работы с такими объемами требуются существенные компьютерные ресурсы. Использование облачных технологий позволяет решить эту проблему. Таким образом, наш проект работает быстро и эффективно.

Отличия и преимущества по сравнению с аналогичными решениями

Как было сказано, требования законодательства РФ не позволяют медицинским учреждениям использовать для хранения частных медицинских данных решения, работающие вне территории РФ. В России же в настоящее время существует лишь небольшое число схожих проектов для хранения медицинских данных от частных фирм [11]. Большинство из них – это закрытые внутренние разработки, поэтому проверить их возможности без получения специального доступа довольно затруднительно. И почти ни одно из этих решений не дает возможности работы с томографическими изображениями. До начала разработки нашей системы нами был проведен поиск аналогичных решений, и в результате конкурентов в этой области в России нами найдено не было. Таким образом, разработка подобной системы на тот момент была особенно актуальной. Преимуществом нашего решения по сравнению с другими является открытость. Любой пользователь может зайти на сайт и посмотреть возможности нашей системы. Также, в отличие от других решений, наш проект позволяет работать с медицинскими данными не только врачам, пациенты также могут смотреть данные собственных медицинских обследований, получать полную информацию о состоянии своего здоровья. Студенты медицинских учебных заведений могут учиться по наборам демонстрационных изображений, а специалисты могут проводить исследования и собирать статистические данные.

Заключение

В настоящее время облачные технологии активно развиваются и внедряются во все сферы. Они позволяют эффективно обрабатывать и надежно хранить большие объемы данных, оптимизировать затраты на настройку, поддержку и ресурсы. Применение облачных технологий в медицине – это актуальная задача, решению которой посвящен наш проект. Во всем мире это одна из наиболее активно развивающихся областей, поэтому наше решение – это вклад в развитие информационных технологий в российской медицине. Оно дает возможность

доступа к медицинским диагностическим изображениям, полученным на различном медицинском оборудовании, поддерживающем формат DICOM. Наше решение позволяет врачам проводить диагностику на основе томографических и иных медицинских изображений и следить за процессом лечения, а пациентам – получать данные о состоянии своего здоровья. Также система может использоваться для исследовательских целей. Централизованное хранение медицинских данных дает возможность проводить анализ, собирать диагностическую информацию, а в перспективе – проводить автоматическую диагностику на основе нейросетей, что в конечном счете позволит более эффективно назначать лечение.

Список литературы:

1. Широкова Е.А. Облачные технологии / Материалы междунар. науч. конф. «Современные тенденции технических наук», г. Уфа, октябрь 2011 г. – Уфа: Лето, 2011. С. 30-33.
2. <http://www.forbes.com/sites/centurylink/2013/05/02/why-healthcare-must-embrace-cloud-computing/> (дата обращения: 15.01.2020).
3. <http://www.cnews.ru/reviews/free/publichealth2011/articles/articles20.shtml> (дата обращения: 15.01.2020).
4. Волков В.Г., Копырин И.Ю., Хадарцева К.А. Облачные вычисления в медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2011. № 1. С. 168-169.
5. Федорова А.М., Гудулова Э.А. Современное состояние и перспективы развития облачных технологий в России // Молодой ученый. 2017. № 10. С. 37-41.
6. Грибова В.В., Островский Г.Е. Интеллектуальный облачный сервис для отработки навыков постановки диагноза // Медицинская техника. 2017. № 6. С. 29-32.
7. <https://russian.rt.com/russia/article/395398-dannye-gosorganov-oblako-perenos> (дата обращения: 15.01.2020).
8. <http://www.kfti.knc.ru/> (дата обращения: 15.01.2020).
9. Салихов К.М., Фаттахов Я.В., Фахрутдинов А.Р., Анашкин В.Н., Шагалов В.А., Биктимиров Э.Ф., Муртазина Э.М., Колесникова Н.В., Блинов Н.Н. Технические характеристики и диагностические возможности низкополевых магнитно-резонансных томографов ТМР-0.06-КФТИ // Медицинская техника. 2007. № 5. С. 39-41.
10. <http://dicome.ru/> (дата обращения: 15.01.2020).
11. <https://electronxray.com/products/it-solutions/tsentralnyu-arkhiv-meditsinskikh-izobrazheniy.php> (дата обращения: 15.01.2020).

*Рамиль Шарипзянович Хабипов,
научный сотрудник,
лаборатория методов медицинской физики,
Казанский физико-технический институт
им. Е.К. Завойского – обособленное
структурное подразделение Федерального
исследовательского центра «Казанский
научный центр Российской академии наук»,
г. Казань,
e-mail: myster@mail.ru*

* * * * *