

Нгуен, К. Х. Учебная виртуальная лаборатория удаленного доступа исследования биомедицинских изображений, интегрированная с расширенной системой PACS [Электронный ресурс] / К. Х. Нгуен // Режим доступа: <http://www.fan-nauka.narod.ru/2013.html>, свободный. (2,0 п.л.)

**Нгуен Куок Хань,  
Социалистическая Республика Вьетнам,  
аспирант Белорусского государственного университета  
информатики и радиоэлектроники**

## **УЧЕБНАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА ИССЛЕДОВАНИЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ИНТЕГРИРОВАННАЯ С РАСШИРЕННОЙ СИСТЕМОЙ PACS**

(05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети)

### **1. Введение.**

В настоящее время одной из перспективных форм организации и проведения совместных научных исследований и реализации идей удаленного обучения является создание виртуальных лабораторий (ВЛ) удаленного доступа, возможностей современных сетевых компьютерных коммуникаций вполне достаточно для одновременного обмена научной информацией, совместных исследований и дистанционного обучения.

ВЛ представляет собой программно-аппаратный комплекс, позволяющий проводить эксперименты без непосредственного контакта с реальной установкой и имитационными методами даже при отсутствии таковой. В первом случае мы имеем дело с так называемой лабораторной установкой с удаленным доступом (Remote Laboratory), в состав которой входит реальная лаборатория, программно-аппаратное обеспечение для управления установкой, а также средства коммуникации. Во втором случае это виртуальная лаборатория (Virtual Laboratory), в составе которой не требуется реальная лаборатория [1: 1]. В более широком смысле виртуальность лаборатории обуславливается входящим в нее программно-аппаратным комплексом, содержащим компоненты удаленной связи. Этот комплекс позволяет осуществить совместные исследования территориально разделенным специалистам, а также организовать дистанционное обучение студентов [2: 120–121]. При таком понятии ВЛ как лаборатория с удаленным доступом, так

и виртуальная лаборатория, определенные в статье [1: 1] входят в общий класс виртуальных лабораторий. Виртуальная лаборатория может быть двух типов, в первом типе процессы и эксперименты моделируются программным обеспечением, во втором типе ВЛ реальные эксперименты выполняются с привлечением компьютерной виртуальной среды, которая создается для удаленных абонентов средствами удаленного доступа и технологией виртуализации участвовать в эксперименте.

Существующие ВЛ позволяют разделить их на классы [3: 125] для:

- продвижения товаров и услуг с элементами обучения;
- научных исследований;
- обучения студентов.

В этой работе рассматривается смешанная ВЛ второго и третьего классов, т.е. эта ВЛ может использоваться и для обучения и для научных исследований.

Интерес к учебным виртуальным лабораториям вызван следующими причинами [4: 1]:

- повышения в некоторых случаях эффективности обучения при использовании дистанционного подхода;
- снижение стоимости обучения за счет совместного использования или имитации работы дорогостоящей аппаратуры и расходных материалов;
- отсутствие опасности при виртуализации вредной среды, содержащей, например, химические вещества, провода высоко-

го напряжения и т. п.;

По сравнению с реальными ВЛ обладает новыми возможностями:

- моделирование процессов, осуществления которых невозможно даже в лабораторных условиях;
- доступ к лаборатории в любое время из удаленных мест;
- изменения масштабов времени и пространства, что позволяет искусственно замедлить или ускорить процесс, проникнуть в тонкости процесса и наблюдать его в желаемых условиях.

Опубликовано множество примеров успешных ВЛ для совместных исследований и обучения.

В глобальной сети расширяется сеть виртуальных лабораторий для рекламы новых товаров и услуг. Так с 2006 г. доступны виртуальные лаборатории компании Microsoft [5: 1], которые знакомят пользователей с новыми программными продуктами компании, демонстрируют возможности этих продуктов и технологий и обучают их продуктивному использованию. Для этих же целей была создана ВЛ компании Wolfram Research. В этой ВЛ пользователя знакомят с практическими навыками работы с инструментом Wolfram Mathematica и входящими в него пакетами. В онлайн-режиме можно выполнять исследование с ограниченным применением этой системы [6: 1].

Существуют ВЛ для совместных научных исследований. В качестве примера можно привести VL-fMRI (Virtual Lab for Functional Magnetic Resonance Imaging) [7: 979–985]. Эта ВЛ для исследования изображений функциональной магнитно-резонансной томографии (fMRI), которые широко используются в неврологических исследованиях. Лаборатория является частью большого проекта «Virtual Laboratory for e-Science», который поддерживается более, чем 20 компаниями, среди них IBM, Phillips, FEI, и учебными заведениями, в которые входит, например, Амстердамский университет [8: 357–364]. Развивается европейский проект EGEE (Enabling Grids for E-science) [9: 89], направленный на построение Грид-инфраструктуры, которая может использоваться в многочисленных научных исследо-

ваниях в Европе.

Виртуальные лаборатории для дистанционного обучения и проверки знаний появились сразу после внедрения компьютеров в учебных заведениях. В соответствии с назначением, в учебной ВЛ существует 3 класса абонента: 1) класс администраторов, которые могут изменять записи в базах данных, касающихся доступа и авторизации абонентов, а также доступа к сервисам системы; 2) класс учителей (авторов), которые отвечают за педагогическое содержание, т.е. за учебные материалы, инструкции, лабораторные работы, сценарии обучения и за методику оценок результата обучения; 3) класс обучаемых, которые используют ВЛ для получения знаний и навыков в пределах своей авторизации.

Стандарты открытого сетевого обучения определяют структуру компонентов курса обучения, компетенцию учителя, допустимые действия обучаемого, цели и методы мониторинга и контроля процесса обучения. Технические вопросы сетевой связи относятся к сетевым протоколам. Выбор стека сетевых протоколов должен быть согласован со сценарием обучения. Существенно то, что согласно стандартам, обучаемый имеет возможность самостоятельно выбрать сценарий обучения. Интерфейс между учителем, обучаемым и программным обеспечением частично определяется стандартом обучения. Современные программные инструменты имеют возможность создать, практически, любой интерфейс по желанию заказчика системы. В качестве примера можно привести Европейскую ВЛ по математике EVLM (European Virtual Laboratory of Mathematics) [10: 1–5], включающая сеть математических центров европейских стран. Эта сеть предоставляет обучающие материалы, примеры выполнения заданий, а также виртуальные или реальные консультации. Массачусетским технологическим институтом (Massachusetts Institute of Technology) совместно с Северо-Западным университетом США (Northwestern University) была создана ВЛ iLabCentral для качественного дистанционного обучения студентов и повышения квалификации преподавателей. Центр iLabCentral включает в себя различные ВЛ по биоло-

гии, физике, химии, математике [11: 493].

ВЛ основано на понятии сетевой аппаратно-программной среды, в которой обитают абоненты, объединенные единой целью. Без сетевой связи абонентов и объединяющей их общей цели ВЛ теряет смысл. Что касается технологических решений, обеспечивающих сетевые интерфейсы, то они могут быть самыми разнообразными. В настоящее время в глобальной компьютерной связи наиболее широко распространена архитектура «клиент-сервер». Это проверенная временем технология, постоянно улучшаемая как в части программного, так и аппаратного обеспечения. Большая часть существующих ВЛ основана именно на этой архитектуре или на ее модификациях. Так, ВЛ компании Wolfram Research создана на модификации этой технологии. Это же относится и к ВЛ по математике EVLM. Преимуществами архитектуры клиент-сервер являются централизованное администрирование и контроль над имеющимися на серверах ресурсами; возможность централизованной обработки данных; высокий уровень безопасности, обусловленный жесткой централизацией. С другой стороны, архитектура клиент-сервер использует закрытые стандарты и технологии, что затрудняет ее интегрирование с другими системами. К серверам этой архитектуры предъявляются высокие требования по производительности, поскольку во многих приложениях необходим одновременный доступ многих клиентов к ресурсам сервера.

Начиная с 1998 г., широкое применение получила Грид-архитектура. В этой архитектуре ресурсы распределяются по узлам сети, это могут быть удаленные процессоры, долговременная и оперативная память, базы данных и др. Грид-архитектура использует открытые стандарты и протоколы, такие как XML, веб-сервис, SOAP и т.д. Они облегчают процесс интеграции с другими платформами, системами, ресурсами. Недостатком этой архитектуры является сравнительно невысокие уровни безопасности и управляемости, что связано с распределением ресурсов по разным локальным сетям и организациям. Кроме этого, сбой в работе одного узла может существенно повлиять на всю систему [12: 128]. На основе Грид-архитектуры

функционирует ВЛ VL-fMRI, и некоторые реализации проекта EGEE.

Модификацией Грид-архитектуры является кластерная архитектура, которая также применяется для построения ВЛ. Кластер понимается как группа компьютеров, объединённых высокоскоростными каналами связи, и которую пользователь видит как единый аппаратный ресурс. Отличиями кластерной архитектуры от Грид-архитектуры являются более высокие скорости сетевой связи, территориально близкое расположение узлов системы, однородность используемой узлами платформы, однородность распределенных ресурсов. Важной особенностью является то, что все ресурсы кластера управляются из одного узла. В узлах кластера можно использовать недорогие компьютеры. Кластер надежен и отказоустойчив. Недостатками этой архитектуры являются неполное использование ресурсов узлов, большие затраты на администрирование. Примером использования этой архитектуры являются виртуальные вычислительные лаборатории для учебной деятельности (Virtual Computing Laboratories for Learning Activities) [13: 220], ВЛ для практического обучения системному администрированию и кластерной технологии [14: 110–120].

Кроме вышеперечисленных архитектур, в последние годы для построения ВЛ применяют также облачную архитектуру [15: 238]. Приложения, построенные на ее основе, используют вычислительные ресурсы интернета в виде сервисов. Основное различие облачной и Грид-архитектур состоит в принципах управления ресурсами. Преимуществами облачной архитектуры являются низкая стоимость инфраструктуры и обслуживания (все сервисы предоставляются поставщиками в готовом виде); экономия затрат на проекты (оплачиваются только нужные сервисы); открытость программного обеспечения. Недостатки облачной архитектуры: низкая конфиденциальность и невысокая безопасность, т.к. информация о пользователях хранится у поставщиков и в Интернете. На основе облачной архитектуры построены ВЛ компании Microsoft.

Все рассмотренные технологии применяются и в медицинских учреждениях. Однако

специфика здравоохранения требует особых стандартов компьютерных технологий. Очевидная причина этого – в особой ответственности работников этой сферы за здоровье и жизнь пациентов. В частности, при архивации изображений не рекомендуется сжатие с потерями, при постановке диагноза лечащий врач требует всю имеющуюся информацию о состоянии пациента на протяжении всей жизни, а в особых случаях и данные о заболеваниях его родственников. В 1983 г. на основе запросов медицинских работников и технических возможностей компьютерных систем были сформулированы основные положения архитектуры системы PACS (Picture Archiving Communication System), предназначенной для хранения и использования медицинских изображений [16: 122]. В настоящее время она широко применяется в большинстве медицинских учреждениях. Экономическая составляющая использования PACS состоит в сокращении затрат, связанных с хранением и обработкой пленок, ускоренным поиском данных, удобным форматом для просмотра изображений на экране компьютера, возможностью коллективного доступа к данным. Для изображений в системе применяется формат DICOM [17: 1]. В этом формате наряду с изображением хра-

нятся персональные данные пациента и его история болезни.

С целью увеличения возможностей PACS нами было реализовано ее расширение на основе СОА. Были добавлены такие компоненты, как «Сервисная шина», «Автоматизированный анализ, сравнение с аналогичными случаями» и «Консилиум», новая система названа APACS. В настоящей статье предлагается архитектура учебной ВЛ удаленного доступа исследования биомедицинских изображений, интегрированная с системой APACS.

Предлагаемая учебная ВЛ предоставляет удаленный доступ к биомедицинским изображениям и сопутствующим данным, которые хранятся и управляются серверами системы APACS. Эта ВЛ может подключать удаленных обучаемых и преподавателей для их совместной деятельности в различных сценариях обучения. Система предоставляет возможность ограниченного доступа к своим архивным данным, содержит инструкции по изучению дисциплин, указания для выполнения практических и лабораторных работ, модули для анализа и обработки изображений, модули контроля и составления отчетов.

## 2. Расширенная система PACS на основе СОА и компоненты.

Система APACS имеет структуру, изображенную на рис. 1.

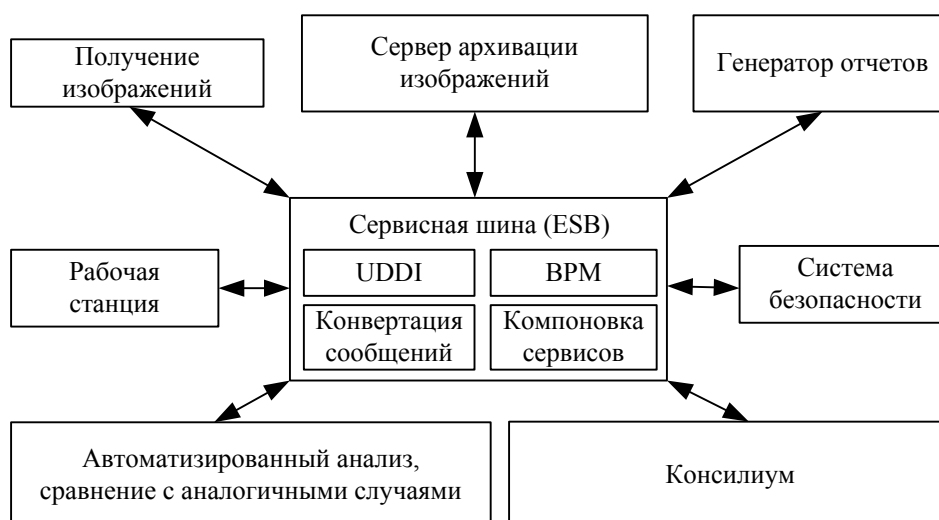


Рис. 1. Компоненты системы APACS

Система состоит из 8 компонентов, из них 5 компонентов «Получение изображений»,

«Сервер архивации изображений», «Рабочая станция», «Генератор отчетов» и «Система безопасности» являются базовыми, которые существуют во всех системах PACS. Компоненты «Сервисная шина», «Автоматизированный анализ, сравнение с аналогичными случаями» и «Консилиум» были предложены для расширения системы на основе СОА. Компоненты построены в виде сервисов. Сервисы распределены по категориям, к одной категории относятся сервисы, выполняющие операции, схожие по назначению. Это категории: для работы с данными; автоматизированный анализ изображений; поиск данных для автоматизированной диагностики; подключение экспертов для консилиума; обеспечение безопасности. Разделение сервисов по категориям направлено, в частности, на ускорение поиска сервисов в реестре. Количество категорий и отнесение сервиса к той или иной категории целиком возлагается на разработчика и зависит от его опыта и от задач, поставленных перед системой. Отличия и преимущества архитектуры СОА состоят в следующем [18: 10]:

- модули программы разрабатываются в виде слабо связанных сервисов, которые означают, что описание сервиса не зависит от выбранной платформы и языка программирования, что позволяет уменьшить степень связанности различных элементов системы, которые могли быть построены ранее;

- сервисы разрабатываются на основе открытых стандартов, протоколов и технологий, таких как веб-сервис, XML, WSDL (Web Services Description Language), SOAP (Simple Object Access Protocol) и т.п. Эти средства дают сервисам возможность легко интегрироваться с другими системами, что сокращает время и стоимость подключения новых приложений;

- возможность повторного использования сервисов для создания нового сервиса, что также уменьшает стоимость и время разработки;

- снижение рисков при корректировке и доработке системы. СОА обладает высокой адаптивностью к изменениям, поскольку модернизация или введение новых бизнес-функций требует изменения только некото-

рых сервисов;

- сервисы управляются только из специального реестра UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration) поэтому легко находятся и быстро предоставляются потребителю.

Однако, реализация ВЛ в архитектуре СОА имеет недостатки, это жесткая зависимость от сервисов и параметров системы APACS (скорость, пропускная способность, устойчивость, надежность); возникновение угроз безопасности и целостности информации при обмене SOAP-сообщениями.

Ниже дано описание новых компонентов системы APACS.

Сервисная шина ESB (Enterprise Service Bus). Компонента является основой системы, построенной в архитектуре СОА, которая играет роль менеджера сервисов. Эта компонента включает в себя программное обеспечение, которое обеспечивает взаимосвязь между различными приложениями, работающими по различным протоколам. Шина обеспечивает следующие операции:

- регистрация и поиск сервисов в сервисном реестре (UDDI);

- конвертация сообщений в различные форматы;

- компоновка сервисов для выполнения бизнес-функций;

- управление бизнес-процессами (Business Process Management - BPM).

UDDI – реестр, хранящий описание сервисов в соответствии с правилами их регистрации. Сервисы описаны в реестре UDDI на специальном языке описания веб-сервисов WSDL, нотация которого основана на XML. Разработчик использует реестр UDDI в процессе создания приложений, потребитель извлекает из этого реестра сервисы и их параметры при выполнении. После обнаружения сервиса в реестре UDDI потребитель подключается к сервису через протокол обмена сообщениями SOAP, который написан на языке XML. Файлы SOAP, создаваемые автоматически, включают параметры сервисов в формате WSDL. Шина ESB интегрирует различные сервисы, необходимые для осуществления бизнес-функции. Разработчики системы могут повторно использовать сервисы для создания новых сервисов.

Компоновки сервисов выполняется с помощью языка реализации операций BPEL (Business Process Execution Language), который также построен на нотации XML. Использование BPEL позволяет сформировать и выполнить поток операций как последовательность логических действий.

BPM – компонента управления бизнес-процессами; она необходима для организации бизнес-процессов, которые являются совокупностями сервисов, направленных на выполнения бизнес-функций систем. Компонента BPM рассматривает бизнес-процессы как особые ресурсы, которые постоянно модифицируются, адаптируя их к изменениям в деятельности учреждений здравоохранения.

Автоматизированный анализ и сравнение с аналогичными случаями обеспечивает применение математических методов для обработки изображений и сравнение полученных результатов, хранящихся в базах медицинских учреждений, связанных системой

PACS. Эта компонента включает сервисы для анализа изображений и автоматизированного диагноза, а также сервисы для сравнения результатов анализа с аналогичными случаями из баз данных. Эту компоненту постоянно модифицируют для совершенствования алгоритмов анализа.

Подключение экспертов для консилиума обеспечивают сервисы совместного использования изображений, работающие в реальном времени. Окончательный результат получается как соглашение всех вовлеченных в процесс экспертов.

### 3. Структура учебной ВЛ, интегрированной с системой APACS

В отличие от ВЛ для научных исследований, учебная ВЛ включает компоненты обучения и педагогического контроля.

На рис. 2 показана общая структура учебной ВЛ.



Рис. 2. Главные компоненты учебной ВЛ

Учебная ВЛ имеет 5 главных компонентов:

- пользовательский компьютерный интерфейс (ПКИ), назначение которого ясно из названия;
- педагогическое содержание, которое включает материал по обучению дисциплине и определяет возможные сценарии обучения. Содержание компоненты определяется учителем. Набор сценариев может быть жестко определен, современные подходы требуют интеллектуальной корректировки сценария в зависимости от хода обучения и пожеланий обучаемого;
- педагогический контроль, который

включает в себя инструменты мониторинга, оценки результатов и составления отчетов о ходе процесса обучения;

- функциональные сервисы, которые предоставляют экземпляры сервисов подключения и совместной работы с другими пользователями для анализа и обработки изображений. Эти сервисы находятся в сервисном реестре UDDI системы APACS и предоставляются через компоненту, отвечающую за связь;
- компонента, отвечающая за связь с системой APACS, которая включает в себя 2 модуля: «Вызов сервисов» и «Мониторинг сервисов», которые обмениваются данными

между ВЛ и системой APACS.

#### 4. Архитектура и реализация учебной ВЛ удаленного доступа исследования биомедицинских изображений.

Компонента «Сервисная шина» позволяет подключить учебную ВЛ к системе APACS.

Для этого компоненты ВЛ должны быть представлены в виде сервисов СОА, а описание этих сервисов помещается (публикуется) в модуле «Сервисный реестр» шины ESB.

Архитектура учебной ВЛ и ее взаимодействие с системой APACS изображены на рис. 3.



Рис. 3. Структура виртуальной лаборатории и ее взаимодействие с APACS

Поясним функции блока «Компонента связи», который встречается здесь впервые. Он обеспечивает подключение новых сервисов к системе APACS и их потребление. Модуль «Вызов сервисов» этого блока принимает запросы на сервисы из учебной ВЛ и посылает их на «Сервисную шину», которая проверяет права доступа и доступность сервисов, после чего передает соответствующее сообщение обратно модулю «Вызов сервисов». Модуль «Мониторинг сервисов» контролирует использование сервисов; он фикс

сирует количество вызовов, момент времени вызова, интервал использования сервиса, количество отказов, время задержки при вызове сервисов и т.п.

Остальные компоненты описаны в предыдущих пунктах.

После получения ответа о возможности использования сервисов расширенной системы PACS, учебная ВЛ подключает к этим сервисам обмен SOAP-сообщениями. На рис. 4 показан процесс потребления сервисов.

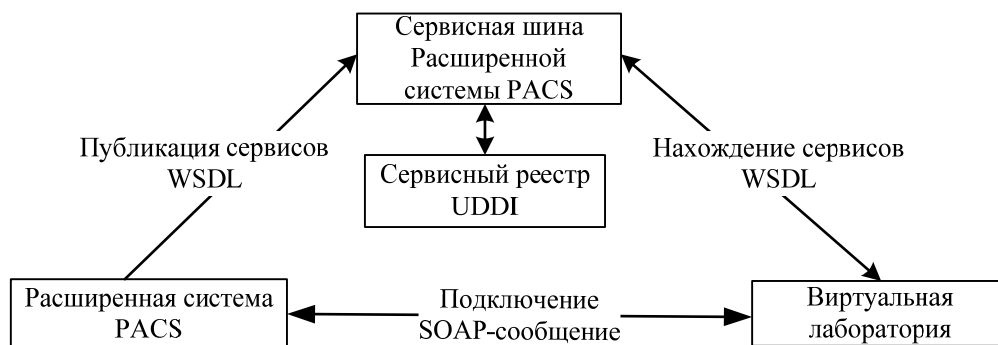


Рис. 4. Процесс использования сервисов в ВЛ

SOAP-сообщение является XML-документом, содержащим адреса отправителя, получателя, сервиса, а также само сообщение. Для обеспечения безопасности в процессе передачи SOAP-сообщения шифруются и соответствуют стандартам безопасности WS-SecureConversation, WS-Federation, WS-Authorization, WS-Policy, WS-Trust, WS-Privacy, WS-Security, SOAP Foundation [19: 231–232].

Учебная ВЛ реализована на языке программирования C# в технологии создания веб-сервисов WCF (Windows Communication Foundation) и ASP.NET 4.0, которая является составной частью платформы Microsoft.NET Framework 4.0. Для хранения учетных записей абонентов и параметров их авторизаций, данных о процессах обучения и т.п. была создана база данных под управлением СУБД Microsoft SQL Server 2008. ВЛ устанавливается на сервере и доступна абонентам через Интернет. Для сервера, выбрана операционная система Microsoft Windows Server 2008 Release 2, 64 бита, которая работает совместно с упомянутыми модулями программного обеспечения.

Для обеспечения удаленного доступа абонентов к учебной ВЛ и безопасности подключения была выбрана технология виртуализации, которая имеет следующие преимущества [20: 11]:

- экономия на аппаратном обеспечении при консолидации серверов. Существенная экономия на приобретение аппаратного обеспечения происходит при размещении нескольких виртуальных серверов на одном физическом сервере;
- возможность поддержания старых операционных систем для обеспечения совме-

стимости. При установке на виртуальной машине новой версии операционной системы некоторое время можно использовать старую версию системы;

- клиенты имеют доступ к ВЛ в любое время и с любого места, где есть подключение к Интернету;
- клиенты всегда имеют доступ к обновленной версии ВЛ, т.к. обновляются только модули сервера;
- виртуальная машина повышают мобильность системы. Папка с виртуальной машиной может быть перемещена на другой компьютер, где она может быть сразу же запущена;
- при использовании виртуальных машин существенно повышается надежность, т.к. сразу же создается резервная копия с контрольными точками.

В настоящий момент на рынке существует много продуктов, поддерживающих технологию виртуализации, она предоставляется известными разработчиками: VMware, Microsoft, Citrix, Pano Logic, Virtual Bridges, Parallels и др. Разработчики позволяют сделать выбор решений виртуализации серверов, приложений, рабочих столов и др. У каждого продукта есть свои преимущества и недостатки, универсального решения здесь нет. В нашем случае была выбрана инфраструктуру виртуальных рабочих мест (Virtual Desktop Infrastructure - VDI) компании Microsoft. Она интегрируется в операционную систему Microsoft Windows Server 2008 Release 2. Для виртуализации на сервере, где установлена ВЛ, нужно активировать виртуальный сервер Hyper-V, который тоже интегрирован в упомянутую операционную систему. После этого следует активировать



специальные сервисы удаленных рабочих мест для виртуализации рабочих столов, такие как Remote Desktop Session Host, Remote Desktop Virtualization Host, Remote Desktop Connection Broker, Remote Desktop Web Access [21: 222].

Для демо-версии учебная ВЛ была физически размещена на сервере, на котором были установлены также сервер виртуализации и сервер управления базами данных. Кроме работы с СУБД серверу управления базами данных были переданы задачи безопасности системы, аутентификации и авторизации пользователей. Сервер для ВЛ имеет большую нагрузку, на нем хранятся базы данных, которые используются при любом обращении к системе. Для выполнения операций с данными в реальном времени с множественным доступом абонентов (предполагается

одновременный доступ до 50 пользователей) этот сервер должен быть достаточно мощным. Для этого рекомендуются минимальные параметры: процессор не ниже Intel Xeon E3-1240 с оперативной памятью не менее 4 ГБ. На жестком диске этого же сервера хранятся данные об индивидуальном процессе обучения, имеющие сравнительно небольшой объем. При сроке хранения таких данных 5 лет жесткий диск должен иметь объем не менее 500 ГБ.

Персональные компьютеры для абонентов системы не требуют мощной конфигурации, абоненты только обращаются к системе и получают результаты. Для этого достаточно компьютера стандартной конфигурации с видеокарты не менее 512МБ. Минимальные технические требования к компьютерам учебной ВЛ сведены в табл. 1.

Табл. 1.

Оборудование, ПО	Сервер	Персональные компьютеры
Процессор	Intel Xeon E3-1240 (3.30 ГГц /8 МБ кэш)	Intel Core 2 Duo, 2.33 ГГц
Оперативная память	4 ГБ, ECC, DDR3, RDIMM	1 ГБ
Жесткий диск	500 ГБ, 7200 об/мин., 156МБ/сек.	60 ГБ, 7200 об/мин., 156МБ/сек.
Видеокарта	Видеопамять 512МБ	Видеопамять 512МБ
Операционная система	Windows server 2008 Release 2, 64 bit	Windows XP service pack 3
Программное обеспечение	Microsoft SQL Server 2008 Release 2; Net framework 3.5; Hyper-V; Internet Explorer 8 (или выше).	Internet Explorer 8 (или выше)

## 5. Заключение.

Демонстрационная версия учебной ВЛ удаленного доступа исследования биомедицинских изображений была разработана и интегрирована с системой APACS. Сервер для ВЛ, был установлен в офисе предприятия «Элилинк Консалтинг» (Минск), к системе были подключены несколько персональных компьютеров этого предприятия, кафедры ЭВМ БГУИР (Минск). Использовалась база данных медицинских изображений сервера DICOM госпиталя Министерства транспорта (Ханой, Социалистическая Республика Вьетнам). Были протестированы

сервисы ВЛ в части удаленного обучения специалистов. Демо-версия показала, что обучение и педагогический контроль на основе архитектуры СОА в глобальной сети вполне возможен. Скорость соединения и обменов определяется возможностями глобальной связи. Основным преимуществом предлагаемой системы является возможность быстрого масштабирования с подключением к системе новых абонентов и создания новых сервисов на основе уже существующих систем PACS. Препятствием стало использование абонентами различных языков; обучаемые общались на русском, доку-

ментация к изображениям частично была на вьетнамском языке.

В будущем планируется внедрение интегрированной ВЛ с системами PACS во вьетнамских учреждениях здравоохранения, в частности, это госпиталь Министерства транспорта и военный госпиталь № 103. Эти учреждения предоставляют медицинские

изображения в формате DICOM в рамках функционирующих в них систем PACS. Ожидается, что виртуальные лаборатории, интегрированные в систему APACS предоставят возможность широкого использования реальных примеров заболеваний и их диагностирования для обучения удаленных специалистов и студентов.

Литература:

1. Benmohamed, H. Remote Laboratories: New Technology and Standard Based Architecture / H. Benmohamed, A. Leleve, P. Prevot. IEEE Proceedings of International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2004. – P. 1.
2. Лебедева, М.Б. Дистанционные образовательные технологии: проектирование и реализация учебных курсов / М.Б. Лебедева, С.В. Агапонов, М.А. Горюнова, А.Н. Костиков. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. – 336 с.
3. Davoli, F. Remote Instrumentation and Virtual Laboratories: Service Architecture and Networking / F. Davoli, N. Meyer, R. Pugliese, S. Zappatore. – New York: Springer, 2010. – 546 p.
4. Трухин, А.В. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании / А.В. Трухин // Открытое и дистанционное образование. – 2002. – № 4 (8) . – С. 1.
5. MSDN Virtual Labs [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access : <http://msdn.microsoft.com/en-US/aa570323.aspx>.
6. Wolfram training courses [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://www.wolfram.com/training/courses>.
7. Olabbarriaga, S.D. A Virtual Laboratory for Medical Image Analysis / S.D. Olabbarriaga, T. Glatard, P.T. DeBoer // IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. – 2010. – №4. – P. 979–985.
8. Zhao, Z. Scientific workflow management: between generality and applicability / Z. Zhao, A. Belloum, A. Wibisono, F. Terpstra, P.T. DeBoer // IEEE Proceedings of fifth International Conference on Quality Software, 2005. – P. 357–364.
9. Gagliardi, F. EGEE - providing a production quality grid for e-science / F. Gagliardi // Proceedings of the International Conference Local to Global Data Interoperability - Challenges and Technologies, 2005. – P. 89.
10. Jeschke, S. VideoEasel: Architecture of Virtual Laboratories for Mathematics and Natural Sciences / S. Jeschke, T. Richter, R. Seiler // Proceedings of International Conference on Multimedia, Information and Communications Technologies in Education, 2005. – P. 1–5.
11. Orduna, P. Sharing Laboratories across Different Remote Laboratory Systems / P. Orduna. IEEE Proceedings of 12th International Conference on Advanced Learning Technologies, 2012. – P. 493.
12. Thomas, D.A. Grid Architecture / D.A. Thomas. – San Francisco: CRC Press, 2012. – 375 p.
13. Armide, G. Providing Learning Computing Labs using Hosting and Virtualization Technologies / G. Armide, R.G. Carmelo, C. Santiago // IEEE Proceedings of Global Engineering Education Conference, 2011. – P. 445.
14. Marshall, P. Virtual Clusters for Hands-on Linux Cluster Construction Education / P. Marshall, M.D. Oberg, N. Rini, T.R. Voran, M.S. Woitaszek. Proceedings of International Conference on High-Performance Clustered Computing, 2010. – P. 110–120.
15. Pethuru, R. Cloud Enterprise Architecture / R. Pethuru. – Boca Raton: CRC Press, 2012. – 528 p.
16. Fred, W.P. Information management and distribution in a medical picture archive and communication system / W.P. Fred. – Chicago: Illinois, 1992. – 240 p.
17. National Electrical Manufacturers Association // Digital Imaging and Communications. – Washington: ACR-Nema Standards Publication, 1985. – 128 p.
18. Erl, T. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design / T. Erl. – Boston: Prentice Hall, 2005. – 792 p.
19. Mark N. Web Services Security / N. Mark, H.B. Phillip, M.C. Sean, S. Mike, A.W. Paul. – Berkeley: McGraw-Hill, 2012. – 312 p.
20. Matthew, P. Virtualization Essentials / P. Mathew. – Indianapolis: Sybex, 2012. – 304 p.
21. Mitch, T. Understanding Microsoft. Virtualization Essentials / T. Mitch. – Redmond: Microsoft Press, 2010. – 464 p.