



*Антипов Олег Евгеньевич,  
Белов Михаил Александрович,  
Токарева Надежда Александровна*

УДК 004

## АРХИТЕКТУРА ВИРТУАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### Аннотация

Университеты, занимающиеся исследованиями в области ИТ и подготовкой высококвалифицированных ИТ-специалистов, применяют сегодня специализированные программные средства, требующие трудоемких расчетов. Развертывание виртуальной компьютерной лаборатории позволяет существенно снизить издержки на приобретение необходимого оборудования или его модернизацию. Облачные модели позволяют обеспечивать учащихся полным спектром современного программного обеспечения, необходимого для формирования актуальных компетенций выпускника и приравнять дистанционную форму обучения к очной. В Международном университете природы, общества и человека «Дубна» была создана виртуальная компьютерная лаборатория на базе технологии облаков, помогающая решить множество проблем учебного процесса.

**Ключевые слова:** виртуальная компьютерная лаборатория, виртуальный компьютерный класс, технологии виртуализации, облачные вычисления, архитектура программно-аппаратных систем.

Для университета содержание и развитие полноценной компьютерной ИТ-лаборатории – дело хлопотное и недешевое. Это целое помещение, приспособленное к демонстрации студентам ИТ-разработок и исследований, для проведения различных экспериментов с программными продуктами, где установлено достаточное для проведения подобных работ обособленных ПК. Ведь проводить обучающие семинары по установке Unix-подобных систем – дело привычное, но не для компьютерного класса, в который

на следующую пару придут студенты с другого факультета и будут изучать, например, САПР под Windows или заниматься ГИС-моделированием.

Содержать обособленные компьютерные классы под задачи различных факультетов очень дорого для вуза, как и содержание более одной компьютерной лаборатории для проведения различных экспериментов. В итоге зачастую ухудшается качество ИТ-образования, когда преподаватель может «рассказать», а «показать», увы, нет. На помощь вузу пришли технологии виртуализации, позволяющие посредством гипервизоров, установленных на локальных машинах ком-

---

© Антипов О.Е., Белов М.А.,  
Токарева Н.А., 2011.

пьютерного класса, частично решать проблемы, возникающие в учебном процессе.

В процессе решения проблемы качественной подготовки ИТ-специалистов мы столкнулись со следующими особенностями учебного процесса университета:

- Преподаватели ИТ-кафедр предпочитают сами администрировать свои сервера, ИТ-решения и разработки.

- Если университет использует ЦОДы, то они, как правило, стоят удаленно, вне его помещений, что ограничивает исследовательскую деятельность вуза, в том числе и с финансовой стороны.

- В силу инновационной части ПО, исследовательские вузы не в состоянии самостоятельно справиться с задачами комплексного освоения и администрирования таких продуктов. Вузы не имеют средств для приглашения специалистов – разработчиков, поэтому возможности для удаленного решения задач и экспертной поддержки через интернет облегчат внедрение подобного ПО в учебный и исследовательский процессы.

Кроме этого, существует еще одна проблема. На оборудовании образовательного учреждения и домашних компьютерах студентов часто просто невозможно развернуть необходимое системное и прикладное ПО, поскольку:

- стоимость программ оказывается слишком высока для отдельно взятого пользователя, хотя в большинстве случаев лицензия необходима лишь на время учебного процесса;

- аппаратные требования корпоративных программных продуктов, как правило, выходят за рамки типовых компьютеров;

- конфликты с уже установленными домашними развлекательными и познавательными программными продуктами приводят к снижению производительности и комфорта при работе.

Все это затрудняет выполнение учебных работ, курсовых и дипломных проектов, поэтому в учебные процессы Международного университета природы, общества и человека «Дубна» и Национального исследовательского института «Высшая школа экономики» была внедрена виртуальная компьютерная лаборатория, построенная на основе облачных технологий. Разработанный программно-аппаратный комплекс позволил решить все обозначенные выше проблемы, предоставляя по запросу вычислительные ресурсы университета для создания виртуальных серверов, выполнения научно-исследовательских работ, ресурсоемких вычислительных расчетов и заданий, связанных с освоением сложных информационных систем.

Виртуальная компьютерная лаборатория обеспечивает доступ к любым программным приложениям, используемым в учебном процессе университета, без их привычной установки и настройки на клиентском устройстве, что позволило студентам, предпочитающим индивидуальные траектории обучения, по-новому взглянуть на систему заочного и дистанционного образования.

Технологии виртуализации, динамически масштабируемый способ доступа к программным и вычислительным ресурсам в виде сервиса, предоставляемого посредством сети Интернет, при котором учащемуся не требуется никаких специальных знаний о программно-аппаратной инфраструктуре виртуальной компьютерной лаборатории или навыков управления этой технологией, позволяет относить ее к платформам на основе облачных вычислений. Виртуальная компьютерная лаборатория относится к «частным» облакам, поскольку она создана в вузе и предназначена для решения проблем учебного процесса.

Применение облачных технологий в реализации виртуальной компьютерной лабора-

*В виртуальной компьютерной лаборатории используются те же приложения, которые применяются на стационарных рабочих станциях и корпоративных серверах, но доступ к ним осуществляется посредством браузера, сети интернет и современных клиентских устройств, например планшетов, нетбуков и даже смартфонов. Такие возможности для обучения студентов предоставляют облачные модели SaaS и PaaS.*

тории позволило выполнять все технологические задачи (администрирование, актуализация, мониторинг работы компонентов лаборатории) удаленно, выстраивая их в потоки работ, составляющих структуру бизнес-логики учебных и обеспечивающих процессов.

### АРХИТЕКТУРА ВИРТУАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Виртуальная компьютерная лаборатория – это многокомпонентный программно-аппаратный комплекс. Ключевым шагом к его созданию являлась разработка архитектуры виртуальной компьютерной лаборатории, посредством которой возможно определить цели и принцип работы системы, выполняемые ею функции и решаемые задачи, системообразующие компоненты, взаимосвязи и ограничения. Компонентами архитектуры виртуальной компьютерной лаборатории (см. рис. 1), созданной в университете «Дубна», являются:

- интегрированная система управления виртуальной компьютерной лабораторией, объединяющая в себе различные сервисы и подсистемы, а именно: систему управления сетевой файловой системой и образами виртуальных машин; систему консолидированного управления гипервизорами; централизованную систему авторизации и аутентификации; систему управления бесперебойным питанием; систему управления резервным копированием; систему управления виртуальным компьютерным классом; систему управления безопасностью и защитой от несанкционированного доступа; систему проведения видеолекций и мастер-классов; библиотеку интерактивной учебно-методической и технической поддержки; систему совместной работы и взаимодействия участников лаборатории; систему управления дистрибутивами программного обеспечения и лицензиями;
- сервер повышенной надёжности – центр обработки данных (ЦОД) лезвийной архитектуры с возможностью резервирова-

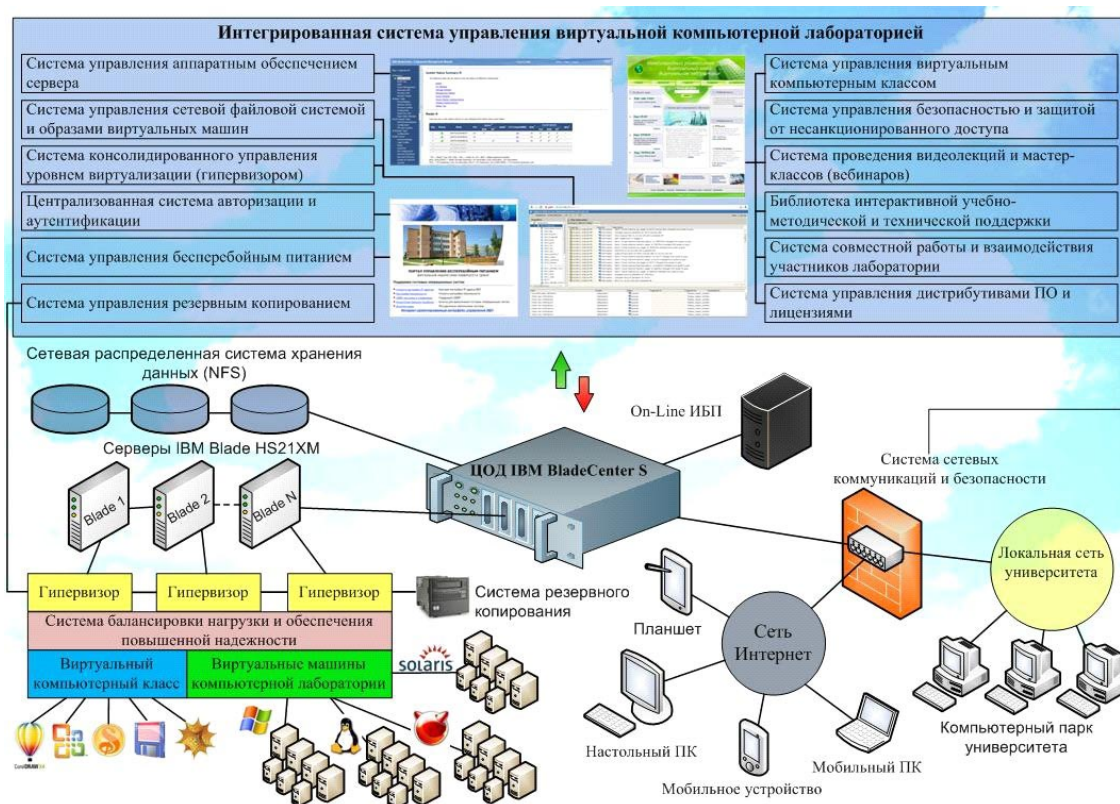


Рис. 1. Архитектура виртуальной компьютерной лаборатории

ния компонентов (включающий обособленные Blade-сервера, RAID-хранилище, систему питания, систему охлаждения и прочее);

- коммуникационные сетевые магистрали;
- систему сетевых коммуникаций и безопасности;
- систему резервированного питания;
- систему резервного копирования;
- систему балансировки нагрузки и обеспечения повышенной надежности;
- гипервизоры;
- виртуальные машины;
- виртуальный компьютерный класс;
- прочее программное обеспечение.

Интегрированная система управления обеспечивает взаимосвязь перечисленных компонентов, предоставляя единый, централизованный интерфейс для доступа ко всем функциональным частям и компонентам виртуальной лаборатории через браузер. Эта система определяет возможности централизованного управления, мониторинга и удаленной работы. За счет семантической разметки страниц она позволяет с какой-либо открытой веб-страницы перейти на связанные с ней страницы, содержащие дополнительные или родственные сведения, а также настройки, необходимые для удобной, продуктивной и интуитивно-понятной работы в системе (см. рис. 1). Интегрированная система управления виртуальной компьютерной лабораторией предоставляет удаленный доступ ко всем подсистемам, в том числе и аппаратным, позволяя администраторам лаборатории удаленно обновлять микропрограммы всех ее компонентов, вплоть до прошивки источника бесперебойного питания. Интегрированная система управления позволяет также удаленно проводить диагностику аппаратных частей виртуальной компьютерной лаборатории, перезагружать их или

даже выключать, что обеспечивает мобильность в управлении и обслуживании всей аппаратной платформы виртуальной компьютерной лаборатории.

Централизованный доступ к программной платформе позволяет загружать и редактировать дистрибутивы программного обеспечения, операционных систем, интерактивных учебников, проводить контроль качества знаний, организовывать вебинары, контролировать усвояемость и успеваемость, формировать индивидуальные траектории обучения. Хотя обычно за это отвечают отдельные, не связанные между собой системы, которые иногда предоставляют только локальные возможности для проведения аналогичных работ.

В лаборатории предусмотрена возможность быстрой профильной адаптации (адаптивное изменение конфигурации компонентов) под конкретную предметную область, что расширяет ее возможности и позволяет применять предоставляемые компонентами лаборатории сервисы в отраслях, не связанных с обучением.

#### **АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА – СЕРДЦЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

В настоящее время для работы с задачами определенного класса существуют заранее известные аппаратные решения. К задачам, решаемым в учебном процессе университета, относятся как сложные, ресурсоемкие вычисления (научные задачи, математическое моделирование, поддержка программных сред для различных программных платформ и систем), так и обслуживание большого числа пользователей. Небольшие университеты, как правило, не имеют ресурсов для оборудования специальных серверных помещений и средств для развертыва-

*Одно из достоинств виртуальной компьютерной лаборатории на основе технологии облачных вычислений, внедренной в учебный процесс университетов, – отсутствие ограничений на установку студентами или преподавателями той или иной программной платформы или продукта на свою виртуальную машину. Студенты или преподаватели теперь могут вести свою научно-исследовательскую деятельность и принимать участие в образовательном процессе удаленно, находясь дома или даже в командировке.*



ния мэйнфреймов или кластерных решений и их дальнейшего обслуживания. Остановка мэйнфрейма или кластера коренным образом скажется на спецкурсах, программа которых связана с серверами университета.

Использование серверной платформы блейд-архитектуры в качестве аппаратной платформы виртуальной компьютерной лаборатории позволило не только обслуживать систему в «горячем режиме», без последствий для учебного процесса, но и устанавливать несколько гипервизоров, ориентируя каждый блейд-сервер на решение конкретных задач. Например, один из наших блейд-серверов ориентирован на работу с виртуальным компьютерным классом на базе Citrix XenApp, дидактическими и интерактивными учебными материалами, видеуроками и вебинарами. В то время как другой блейд-сервер отвечает за научно-исследовательские работы, совмещая одновременно множество различных проприетарных и свободно распространяемых платформ (Windows, Unix, Linux, FreeBSD, Solaris, MacOS) и их приложений на созданных виртуальных машинах.

### ВИРТУАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ КЛАСС

Виртуальный компьютерный класс представлен одной из виртуальных машин лаборатории, к которой предоставлен доступ из внешней сети. Благодаря Citrix XenApp – основе виртуального компьютерного класса, пользователи имеют возможность использовать единый, эталонный образ каждого программного приложения, используемого в университете, как проприетарного, так

и свободно-распространяемого. Такое приложение является стандартным и не отличается от привычного пользователю ОС Windows, но за счет ресурсов виртуальной компьютерной лаборатории оно предоставляется на всевозможные ОС для использования в online или offline режимах.

Внедренный виртуальный компьютерный класс предоставляет более упрощенную схему работы для пользователей. Пользователям нет необходимости создавать виртуальные машины, как это делается в виртуальной компьютерной лаборатории, устанавливать операционные системы и прикладное программное обеспечение на них, сталкиваться с возможными ошибками и проблемами совместимости при установке таких приложений на рабочие и домашние персональные компьютеры. Для учащихся и преподавателей виртуальный компьютерный класс – это виртуальный аналог привычного им компьютерного класса с неоспоримыми достоинствами, предоставляющий университету возможность организовать учебный процесс для студентов любой формы обучения, основываясь на одной, а не десятках проприетарных лицензий для программного продукта, не требуя обновления компьютерного парка в университете и наличия мощных персональных рабочих станций у сотрудников университета и студентов. Это стало возможно благодаря тому, что все вычисления происходят в «облаке».

### БЕСПЕРЕБОЙНЫЙ ДОСТУП К РЕСУРСАМ

Специфика работы служб информационного обеспечения университетов такова, что

*Исходя из описанных возможностей, определение виртуальной компьютерной лаборатории можно сформулировать следующим образом: виртуальная компьютерная лаборатория – это технология, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как интернет-сервис, позволяющий производить удаленную совместную работу с распределёнными ресурсами лаборатории, при этом не исключая возможности централизованного управления силами учебного заведения.*

*Виртуальный компьютерный класс как часть лаборатории – это комплекс программно-аппаратных средств, основанный на технологиях виртуализации, позволяющий проводить дистанционное обучение и осуществлять комплексную доставку приложений учащимся.*

организовать круглосуточное наблюдение и круглосуточную техническую поддержку программно-аппаратной платформы невозможно, однако перебои в доступе к вычислительным ресурсам университета и виртуальной компьютерной лаборатории недопустимы – это может сказаться на учебном процессе для студентов всех форм обучения. Поэтому возникла необходимость в создании мобильных групп поддержки, состоящих из магистров, аспирантов, лаборантов и даже преподавателей, обладающих возможностью дистанционного управления системой в случае нештатных ситуаций. Такой подход позволил не только оперативно справляться с нештатными ситуациями, но и накапливать необходимый практический опыт, прививать учащимся, задействованным в процессе сопровождения системы, навыки технической работы, опыт администрирования и такие качества, как обязательность, самостоятельность, инициативность и оперативность.

В процессе решения задачи обеспечения виртуальной компьютерной лаборатории резервированным питанием и последующего проектирования архитектуры системы управления бесперебойным питанием был проведен анализ рынка источников бесперебойного питания (ИБП). В результате анализа было выявлено, что для оснащения небольшого ЦОД, такого, как аппаратная платформа виртуальной компьютерной лаборатории, не требуются какие-то особые средства бесперебойного электропитания, поскольку характеристики современных ИБП общего назначения вполне соответствуют требованиям такой вычислительной платформы. Также было выяснено, что большинство ИБП общего назначения не предназначено для управления серверами Blade-архитектуры, поскольку через стандартный порт USB или COM невозможно одновременно послать сигнал выключения на все сервера «лезвия» (так как они не имеют коммуникационных портов), дисковую подсистему RAID, а также виртуальные машины. Тем более невозможно интегрировать сопутствующее таким ИБП программное обеспечение

в интегрированную систему управления виртуальной компьютерной лабораторией.

Поскольку главной особенностью разработанной виртуальной компьютерной лаборатории, предоставляющей работу в «облаке», является возможность доступа ко всей функциональной части посредством интернет-браузера, программное обеспечение в выбранном под нужды виртуальной лаборатории ИБП имеет открытый код. Это обеспечивает возможность доработки кода с целью интеграции в систему управления виртуальной компьютерной лабораторией.

Исходя из описанной выше специфики «облачной» концепции управления виртуальной лабораторией, удаленному пользователю предоставляются программные агенты, взаимодействующие с модулем сетевого управления ИБП для дистанционного выключения виртуальных машин. Такое решение позволяет сформировать систему приоритетов и организует надежное функционирование как самих «лезвий» и установленных на них гипервизоров, обеспечивающих базовый функционал платформы, так и всех виртуальных машин.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение еще раз остановимся на ключевых особенностях разработанной архитектуры виртуальной компьютерной лаборатории на основе технологий облачных вычислений.

1. Интернет-ориентированный доступ к ресурсам лаборатории, централизованная система управления всеми подсистемами и программно-аппаратными компонентами на основе интегрированной системы управления.

2. Высокая вычислительная и пропускная способность компонентов аппаратной платформы, благодаря применению серверов лезвийной архитектуры и специализированной системы хранения данных.

3. Достаточная компактность системы и относительная неприхотливость к условиям функционирования.

4. Резервирование данных и всех жизненно важных компонентов системы.

5. Масштабирование и сервисное обслуживание в «горячем режиме».

6. Открытое платформуобразующее программное обеспечение.

7. Динамически масштабируемый способ доступа к программным и вычислительным ресурсам университета в виде сервиса.

Основные особенности, обуславливающие высокие требования к аппаратному обеспечению виртуальной компьютерной лаборатории и ресурсам сети, – это и большое количество одновременно работающих в виртуальной среде клиентов, и необходимость наличия свободных системных ресурсов, которые могут быть динамически задействованы в горячем режиме по требованию.

Резервирование данных и всех компонентов программно-аппаратной платформы обеспечивает бесперебойную работу всей системы и позволяет проводить моментальную замену неисправного оборудования. Резервирование питания, разработанная система удаленного управления бесперебойным питанием и отработанные алгоритмы корректного завершения работы помогают предотвратить сбои, вызванные ошибками файловой системы в случае некорректного завершения работы функционирующего ги-

первизора и всех работающих виртуальных машин.

Применение открытого программного обеспечения позволяет совершенствовать, актуализировать, а также интегрировать виртуальную компьютерную лабораторию с другими системами, применяемыми в учебном процессе.

Интернет-ориентированный подход и разработанная интегрированная система управления виртуальной компьютерной лабораторией позволяют не только дистанционно пользоваться ресурсами лаборатории, но и удаленно управлять всеми аппаратными и программными компонентами лаборатории, выполнять настройку и необходимые обновления.

Внедрение виртуальной компьютерной лаборатории в учебный процесс образовательных учреждений, ведение спецкурсов с ее применением и освоение корпоративных и иных информационных систем позволит учащимся накапливать необходимый практический опыт для отраслевых знаний, работы с виртуальными ресурсами, вплоть до создания частных «облачных» решений на предприятии. Это значительно повысит конкурентоспособность выпускников, так необходимых сегодня ИТ-отрасли.

## Литература

1. Черняк Л. Интеграция – основа облака // Открытые системы, 2011. № 7.
2. Дубова Н. Учиться в облаках // Открытые системы, 2011. № 9.
3. Антипов О.Е., Белов М.А., Бугров А.Н. Создание и опыт эксплуатации виртуального компьютерного класса как компонента виртуальной компьютерной лаборатории, основанной на ЦОД с применением серверов лезвийной архитектуры // Наука в современном мире: материалы IV Международной научно-практической конференции. Сборник научных трудов / Под ред. д. пед. н., проф. Г.Ф. Гребенцова. М: Издательство «Спутник+», 2011.
4. Антипов О.Е. Опыт создания интернет-ориентированной системы управления бесперебойным питанием виртуальной компьютерной лаборатории на основе технологии облачных вычислений // Техника и технология, 2011. № 2.
5. Антипов О.Е., Белов М.А. Разработка и внедрение программно-аппаратной платформы виртуальной компьютерной лаборатории в образовательный процесс высшей школы // Наука и современность – 2010: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Часть 2. / Под. общ. редакцией С.С. Чернова. Новосибирск: Издательство НГТУ, 2010.

## Abstract

Nowadays universities, which engaged in research in the field of IT and training of highly qualified IT professionals, use specialized software, requiring time-consuming calculations.

Deploying a virtual computer lab can significantly reduce costs for the purchase of necessary equipment or its upgrading. Cloud computing models allow students to provide a full range of modern software, which required for the formation of actual graduate competencies and it equate distance learning to full-time education. A virtual computer lab based on cloud computing technologies was created into The International University of Nature, Society and Man "Dubna". It is helping to solve many problems of the educational process.

**Keywords:** virtual computer lab, virtual computer classroom, virtualization technology, cloud computing, the architecture of software and hardware systems.

*Антипов Олег Евгеньевич,  
аспирант Института системного  
анализа и управления  
Международного университета  
природы, общества и человека  
«Дубна» (ИСАиУ университета  
«Дубна»),  
antipov@uni-dubna.ru,*

*Белов Михаил Александрович,  
кандидат технических наук,  
доцент ИСАиУ университета  
«Дубна»,  
belov@uni-dubna.ru*

*Токарева Надежда Александровна,  
кандидат физико-математических  
наук, доцент ИСАиУ, заведующая  
кафедрой информационных  
технологий университета «Дубна»,  
tokareva@uni-dubna.ru*

© Наши авторы, 2011.  
Our authors, 2011.