

Шухман А.Е., Болодурина И.П., Полежаев П.Н., Ушаков Ю.А., Легашев Л.В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

СОЗДАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ДОСТУПА К ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММНЫМ ПРОДУКТАМ НА БАЗЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ*

АННОТАЦИЯ

Статья описывает концепцию и реализацию регионального центра коллективного доступа к образовательным программным продуктам на базе облачных технологий (РКЦД). Учащиеся получают доступ через Интернет к виртуальному рабочему столу с установленным программным обеспечением. Разработанный сервис предоставляется по облачному принципу и экономически выгоден для образовательных учреждений, которым не требуется обновлять компьютерное оборудование и закупать дорогостоящее программное обеспечение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Облачные вычисления; удаленный доступ к программному обеспечению; коллективное использование программного обеспечения; информационные технологии в образовании.

**Alexander Shukhman, Irina Bolodurina, Peter Polezhaev, Yury Ushakov,
Leonid Legashev**

Orenburg State University, Orenburg, Russia

CREATION OF REGIONAL CENTER FOR SHARED ACCESS TO EDUCATIONAL SOFTWARE BASED ON CLOUD TECHNOLOGY

ABSTRACT

The paper describes the concept and implementation of regional center for shared access to educational software based on cloud technology (RCSA). Students are provided the access via Internet to remote desktop with needed software. Developed service is provided as cloud DAAS. This service is profitable for educational institutions due to they are no need to update hardware and to buy software.

KEYWORDS

Cloud computing; remote access to software; shared use of software; IT in education.

В современных тяжелых экономических условиях из-за серьезного повышения цен на компьютерную технику и недостаточного финансирования организаций общего образования темпы обновления школьного парка компьютеров являются очень низкими. Так в Оренбургской области за 2012 год обновлено всего 5,7% от общего количества компьютеров. При сохранении порядка финансирования для полного обновления компьютеров потребуется 17,5 лет. При этом в современных условиях срок службы персонального компьютера до морального устаревания составляет 5 лет. Таким образом, при сохранении традиционной ориентации школ на использование собственных вычислительных ресурсов необходимо увеличение финансирования как минимум в 3,5 раза.

Другой проблемой информатизации общего образования является недостаточный уровень оснащения школ платными программными продуктами в связи с высокой стоимостью лицензий. Покупка платных лицензий экономически необоснованно, поскольку специализированные программные продукты (например, графические редакторы Adobe) используются лишь небольшую долю от общего времени эксплуатации компьютеров в учебном процессе.

Чаще всего, в системе общего образования предполагается использование открытых бесплатных программных продуктов для операционной системы Linux. Однако администрирование

* Труды XI Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование» (SITITO'2016), Москва, Россия, 25-26 ноября, 2016

Linux довольно трудоемко, требует высокой квалификации технического персонала. Кроме того, открытые продукты обычно обладают урезанным функционалом или не удовлетворяют приемлемому уровню качества.

Таким образом, традиционная схема использования программных продуктов приводит к риску снижения уровня информатизации общего образования, ухудшению качества подготовки школьников в области современных информационных технологий.

Решением проблемы может стать использование облачных технологий, предполагающих виртуализацию и перенос вычислительных ресурсов в центры обработки данных поставщиков облачных услуг. Облачная система может работать на основе механизма DaaS (Desktop as a Service, рабочий стол в качестве сервиса), направленного на предоставление каждому учащемуся виртуальной машины и виртуального окружения (виртуального рабочего стола) со всем необходимым для обучения установленным программным обеспечением. Доступ к виртуальному окружению осуществляется учащимися удаленно с использованием компьютеров образовательных организаций (которые могут иметь устаревшую конфигурацию) или мобильных устройств (ноутбуков, планшетных компьютеров, смартфонов). Однако в этом случае организация также должна закупить или арендовать необходимое программное обеспечение.

Альтернативный механизм предполагает предоставление удаленного доступа к конкретному программному продукту с использованием модели SaaS (Software as a Service). К сожалению, наиболее популярные SaaS-службы Microsoft Office 365 и Google Apps предоставляются зарубежными компаниями, что в перспективе может привести к проблемам доступа и входит в противоречие со стратегией импортозамещения.

Для сокращения издержек наиболее выгодно организовать совместное использование всеми образовательными организациями региона типовых программных конфигураций, включающих лицензии на платные продукты. При этом виртуальные ресурсы для запуска конфигураций также проще арендовать у облачных провайдеров. Однако в настоящее время отсутствуют разработки централизованных систем управления облачными ресурсами, которые учитывали бы специфику работы образовательных организаций – периодичность расписаний, наличие времени начала и окончания использования виртуальных машин во время занятий (с учетом поурочных планов), ограничения плавающих лицензий. Поэтому разрабатываемые решения будут иметь принципиальную новизну в сравнении с существующими разработками.

Рассмотрим существующие решения для образовательных целей, использующие облачные технологии для предоставления удаленного доступа к виртуальным окружениям и ПО.

Национальный исследовательский университет ЮУрГУ разработал облачную образовательную платформу «Персональный виртуальный компьютер» [1]. Данный проект реализует механизм EaaS (Education as a Service) и представляет собой электронный образовательный ресурс, доступ к которому осуществляется удаленно с устройства пользователя. Доступ к виртуальным рабочим столам происходит на базе готового решения посредством платного импортного программного обеспечения Citrix Xen Desktop, имеющего значительную стоимость и не позволяющего контролировать ограничения плавающих лицензий.

В статье [2] Bo Wang и HongYu Xing описаны приложения облачных вычислений в системе образования Китая. Реализация механизма SaaS (Software as a Service), при использовании облачных приложений Google Apps и Zoho Office, позволяет учащимся получать доступ к офисным пакетам, библиотекам и облачным ресурсам с персонального компьютера, на котором установлена операционная система Linux и браузер Firefox. Указанное программное обеспечение относится к открытому ПО, следовательно, образовательной организации не надо беспокоиться об установке платного программного обеспечения, обеспечивать поддержку и обновление ПО, а также своевременно закупать дорогостоящее оборудование. Предложенная система не позволяет получать удаленный доступ к обычным настольным приложениям, не адаптированным под облачные модели, и их лицензионные ограничения.

Статья [3] Shinichiro Kibe, Teruaki Kouyama и Minoru Uehara предлагает два вида реализации схемы DaaS (Desktop as a Service) – удаленный рабочий стол для одного или группы пользователей. Разработанные авторами статьи продукты поддерживают различные операционные системы (CentOS, Ubuntu, Windows и MacOSX). При увеличении количества пользователей возрастает нагрузка на облачную систему. Для решения этой проблемы авторы предложили ограничения по ролям для удаленных рабочих столов и сессионные ограничения на использование таких рабочих столов. В дальнейшем авторы планируют описать подходы, которые позволят снизить стоимость использования образовательного облака при увеличении числа активных пользователей. В отличие от решений авторов статьи, в рамках нашего проекта предлагаются разработки по эффективному распределению нагрузки пользователей на виртуальные машины, а также

поддержка плавающих лицензий.

Совершенно другой подход предложен Justin Cappos, Ivan Beschastnikh, Arvind Krishnamurthy и Tom Anderson в статье [4]. Здесь описывается разработанная облачная вычислительная образовательная платформа Seattle. Данная платформа зависит от ресурсов, которыми поделился пользователь программного обеспечения. Он имеет возможность установить Seattle на свой персональный компьютер и использовать программное обеспечение этой платформы, задействуя часть вычислительных ресурсов компьютера с возможностью выполнения программ других пользователей в песочницах.

Идея использования обычных компьютеров, вместо высокопроизводительных серверов, для построения облачных образовательных систем представлена в работах [5-6]. Основной недостаток [5] – низкая производительность, в том числе подсистемы ввода/вывода, связанная с доступом к дисковым образам виртуальных машин.

В работе [7] предлагается использовать ресурсы провайдеров облачных услуг для создания образовательных облаков нескольких высших учебных заведений. Авторы рассматривают только услуги IaaS, PaaS и SaaS, отставив за рамками предоставление услуги рабочего стола в качестве сервиса – DaaS-услуг (Desktop as a Service), кроме того, они не описывают никаких деталей возможной реализации.

Ранее нами были разработаны [8-10] концепция региональных образовательных ресурсных центров на базе облачных центров обработки данных, эффективные алгоритмы планирования виртуальных машин и виртуальных окружений учащихся. Разработка предполагает развертывание собственного центра обработки данных (ЦОД) с программно-конфигурируемой сетью, что является не очень эффективным решением в экономическом плане, т.к. потребуются значительные затраты на закупку, настройку, обновление оборудования. Также часть ресурсов, например, по ночам, когда нет занятий или в выходные дни, будет простаивать, что отрицательно скажется на стоимости владения ЦОД.

Более эффективное решение предлагается в рамках данного проекта – использование ресурсов одного из существующих отечественных облачных провайдеров, предлагающих гибкую систему оплаты. В этом случае оплачиваются только реально потребляемые виртуальными машинами ресурсы процессоров, оперативной и дисковой памяти, СХД, сетевого трафика, что приводит к значительной экономии. При использовании сторонних облачных провайдеров, в отличие от собственного ЦОД, задача планирования виртуальных машин принимает новую форму – теперь ресурсные ограничения не учитываются, а принимаются во внимание только ограничения плавающих лицензий ПО и поурочных планов предметов, преподаваемых в образовательных организациях.

Отечественные провайдеры облачных DaaS-услуг (Desktop as a Service, рабочий стол в качестве сервиса) не позволяют гибко управлять набором ПО, разворачиваемом в виртуальных машинах виртуальных классов, а также не предоставляют возможность планировать запуск и остановку виртуальных окружений по расписанию. Поэтому наиболее адекватным решением является использование ресурсов отечественных провайдеров IaaS-услуг (например, Active Cloud, RTCLOUD), поверх которых реализуются собственные DaaS-услуги. С целью балансировки нагрузки и повышения отказоустойчивости РЦКД может использовать ресурсы нескольких провайдеров.

Основными пользователями системы являются:

- а) учащиеся, осуществляющие подключение к виртуальным машинам виртуальных классов и работу с виртуальными окружениями, которые содержат платное и бесплатное ПО для уроков;
- б) администраторы образовательных организаций, отвечающие за создание и конфигурирование виртуальных классов (указание предметов и поурочных планов с необходимым ПО), составление расписания их работы, создание профилей учащихся;
- в) глобальный администратор системы, решающий задачи на уровне всего РЦКД, включая: управление учетными записями, лицензиями, образами, дисками, сервисами и их обслуживанием.

Виртуальный класс представляет собой группу виртуальных машин, запущенных в них служб терминалов/контейнеров, которые реализуют необходимое виртуальное окружение, содержащее ПО и материалы для учебных занятий. Доступ к виртуальному классу осуществляется удаленно через сеть Интернет с физических компьютеров учащихся или школьных классов.

Для каждого виртуального класса задается список предметов, для которых он используется. В свою очередь, для каждого предмета определяется поурочный план, в котором для каждого урока задан список необходимого программного обеспечения. Также известен максимальный размер виртуального класса.

При создании виртуального класса администратором образовательной организации он выбирает базовый дисковый образ (с одной из версий ОС Windows или с дистрибутивом Linux) и

отмечает на портале самообслуживания список необходимого программного обеспечения, которое должно быть доступно в виртуальных окружениях учащихся. Далее формируется дисковый образ виртуального класса на основе базового образа с автоматической установкой необходимого ПО.

В рамках данного проекта предлагается следующая структура РЦКД (рис. 1).

Все виртуальные узлы системы делятся на служебные, работающие всегда (или только в рабочее время, для экономии) и рабочие, запускаемые из заранее подготовленных образов по расписанию. К группе служебных узлов относятся виртуальные машины (виртуальные сервера):

а) Виртуальный сервер доступа – предоставляет портал самообслуживания, через который пользователи взаимодействуют с РЦКД. Поддерживает протокол SSL для безопасного подключения через VNC или RDP туннели к виртуальным машинам виртуальных классов, а также использует обратный прокси-сервис nginx для доступа к ним и распределения нагрузки на экземпляры служебных узлов.

б) Виртуальный сервер обслуживания системы – осуществляет составление расписания запуска виртуальных машин виртуальных классов в соответствии с пожеланиями образовательных организаций и лицензионными ограничениями на используемое ПО. Согласно расписанию, перед началом каждого урока виртуального класса, он использует конфигурацию (шаблон) виртуальных машин и дисковый образ, созданные администратором образовательного учреждения, и запускает нужное количество виртуальных машин. По окончании занятия он их останавливает.

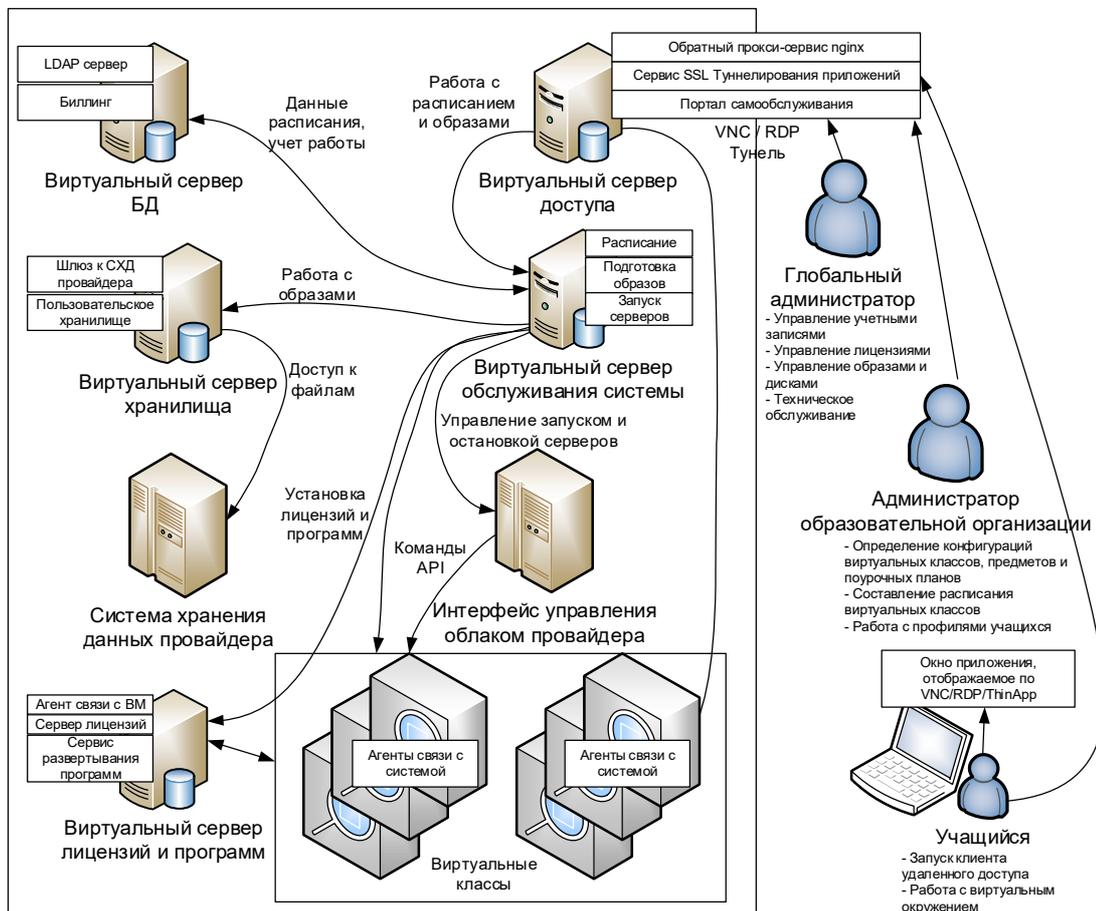


Рис.1. Общая структура РЦКД

Для реализации данных функций сервер взаимодействует с интерфейсом управления облаком провайдера, но не напрямую, а используя собственный промежуточный API. Это позволяет не привязываться к специфичному API провайдеров облачных услуг, также дает возможность использовать одновременно различных провайдеров с отличающимся API (в этом случае под каждого провайдера реализуется отдельный промежуточный API с общим интерфейсом, при этом остальные программные модули РЦКД не меняются). Виртуальный сервер обслуживания системы также взаимодействует с виртуальным сервером лицензий и программ с целью первоначальной подготовки необходимых дисковых образов.

в) Виртуальный сервер БД – хранит все информацию, относящуюся к РЦКД. В частности,

здесь сохраняется текущее расписание, информация об учете использования ресурсов (биллинг), сведения службы каталогов LDAP, используемые для авторизации пользователей в РЦКД и проверки их прав доступа к различным компонентам системы.

г) Виртуальный сервер хранилища – предоставляет собственное пользовательское хранилище данных, а также шлюз доступа к СХД провайдера (через промежуточный API). Оно используется для хранения дисковых образов виртуальных машин классов, а также для виртуальных дисков с данными пользователей (подключаются вторыми дисками в виртуальные машины классов).

д) Виртуальный сервер лицензий и программ – содержит сервер лицензий, который управляет активацией лицензий, а также сервисами плавающих лицензий для конкретных программ. Он также содержит сервис развертывания программ, который используется для автоматической установки программ на дисковые образы при создании или изменении конфигурации виртуального класса администратором образовательной организации. Для этой цели сервис запускает виртуальную машину на основе выбранного базового образа, затем используя SCM-систему (Software Configuration Manager), автоматически устанавливает все ПО, выбранное администратором на портале самообслуживания РЦКД, а затем сохраняет изменения в дисковый образ, общий для виртуального класса.

К рабочим виртуальным узлам относятся виртуальные классы, которые представляют собой группы виртуальных машин с виртуальным окружением, включающим необходимые для образовательного процесса программы и материалы. Также имеются агенты связи с системой, используемые для автоматического развертывания ПО, мониторинга загруженности вычислительных ресурсов и контроля соблюдения ограничений.

Описанная общая структура РЦКД может быть охарактеризована следующим образом:

- виртуальные служебные узлы работают независимо от типа виртуализации и облачного гипервизора (для повышения переносимости);
- у каждого виртуального служебного узла может быть несколько экземпляров с целью обеспечения эффективности их работы;
- виртуальные служебные узлы поддерживают синхронизацию с виртуальным сервером обслуживания системы независимо от его физического месторасположения, используя имя DNS;
- вся информация о расположении и параметрах узлов, расписании запуска, состоянии задач, образов и дисков содержится в базе данных, которая реализована в виде отдельного виртуального сервера с целью повышения масштабируемости и надежности;
- точкой входа в систему является виртуальный сервер доступа, выполняющий две основные функции – реализацию портала самообслуживания и реализацию сервера доступа пользователей к протоколам удаленного рабочего стола через Web-шлюз;
- для реализации лицензионных ограничений предназначен виртуальный сервер лицензирования, использующийся для активации преднастроенных образов операционных систем и программного обеспечения (включая плавающие лицензии);
- для слежения за загрузкой системы, соблюдением правил лицензирования и ограничений провайдера на каждой запущенной виртуальной машине работает агент управления в виде отдельной программы, связывающейся с сервером обслуживания и сервером лицензирования;
- доступ к программному обеспечению пользователи получают через протоколы удаленного рабочего стола (VNC, RDP, X11);
- программный или браузерный клиент доступа к удаленному приложению перенаправляются перенаправляются на экземпляр виртуальной машины, ассоциированный с текущим расписанием клиента.

На рисунке 2 показана схема доступа клиентов к облачным приложениям. С помощью специального приложения или браузера клиент подключается к обратному прокси-сервису nginx, который перенаправляет запрос в зависимости от его типа либо на портал самообслуживания, либо на NoVNC-шлюз, который позволяет по протоколу HTTPS передавать полноценный удаленный экран VNC, RDP и X11. Выбор на какой именно сервер перенаправить конкретного клиента определяется составленным расписанием. Эти сведения хранятся в базе данных.

На самих рабочих серверах установлены VNC сервера, позволяющие работать с фрейм-буфером и транслировать только одно окно приложения. Это дает возможность однооконным приложениям работать с несколькими пользователями на одном сервере практически без увеличения накладных расходов.

Поскольку данная система должна обладать высокой производительностью в пиковые часы и экономить ресурсы во время простоя экземпляры виртуальных машин запускаются только по расписанию, составленному на основе заявок администраторов образовательных организаций

(например, учителей информатики).

В рамках проекта созданы алгоритмы планирования уроков виртуальных классов на основе интеллектуальных методов: генетических алгоритмов и имитации отжига [11-12], которые могут:

- составлять расписание работы виртуальных классов с учетом времени начала и окончания отдельных уроков в образовательных организациях и пожеланий преподавателей, ведущих предметы с использованием данных классов;

- учитывать лицензионные ограничения на ПО, одновременно используемое при проведении уроков в нескольких виртуальных классах различных образовательных организаций (максимальное количество одновременно работающих экземпляров ПО при плавающих лицензиях, а также обычные лицензии).

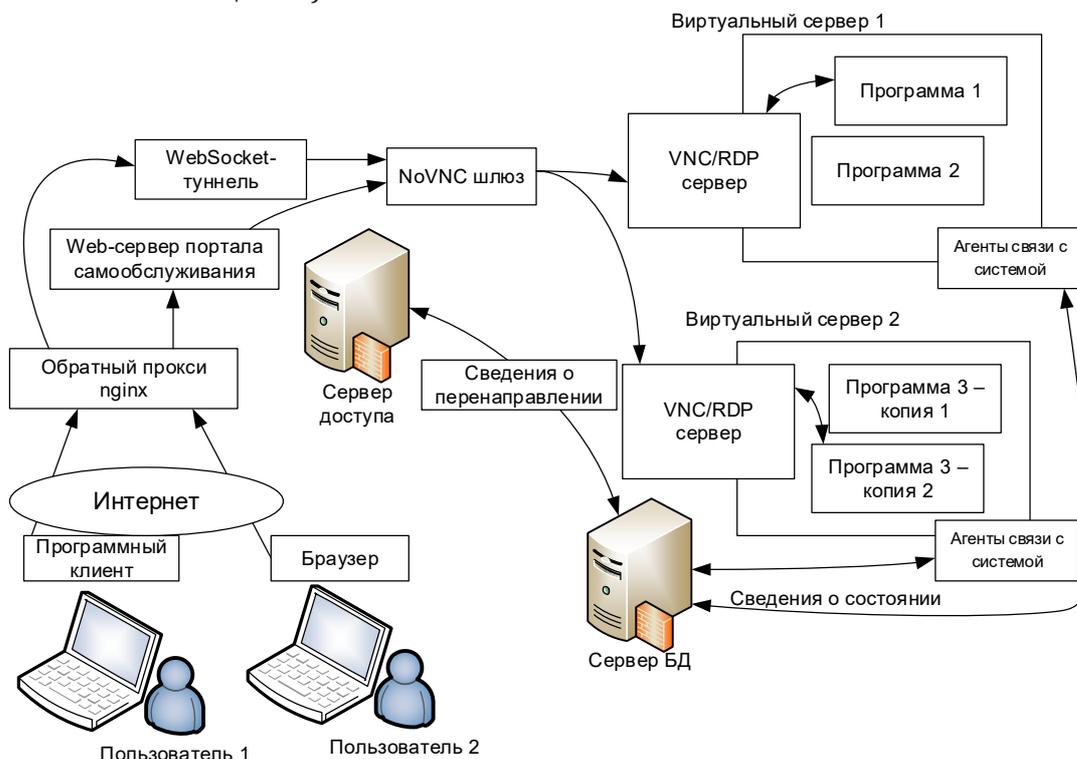


Рис.2. Схема подключения пользователей РЦКД

Пример составленного расписания работы РЦКД на рисунке 3. Здесь каждый пользователь подключается к своей виртуальной машине, которая предоставляется только ему на время урока.

Основная ось показывает время, на ней отмечены временные промежутки – интервалы времени, когда проводятся уроки. В пределах полосы каждого интервала времени возможно проведение нескольких уроков разными образовательными организациями. При этом для каждого урока может требоваться различное количество виртуальных машин, также в соответствии с темой урока указывается ПО, которое будет использоваться (возможно указание нескольких программ). Согласно указанному ПО под каждый урок автоматически подбирается наиболее оптимальная конфигурация виртуальной машины в соответствии с требованиями ПО (по процессору, оперативной памяти, жесткому диску), что позволяет оптимизировать расходы на оплату ресурсов провайдеров облачных услуг.

В каждый момент времени контролируется соблюдение лицензионных ограничений платного ПО, в частности, ограничения по максимальному количеству экземпляров одновременно работающих программ при использовании плавающих лицензий.

Пунктирной линией показан график средней загруженности процессоров виртуальных машин. При описанном подходе, когда на одну виртуальную машину приходится один пользователь, процессор виртуальной машины будет загружаться время от времени и в основном также простаивать. Поэтому в дальнейшем мы предлагаем использовать технологии серверов терминалов/контейнеров, которые позволяют на одной виртуальной машине запускать одновременно программы различных пользователей. Это повысит загруженность вычислительных ресурсов, и снизит расходы перед облачным провайдером.

С целью защиты информации в РЦКД необходима разработана технология, которая

учитывает специфику работы РЦКД:

- а) функционирование в публичных облачных системах одного или нескольких облачных провайдеров;
- б) наличие множества подключающихся удаленно не квалифицированных пользователей;
- в) совместное использование ресурсов виртуальных машин несколькими пользователями через службу терминалов или контейнеры;
- г) наличие доступа пользователей к Интернет из виртуальных машин.

Возможные цели потенциальных атакующих:

- а) использование ресурсов РЦКД в своих целях – для организации ботнетов, спам-сервисов, анонимных прокси-сервисов, хранения нелегитимной информации и пр.;
- б) кража лицензий на ПО;
- в) блокировка работы РЦКД в собственных целях.

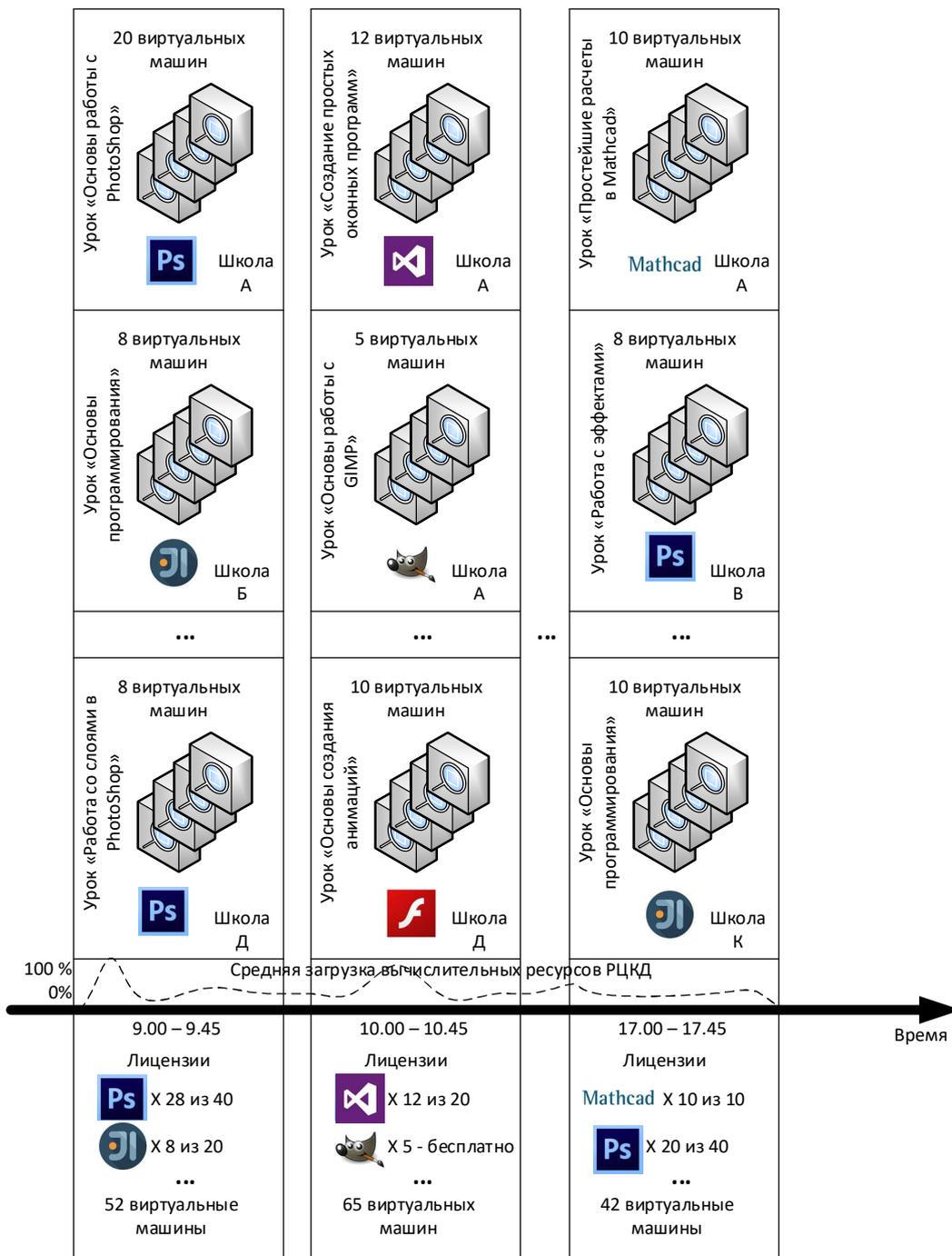


Рис.3. Расписание работы РЦКД на один день

Также имеется высокая вероятность заражения виртуальных машин компьютерными вирусами, возможны хулиганские действия самих пользователей.

Планируется разработать систему защиты информации РЦКД, включающую систему SIEM (Security Information and Event Management – Управление информацией и событиями безопасности), которая агрегирует информацию из разных источников и на основе статистического анализа или использования сигнатурных правил выявляет потенциальные угрозы и атаки. Система SIEM подключается к следующим источникам (средствам защиты РЦКД): антивирусы, DLP (Data Link Prevention – системы предотвращения утечек конфиденциальной информации), IDS (Intrusion Detection System – системы обнаружения вторжений), межсетевые экраны, журналы работы облачных сервисов, гипервизоров виртуальных машин, ОС и программ внутри виртуальных машин, сведения о загруженности вычислительных ресурсов. Для системы SIEM будут использованы стандартные средства превентивной защиты – блокировка трафика на межсетевом экране, оповещение администратора, а также разработаны собственные, учитывающие специфику РЦКД – например, изоляция и остановка подозрительных виртуальных машин, отключение синхронизации между виртуальными ЦОД РЦКД, размещенными у разных провайдеров, в случае взлома одного из них и др.

Предусмотрено активное использование криптографических средств защиты информации:

- а) шифрование сведений в БД РЦКД – применение симметричных алгоритмов;
- б) шифрование информации пользователей, передаваемой через Интернет – применение защищенных протоколов SSL/TLS;
- в) шифрование информации, передаваемой между виртуальными ЦОД РЦКД – организация VPN-соединений.

Отказоустойчивость системы может быть обеспечена за счет использования нескольких виртуальных ЦОД РЦКД, размещаемых у различных провайдеров, а также за счет стандартных механизмов облачных систем.

Важной особенностью проекта является предоставление учителям готовых конфигураций виртуальных машин со всем необходимым программным обеспечением, рекомендуемым в учебно-методических комплексах по школьным предметам. В рамках проекта разработаны типовые конфигурации для изучения предмета «Информатика» в 7-11 классах на основе рекомендованных Министерством образования и науки РФ учебников, входящих в федеральный перечень.

Таким образом, широкое внедрение единого регионального центра коллективного доступа к образовательным программным продуктам на базе облачных технологий будет иметь значительный социальный эффект – обеспечит удаленный доступ через интернет всем учащимся школ Оренбургской области к практически любому ПО, необходимому в учебном процессе, что положительным образом скажется на качестве образования. Использование ресурсов российских провайдеров облачных услуг – важный шаг в сторону импортозамещения ПО в системе образования.

Региональный центр коллективного доступа к образовательным программным продуктам позволит значительно снизить затраты школ и Министерства образования на закупку и установку импортных компьютеров и платных программных продуктов. Централизованное администрирование центра обеспечит его надежную и бесперебойную работу, значительно сократит затраты на обслуживание школьных компьютерных классов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования Оренбургской области (грант № 37 от 30 июня 2016 г.), РФФИ (проекты № 16-07-01004, 16-47-560335), Президента Российской Федерации, стипендии для молодых ученых и аспирантов (СП-2179.2015.5).

Литература

1. Костенецкий П.С., Семёнов А.И., Соколинский Л.Б. Создание образовательной платформы "Персональный виртуальный компьютер" на базе облачных вычислений // Научный сервис в сети Интернет: экзафлопное будущее: Труды международной научной конференции (19-24 сентября 2011 г., г. Новороссийск). М.: Изд-во МГУ – 2011. – С. 374-377.
2. Bo Wang, HongYu Xing The Application of Cloud Computing in Education Informatization // IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science – 2011. – P. 2673-2676.
3. Shinichiro Kibe, Teruaki Koyama, Minoru Uehara The Evaluations of Desktop as a Service in an Educational Cloud // 15th International Conference on Network-Based Information Systems – 2012. – P. 621-626.
4. Justin Cappos, Ivan Beschastnikh, Arvind Krishnamurthy, Tom Anderson Seattle: A Platform for Educational Cloud Computing // SIGCSE'09, March 3-7 – 2009. – P. 111-115.

5. Kibe S., Uehara M., Yamagiwa, M. Evaluation of Bottlenecks in an Educational Cloud Environment // 2011 Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems. – 2011. – P. 520-525.
6. Ercan, T. Effective use of cloud computing in educational institutions // Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2010. – Т. 2. – №. 2. – P. 938-942.
7. Mathew, S. Implementation of Cloud Computing in Education-A Revolution // International Journal of Computer Theory and Engineering. – 2012. – Т. 1. – №. 5. – P. 6.
8. Konnov A.L., Legashev L.V., Polezhaev P.N., Shukhman A.E. Concept of Cloud Educational Resource Datacenters for Remote Access to Software // Proceedings of 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), Polytechnic of Porto (ISEP) in Porto, Portugal from 26-28 February 2014. - 2014. - P.246-247.
9. Polezhaev P., Shukhman A., Konnov A. Development of educational resource datacenters based on software defined networks // Proceedings of 2014 International Science and Technology Conference "Modern Networking Technologies (MoNeTec)", Moscow, Russia, 2014. - P. 133-139.
10. Полежаев П.Н., Ушаков Ю.А., Поляк Р.И., Миронов А.П. Применение методов муравьиной колонии в разработке эффективных алгоритмов маршрутизации и обеспечения QoS для корпоративных программно-конфигурируемых сетей // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2014. - №4. - С. 106-113.
11. Болодурин И.П., Легашев Л.В., Полежаев П.Н. Имитационная модель облачного ресурсного центра // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2016. – №2. – С. 113-116.
12. Bolodurina I.P., Legashev L.V., Polezhaev P.N., Shukhman A.E., Ushakov Y.A. Request generation and intelligent scheduling for cloud educational resource datacenter // Proceedings of 8th International Conference on Intelligent Systems – 2016 – P. 747-752.

References

1. Kostenetskiy P.S., Semenov A.I., Sokolinskiy L.B. Sozдание obrazovatel'noy platformy "Personal'nyy virtual'nyy komp'yuter" na baze oblachnykh vychisleniy // Nauchnyy servis v seti Internet: ekzaflopsnoe budushchee: Trudy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (19-24 sentyabrya 2011 g., g. Novorossiysk). M.: Izd-vo MGU – 2011. – P. 374-377.
2. Bo Wang, HongYu Xing The Application of Cloud Computing in Education Informatization // IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science – 2011. – P. 2673-2676.
3. Shinichiro Kibe, Teruaki Koyama, Minoru Uehara The Evaluations of Desktop as a Service in an Educational Cloud // 15th International Conference on Network-Based Information Systems – 2012. – P. 621-626.
4. Justin Cappos, Ivan Beschastnikh, Arvind Krishnamurthy, Tom Anderson Seattle: A Platform for Educational Cloud Computing // SIGCSE'09, March 3–7 – 2009. – P. 111-115.
5. Kibe S., Uehara M., Yamagiwa, M. Evaluation of Bottlenecks in an Educational Cloud Environment // 2011 Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems. – 2011. – P. 520-525.
6. Ercan, T. Effective use of cloud computing in educational institutions // Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2010. – Т. 2. – №. 2. – P. 938-942.
7. Mathew, S. Implementation of Cloud Computing in Education-A Revolution // International Journal of Computer Theory and Engineering. – 2012. – Т. 1. – №. 5. – P. 6.
8. Konnov A.L., Legashev L.V., Polezhaev P.N., Shukhman A.E. Concept of Cloud Educational Resource Datacenters for Remote Access to Software // Proceedings of 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), Polytechnic of Porto (ISEP) in Porto, Portugal from 26-28 February 2014. - 2014. - PP.246-247.
9. Polezhaev P., Shukhman A., Konnov A. Development of educational resource datacenters based on software defined networks // Proceedings of 2014 International Science and Technology Conference "Modern Networking Technologies (MoNeTec)", Moscow, Russia, 2014. - PP. 133-139.
10. Polezhaev P.N., Ushakov Yu.A., Polyak R.I., Mironov A.P. Primenenie metodov murav'inykh kolonii v razrabotke effektivnykh algoritmov marshrutizatsii i obespecheniya QoS dlya korporativnykh programmno-konfiguriruemyykh setey // Intellekt. Innovatsii. Investitsii, 2014. - №4. - С. 106-113.
11. Bolodurina I.P., Legashev L.V., Polezhaev P.N. Imitatsionnaya model' oblachnogo resursnogo tsentra // Intellekt. Innovatsii. Investitsii, 2016. – №2. – P. 113-116.
12. Bolodurina I.P., Legashev L.V., Polezhaev P.N., Shukhman A.E., Ushakov Y.A. Request generation and intelligent scheduling for cloud educational resource datacenter // Proceedings of 8th International Conference on Intelligent Systems – 2016 – pp. 747-752.

Поступила: 11.10.2016

Об авторах:

Шухман Александр Евгеньевич, заведующий кафедрой геометрии и компьютерных наук Оренбургского государственного университета, кандидат педагогических наук, доцент, shukhman@gmail.com;

Болодурин Ирина Павловна, заведующий кафедрой прикладной математики Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор, prmat@mail.osu.ru;

Полежаев Петр Николаевич, преподаватель кафедры компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем Оренбургского государственного университета;

Ушаков Юрий Александрович, заведующий сектором информационных технологий Центра информационных технологий Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент;

Легашев Леонид Вячеславович, аспирант, заведующий лабораториями кафедры геометрии и компьютерных наук Оренбургского государственного университета.