

Виртуальная образовательная IT-инфраструктура на базе персональных компьютеров

П. Б. Жданович, О. А. Петрухина

Волгоградский государственный медицинский университет, г. Волгоград

e-mail: pavel@12winds.ru, oksana01december@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются проблемы построения виртуальной образовательной IT-инфраструктуры на базе персональных компьютеров образовательного учреждения. Обосновывается целесообразность перевода изучения информационных технологий в виртуальную среду. Рассматриваются некоторые задачи управления жизненным циклом виртуальных ресурсов. Сформулированы выводы о возможности и целесообразности применения. Намечены перспективы дальнейших исследований и внедрения результатов.

Введение

Проблема управления IT-инфраструктурой в образовательных учреждениях всегда стояла достаточно остро, особенно на профильных IT-специальностях, однако ее решением занимались не так активно, как в других сферах деятельности, например, в бизнесе, государственном управлении или медицине. В то же время, образовательные информационные системы устроены зачастую сложнее, чем корпоративные, и требуется больше затрат и усилий для того, чтобы информационная система эффективно решала вопросы основной, образовательной деятельности.

В образовательном учреждении, можно выделить три сущности: обучающиеся, компьютеры и изучаемые предметы. Эти сущности находятся в отношении «многие ко многим», а именно:

обучающийся в разное время работает на разных компьютерах, не имея своего, закрепленного за ним, рабочего места, и каждый компьютер используется несколькими обучающимися;

пользователь изучает несколько IT-дисциплин, и одна и та же дисциплина изучается несколькими пользователями;

компьютер используется при изучении нескольких дисциплин, и каждая дисциплина изучается на нескольких компьютерах.

Во многих случаях преподаватели имеют свободу выбора программного обеспечения для своих дисциплин. Тогда к трем перечисленным сущностям добавляется четвертая. Их список можно расширять дальше. Бывает так, что в рамках одного курса предусмотрено поочередное использование нескольких систем разработки приложений, операционных систем или несколько аналогичных друг другу прикладных программных систем. Например,

при изучении предмета «Алгоритмизация и основы программирования» могут параллельно использоваться Eclipse и Visual Studio, для предмета «Операционные системы» — разные операционные системы (например, Linux, Windows), для дисциплины «3D-моделирование и печать» — Blender, Ultimaker Cura, FreeCad, офисные системы LibreOffice, Microsoft Office.

Наконец, наличие компьютеров различной конфигурации, а нередко и различных поколений, вынуждает образовательные учреждения параллельно использовать различные версии одного и того же программного обеспечения.

Проблемы, возникающие в силу перечисленных обстоятельств, рассмотрены в работе [4], где один из авторов настоящей статьи и его соавтор предлагают в качестве их решения переход к виртуальной образовательной инфраструктуре.

Технология виртуализации позволяет создавать на одном физическом компьютере (рабочей машине) несколько изолированных виртуальных сред, называемых виртуальными машинами (ВМ), каждая из которых имитирует полноценный компьютер с собственной операционной системой. Благодаря этому на одном аппаратном обеспечении могут одновременно функционировать различные операционные системы, работающие независимо друг от друга. Каждая ВМ воспринимает выделенные ей ресурсы как отдельный физический компьютер, хотя на самом деле они предоставляются общим аппаратным обеспечением. Виртуализация дает возможность запускать на одной аппаратной платформе различные приложения, каждое из которых написано под конкретную операционную систему [3].

Среда, которая обеспечивает работу одной или одновременно нескольких виртуальных

машин на физическом компьютере, называется гипервизором. Наиболее известны VMware, KVM, Xen, Oracle VirtualBox, Microsoft Hyper-V [7].

Использование виртуальных машин дает целый ряд преимуществ [6]. Перечислим некоторые из них:

- при виртуализации снижается вероятность нарушений безопасности (утечка данных или несанкционированный доступ), так как подключение внешних устройств и сеть контролируются на уровне гипервизора;

- виртуальные машины могут быть легко созданы и перенесены на другой хост, что позволяет легко осуществлять миграцию готовой, настроенной компьютерной среды;

- эффективное использование доступных вычислительных ресурсов хоста, когда один физический сервер обеспечивает работу нескольких виртуальных серверов, приводит к снижению затрат на модернизацию и техобслуживание;

- высокая масштабируемость достигается несколькими путями: тиражированием виртуальных машин, выделением для них новых аппаратных ресурсов (память, сеть, диски, CPU) на хост-системе или переносом любой из них на хост, имеющий больше аппаратных ресурсов;

- виртуализация предлагает совершенно иные возможности по управлению IT-инфраструктурой: создание, настройка, запуск, приостановка, возобновление работы, удаление виртуальных машин, работа с консолью ВМ могут выполняться как с консоли гипервизора, так и удаленно, с использованием гибких и мощных утилит и Web-приложений;

- виртуальная инфраструктура гораздо более отказоустойчива, чем традиционная.

Помимо резервного копирования виртуальных носителей, которое легко осуществить, широко используются форматы файлов виртуальных образов с поддержкой мгновенных снимков. Процесс восстановления гипервизора достаточно прост и сводится к быстрой (пере)установке хост-системы с минимумом программного обеспечения и к последующему восстановлению полных копий виртуальных машин. Гипервизоры можно объединять в отказоустойчивые кластеры с возможностью живой миграции виртуальных ресурсов между узлами.

Следует отметить и ограничения, которые могут сдерживать процесс развертывания виртуальной IT-инфраструктуры:

- для управления виртуальными машинами требуются соответствующие специалисты;

- работа приложений в виртуальной среде происходит с некоторой потерей производительности, особенно в случае, когда

осуществляется эмуляция процессорной архитектуры;

- гипервизоры, как правило, устанавливают на серверы, и в этом случае для размещения существенного количества ВМ требуется приобрести дорогостоящее аппаратное обеспечение или прибегнуть к услугам облачных провайдеров.

Особенности образовательной виртуальной инфраструктуры для изучения IT-дисциплин делают использование услуг IaaS-провайдеров экономически неоправданным [4]. Альтернативный подход, основанный на концепции распределенного облака, описан в статье [5].

Ряд университетов пошли по пути создания частного IaaS-облака, размещая виртуальные машины в собственных дата-центрах [1].

В настоящей работе мы описываем построение образовательной виртуальной IT-инфраструктуры без создания дата-центра, на базе парка персональных компьютеров, который использовался в учебном процессе на факультете Математики, информатики и физики Волгоградского социально-педагогического университета.

Проектирование виртуальной образовательной инфраструктуры

Процесс работы с виртуальной IT-инфраструктурой образовательного учреждения можно эскизно охарактеризовать следующим образом. Каждый персональный компьютер в аудитории превращается в гипервизор, на котором заранее размещается тот или иной набор виртуальных машин. Вместо того, чтобы работать с единственной операционной системой, установленной на компьютере в аудитории, студент работает интерактивно с консолью гипервизора и запускает ту виртуальную машину, которая нужна ему в данный момент для выполнения учебного задания. ВМ может запускаться и дистанционно, обслуживаемым персоналом, или по расписанию. В каждый момент времени на физическом компьютере работает не более одной ВМ. Преподаватель во время занятия может удаленно контролировать работу студента, взаимодействуя с его консолью при помощи одного из протоколов удаленного доступа. По окончании занятия работа ВМ завершается. После выполнения всех учебных заданий (например, во время каникул) старые виртуальные машины заменяются на новые.

Развертывание системы происходило в двух компьютерных аудиториях (обозначим их через A1 и A2), в каждой из которых находилось по 12 персональных компьютеров со следующими аппаратными характеристиками:

процессор	Intel(R)
Pentium(R) CPU G840 @ 2.80GHz	
память	4GiB, DIMM 1333 MHz
(0,8 ns)	
жесткий диск	250GB, SATA
сеть	Ethernet,
1Gbit/sec или 100Mbit/sec	
графика	Intel Integrated Graphics
Controller.	

Срок эксплуатации этих компьютеров к моменту начала работы превысил 10 лет.

Работа проводилась в несколько этапов.

На первом этапе мы установили на один компьютер в аудитории А1 свободную операционную систему Debian 11 на ядре Linux с гипервизором KVM [2]. Система заняла 36GB. Оставшееся пространство было отведено для образов виртуальных машин. При наличии всего-лишь 4GB оперативной памяти необходимо было обеспечить запуск только самых необходимых служб на гипервизоре и уменьшить до минимума объем RAM, выделяемый встроенной видеокарте. В конечном итоге мы пришли к конфигурации гипервизора, на котором не запускается никакого менеджера рабочих столов, а работа с консолью VM осуществляется при помощи графического приложения virt-viewer, запущенного в kiosk mode.

Второй этап предполагал создание отдельных виртуальных машин для изучения определенных ИТ-дисциплин, руководствуясь принципами минимальности [4]. Однако, в силу организационных причин, четкого перечня программного обеспечения, необходимого для изучения каждой конкретной дисциплины, получить заранее не удалось. На этапе пробной эксплуатации приходилось устанавливать новое ПО на уже готовые виртуальные машины.

Для изучения основного комплекса предметов была подготовлен шаблон виртуальной машины Windows 7 Professional с необходимым набором прикладного программного обеспечения. Работа с такими VM происходит коллективно, без прав администратора.

Еще одна виртуальная машина с той же ОС и минимальным составом ПО была создана для проведения лабораторных работ по дисциплине «Компьютерные сети». Эта VM предназначалась для индивидуального использования, так как в процессе работы с правами администратора обучающийся может существенно изменить ее конфигурацию или привести ее в неработоспособное состояние.

Для проведения занятий по компьютерной графике была подготовлена VM под управлением Debian 11, на которой были установлены Blender, GIMP, системы нелинейного аудио- и видеомонтажа.

В аудитории А2 ранее использовалась Windows 10 Professional, поэтому решено было развернуть там виртуальные машины для коллективного использования под управлением той же операционной системы. Был создан шаблон виртуального образа, содержащий набор программного обеспечения, необходимый для проведения большинства занятий.

Для поддержки дисциплин «Администрирование компьютерных систем» и «Информационная безопасность» были созданы шаблоны виртуальных машин под управлением Windows 7 Professional и Debian 12. Эти VM предназначались для индивидуального использования.

Конфигурация виртуальных машин

Все виртуальные машины работали в режиме паравиртуализации и использовали virtio.

Размер образа для VM с Windows составил 25-35 GB, с Linux — от 10 до 32 GB.

Объем оперативной памяти, выделяемый гипервизором виртуальной машине, составлял 3GB и подбирался опытным путем. Чрезмерно большой объем приводил к тому, что в определенные моменты виртуальная машина «уходила в swap», т.е. часть данных перемещалась в пространство подкачки, и это приводило к полной и необратимой потере работоспособности запущенной машины.

Виртуальные машины использовали свои встроенные механизмы подкачки. На гипервизоре были созданы два виртуальных диска того же объема, что и выделяемая машинам оперативная память. Один подключался ко всем Windows-машинам и использовался как диск с файловой системой NTFS, на котором размещался файл подкачки. Другой диск подключался ко всем Linux-машинам и автоматически монтировался как пространство подкачки.

При составлении конфигурации для VM под управлением Windows нам приходилось во всех случаях указывать один и тот же виртуальный процессор, например, kvm64, в то время как Linux-машинам мы позволяли «видеть» процессор хост-системы. Причина в том, что при переносе VM с Windows на другой гипервизор гостевая операционная система начинала требовать повторной активации, если у нее менялся тип CPU. На момент написания данной работы эта процедура сильно затруднена из-за ухода компании Microsoft с российского рынка. С виртуальными машинами под управлением Linux подобных проблем не возникает.

При подготовке шаблонов образов виртуальных машин оставляется только минимальный набор автоматически запускаемых

служб. В системах Windows отключалось большинство заданий, назначенных по умолчанию для запуска при загрузке системы, при создании профиля пользователя, при входе пользователя в систему и т. д. Некоторые из них осуществляли настройку подключения к облачным службам Microsoft, другие проверяли целостность системы. Отключались встроенные средства защиты Windows. Стороннее ПО для комплексной защиты операционной системы не устанавливалось. Такой подход мы считаем оправданным, так как виртуальная машина:

- является временным объектом ИТ-инфраструктуры, она обладает коротким жизненным циклом (от нескольких недель до полугода), в течение которого вероятность вирусной атаки на нее существенно снижается,
- является расходуемым ресурсом, т. е. не хранит важных данных, и в течение нескольких минут может быть заменена на новую,
- работает под управлением гипервизора, который осуществляет ее сетевую защиту и ограничивает подключение к ней внешних

носителей, которые могут содержать вредоносные программы.

Вопросы комплексной защиты виртуальной образовательной инфраструктуры выходят за рамки настоящей работы и требуют отдельного освещения.

Развертывание инфраструктуры

Так как аппаратная конфигурация компьютеров в аудиториях была идентичной, системное ПО гипервизора устанавливалось на остальные компьютеры клонированием. Затем клонировались шаблоны виртуальных машин.

На каждом компьютере в аудитории А2 были размещены шаблоны ВМ Windows 10, Windows 7 и Debian 12.

Операционная система Windows 7 изучалась на занятиях по администрированию, поэтому каждый студент, занимавшийся на компьютере, получал свою индивидуальную копию ВМ и администраторские права на нее.

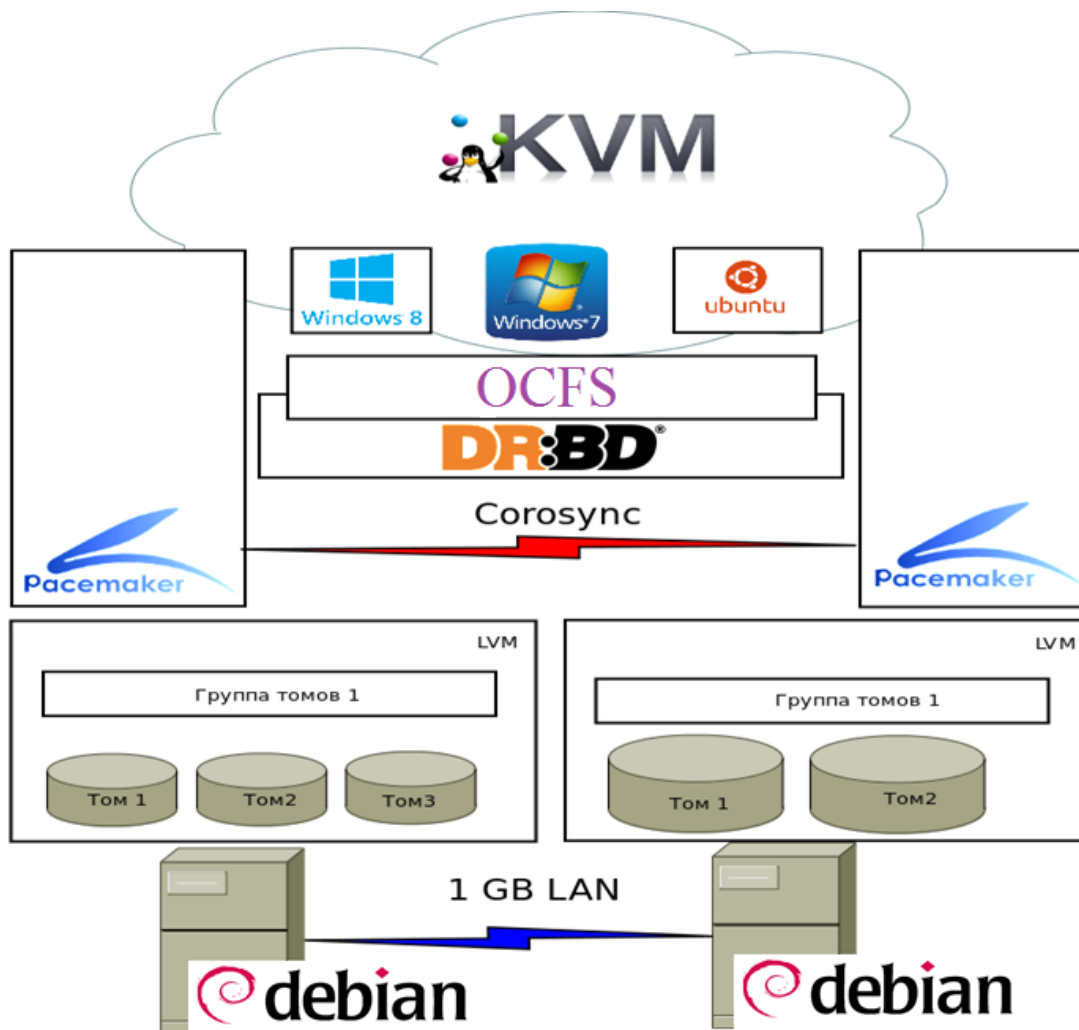


Рисунок 1 - Размещение виртуальных машин

Подчеркнем, что клонирование виртуальных машин с Windows осуществлялось в строгом соответствии с количеством имеющихся лицензий. Наличие на каждом гипервизоре нескольких копий Windows не требует увеличения количества лицензий, так как в каждый момент времени работает не более одной копии Windows на одном физическом компьютере.

Для клонирования применялись утилиты `udp-sender` и `udp-receiver` из пакета `udpcast`. Один хост транслирует файл в локальную сеть при помощи широковещательных `udp`-пакетов. Все остальные хосты получают эти пакеты одновременно, и таким образом запись файла ведется параллельно на всех подключенных компьютерах. Это позволяет передать файл или содержимое блочного устройства на любое количество хостов практически за одинаковое время.

На скорости 1GB/сек на тиражирование любого из созданных нами шаблонов образов виртуальных машин уходило менее 10 минут. Таким образом, нам удалось подобрать такой размер образа VM, при котором машина может быть растажирирована на все нужные компьютеры в течение перемены между занятиями, что позволяет обеспечить проведение занятия, даже если оно не было запланировано заранее.

Отметим, что перед тиражированием необходимо поместить все задействованные компьютеры в отдельный VLAN, иначе нарушается работоспособность всей локальной сети.

Также необходимо заметить, что вышеперечисленные утилиты позволяют производить тиражирование файлов по частям.

Вместе с образом VM на целевой компьютер должна быть скопирована её конфигурация. После тиражирования конфигурационного файла необходимо обеспечить уникальность всех заданных в нем идентификаторов. В частности, это касается MAC-адресов виртуальных сетевых адаптеров.

Управление виртуальными машинами

В целях экономии оперативной памяти автозапуск менеджера дисплеев на персональных компьютерах-гипервизорах был отключен. Для управления виртуальными машинами была написана система из четырех коротких команд, которые пользователь может легко запомнить:

`vmist` — показать список всех виртуальных машин на гипервизоре,

`vmstart имя_машины` — запустить виртуальную машину с указанным именем,

`vmdisplay` — запустить программу для взаимодействия с рабочим столом работающей VM,

`vmstop` — остановить работающую VM.

Для централизованного управления виртуальными ресурсами была создана консоль управления в виде VM под управлением Debian 11. С её помощью можно управлять персональными гипервизорами, используя графическую утилиту `virt-manager`, а также выполнять на них необходимые команды в консольном режиме, включая:

- пробуждение компьютера по сети (`wake on LAN`),
- запуск определенной виртуальной машины на выбранном множестве гипервизоров,
- остановку определенной виртуальной машины на выбранном множестве гипервизоров,
- завершение работы выбранного множества гипервизоров.

В настоящее время работа над консолью продолжается. Планируется автоматизировать тиражирование VM, клонирование из шаблонов, управление доступом пользователей, как через текстовую консоль, так и с помощью Web-интерфейса.

Опыт эксплуатации

К моменту подготовки данной статьи описанная инфраструктура эксплуатируется в аудиториях A1 и A2 в течение трех и двух семестров, соответственно. За это время удалось оптимизировать ряд параметров конфигурации гипервизоров и виртуальных машин для обеспечения нужной производительности. Наблюдались отдельные трудности, которые возникали при освоении новых привычек и навыков у студентов и преподавателей, а также у учебно-вспомогательного персонала при управлении операциями. Эти трудности носили временный характер.

В настоящее время ведется работа по использованию построенной инфраструктуры в дистанционном обучении

Литература

1. Miseviciene, R. Educational Infrastructure Using Virtualization Technologies: Experience at Kaunas University of Technology/ Regina Miseviciene, Danute Ambraziene, Raimundas Tuminauskas, Nerijus Pažereckas // *Informatics in Education*, Vol. 11, No. 2, pp 227-240.
2. What is KVM // *redhat* [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.redhat.com/en/topics/virtualization/what-is-KVM> (дата обращения: 10.05.2024).
3. Гордиевск, В. М. Сущность, структура и классификация современных технологий виртуализации / В.М. Гордиевск // *Вестник*

Шадринского государственного педагогического университета. – 2015. – № 1. – С. 125 –133.

4. Жданович, Д. П. О проектировании виртуальных ресурсов облачной образовательной инфраструктуры / Д. П. Жданович, П. Б. Жданович // Информатика и кибернетика. – 2018. – № 3(13). – С. 42-49.

5. Жданович, П. Б. Распределённое образовательное IaaS-облако для изучения информационных технологий / П. Б. Жданович, С. Ф. Жданович // Восемнадцатая конференция. Свободное программное обеспечение в высшей школе : Тезисы докладов материалов

конференции, Переславль-Залесский, 27–29 января 2023 года – Москва: ООО "МАКС Пресс", 2023. – С. 67-69.

6. Зайков, С. Г. Организация лабораторных работ с применением виртуальных машин для подготовки студентов технических специальностей / С. Г. Зайков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2009. – № 4. – С. 225-228.

7. Николаев, А. М. Анализ и сравнение популярных гипервизоров / А.М. Николаев, Д.Д. Савицкий // Молодой ученый. – 2023. – № 24. – С. 23–25.

Жданович П.Б., Петрухина О.А. Виртуальная образовательная IT-инфраструктура на базе персональных компьютеров. В данной статье проведен комплексный анализ эффективности применения технологии блокчейн в сфере логистики и управления цепочками поставок. Обозначена роль блокчейна в улучшении логистики и цепочек поставок. Изучены особенности технологии, проанализированы примеры ее применения и дана оценка их эффективности. Рассмотрены проблемы и трудности, возникающие при внедрении блокчейна в цепочки поставок. Сформированы выводы о возможности и целесообразности применения.

Ключевые слова: виртуализация, гипервизор, виртуальная машина, свободное программное обеспечение.

Zhdanovich P.B., Petrukhina O.A. Virtual educational IT infrastructure based on personal computers. This article provides a comprehensive analysis of the effectiveness of the use of blockchain technology in the field of logistics and supply chain management. The role of blockchain in improving logistics and supply chains is outlined. The features of the technology are studied, examples of its application are analyzed and their effectiveness is evaluated. The problems and difficulties encountered in the implementation of blockchain in the supply chain are considered. Conclusions have been formed about the possibility and expediency of application.

Keywords: virtualization, hypervisor, virtual machine, free software, IaaS.

Статья поступила в редакцию 28.05.2024
Рекомендована к публикации профессором Мальчевой Р. В.