

**К.В. Баздырев****ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ РАБОЧИХ СТАНЦИЙ В КОНСТРУКТОРСКОЙ РАБОТЕ**

*Баздырев Константин Витальевич, аспирант, окончил Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), факультет «Техническая кибернетика». Заместитель начальника информационно-технического отдела ОАО «НИИАА». [e-mail: kbazdyrev@niiaa.ru].*

**Аннотация**

Статья освещает актуальный вопрос практического применения виртуальных рабочих станций с целью снижения затрат на разворачивание дополнительной инфраструктуры предприятий.

Ключевые слова: виртуализация автоматизированных рабочих мест, виртуальные графические адаптеры, виртуальные рабочие столы.

**Введение**

Системы автоматизированного проектирования (САПР) появились как электронная замена чертежной доски. Со временем, благодаря разработчикам конструкторских и проектировочных пакетов, эти системы превратились в целый комплекс программ, обеспечивающих не только проектирование, но и трехмерную визуализацию проектируемых изделий. Для визуализации в реальном времени таким системам требуются высокопроизводительные рабочие станции, оснащенные мощными специализированными графическими платами и, как следствие, обладающие высокой стоимостью. При этом на стадии подготовки данных и самом этапе проектирования такие вычислительные мощности избыточны и большая часть как процессорной, так и графической мощности рабочих станций простаивает.

Одним из путей повышения эффективности работы при уменьшении инфраструктурных расходов на проектирование является применение виртуальных рабочих станций (ВРС). В основе этого решения лежит централизация рабочих столов и клиентских персональных компьютеров в едином центре обработки данных (ЦОД) в виде ВРС. При этом до последнего времени визуализация полученного результата производилась средствами центрального процессора сервера, что давало низкий результат и приводило к высокой нагрузке на процессоры в связи с отсутствием трехмерного ускорения аппаратными средствами. В настоящее время на рынке появились продукты с возможностью совместной работы ВРС и графических пакетов, требующих аппаратной поддержки.

В данной статье рассматривается возможность использования виртуальных графических адаптеров (технология Nvidia GRID) совместно с инфраструктурой виртуальных рабочих столов (Virtual Desktop Infrastructure – VDI) при ви-

зуализации проектируемых изделий в проектно-конструкторских работах. GRID (grid – решетка, сеть) – ориентированный на виртуализацию способ организации вычислительного процесса, при котором части задачи распределяются по всем свободным, часто географически разнесенным вычислительным ресурсам (в данном контексте – по всем графическим ядрам адаптера).

### Основная часть

Инфраструктура ВРС – это форма виртуализации настольных систем, в которой все элементы рабочего стола автоматизированного рабочего места (АРМ) пользователя размещены в центре обработки данных [1]. VDI позволяет централизовать обслуживание клиентских окружений, упрощает развертывание приложений, их настройку и конфигурирование, а также обновление и контроль соответствия требованиям безопасности, упрощает вопросы планирования инфраструктуры (рис. 1).

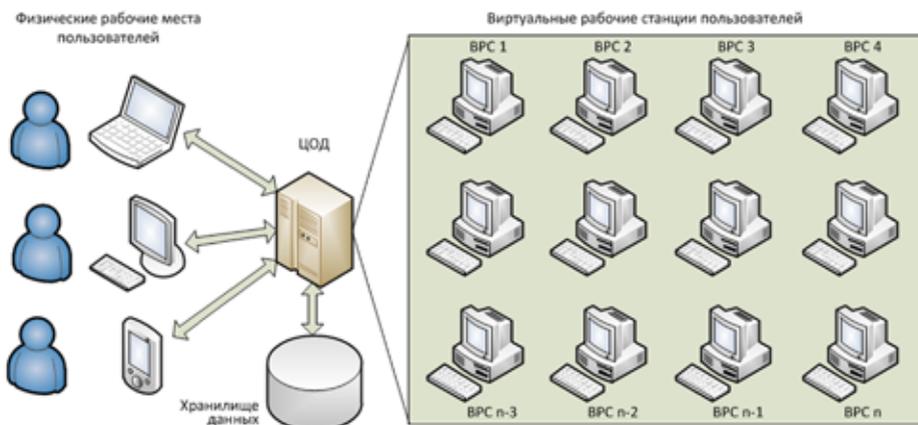


Рис. 1. Общая схема инфраструктуры VDI

Еще совсем недавно классическое представление о рабочем месте сотрудника было несколько иным. Зачастую само понимание АРМ как абонентского устройства ограничивалось представлением о нем, как о некоем полноценном стационарном компьютере либо ноутбуке с полноценной операционной системой. Некоторое время назад появилась технология рабочих мест с применением специализированных программно-аппаратных платформ, так называемых тонких клиентов. При этом АРМ с имеющимися на нем программами являлось именно той «прослойкой», благодаря использованию которой организуется взаимодействие пользователя с ресурсами внутренней информационной системы предприятия.

При информатизации предприятий с увеличением количества эксплуатируемых АРМ применение классического подхода к организации рабочих мест сотрудников чаще всего значительно усложняется. Это приводит к появлению ряда сравнительно больших издержек, связанных, например, со следующими факторами:

- развертывание новых рабочих мест (приобретение, сборка АРМ, монтаж технических средств, таких как ЛВС, установка и обновление необходимого в работе программного обеспечения, его лицензирование);
- поддержание работоспособности (техническое обслуживание, резервирование важных данных);
- управление инфраструктурой предприятия, а также поддержка и обучение пользователей;
- информационная безопасность (антивирусная защита, защита от разглашения конфиденциальных данных и т. д.).

Эта ситуация характерна для множества различных предприятий как в государственной, так и в коммерческой сфере. Отличительной чертой всех перечисленных структур является, прежде всего, сравнительно большое количество территориально распределенных подразделений и сотрудников. Одним из вариантов снижения возможных издержек и уменьшения затрат на развертывание дополнительных АРМ является решение о виртуализации рабочих мест. В рамках такого подхода сотрудники компании получают возможность более гибкого взаимодействия с корпоративными информационными ресурсами и данными без привязки к конкретной «прослойке» и средствам доступа.

Рассмотрим основные особенности, преимущества и возможные недостатки использования технологии виртуализации для оптимизации инфраструктуры АРМ сотрудников.

Основная ошибка при реализации такого решения – это попытка принять виртуализацию рабочих мест и виртуализацию серверов за одно и то же. Такое мнение крайне ошибочно.

Различия с виду крайне малы, но довольно существенны по своей сути. Виртуализация сервера в большинстве случаев заключается в переводе и укрупнении физических единиц машинного парка в виртуальные машины. При этом данные серверы как были в некотором центре («серверной», ЦОД), так там и остались. Но для рабочих станций такой перенос более труден и не всегда может быть проведен напрямую.

Кроме этого, функции конкретного сервера известны, нагрузка и параметры подключений также остаются неизменными. Достаточно легко быть уверенным в виртуализации сервера, потому что пользователи не планируют изменять способ его эксплуатации после того, как он будет перенесен с физической на виртуальную машину. При переносе рабочих станций возникает вопрос планирования нагрузки, создаваемой пользователями.

Также немаловажным фактором является подключение используемых сотрудниками периферийных устройств и работа с ними. Принтеры, сканеры, факсы, накопители, да и просто сотовые телефоны – все эти устройства легко подключаются к классическому АРМ, но в случае с ВРС пользователь, подключая подобные периферийные устройства к клиенту сети, столкнется с тем, что эти устройства не функционируют. В отличие от «физической», ВРС функционирует в удаленном центре и все данные, от нажатия клавиатуры до воспроизведения музыки и видео, передает по сети.

Из этого следует, что виртуализация рабочих станций в отличие от виртуализации серверов значительно сложнее реализуется и требует большей подготовительной работы как в области подготовки инфраструктуры, так и в части переносимости программных продуктов.

Вышеперечисленные факторы, а также достаточно высокая стоимость первоначального развертывания сдерживают распространение данной технологии, но главным недостатком ее применения в конструкторской деятельности является отсутствие аппаратного ускорения графики, и это создает существенные препятствия для использования этой технологии.

Применение ВРС в конструкторской работе позволило бы значительно сократить издержки на разворачивание АРМ, поддержание их в рабочем состоянии, а также на аппаратную составляющую за счет сокращения числа графических станций, разбросанных по отделам и филиалам предприятия. Наличие нескольких мощных серверов со специализированными графическими платами позволило бы решить проблему более эффективно и с меньшими материальными затратами, а концентрация вычислительной мощности для конкретных задач положительно сказалась бы на времени расчета и качестве работы.

Первые шаги к использованию аппаратного ускорения трехмерной графики в VDI были сделаны достаточно давно и заключались в «пробросе» PCI-устройств (отождествлении виртуального и физического устройств) в виртуальные машины, что позволяло выдавать для ВРС физические видеокарты, установленные в сервер или подключенные к серверу с помощью внешних специализированных отсеков (PCI-E-корзин). Недостатки такого решения очевидны: повышенное использование электроэнергии, места в стойках и высокая стоимость, так как фактически графическая станция пользователя перемещалась в серверную.

Один из крупнейших производителей специализированных конструкторских графических плат – фирма NVIDIA – представила технологию NVIDIA GRID (NVIDIA VGX на момент анонса) [3]. GRID – это решение для виртуализации GPU (англ. Graphics Processing Unit – графический процессор), удаленного доступа и управления сеансом, которое позволяет нескольким пользователям одновременно работать с графически насыщенными приложениями, используя общие ресурсы GPU. Технология призвана решить проблему виртуализации и удаленного доступа к рабочим местам в таких областях, как САПР, медицина, облачные вычисления и т. д., в связи с этим интерес к использованию аппаратного ускорения трехмерной графики в VDI значительно возрос.

По своей сути технология GRID, которая изначально была предназначена именно для аппаратного ускорения трехмерной графики в виртуальных средах, достаточно проста и включает в себя следующие принципы:

- агрегация на базе одного модуля видеокарты (PCI-E-разъем) нескольких графических ускорителей;
- возможность виртуализации графических ускорителей на уровне гипервизора;
- возможность виртуализации графических ускорителей средствами технологии GRID Virtual GPU.

В настоящий момент компанией NVIDIA выпущено два продукта – NVIDIA GRID K1 и K2, построенных на базе архитектуры NVIDIA Kepler. Характеристики данных карт следующие: GRID K1 представляет собой интегрированные на одной PCIe-карте четыре графические карты уровня QUADRO K600, карты GRID K2 – две карты уровня QUADRO K5000. Такое построение позволяет существенно увеличить плотность графических адаптеров. В настоящее время имеется возможность включения до 4 карт GRID в один сервер, что теоретически позволяет заменить до 16 рабочих станций с картами QUADRO K600. Программное обеспечение, поддерживающее технологию GRID, – это гипервизоры VMware, Citrix [2] и Microsoft [4], а также системы виртуализации рабочих станций VMware и Citrix [2, 5].

Для понимания практических аспектов применения данной связки технологии был проведен ряд практических тестов.

Основным критерием выбора тестовой платформы является требование максимально возможного наличия полноценных интерфейсов PCI-E (x16) для видеоплат и 10GBase-T сетевых интерфейсов. Первое дает наиболее высокую плотность GPU, второе требуется для передачи данных между сервером и терминалом пользователя. Также желательно наличие твердотельных накопителей (SSD) для централизованного (Host Based) кэширования доступа к данным, столь полезного при параллельных нагрузках с характерными пиками дисковой активности в начале и окончании рабочего дня. И, конечно, не забываем об адекватном размере оперативной памяти.

В рамках теста была рассмотрена работа стенда в составе сервера с одной установленной картой NVIDIA GRID K1. Для понимания общих принципов и оценки производительности этого вполне достаточно. В качестве платформы для виртуализации применялась VMware vSphere [6]. Развернутый для теста виртуальный сервер имел следующую конфигурацию: четыре процессора (CPU) по 2 ГГц, 8 Гб ОЗУ, 60 Гб дискового пространства.

Гипервизор определил видеокарту как четыре устройства типа K1, подключенные через PCI/PCI мост, и это дало возможность подключения их как к виртуальным машинам, так и непосредственно к гипервизору.

В качестве платформы для создания инфраструктуры ДНС был применен Citrix XenDesktop 7. На тестовых машинах используется технология HXD 3D-Pro, осуществляющая эффективную упаковку и «проброс» на терминал клиента обработанного GPU изображения. Для определения влияния на производительность графической подсистемы было осуществлено развертывание единственной виртуальной машины (ВМ) для выявления максимального значения производительности в условиях полной загрузки. В случае шести ВМ при наличии четырех графических ядер был определен уровень падения производительности при конкурентном доступе к ядрам GPU.

Тестирование производительности трехмерного ускорения в инфраструктуре ВРС было проведено в двух вариантах – vSGA и vDGA (оба от VMware). Данные технологии по разному используют GPU, находящиеся на видеоускорителе, установленном в сервере ЦОД.

vSGA – это технология VMware, обеспечивающая виртуализацию ресурсов GPU, установленных в серверы под управлением гипервизора VMware ESXi, и последующее использование данных GPU с целью обеспечения трехмерного ускорения для виртуальных видеокарт, выданных для виртуального сервера (рис. 2).

Технология обладает множеством ограничений по производительности и функционалу виртуальных видеокарт, однако позволяет максимизировать плотность виртуальных машин на один GPU, что, в свою очередь, дает возможность размещения на сервере большего количества виртуальных станций с трехмерным ускорением графики. В свойствах такая виртуальная видеокарта определяется как «VMware SVGA 3D». Она отличается от обычной виртуальной видеокарты только объемом памяти и поддержкой аппаратного ускорения API DirectX 9, OpenGL 2.1. Тест 3DMark Score на такой видеокарте выдает 6315 единиц производительности, в случае одной VM, и 3049 единиц в случае шести VM. При этом, при применении до четырех VM падения производительности почти не наблюдается, так как для каждой VM в системе имеется по одному физическому ядру, но уже при наличии пяти-шести VM, из-за конкуренции доступа к графическим ядрам, происходит двукратное падение производительности.

В САПР AutoCad 2014 [7] функционал виртуальной видеокарты выглядит на уровне аппаратных решений (Приложение), все параметры трехмерного ускорения поддерживаются. В целом работать на такой станции возможно, хотя и некомфортно.

Другой вариант использования GPU в рамках проведенного теста – технология vDGA (рис. 3).

Данная технология VMware заключается в «пробросе» физической видеокарты в виртуальную машину. По сути это сетевой видеокабель, связывающий сервер



Рис. 2. Схема взаимодействия виртуальных машин и виртуальных графических плат

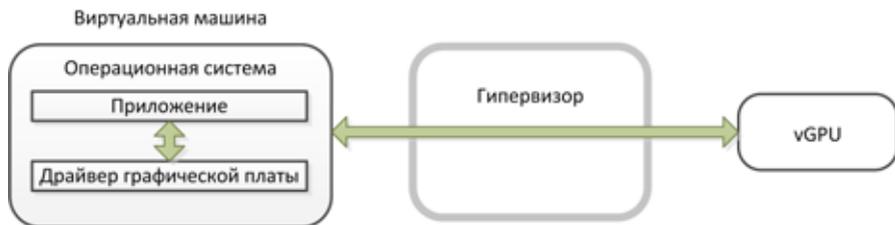


Рис. 3. Схема взаимодействия виртуальной машины и «проброшенной» графической платы

с графическим адаптером, и терминал пользователя. В данном контексте единственное преимущество GRID – это высокая плотность GPU.

В этом режиме для «проброса» видеокарты в виртуальный сервер необходимо включить режим passthrough для данного PCIe-устройства в конфигурации хоста и добавить PCI-устройство в конфигурацию ВМ.

Тест 3DMark Score на такой видеокarte выдает 16 330 единиц при наличии одной ВМ. Количество ВМ напрямую связано с наличием физических GPU.

«Проброшенная» виртуальная карта показывает значительно большие результаты, фактически идентичные по параметрам физически установленной графической плате (производительность физической карты – 16 894).

### Выводы

Проведенные выше тесты показывают, что применение технологии ВРС при проектно-конструкторских работах возможно. В целом они показывают более низкие результаты, чем полнофункциональные графические станции, но большинство задач на подготовительном уровне они решают в полной мере.

При этом они обеспечивают единую точку управления, развертывания и обслуживания рабочих станций, за счет централизации упрощают предотвращение несанкционированного доступа к конфиденциальной информации. Заметно упрощается процесс резервирования данных и управление работой группы сотрудников над одним проектом.

Так как имеется возможность гибко перераспределять ресурсы графических плат либо привязывать конкретные платы для решения задач, требующих повышенной нагрузки, при необходимости можно перебрасывать мощности в достаточно широком диапазоне для решения конкретной задачи. В случае подготовительных и текущих работ имеется возможность замены достаточно большого количества обычных рабочих станций, в случае же работы в «тяжелом» режиме имеется возможность сконцентрировать мощность на решении одной узкой задачи.

Наибольшая эффективность может быть реализована при применении данной технологии в виде специализированного центра обработки данных, работающего в интересах широкого круга подразделений или даже в рамках крупного предприятия. Мощность такого центра может измеряться десятками мощных графических станций, при наличии производительной территориально распределенной сети даже удаленные подразделения смогут использовать, в случае необходимости, всю его мощность, например, для расчета особо сложных деталей.

Дополнительные возможности по сокращению затрат может дать использование в терминальных станциях отечественных технологий и отечественной программно-аппаратной платформы, например, на основе микропроцессорных и вычислительных комплексов семейства «Эльбрус» [8]. Это позволит значительно удешевить инфраструктуру, обеспечит развитие отечественной электроники и уменьшит технологическую зависимость от западных компаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виртуальные рабочие места – угроза или преимущество? <http://www.jetinfo.ru/stati/virtualnyie-rabochie-mesta-ugroza-ili-preimuschestvo>.
2. Инфраструктура виртуальных настольных систем. Часть 3. Оптимальная VDI. «Windows IT Pro», № 09, 2011. <http://www.osp.ru/win2000/2011/09/13012316/>.
3. Технология дискретного GPU для виртуальных десктопов. <http://www.nvidia.ru/object/dedicated-grid-gpus-ru.html>.
4. Microsoft Virtual Desktop Infrastructure (VDI). <http://www.microsoft.com/ru-RU/windows/enterprise/products-and-technologies/virtualization/vdi.aspx>.
5. Виртуализация рабочих столов, VDI (Citrix XenDesktop, Microsoft VDI, VMware View) <http://forum.ixbt.com/post.cgi?id=41995>.
6. Платформа виртуализации VMware vSphere для создания облачных инфраструктур. <http://www.vmware.com/ru/products/vsphere/features.html>.
7. САПР AutoCAD 2014 – это больше, чем проектирование. <http://www.autodesk.ru/products/autodesk-autocad/overview>.
8. Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». – СПб. : Питер, 2013. – 212 с.

## Приложение

### Характеристики виртуального видеоадаптера, определяемые САПР AutoCad 2014

Enhanced 3D Performance: Available and on  
Smooth display: Available and off  
Gooch shader: Available and using hardware  
Per-pixel lighting: Available and on  
Full-shadow display: Available and on  
Texture compression: Available and off  
Advanced material effects: Available and on  
Autodesk driver: Not Certified

#### **Effect support:**

Enhanced 3D Performance: Available  
Smooth display: Available  
Gooch shader: Available  
Per-pixel lighting: Available  
Full-shadow display: Available  
Texture compression: Available  
Advanced material effects: Available