Лекция 3:

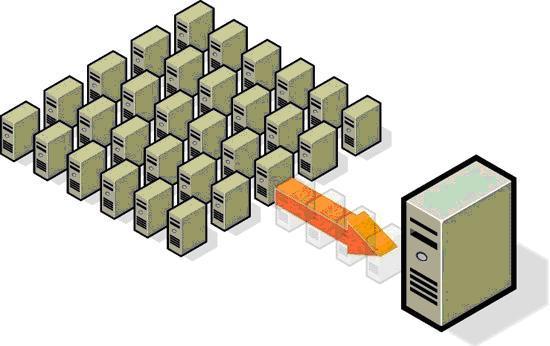
**Технологии виртуализации**

Цель данной лекции – получить сведения о технологиях виртуализации, терминологии, разновидностях и основных достоинствах виртуализации. Ознакомиться с основными решениями ведущих ИТ-вендоров. Рассмотреть особенности платформы виртуализации Microsoft.

### Технологии виртуализации

Согласно статистике средний уровень загрузки процессорных мощностей у серверов под управлением Windows не превышает 10%, у Unix-систем этот показатель лучше, но тем не менее в среднем не превышает 20%. Низкая эффективность использования серверов объясняется широко применяемым с начала 90-х годов подходом "одно приложение — один сервер", т. е. каждый раз для развертывания нового приложения компания приобретает новый сервер. Очевидно, что на практике это означает быстрое увеличение серверного парка и как следствие — возрастание затрат на его администрирование, энергопотребление и охлаждение, а также потребность в дополнительных помещениях для установки всё новых серверов и приобретении лицензий на серверную ОС.

Виртуализация ресурсов физического сервера позволяет гибко распределять их между приложениями, каждое из которых при этом "видит" только предназначенные ему ресурсы и "считает", что ему выделен отдельный сервер, т. е. в данном случае реализуется подход "один сервер — несколько приложений", но без снижения производительности, доступности и безопасности серверных приложений. Кроме того, решения виртуализации дают возможность запускать в разделах разные ОС с помощью эмуляции их системных вызовов к аппаратным ресурсам сервера.



**Рис. 2.1.** Виртуализация подразумевает запуск на одном физическом компьютере нескольких виртуальных компьютеров

В основе виртуализации лежит возможность одного компьютера выполнять работу нескольких компьютеров благодаря распределению его ресурсов по нескольким средам. С помощью виртуальных серверов и виртуальных настольных компьютеров можно разместить несколько ОС и несколько приложений в едином местоположении. Таким образом, физические и географические ограничения перестают иметь какое-либо значение. Помимо энергосбережения и сокращения расходов благодаря более эффективному использованию аппаратных ресурсов, виртуальная инфраструктура обеспечивает высокий уровень доступности ресурсов, более эффективную систему управления, повышенную безопасность и усовершенствованную систему восстановления в критических ситуациях.

В широком смысле понятие виртуализации представляет собой сокрытие настоящей реализации какого-либо процесса или объекта от истинного его представления для того, кто им пользуется. Продуктом виртуализации является нечто удобное для использования, на самом деле, имеющее более сложную или совсем иную структуру, отличную от той, которая воспринимается при работе с объектом. Иными словами, происходит отделение представления от реализации чего-либо. Виртуализация призвана абстрагировать программное обеспечение от аппаратной части.

*В компьютерных технологиях под термином "виртуализация" обычно понимается абстракция вычислительных ресурсов и предоставление пользователю системы, которая "инкапсулирует" (скрывает в себе) собственную реализацию*. Проще говоря, пользователь работает с удобным для себя представлением объекта, и для него не имеет значения, как объект устроен в действительности.

Сейчас возможность запуска нескольких виртуальных машин на одной физической вызывает большой интерес среди компьютерных специалистов, не только потому, что это повышает гибкость ИТ-инфраструктуры, но и потому, что виртуализация, на самом деле, позволяет экономить деньги.

История развития технологий виртуализации насчитывает более сорока лет. Компания IBM была первой, кто задумался о создании виртуальных сред для различных пользовательских задач, тогда еще в мэйнфреймах. В 60-х годах прошлого века виртуализация представляла чисто научный интерес и была оригинальным решением для изоляции компьютерных систем в рамках одного физического компьютера. После появления персональных компьютеров интерес к виртуализации несколько ослаб ввиду бурного развития операционных систем, которые предъявляли адекватные требования к аппаратному обеспечению того времени. Однако бурный рост аппаратных мощностей компьютеров в конце девяностых годов прошлого века заставил ИТ-сообщество вновь вспомнить о технологиях виртуализации программных платформ.

В 1999 г. компания VMware представила технологию виртуализации систем на базе x86 в качестве эффективного средства, способного преобразовать системы на базе x86 в единую аппаратную инфраструктуру общего пользования и назначения, обеспечивающую полную изоляцию, мобильность и широкий выбор ОС для прикладных сред. Компания VMware была одной из первых, кто сделал серьезную ставку исключительно на виртуализацию. Как показало время, это оказалось абсолютно оправданным. Сегодня WMware предлагает комплексную виртуализационную платформу четвертого поколения VMware vSphere 4, которая включает средства как для отдельного ПК, так и для центра обработки данных. Ключевым компонентом этого программного комплекса является гипервизор VMware ESX Server. Позднее в "битву" за место в этом модном направлении развития информационных технологий включились такие компании как Parallels (ранее SWsoft), Oracle (Sun Microsystems), Citrix Systems (XenSourse).

Корпорация Microsoft вышла на рынок средств виртуализации в 2003 г. с приобретением компании Connectiх, выпустив свой первый продукт Virtual PC для настольных ПК. С тех пор она последовательно наращивала спектр предложений в этой области и на сегодня почти завершила формирование виртуализационной платформы, в состав которой входят такие решения как Windows 2008 Server R2 c компонентом Hyper-V, Microsoft Application Virtualization (App-v), Microsoft Virtual Desktop Infrastructure (VDI), Remote Desktop Services, System Center Virtual Machine Manager.

На сегодняшний день поставщики технологий виртуализации предлагают надежные и легкоуправляемые платформы, а рынок этих технологий переживает настоящий бум. По оценкам ведущих экспертов, сейчас виртуализация входит в тройку наиболее перспективных компьютерных технологий. Многие эксперты предсказывают, что к 2015 году около половины всех компьютерных систем будут виртуальными.

Повышенный интерес к технологиям виртуализации в настоящее время неслучаен. Вычислительная мощь нынешних процессоров быстро растет, и вопрос даже не в том, на что эту мощь расходовать, а в том, что современная "мода" на двухъядерные и многоядерные системы, проникшая уже и в персональные компьютеры (ноутбуки и десктопы), как нельзя лучше позволяет реализовать богатейший потенциал идей виртуализации операционных систем и приложений, выводя удобство пользования компьютером на новый качественный уровень. Технологии виртуализации становятся одним из ключевых компонентов (в том числе, и маркетинговых) в самых новых и будущих процессорах Intel и AMD, в операционных системах от Microsoft и ряда других компаний.

**Преимущества виртуализации**

Приведем основные достоинства технологий виртуализации:

1. **Эффективное использование вычислительных ресурсов**. Вместо 3х, а то 10 серверов, загруженных на 5-20% можно использовать один, используемый на 50-70%. Кроме прочего, это еще и экономия электроэнергии, а также значительное сокращение финансовых вложений: приобретается один высокотехнологичный сервер, выполняющий функции 5-10 серверов. С помощью виртуализации можно достичь значительно более эффективного использования ресурсов, поскольку она обеспечивает объединение стандартных ресурсов инфраструктуры в единый пул и преодолевает ограничения устаревшей модели "одно приложение на сервер".
2. **Сокращение расходов на инфраструктуру**: Виртуализация позволяет сократить количество серверов и связанного с ними ИТ-оборудования в информационном центре. В результате этого потребности в обслуживании, электропитании и охлаждении материальных ресурсов сокращаются, и на ИТ затрачивается гораздо меньше средств.
3. **Снижение затрат на программное обеспечение**. Некоторые производители программного обеспечения ввели отдельные схемы лицензирования специально для виртуальных сред. Так, например, покупая одну лицензию на Microsoft Windows Server 2008 Enterprise, вы получаете право одновременно её использовать на 1 физическом сервере и 4 виртуальных (в пределах одного сервера), а Windows Server 2008 Datacenter лицензируется только на количество процессоров и может использоваться одновременно на неограниченном количестве виртуальных серверов.
4. **Повышение гибкости и скорости реагирования системы**: Виртуализация предлагает новый метод управления ИТ-инфраструктурой и помогает ИТ-администраторам затрачивать меньше времени на выполнение повторяющихся заданий — например, на инициацию, настройку, отслеживание и техническое обслуживание. Многие системные администраторы испытывали неприятности, когда "рушится" сервер. И нельзя, вытащив жесткий диск, переставив его в другой сервер, запустить все как прежде… А установка? поиск драйверов, настройка, запуск… и на все нужны время и ресурсы. При использовании виртуального сервера — возможен моментальный запуск на любом "железе", а если нет подобного сервера, то можно скачать готовую виртуальную машину с установленным и настроенным сервером, из библиотек, поддерживаемых компаниями разработчиками гипервизоров (программ для виртуализации).
5. **Несовместимые приложения могут работать на одном компьютере**. При использовании виртуализации на одном сервере возможна установка linux и windows серверов, шлюзов, баз данных и прочих абсолютно несовместимых в рамках одной не виртуализированной системы приложений.
6. **Повышение доступности приложений и обеспечение непрерывности работы предприятия**: Благодаря надежной системе резервного копирования и миграции виртуальных сред целиком без перерывов в обслуживании вы сможете сократить периоды планового простоя и обеспечить быстрое восстановление системы в критических ситуациях. "Падение" одного виртуального сервера не ведет к потере остальных виртуальных серверов. Кроме того, в случае отказа одного физического сервера возможно произвести автоматическую замену на резервный сервер. Причем это происходит не заметно для пользователей без перезагузки. Тем самым обеспечивается непрерывность бизнеса.
7. **Возможности легкой архивации**. Поскольку жесткий диск виртуальной машины обычно представляется в виде файла определенного формата, расположенный на каком-либо физическом носителе, виртуализация дает возможность простого копирования этого файла на резервный носитель как средство архивирования и резервного копирования всей виртуальной машины целиком. Возможность поднять из архива сервер полностью еще одна замечательная особенность. А можно поднять сервер из архива, не уничтожая текущий сервер и посмотреть положение дел за прошлый период.
8. **Повышение управляемости инфраструктуры**: использование централизованного управления виртуальной инфраструктурой позволяет сократить время на администрирование серверов, обеспечивает балансировку нагрузки и "живую" миграцию виртуальных машин.

**Виртуальной машиной** *будем называть программную или аппаратную среду, которая скрывает настоящую реализацию какого-либо процесса или объекта от его видимого представления*.

**Виртуальная машина** *— это полностью изолированный программный контейнер, который работает с собственной ОС и приложениями, подобно физическому компьютеру. Виртуальная машина действует так же, как физический компьютер, и содержит собственные виртуальные (т.е. программные) ОЗУ, жесткий диск и сетевой адаптер*.

ОС не может различить виртуальную и физическую машины. То же самое можно сказать о приложениях и других компьютерах в сети. Даже сама виртуальная машина считает себя "настоящим" компьютером. Но несмотря на это виртуальные машины состоят исключительно из программных компонентов и не включают оборудование. Это дает им ряд уникальных преимуществ над физическим оборудованием.

**Рис. 2.2.** Виртуальная машина

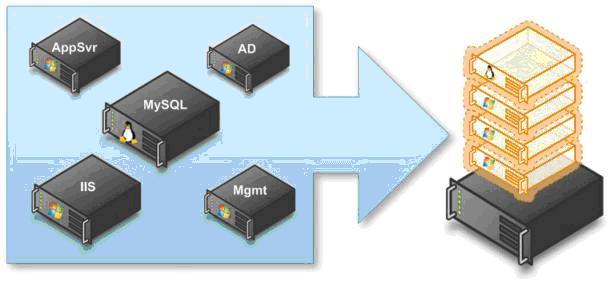
Рассмотрим основные особенности виртуальных машин более детально:

1. **Совместимость**. Виртуальные машины, как правило, совместимы со всеми стандартными компьютерами. Как и физический компьютер, виртуальная машина работает под управлением собственной гостевой операционной системы и выполняет собственные приложения. Она также содержит все компоненты, стандартные для физического компьютера (материнскую плату, видеокарту, сетевой контроллер и т.д. ). Поэтому виртуальные машины полностью совместимы со всеми стандартными операционными системами, приложениями и драйверами устройств. Виртуальную машину можно использовать для выполнения любого программного обеспечения, пригодного для соответствующего физического компьютера.
2. **Изолированность**. Виртуальные машины полностью изолированы друг от друга, как если бы они были физическими компьютерами Виртуальные машины могут использовать общие физические ресурсы одного компьютера и при этом оставаться полностью изолированными друг от друга, как если бы они были отдельными физическими машинами. Например, если на одном физическом сервере запущено четыре виртуальных машины, и одна из них дает сбой, это не влияет на доступность оставшихся трех машин. Изолированность — важная причина гораздо более высокой доступности и безопасности приложений, выполняемых в виртуальной среде, по сравнению с приложениями, выполняемыми в стандартной, невиртуализированной системе.
3. **Инкапсуляция**. Виртуальные машины полностью инкапсулируют вычислительную среду. Виртуальная машина представляет собой программный контейнер, связывающий, или "инкапсулирующий" полный комплект виртуальных аппаратных ресурсов, а также ОС и все её приложения в программном пакете. Благодаря инкапсуляции виртуальные машины становятся невероятно мобильными и удобными в управлении. Например, виртуальную машину можно переместить или скопировать из одного местоположения в другое так же, как любой другой программный файл. Кроме того, виртуальную машину можно сохранить на любом стандартном носителе данных: от компактной карты Flash-памяти USB до корпоративных сетей хранения данных.
4. **Независимость от оборудования**. Виртуальные машины полностью независимы от базового физического оборудования, на котором они работают. Например, для виртуальной машины с виртуальными компонентами (ЦП, сетевой картой, контроллером SCSI) можно задать настройки, абсолютно не совпадающие с физическими характеристиками базового аппаратного обеспечения. Виртуальные машины могут даже выполнять разные операционные системы (Windows, Linux и др.) на одном и том же физическом сервере. В сочетании со свойствами инкапсуляции и совместимости, аппаратная независимость обеспечивает возможность свободно перемещать виртуальные машины с одного компьютера на базе x86 на другой, не меняя драйверы устройств, ОС или приложения. Независимость от оборудования также дает возможность запускать в сочетании абсолютно разные ОС и приложения на одном физическом компьютере.

Рассмотрим основные разновидности виртуализации, такие как:

* виртуализация серверов (полная виртуализация и паравиртуализация)
* виртуализация на уровне операционных систем,
* виртуализация приложений,
* виртуализация представлений.

Сегодня, говоря о технологиях виртуализации, как правило, подразумевают виртуализацию серверов, так как последняя становится наиболее популярным решением на рынке IT. Виртуализация серверов подразумевает запуск на одном физическом сервере нескольких виртуальных серверов. Виртуальные машины или сервера представляют собой приложения, запущенные на хостовой операционной системе, которые эмулируют физические устройства сервера. На каждой виртуальной машине может быть установлена операционная система, на которую могут быть установлены приложения и службы. Типичные представители это продукты VmWare (ESX, Server, Workstation) и Microsoft (Hyper-V, Virtual Server, Virtual PC).



**Рис. 2.3.** Виртуализация серверов

Центры обработки данных используют большое пространство и огромное количество энергии, особенно если прибавить к этому сопровождающие их системы охлаждения и инфраструктуру. Средствами технологий виртуализации выполняется консолидация серверов, расположенных на большом количестве физических серверов в виде виртуальных машин на одном высокопроизводительном сервере.

Число физических машин, необходимых для работы в качестве серверов уменьшается, что снижает количество энергии, необходимой для работы машин и пространство, требуемое для их размещения. Сокращение в количестве серверов и пространстве уменьшает количество энергии, необходимой для их охлаждения. При меньшем расходе энергии вырабатывается меньшее количество углекислого газа. Данный показатель, например в Европе, имеет достаточно важную роль.

Немаловажным фактором является финансовая сторона. Виртуализация является важным моментом экономии. Виртуализация не только уменьшает потребность в приобретении дополнительных физических серверов, но и минимизирует требования к их размещению. Использование виртуального сервера предоставляет преимущества по быстроте внедрения, использования и управления, что позволяет уменьшить время ожидания развертывания какого-либо проекта.

Не так давно появились модели последнего поколения процессоров в архитектуре x86 корпораций AMD и Intel, где производители впервые добавили технологии аппаратной поддержки виртуализации. До этого виртуализация поддерживалась программно, что естественно приводила к большим накладным расходам производительности.

Для появившихся в восьмидесятых годах двадцатого века персональных компьютерах проблема виртуализации аппаратных ресурсов, казалось бы, не существовала по определению, поскольку каждый пользователь получал в свое распоряжение весь компьютер со своей ОС. Но по мере повышения мощности ПК и расширения сферы применения x86-систем ситуация быстро поменялась. "Диалектическая спираль" развития сделала свой очередной виток, и на рубеже веков начался очередной цикл усиления центростремительных сил по концентрации вычислительных ресурсов. В начале нынешнего десятилетия на фоне растущей заинтересованности предприятий в повышении эффективности своих компьютерных средств стартовал новый этап развития технологий виртуализации, который сейчас преимущественно связывается именно с использованием архитектуры x86.

Отметим, что хотя в идеях x86-виртуализации в теоретическом плане вроде бы ничего неизвестного ранее не было, речь шла о качественно новом для ИТ-отрасли явлении по сравнению с ситуацией 20-летней давности. Дело в том, что в аппаратно-программной архитектуре мэйнфреймов и Unix-компьютеров вопросы виртуализации сразу решались на базовом уровне и аппаратном уровне. Система же x86 строилась совсем не в расчете на работу в режиме датацентров, и ее развитие в направлении виртуализации — это довольно сложный эволюционный процесс со множеством разных вариантов решения задачи.

Важный момент заключается также в качественно разных бизнес-моделях развития мэйнфреймов и x86. В первом случае речь идет фактически о моновендорном программно-аппаратном комплексе для поддержки довольно ограниченного круга прикладного ПО для достаточно узкого круга крупных заказчиков. Во втором - мы имеем дело с децентрализованным сообществом производителей техники, поставщиков базового ПО и огромной армией разработчиков прикладного программного обеспечения.

Использование средств x86-виртуализации началось в конце 90-х с рабочих станций: одновременно с увеличением числа версий клиентских ОС постоянно росло и количество людей (разработчиков ПО, специалистов по технической поддержке, экспертов), которым нужно было на одном ПК иметь сразу несколько копий различных ОС.

Виртуализация для серверной инфраструктуры стала применяться немного позднее, и связано это было, прежде всего, с решением задач консолидации вычислительных ресурсов. Но тут сразу сформировалось два независимых направления:

* поддержка неоднородных операционных сред (в том числе, для работы унаследованных приложений). Этот случай наиболее часто встречается в рамках корпоративных информационных систем. Технически проблема решается путем одновременной работы на одном компьютере нескольких виртуальных машин, каждая из которых включает экземпляр операционной системы. Но реализация этого режима выполнялась с помощью двух принципиально разных подходов: **полной виртуализации и паравиртуализации** ;
* поддержка однородных вычислительных сред подразумевает изоляцию служб в рамках одного экземпляра ядра операционной системы ( **виртуализация на уровне ОС** ), что наиболее характерно для хостинга приложений провайдерами услуг. Конечно, тут можно использовать и вариант виртуальных машин, но гораздо эффективнее создание изолированных контейнеров на базе одного ядра одной ОС.

Следующий жизненный этап технологий x86-виртуализации стартовал в 2004-2006 гг. и был связан с началом их массового применения в корпоративных системах. Соответственно, если раньше разработчики в основном занимались созданием технологий исполнения виртуальных сред, то теперь на первый план стали выходить задачи управления этими решениями и их интеграции в общую корпоративную ИТ-инфраструктуру. Одновременно обозначилось заметное повышение спроса на виртуализацию со стороны персональных пользователей (но если в 90-х это были разработчики и тестеры, то сейчас речь уже идет о конечных пользователях как профессиональных, так и домашних).

Многие трудности и проблемы разработки технологий виртуализации связаны с преодолением унаследованных особенностей программно-аппаратной архитектуры x86. Для этого существует несколько базовых методов:

**Полная виртуализация** (Full, Native Virtualization). Используются не модифицированные экземпляры гостевых операционных систем, а для поддержки работы этих ОС служит общий слой эмуляции их исполнения поверх хостовой ОС, в роли которой выступает обычная операционная система. Такая технология применяется, в частности, в VMware Workstation, VMware Server (бывший GSX Server), Parallels Desktop, Parallels Server, MS Virtual PC, MS Virtual Server, Virtual Iron. К достоинствам данного подхода можно причислить относительную простоту реализации, универсальность и надежность решения; все функции управления берет на себя хост-ОС. Недостатки — высокие дополнительные накладные расходы на используемые аппаратные ресурсы, отсутствие учета особенностей гостевых ОС, меньшая, чем нужно, гибкость в использовании аппаратных средств.



**Рис. 2.4.** Полная виртуализация

**Паравиртуализация** (paravirtualization). Модификация ядра гостевой ОС выполняется таким образом, что в нее включается новый набор API, через который она может напрямую работать с аппаратурой, не конфликтуя с другими виртуальными машинами. При этом нет необходимости задействовать полноценную ОС в качестве хостового ПО, функции которого в данном случае исполняет специальная система, получившая название гипервизора (hypervisor). Именно этот вариант является сегодня наиболее актуальным направлением развития серверных технологий виртуализации и применяется в VMware ESX Server, Xen (и решениях других поставщиков на базе этой технологии), Microsoft Hyper-V. Достоинства данной технологии заключаются в отсутствии потребности в хостовой ОС – ВМ, устанавливаются фактически на "голое железо", а аппаратные ресурсы используются эффективно. Недостатки — в сложности реализации подхода и необходимости создания специализированной ОС-гипервизора.