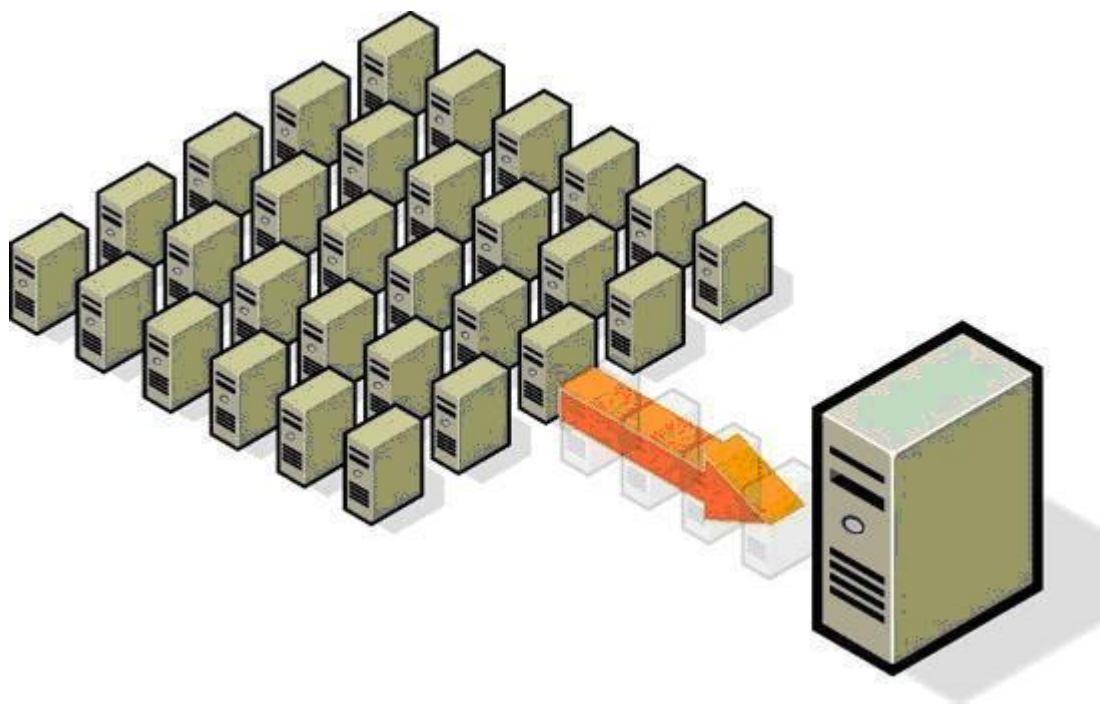


Лекция 11. Виртуализация

11.1. Что такое виртуализация и виртуальные машины

Информационные технологии принесли в жизнь современного общества множество полезных и интересных вещей. Каждый день изобретательные и талантливые люди придумывают все новые и новые применения компьютерам как эффективным инструментам производства, развлечения и сотрудничества. Множество различных программных и аппаратных средств, технологий и сервисов позволяют нам ежедневно повышать удобство и скорость работы с информацией. Все сложнее и сложнее выделить из обрушившегося на нас потока технологий действительно полезные и научиться применять их с максимальной пользой. В этой статье пойдет речь о еще одной невероятно перспективной и по-настоящему эффективной технологии, стремительно врывающейся в мир компьютеров – технологии виртуализации.

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.



Виртуализация подразумевает запуск на одном физическом компьютере нескольких виртуальных компьютеров

11.2. История

Сам термин «виртуализация» в компьютерных технологиях появился в 60-х годах прошлого века вместе с термином «*виртуальная машина*», означая продукт

виртуализации программно-аппаратной платформы. В то время виртуализация была, скорее, интересной технической находкой, чем перспективной технологией. Разработки в сфере виртуализации в шестидесятых-семидесятых годах проводились только компанией IBM. С появлением в компьютере IBM M44/44X экспериментальной системы пэйджинга, впервые был употреблен термин «виртуальная машина» (virtual machine), который заменил более ранний термин «псевдо машина» (pseudo machine). Затем в мэйнфреймах IBM серии System 360/370, можно было использовать виртуальные машины для сохранения предыдущих версий операционных систем. До конца девяностых годов никто кроме IBM так и не решался использовать эту оригинальную технологию всерьез. Однако в девяностых годах стали очевидны перспективы подхода виртуализации: с ростом аппаратных мощностей, как персональных компьютеров, так и серверных решений, вскоре представится возможность использовать несколько виртуальных машин на одной физической платформе.

В 1997 году компания Connectix выпускает первую версию Virtual PC для платформы Macintosh, а в 1998 году VMware патентует свои техники виртуализации. Компания Connectix впоследствии была куплена корпорацией Microsoft, а VMware корпорацией EMC, и на данный момент обе эти компании являются двумя основными потенциальными конкурентами на рынке технологий виртуализации в будущем. Потенциальными - потому что сейчас VMware безоговорочный лидер на этом рынке, однако у Microsoft, как всегда, есть козырь в рукаве.

Со времени своего появления термины «виртуализация» и «виртуальная машина» приобрели множество различных значений и употреблялись в разных контекстах. Давайте попробуем разобраться с тем, что такое виртуализация на самом деле.

11.3. Виды виртуализации

Понятие виртуализации условно можно разделить на две фундаментально различающиеся категории:

- **виртуализация платформ**

Продуктом этого вида виртуализации являются виртуальные машины - некие программные абстракции, запускаемые на платформе реальных аппаратно-программных систем.

- **виртуализация ресурсов**

Данный вид виртуализации преследует своей целью комбинирование или упрощение представления аппаратных ресурсов для пользователя и получение неких пользовательских абстракций оборудования, пространств имен, сетей и т.п.



Виды виртуализации

11.3.1. Виртуализация платформ

Под *виртуализацией платформ* понимают создание программных систем на основе существующих аппаратно-программных комплексов, зависящих или независящих от них. Система, предоставляющая аппаратные ресурсы и программное обеспечение, называется *хостовой (host)*, а симулируемые ей системы – *гостевыми (guest)*. Чтобы гостевые системы могли стабильно функционировать на платформе хостовой системы, необходимо, чтобы программное и аппаратное обеспечение хоста было достаточно надежным и предоставляло необходимый набор интерфейсов для доступа к его ресурсам.

Есть несколько видов виртуализации платформ, в каждом из которых осуществляется свой подход к понятию «виртуализация». Виды виртуализации платформ зависят от того, насколько полно осуществляется эмуляция аппаратного обеспечения. До сих пор нет единого соглашения о терминах в сфере виртуализации, поэтому некоторые из приведенных далее видов виртуализации могут отличаться от тех, что предоставляют другие источники.

Виды виртуализации платформ:

1. Полная эмуляция (симуляция).

При таком виде виртуализации виртуальная машина полностью виртуализирует все аппаратное обеспечение при сохранении гостевой операционной системы в неизменном виде. Такой подход позволяет эмулировать различные аппаратные архитектуры. Например, можно запускать виртуальные машины с гостевыми системами для x86-процессоров на платформах с другой архитектурой. Долгое время такой вид виртуализации использовался, чтобы разрабатывать программное обеспечение для новых процессоров еще до того, как они были физически доступными. Такие эмуляторы также применяют для низкоуровневой отладки операционных систем. Основным минус данного подхода заключается в том, что эмулируемое аппаратное обеспечение весьма и весьма существенно замедляет быстродействие гостевой системы, что делает работу с ней очень

неудобной, поэтому, кроме как для разработки системного программного обеспечения, а также образовательных целей, такой подход мало где используется.

Примеры продуктов для создания эмуляторов: Bochs, PearPC, QEMU (без ускорения), Hercules Emulator.



Полная виртуализация

2. Частичная эмуляция (нативная виртуализация).

В этом случае виртуальная машина виртуализирует лишь необходимое количество аппаратного обеспечения, чтобы она могла быть запущена изолированно. Такой подход позволяет запускать гостевые операционные системы, разработанные только для той же архитектуры, что и у хоста. Таким образом, несколько экземпляров гостевых систем могут быть запущены одновременно. Этот вид виртуализации позволяет существенно увеличить быстродействие гостевых систем по сравнению с полной эмуляцией и широко используется в настоящее время. Также, в целях повышения быстродействия, в платформах виртуализации, использующих данный подход, применяется специальная «прослойка» между гостевой операционной системой и оборудованием (гипервизор), позволяющая гостевой системе напрямую обращаться к ресурсам аппаратного обеспечения. Гипервизор, называемый также «Монитор виртуальных машин» (Virtual Machine Monitor) - одно из ключевых понятий в мире виртуализации. Применение гипервизора, являющегося связующим звеном между гостевыми системами и аппаратурой, существенно увеличивает быстродействие платформы, приближая его к быстродействию физической платформы.

К минусам данного вида виртуализации можно отнести зависимость виртуальных машин от архитектуры аппаратной платформы.

Примеры продуктов для нативной виртуализации: VMware Workstation, VMware Server, VMware ESX Server, Virtual Iron, Virtual PC, VirtualBox, Parallels Desktop и другие.

3. Частичная виртуализация, а также «виртуализация адресного пространства» («address space virtualization»).

При таком подходе, виртуальная машина эмулирует несколько экземпляров аппаратного окружения (но не всего), в частности, пространства адресов. Такой вид виртуализации позволяет совместно использовать ресурсы и изолировать процессы, но

не позволяет разделять экземпляры гостевых операционных систем. Строго говоря, при таком виде виртуализации пользователем не создаются виртуальные машины, а происходит изоляция каких-либо процессов на уровне операционной системы. В данный момент многие из известных операционных систем используют такой подход. Примером может послужить использование UML (User-mode Linux), в котором «гостевое» ядро запускается в пользовательском пространстве базового ядра (в его контексте).

4. Паравиртуализация.

При применении паравиртуализации нет необходимости симулировать аппаратное обеспечение, однако, вместо этого (или в дополнение к этому), используется специальный программный интерфейс (API) для взаимодействия с гостевой операционной системой. Такой подход требует модификации кода гостевой системы, что, с точки зрения сообщества, Open Source не так и критично. Системы для паравиртуализации также имеют свой гипервизор, а API-вызовы к гостевой системе, называются «hypercalls» (гипервызовы). Многие сомневаются в перспективах этого подхода виртуализации, поскольку в данный момент все решения производителей аппаратного обеспечения в отношении виртуализации направлены на системы с нативной виртуализацией, а поддержку паравиртуализации приходится искать у производителей операционных систем, которые слабо верят в возможности предлагаемого им средства. В настоящее время провайдерами паравиртуализации являются компании XenSource и Virtual Iron, утверждающие, что быстродействие паравиртуализации выше.



Паравиртуализация

5. Виртуализация уровня операционной системы.

Сутью данного вида виртуализации является виртуализация физического сервера на уровне операционной системы в целях создания нескольких защищенных виртуализованных серверов на одном физическом. Гостевая система, в данном случае, разделяет использование одного ядра хостовой операционной системы с другими гостевыми системами. Виртуальная машина представляет собой окружение для приложений, запускаемых изолированно. Данный тип виртуализации применяется при организации систем хостинга, когда в рамках одного экземпляра ядра требуется поддерживать несколько виртуальных серверов клиентов.

Примеры виртуализации уровня ОС: Linux-VServer, Virtuozzo, OpenVZ, Solaris Containers и FreeBSD Jails.

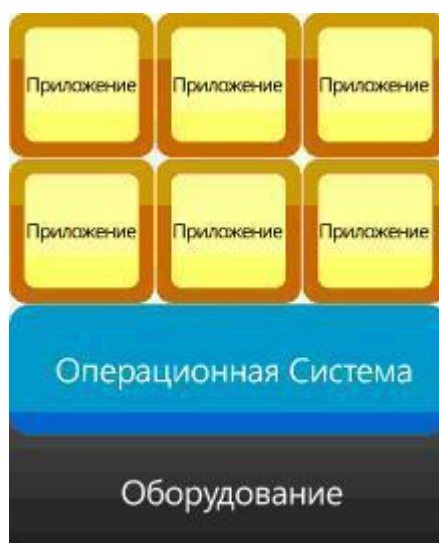


Виртуализация на уровне ядра ОС

6. Виртуализация уровня приложений.

Этот вид виртуализации не похож на все остальные: если в предыдущих случаях создаются виртуальные среды или виртуальные машины, использующиеся для изоляции приложений, то в данном случае само приложение помещается в контейнер с необходимыми элементами для своей работы: файлами реестра, конфигурационными файлами, пользовательскими и системными объектами. В результате получается приложение, не требующее установки на аналогичной платформе. При переносе такого приложения на другую машину и его запуске, виртуальное окружение, созданное для программы, разрешает конфликты между ней и операционной системой, а также другими приложениями. Такой способ виртуализации похож на поведение интерпретаторов различных языков программирования (недаром интерпретатор, Виртуальная Машина Java (JVM), тоже попадает в эту категорию).

Примером такого подхода служат: Thinstall, Altiris, Trigenice, Softricity.



Виртуализация приложений

11.3.2. Виртуализация ресурсов

При описании виртуализации платформ мы рассматривали понятие виртуализации в узком смысле, преимущественно применяя его к процессу создания виртуальных машин. Однако если рассматривать виртуализацию в широком смысле, можно прийти к понятию виртуализации ресурсов, обобщающим в себе подходы к созданию виртуальных систем. Виртуализация ресурсов позволяет концентрировать, абстрагировать и упрощать управление группами ресурсов, таких как сети, хранилища данных и пространства имен.

Виды виртуализации ресурсов:

1. Объединение, агрегация и концентрация компонентов.

Под таким видом виртуализации ресурсов понимается организация нескольких физических или логических объектов в пулы ресурсов (группы), представляющих удобные интерфейсы пользователю. Примеры такого вида виртуализации:

- многопроцессорные системы, представляющиеся нам как одна мощная система;
- RAID-массивы и средства управления томами, комбинирующие несколько физических дисков в один логический;
- виртуализация систем хранения, используемая при построении сетей хранения данных SAN (Storage Area Network);
- виртуальные частные сети (VPN) и трансляция сетевых адресов (NAT), позволяющие создавать виртуальные пространства сетевых адресов и имен.

2. Кластеризация компьютеров и распределенные вычисления (grid computing).

Этот вид виртуализации включает в себя техники, применяемые при объединении множества отдельных компьютеров в глобальные системы (мета компьютеры), совместно решающие общую задачу.

3. Разделение ресурсов (partitioning).

При разделении ресурсов в процессе виртуализации происходит разделение какого-либо одного большого ресурса на несколько однотипных объектов, удобных для использования. В сетях хранения данных это называется зонированием ресурсов («zoning»).

4. Инкапсуляция.

Многим это слово известно как сокрытие объектом внутри себя своей реализации. Применительно к виртуализации, можно сказать, что это процесс создания системы, предоставляющей пользователю удобный интерфейс для работы с ней и скрывающей подробности сложности своей реализации. Например, использование центральным процессором кэша для ускорения вычислений не отражается на его внешних интерфейсах.

Виртуализация ресурсов, в отличие от виртуализации платформ, имеет более широкий и расплывчатый смысл и представляет собой массу различных подходов, направленных на повышение удобства обращения пользователей с системами в целом. Поэтому, далее мы будем опираться в основном на понятие виртуализации платформ, поскольку технологии, связанные именно с этим понятием, являются в данный момент наиболее динамично развивающимися и эффективными.

11.4. Где применяется виртуализация

Виртуализация операционных систем за последние три-четыре года очень хорошо продвинулась вперед, как в технологическом, так и в маркетинговом смысле. С одной стороны, пользоваться продуктами виртуализации стало намного проще, они стали более надежными и функциональными, а с другой – нашлось немало новых интересных применений виртуальным машинам. Сферу применения виртуализации можно определить, как «место, где есть компьютеры», однако на данный момент можно обозначить следующие варианты использования продуктов виртуализации:

1. Консолидация серверов.

В данный момент приложения, работающие на серверах в IT-инфраструктуре компаний, создают небольшую нагрузку на аппаратные ресурсы серверов (в среднем 5-15 процентов). Виртуализация позволяет мигрировать с этих физических серверов на виртуальные и разместить их все на одном физическом сервере, увеличив его загрузку до 60-80 процентов и, повысив тем самым коэффициент использования аппаратуры, что позволяет существенно сэкономить на аппаратуре, обслуживании и электроэнергии.

2. Разработка и тестирование приложений.

Множество продуктов виртуализации позволяют запускать несколько различных операционных систем одновременно, позволяя тем самым разработчикам и тестировщикам программного обеспечения тестировать их приложения на различных платформах и конфигурациях. Также удобные средства по созданию «снимков» текущего состояния системы одним кликом мыши и такого же простого восстановления из этого состояния, позволяют создавать тестовые окружения для различных конфигураций, что существенно повышает скорость и качество разработки.

3. Использование в бизнесе.

Этот вариант использования виртуальных машин является наиболее обширным и творческим. К нему относится все, что может понадобиться при повседневном обращении с IT-ресурсами в бизнесе. Например, на основе виртуальных машин можно легко создавать резервные копии рабочих станций и серверов (просто скопировав папку), строить системы, обеспечивающие минимальное время восстановления после сбоев, и

т.п. К данной группе вариантов использования относятся все те бизнес-решения, которые используют основные преимущества виртуальных машин.

4. Использование виртуальных рабочих станций.

С приходом эры виртуальных машин будет бессмысленно делать себе рабочую станцию с ее привязкой к аппаратуре. Теперь создав однажды виртуальную машину со своей рабочей или домашней средой, можно будет использовать её на любом другом компьютере. Также можно использовать готовые шаблоны виртуальных машин (Virtual Appliances), которые решают определенную задачу (например, сервер приложений). Концепция такого использования виртуальных рабочих станций может быть реализована на основе хост-серверов для запуска на них перемещаемых рабочих столов пользователей. В дальнейшем эти рабочие столы пользователь может забрать с собой, не синхронизируя данные с ноутбуком.

Этот вариант использования также предоставляет возможность создания защищенных пользовательских рабочих станций, которые могут быть использованы, например, для демонстрации возможностей программы заказчику. Можно ограничить время использования виртуальной машины – и по прошествии этого времени виртуальная машина перестанет запускаться. В этом варианте использования заложены большие возможности.

Все перечисленные варианты использования виртуальных машин фактически являются лишь сферами их применения в данный момент, со временем, несомненно, появятся новые способы заставить виртуальные машины работать в различных отраслях ИТ. Но давайте посмотрим, как сейчас обстоят дела с виртуализацией.

11.5. Как работает виртуализация сегодня

На сегодняшний день проекты по виртуализации ИТ-инфраструктуры активно внедряются многими ведущими компаниями, занимающимися системной интеграцией и являющимися авторизованными партнерами провайдеров систем виртуализации. В процессе виртуализации ИТ-инфраструктуры создается *виртуальная инфраструктура* – комплекс систем на основе виртуальных машин, обеспечивающих функционирование всей ИТ-инфраструктуры, обладающий многими новыми возможностями при сохранении существующей схемы деятельности ИТ-ресурсов. Вендоры различных платформ виртуализации готовы предоставить информацию об успешных проектах по внедрению виртуальной инфраструктуры в крупных банках, промышленных компаниях, больницах, образовательных учреждениях. Множество достоинств виртуализации операционных систем позволяют компаниям экономить на обслуживании, персонале, аппаратном обеспечении, обеспечении бесперебойной работы, репликации данных и восстановлении после сбоев. Также рынок виртуализации начинает наполняться мощными средствами управления, миграции и поддержки виртуальных инфраструктур, позволяющими

использовать преимущества виртуализации наиболее полно. Давайте посмотрим, как именно виртуализация позволяет компаниям, внедряющим у себя виртуальную инфраструктуру, экономить деньги.

10 причин использовать виртуальные машины

1. Экономия на аппаратном обеспечении при консолидации серверов.

Существенная экономия на приобретении аппаратного обеспечения происходит при размещении нескольких виртуальных продакшн-серверов на одном физическом сервере. В зависимости, от вендора платформы виртуализации, доступны возможности по балансировке рабочей нагрузки, контролю выделяемых ресурсов, миграции между физическими хостами и бэкапу. Все это влечет за собой реальную экономию денежных средств на обслуживании, управлении и администрировании инфраструктуры серверов.

2. Возможность поддержания старых операционных систем в целях обеспечения совместимости.

При выходе новой версии операционной системы, старую версию можно поддерживать на виртуальной машине, пока не будет полностью обкатана новая ОС. И наоборот, можно «поднять» новую ОС на виртуальной машине и опробовать ее без ущерба для основной системы.

3. Возможность изолировать потенциально опасные окружения.

Если какое-то приложение или компонент вызывает сомнения в его надежности и защищенности, можно использовать его на виртуальной машине без опасности повредить жизненно важные компоненты системы. Такую изолированную среду называют также «песочницей» (sandbox). Помимо этого, можно создавать виртуальные машины, ограниченные политиками безопасности (например, машина перестанет запускаться через две недели).

4. Возможность создания требуемых аппаратных конфигураций.

Иногда требуется использовать заданную аппаратную конфигурацию (процессорное время, количество выделяемой оперативной и дисковой памяти) при проверке работоспособности приложений в определенных условиях. Довольно сложно без виртуальной машины «загнать» физическую машину в такие условия. В виртуальных машинах – это пара кликов мыши.

5. Виртуальные машины могут создавать представления устройств, которых у вас нет.

Например, многие системы виртуализации позволяют создавать виртуальные SCSI диски, виртуальные многоядерные процессоры и т.п. Это может пригодиться для создания различного рода симуляций.

6. На одном хосте может быть запущено одновременно несколько виртуальных машин, объединенных в виртуальную сеть.

Такая особенность предоставляет безграничные возможности по созданию моделей виртуальной сети между несколькими системами на одном физическом компьютере. Особенно это необходимо, когда требуется смоделировать некую распределенную систему, состоящую из нескольких машин. Также можно создать несколько изолированных пользовательских окружений (для работы, развлечений, работы в Интернет), запустить их и переключаться между ними по мере необходимости выполнения тех или иных задач.

7. Виртуальные машины предоставляют великолепные возможности по обучению работе с операционными системами.

Можно создать репозиторий готовых к использованию виртуальных машин с различными гостевыми операционными системами и запускать их по мере необходимости в целях обучения. Их можно безнаказанно подвергать всяческим экспериментам, поскольку в случае порчи системы, её восстановление из сохраненного состояния займет пару минут.

8. Виртуальные машины повышают мобильность.

Папка с виртуальной машиной может быть перемещена на другой компьютер, и там виртуальная машина может быть сразу запущена. Не требуется создавать никаких образов для миграции, и, к тому же, виртуальная машина отвязана от конкретной аппаратуры.

9. Виртуальные машины могут быть организованы в «пакеты приложений».

Вы можете создавать виртуальной окружение для конкретного варианта использования (например, дизайнерскую машину, машину менеджера и т.п.), установив в ней все требуемое программное обеспечение, и разворачивать десктопы по мере необходимости.

10. Виртуальные машины более управляемы.

При использовании виртуальных машин существенно повышается управляемость в отношении создания резервных копий, создания снимков состояний виртуальных машин («снапшотов») и восстановлений после сбоев.

На этом, конечно, достоинства виртуальных машин не исчерпываются, это лишь пища для размышления и исследования их возможностей.

Безусловно, как и у всякого нового и перспективного решения, у виртуальных машин есть и свои недостатки:

1. Невозможность эмуляции всех устройств.

В данный момент все основные устройства аппаратных платформ поддерживаются вендорами систем виртуализации, однако если вы используете, например, какие-либо контроллеры или устройства, не поддерживаемые ими, придется отказаться от виртуализации такого окружения.

2. Виртуализация требует дополнительных аппаратных ресурсов.

В настоящее время использование различных техник виртуализации позволило приблизить показатели быстродействия виртуальных машин к реальным, однако, чтобы физический хост мог запускать хотя бы пару виртуальных машин, требуется достаточное для них количество аппаратных ресурсов.

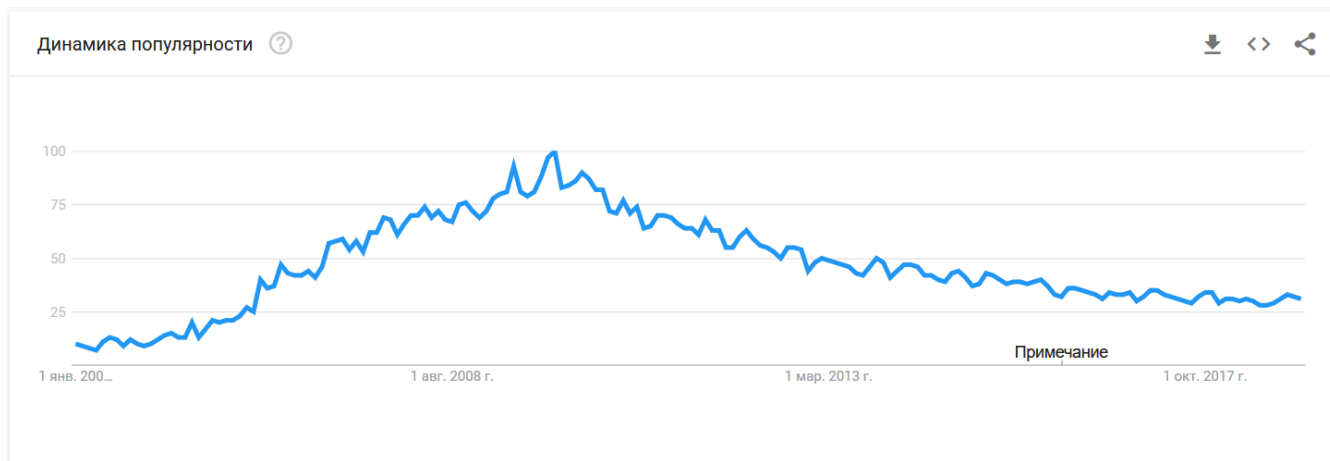
3. Некоторые платформы виртуализации требовательны к конкретному аппаратному обеспечению.

В частности, замечательная платформа компании VMware, ESX Server, была бы и вовсе замечательной, если бы не предъявляла жестких требований к аппаратному обеспечению.

4. Хорошие платформы виртуализации стоят хороших денег.

Порой, стоимость развертывания одного виртуального сервера равна стоимости еще одного физического, в определенных условиях это может оказаться нецелесообразным. К счастью, есть множество бесплатных решений, но они, в основном, ориентированы на домашнего пользователя и малый бизнес.

Несмотря на перечисленные и вполне устранимые недостатки, виртуализация продолжает набирать обороты, и в 2007 году ожидается существенное расширение, как рынка платформ виртуализации, так и средств управления виртуальными инфраструктурами. За последние несколько лет интерес к виртуализации вырос в разы, что можно увидеть по статистике Google Trends:



Статистика тренда «виртуализация»

Тем не менее, в связи со сложностью и высокой стоимостью развертывания и поддержки виртуальной инфраструктуры, а также трудностью правильной оценки возврата инвестиций, многие проекты по виртуализации увенчались неудачей. По результатам исследований, проведенных Computer Associates среди различных компаний, предпринявших попытки виртуализации, 44 процента не могут охарактеризовать результат как успешный. Это обстоятельство сдерживает многие компании, планирующие проекты по виртуализации. Проблему составляет также факт отсутствия по-настоящему грамотных специалистов в этой области.

11.6. Что ждет виртуализацию в будущем

2006 год стал для технологий виртуализации ключевым: множество новых игроков пришли на этот рынок, множество релизов платформ виртуализации и средств управления, а также немалое количество заключенных партнерских соглашений и союзов, говорят о том, что в будущем технология окажется очень и очень востребованной. Рынок средств виртуализации находится в заключительной стадии своего формирования. Множество производителей аппаратного обеспечения заявили о поддержке технологий виртуализации, а это верный залог успеха любой новой технологии. Виртуализация становится ближе к людям: упрощаются интерфейсы для использования виртуальных машин, появляются, не закрепленные пока официально, соглашения об использовании различных средств и техник, упрощается миграция с одной виртуальной платформы на другую. Безусловно, виртуализация займет свою нишу в списке необходимых технологий и инструментальных средств при проектировании IT-инфраструктуры предприятий. Обычные пользователи также найдут свое применение виртуальным машинам. С ростом производительности аппаратных платформ настольных компьютеров появится возможность поддерживать на одной машине несколько пользовательских окружений и переключаться между ними.

Производители аппаратного обеспечения также не собираются оставаться на месте: помимо существующих техник аппаратной виртуализации, вскоре появятся аппаратные системы, которые нативно поддерживают виртуализацию и предоставляющие удобные интерфейсы для разрабатываемого программного обеспечения. Это позволит быстро разрабатывать надежные и эффективные платформы виртуализации. Возможно, что любая устанавливаемая операционная система будет сразу виртуализироваться, а специальное низкоуровневое ПО, при поддержке аппаратных функций, будет осуществлять переключение между запущенными операционными системами без ущерба для производительности.

Сама идея, заложенная в технологиях виртуализации, открывает широкие возможности по их использованию. Ведь, в конечном счете, все делается для удобства пользователя и упрощения использования привычных ему вещей. А можно ли на этом существенно существенно экономить деньги, покажет время.

Использованные источники:

- Баранчиков А.И., Бабаев С.И. «Утилиты разработки ПО», Рязань, Россия;
- <https://www.intuit.ru/studies/courses/673/529/lecture/11915>.