

Отказоустойчивая компьютерная система хранения данных

© И.В. Баскаков, А.Ю. Головин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Одновременно с ростом объема хранимых данных с каждым годом растут требования по уровню их доступности и бесперебойной работе приложений. Возникает непростая задача: как сохранить огромные объемы информации в рабочем состоянии? Статья посвящена поиску решения задачи создания компьютерной системы хранения конфиденциальных данных значительного объема при условии ее непрерывной бесперебойной работы.

Ключевые слова: целостность данных, доступность и конфиденциальность данных, резервное копирование, восстановление данных, отказоустойчивость.

Введение. По результатам исследования компании IDC [1, 2], за 5 лет объем хранимых данных в корпоративном сегменте в мире вырос в 10 раз, составив $1,8 \cdot 2^{60}$ байт (рис. 1), и прогнозируется его дальнейший интенсивный рост.

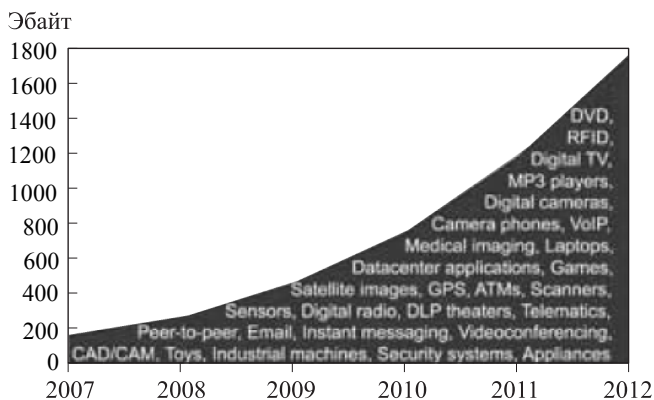


Рис. 1. Рост объема хранимых данных

В связи с этим традиционные способы обработки и хранения данных уступили место виртуализированным серверам и системам хранения данных, подключаемым с использованием технологии объединенных оптических свитчей. С каждым годом растут требования по уровню доступности данных и бесперебойной работе приложений. Современные предприятия всегда обладают приложениями, работа которых не должна прекращаться ни на минуту: это могут быть при-

ложения, обслуживающие счета клиента, или внутренняя база учета клиентов.

Возникает непростая задача: как сохранить такие огромные объемы информации в рабочем состоянии? Прежде чем ответить на этот вопрос, необходимо исследовать возможные причины недоступности данных, затем следует сформулировать требования к различным типам данных и искать решение в области резервного копирования.

По сведениям одного из ведущих разработчиков сетевой компании ЕМС, статистика причин недоступности данных выглядит следующим образом (рис. 2).

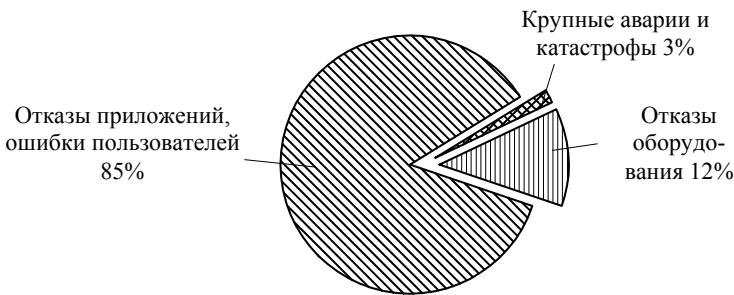


Рис. 2. Статистика причин недоступности данных

Исходя из этой статистики можно заключить, что наличие резервирования и восстановления данных поможет избежать их потери или порчи в 85 % случаев. В остальных 15 % случаев проблему можно решить с помощью дублирования оборудования и резервного копирования данных.

Обеспечение доступности и целостности данных является приоритетной задачей в любой информационной системе. Следствием возросшего в последнее время значения информации стали также высокие требования к конфиденциальности данных. *Целостность данных* — свойство, соответствию которому гарантирует, что в период между двумя операциями с данными они не были модифицированы. *Конфиденциальность данных* достигается предотвращением несанкционированного доступа к хранимой информации, маскированием доступа серверов к логическим томам с помощью зонирования, интеграцией системы хранения данных с системой авторизации и аутентификации предприятия.

Резервное копирование. В настоящее время основным средством сохранения и восстановления оригинала считается резервное копирование. Современные системы резервного копирования реализуются как программно, так и аппаратно, а также в сочетании программных и аппаратных компонентов.

Использование чисто *программных средств* относительно более дешево и универсально. Они выполняют свои задачи независимо от того, где и как расположено помещение для серверов, или от того, как осуществляется доступ к корпоративным приложениям с рабочих станций сотрудников. Программные решения слабо зависят от принятой архитектуры хранения и защиты данных.

Выделенные *аппаратные мощности* для резервного копирования позволяют не загружать основные серверы компании. Чисто аппаратные методы резервного копирования, а также другие аппаратные способы предотвращения сбоев (такие, как кластеризация серверов или использование RAID-массивов) довольно дороги и предъявляют особые требования к используемому аппаратному и программному обеспечению. Кроме того, подобные системы весьма требовательны к квалификации обслуживающего персонала. Аппаратные системы резервного копирования обычно составляют часть масштабных систем хранения данных, развертываемых крупными компаниями.

Вся логика резервного копирования, как правило, сосредоточена в программных компонентах и реализуется ими. Они управляют устройствами, процессом резервного копирования и восстановления данных, поддерживают расписание работ и реализуют дополнительные сервисные функции. Аппаратные компоненты предназначены для выполнения операций записи, хранения резервных копий и восстановления данных.

В настоящее время широкое распространение получила концепция хранения данных в несколько ярусов, которая основана на том, что устанавливается несколько уровней хранилищ с разными характеристиками, объединенных в одно. Обычно изначально данные копируются в хранилища с высокой скоростью доступа, но ограниченной вместимостью (как правило, какие-либо массивы жестких дисков). Через некоторый промежуток времени данные копируются на носители с более низкой скоростью доступа, но с бóльшим объемом.

Метод резервного копирования, при котором данные копируются или архивируются изначально в хранилище на базе жестких дисков, а затем некоторые части хранимых данных периодически переносятся в хранилища с применением ленточных накопителей, обозначают *disk-to-disk-to-tape (D2D2T)*.

За последние два десятка лет производительность процессоров увеличилась более чем в миллион раз, однако производительность жестких дисков возросла лишь в 10 раз. В настоящее время производительность нарастает путем увеличения количества ядер в процессорах. Очевидно, что разработчики систем резервного копирования стараются теперь в большей степени использовать ресурсы процес-

соров, нежели привязывать производительность работы систем к характеристикам устройств накопителей.

Виртуальная серверная среда. Потребности в вычислительной мощности современного предприятия постоянно возрастают, однако удовлетворение этих потребностей сдерживается нехваткой площадей для размещения оборудования и высокими требованиями к обслуживающему персоналу. Все чаще при построении систем необходимо обеспечить высокий уровень сервиса, и если раньше большинство таких технологий было доступно только при построении решений для крупных предприятий, то современные технологии виртуализации позволяют достичь высоких эксплуатационных характеристик и для представителей малого и среднего бизнеса. Технологии виртуализации позволяют эффективно решать большинство задач современного центра обработки данных.

Ключевыми особенностями виртуальной серверной среды являются механизмы консолидации ресурсов (рис. 3), увеличения эффективности использования ресурсов, а также улучшения характеристик доступности, масштабируемости информационных систем, повышения эффективности обслуживания и снижения совокупной стоимости владения ими.

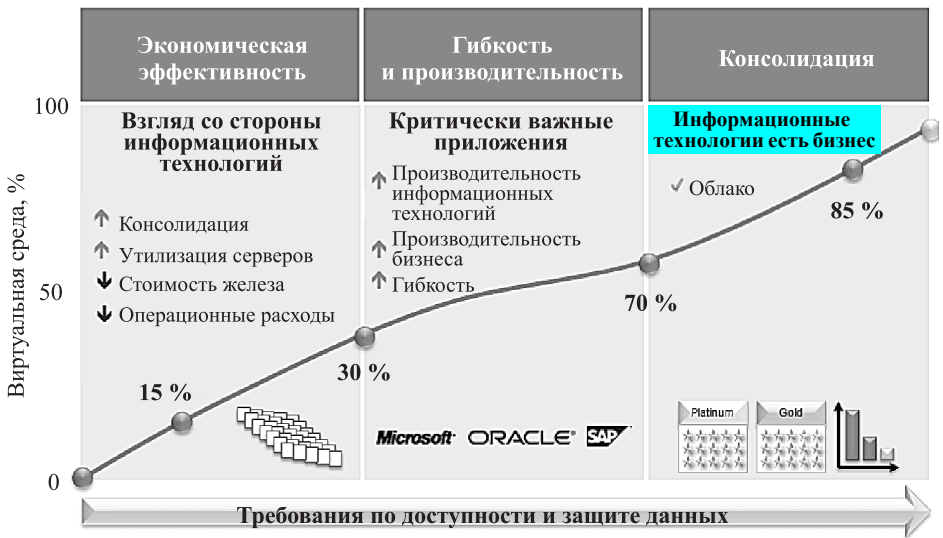


Рис. 3. Механизмы консолидации ресурсов

В данный момент приложения, работающие на серверах в ИТ-инфраструктуре компаний, испытывают относительно небольшую нагрузку на аппаратные ресурсы серверов (в среднем 5...15%). Виртуализация позволяет мигрировать с этих физических серверов на виртуальные и разместить их все на одном физическом сервере, уве-

личив его загрузку до 60...80 % и повысив тем самым коэффициент использования аппаратуры. При этом можно существенно сэкономить на аппаратуре, обслуживании и электроэнергии.

Множество продуктов виртуализации позволяет запускать несколько различных операционных систем одновременно, благодаря чему разработчики и тестеры программного обеспечения могут проверять приложения на различных платформах и конфигурациях. Также предоставляются удобные средства по созданию «снимков» текущего состояния системы, что существенно повышает скорость и качество разработки.

На основе виртуальных машин можно строить системы, обеспечивающие минимальное время восстановления после сбоев.

С приходом эры виртуальных машин будет бессмысленно создавать себе рабочую станцию с ее привязкой к аппаратуре. Создав однажды виртуальную машину со своей рабочей или домашней средой, можно будет использовать ее на любом другом компьютере, а также применять готовые шаблоны виртуальных машин, которые решают определенную задачу. Концепция такого использования виртуальных рабочих станций может быть реализована на основе хост-серверов для запуска на них перемещаемых десктопов пользователей. В дальнейшем эти десктопы пользователь может забрать с собой, не синхронизируя данные с ноутбуком. Этот вариант использования позволяет также создавать защищенные пользовательские рабочие станции, которые будут применяться, например, для демонстрации возможностей программы заказчику.

Перечислены лишь известные в настоящий момент сферы применения виртуальных машин. Со временем, несомненно, появятся новые способы заставить виртуальные машины работать в различных отраслях ИТ.

Примеры практического применения резервного копирования. Для хранения резервных копий традиционно применяются устройства на магнитной ленте — стримеры. Если объем информации, подлежащий хранению, превышает стандартную емкость картриджа или кассеты с лентой, то имеет смысл задуматься о покупке устройства для автоматической замены кассеты в стримере — авточенджера или библиотеки. Дешевые библиотеки на несколько кассет сегодня стоят 6...12 тыс. долл., а удобство от их использования может быть весьма существенно при регулярной работе бэкапа.

Однако ленточным устройствам хранения присущи и серьезные недостатки, вызвавшие в последние годы подъем интереса к «дисковому бэкапу», т. е. резервному копированию с дисков на диски (так называемая схема D2D). Основной минус ленточных устройств обусловлен самим принципом записи. Эти устройства

способны осуществлять последовательную запись и последовательное чтение. Если нам нужен фрагмент данных, находящийся в середине ленты, то надо вставить ленту, заправить ее в механизм, убедиться, что это правильная лента, прочтя ее заголовок, включить перемотку и домотать до приблизительно нужного места, включить считывание и дойти до нужного фрагмента — только после этого мы получим наши данные.

Процесс чтения фрагмента имеет задержку от момента отдачи команды на чтение, задержка может достигать десятков минут. Представим теперь, что таких фрагментов размером в несколько мегабайт нам нужно прочитать сотню, да еще из разных кассет.

Вторым серьезным недостатком является механическая чувствительность ленты. Несмотря на то что производитель обычно гарантирует срок сохранности лент в десятки лет, как правило, эти цифры верны только для архивного режима вида «записал и положил в сухое, темное, кондиционированное помещение, защищенное от пыли». В реальных условиях эксплуатации срок жизни магнитных лент гораздо короче и зависит от интенсивности их использования, а также от условий работы. Очевидно, что температурные перепады, высокая или, наоборот, низкая влажность и в особенности избыток пыли в воздухе существенно повреждают магнитную ленту. Поврежденный же картридж с магнитной лентой, как правило, восстановлению не подлежит.

Резкое удешевление жестких дисков в последние годы также способствовало возрождению интереса к резервному хранению на дисках. Преимущество дисков по сравнению с лентами: они быстрые. Поскольку диски являются в отличие от лент устройствами с «произвольным доступом» (random access), то считывание произвольного фрагмента «из середины» не требует последовательно добираться до него от самого начала диска. Второе преимущество состоит в том, что дисковое хранилище можно сделать более надежным, чем лента, несмотря на то, что один отдельно взятый диск, как правило, менее надежен, чем картридж ленты.

Проектирование системы хранения данных. Проектируя компьютерную отказоустойчивую систему хранения данных, необходимо решить следующие задачи:

- разработать аппаратный комплекс обеспечения обработки, записи, хранения и восстановления данных;
- устранить риск потери данных путем создания системы резервного копирования данных;
- спроектировать конфигурацию выбранной системы хранения данных;
- реализовать виртуальную среду обработки данных;

- исключить единую точку отказа за счет резервирования физических компонентов комплекса;
- рассчитать производительность дисковой подсистемы и выбрать оптимальный тип RAID;
- разработать методику диагностики и обслуживания серверов и системы хранения данных;
- разработать методику контроля системы виртуализации и резервного копирования и управления ею.

Возможные точки отказа системы. В таблице рассмотрены ситуации, в которых выход из строя одного из компонентов системы может привести к недоступности данных, а также способы защиты от возникновения таких ситуаций путем дублирования тех или иных компонентов.

Угроза	Возможный путь решения
Отказ одного из компонентов системы хранения данных	Резервирование компонентов системы хранения данных
Отказ канала передачи данных	Использование избыточного количества каналов
Отказ питания	Использование источников бесперебойного питания, независимых линий питания, резервирование блоков питания
Пожар, обрушение здания и т. п.	Размещение консистентной копии данных на другой площадке
Ошибки администрирования, вирусы и т. д.	Использование репликации с возможностью отката до контрольной точки

Заключение. На основании вышеизложенных рассуждений можно сделать следующие выводы:

1. Бесперебойную работу компьютерной системы хранения данных значительного объема можно обеспечить, если применить комплекс мер, в частности:

- а) использовать виртуализированные серверы, подключаемые к оптическим свитчам;
- б) применить резервирование и восстановление данных с использованием соответствующей конфигурации RAID-массива [3–8].

2. С целью оптимизации стоимости ресурсов следует обратить внимание на предпочтительное применение программных решений, особенно при обеспечении целостности и конфиденциальности данных. С помощью виртуализации серверов можно значительно сократить количество физических серверов, одновременно с этим увели-

чив их загрузку до 60...80 %. Тем самым повышается коэффициент использования аппаратуры, что позволяет существенно сэкономить на аппаратуре, обслуживании и электроэнергии.

3. Современные системы резервного копирования реализуются, как правило, с применением сочетания программных и аппаратных компонентов, что делает решение более дешевым и универсальным. Примером тому служат хранилища информации типов D2D и D2D2T.

4. Не следует пренебрегать также известными организационными мерами обеспечения безопасности (см. таблицу).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *FLARE Release 28 Software Differences*. URL: <https://powerlink.emc.com> (дата обращения 10.02.2012).
- [2] *CLARiiON Initial Configuration — Best Practices Planning*. URL: <https://powerlink.emc.com> (дата обращения 12.04.2012).
- [3] Lueth C. *RAID-DP: Network appliance implementation of RAID double parity for data protection. A high-speed implementation of RAID 6*. <http://media.netapp.com/documents/tr-3348.pdf> (дата обращения 10.04.2012).
- [4] *Block Management with Data ONTAP 7G: FlexVol, FlexClone, and Space Guarantees*. URL: www.netapp.com (дата обращения 10.04.2012).
- [5] *IBM System Storage DS5100 or DS5300 Storage Subsystem Installation, User's, and Maintenance Guide*. URL: www.ibm.com (дата обращения 10.04.2012).
- [6] *RAID-массивы, что это?* URL: <http://www.raid.org.ua/index.htm> (дата обращения 12.04.2012).
- [7] *RAID-технологии*. URL: <http://www.s-t.ru/technology/hardware/raids/1.html> (дата обращения 12.04.2012).
- [8] *Adaptec ASR-2230SLP: встречаем RAID-on-Chip (ROC)*. URL: <http://www.comresurs.ru/sites/www.ixbt.com/storage/adaptec2230SLPs.shtml> (дата обращения 12.04.2012).

Статья поступила в редакцию 28.06.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Баскаков И.В., Головин А.Ю. Отказоустойчивая компьютерная система хранения данных. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/network/1004.html>

Баскаков Игорь Владимирович родился в 1937 г., окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1962 г. Канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Компьютерные системы и сети» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 150 научных работ в области систем управления, информатики. e-mail: baskakoviv@msk.mipk.ru

Головин Алексей Юрьевич родился в 1989 г. Студент кафедры «Компьютерные системы и сети» МГТУ им. Н.Э. Баумана.