

# Виртуализация систем хранения данных

*В статье описывается подход компании Compaq к технологии виртуализации, реализуемой на уровне контроллера системы хранения, и использованный в архитектуре виртуального массива Compaq StorageWorks™ Enterprise Virtual Array. Рассматриваются преимущества, предоставляемые виртуализацией систем хранения, в сравнении с обычными устройствами с точки зрения производительности, управления, распределенного резервирования, создания образов дисковых разделов Virtually Capacity-Free Snapshot и мгновенных физических копий Virtually Instantaneous Snapclone.*

## Введение

Профессионалы в области информационных технологий всегда находятся в поиске более совершенных способов защиты данных и доступа к ним. Организации ищут технологии, позволяющие снизить стоимость и повысить управляемость систем хранения, требования к емкости которых постоянно растут. Стремясь контролировать большие массивы данных, необходимых для проведения ответственных деловых операций, компании начали использовать RAID-массивы, сети хранения (Storage Area Network — SAN) и резервное копирование на магнитную ленту.

Виртуализация относится к числу наиболее перспективных и выгодных решений в области организации систем хранения. Публикация раскрывает различные уровни виртуализации, причины, по которым данная технология имеет огромную ценность для организации сетевых хранилищ, решениях Compaq в области виртуализации и ее преимуществах.

## Что такое виртуализация систем хранения?

Виртуализация систем хранения обычно определяется, как прозрачное (т.е. “незаметное” для компьютера) представление системы хранения на уровне блоков, когда логический адрес блока никак не привязан к его реальному, физическому адресу. Фактически виртуализация разделяет логический и физический уровни доступа к данным, позволяя объединять физические устройства хранения в “виртуальные” пулы дисков. Из пулов могут выделяться отдельные виртуальные диски, подключаемые при необходимости к включенным в сеть серверам в качестве логических устройств (аналогичны логическому устройству, или номеру логического устройства — LUN в протоколе SCSI).

Виртуальные хранилища данных позволяют обойтись без дополнительного взаимодействия между серверами и устройствами хранения. Процессы взаимодействия с физическими диска-

ми и распределения емкости производятся на уровне контроллера RAID, становятся прозрачными для серверов и приложений и не требуют их участия.

Внутри распределенной среды хранения существуют три уровня, на которых может реализовываться виртуализация: уровень сервера, уровень коммутатора сети хранения данных (SAN fabric level) и уровень системы хранения. Указанные уровни могут быть задействованы все сразу или по отдельности — в зависимости оттого, какой вариант окажется более выгодным для пользователей.

### Уровень сервера

На уровне сервера виртуализация может быть реализована при помощи запущенного на нем программного обеспечения и не зависит от устройств хранения. При использовании данного ПО операционная система взаимодействует с виртуальным дисковым устройством (реально не существующим) так, как если бы он взаимодействовал с физическим устройством определенного типа, SCSI и др. (хотя в реальности взаимодействие происходит с виртуальным диском, который, в свою очередь и взаимодействует с физическими устройствами). Виртуализация на уровне сервера может быть реализована в однородных сетях хранения и в среде, не являющейся сетью хранения. Эта техно-

логия совместима с ограниченным кругом программных и аппаратных компонентов.

Примером использования технологии виртуализации на уровне сервера может служить предлагаемое корпорацией Compaq программное обеспечение Compaq SANworks™ Virtual Replicator. В данном продукте технология виртуализации используется для создания пулов хранения в среде Microsoft Windows 2000 и Windows NT. Простота внедрения и эксплуатации делают данное решение в области виртуализации особенно подходящим для небольших систем и систем начального уровня.

### Уровень коммутатора SAN

Более популярной является технология виртуализации на уровне коммутатора SAN, которое идеально подходит для внедрения в среде открытых сетей хранения, использующих как обычные, так и виртуализованные системы хранения. Технология Compaq VersaStor™ разрабатывается для использования на всех уровнях сетей хранения (включая уровень коммутатора SAN) и не имеет аналогов среди других реализаций, охватывающих всю сеть хранения.

Компания Compaq стремится достичь возможности полной виртуализации сетей хранения. Именно поэтому данная технология лицензируется ключевым партнерам компании, разрабатывающим продукты, в которых реализуется концепция сетевой архитектуры для корпоративных вычислительных систем — Compaq Enterprise Network Storage Architecture (ENSA).

### Архитектура Compaq Enterprise Network Storage Architecture (ENSA)

Концепция Compaq ENSA предусматривает создание открытых сетей хранения — основанных на общепринятых стандартах среды хранения, которая дает возможность многостороннего взаимодействия, являющегося необходимой характеристикой хранилищ, используемых в современных вычислительных системах. ENSA-2, представляющая собой новую фазу развития данной концепции, опирается на оригинальные раз-

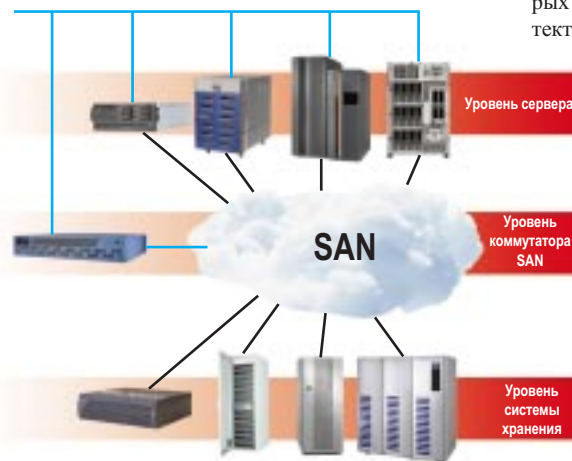


Рис. 1. Уровни сети хранения.

работки в области архитектуры сетей хранения. В состав ENSA-2 входят шесть технологических усовершенствований, позволяющих клиентам решить наиболее насущные проблемы в части хранения данных (масштабирование, виртуализация, автоматизация, упрощение, совместимость и защита капиталовложений).

Технология виртуализации VersaStor разрабатывается в качестве одного из базовых компонентов инициативы по созданию открытых сетей хранения (Open SAN) компании Compaq. Архитектура данной технологии позволяет ей стать фактическим стандартом в области виртуализации хранилищ данных, реализуемой на уровне связанной архитектуры сети.

### Уровень системы хранения

На уровне системы хранения технология виртуализации реализуется на уровне контроллеров RAID без участия хост-компьютера. При помощи специального управляющего ПО RAID-контроллерам предоставляется возможность создания виртуальных дисков, дополнительных резервных образов и физических копий дисковых разделов (на которые часто ссылаются, как на Business Continuous Volume — BCV). Управление процессом виртуализации хранилища данных производится через веб-браузер при помощи системы управления SAN Management Appliance.

Виртуализация с использованием контроллера отдельной системы хранения представляет собой революционный шаг вперед по сравнению с традиционной технологией массивов RAID. Виртуализация на этом уровне является идеальным решением для систем, требующих высокой производительности, постоянной доступности данных, эффективного управления хранилищем, репликации данных и поддержки кластеров. Новый виртуальный корпоративный массив Compaq StorageWorks Enterprise Virtual Array — яркий пример преимуществ виртуализации на уровне системы хранения.

Табл. 1. Виртуализация на различных уровнях сети хранения

- **Уровень сервера** – идеально подходит для сетей хранилищ начального уровня.
- **Уровень коммутатора сети хранения данных** – технологии виртуализации, охватывающие всю сеть хранения (хост-компьютер – SAN – дисковая система) и повышающие эффективность разработки, администрирования и эксплуатации сетей хранения.
- **Уровень системы хранения** – виртуализация мощных систем хранения без снижения их производительности и надежности; дополнительные функции, такие как Virtually Capacity-Free Snapshot для массивов RAID любого типа.

### Реализация виртуализации на уровне системы хранения в Compaq StorageWorks

Корпорация Compaq понимает под виртуализацией на уровне системы хранения уход от зависимости между логическими дисками, доступными для хост-системы и реальными физическими дисковыми разделами на RAID-контроллере. Целью является создание “виртуальных” пулов хранения дан-

ных, работать с которыми могут устройства любых производителей. В рамках виртуальных пулов хранения могут быть сконфигурированы виртуальные диски и открыты для использования любым из подключенных к сети компьютеров (или всеми сразу). Данная схема виртуализации позволяет более эффективно распорядиться пространством устройств хранения, упростить управление и в целом снизить эксплуатационные расходы.

Виртуальный корпоративный массив Compaq StorageWorks Enterprise Virtual Array является представителем нового поколения систем хранения и отвечает всем стандартным требованиям, таким как высокая эксплуатационная готовность, защита данных и отказоустойчивость, но и обладает множеством дополнительных функций, позволяющих организациям с максимальной эффективностью использовать системы хранения. Благодаря использованию технологии виртуализации обеспечивается оптимальная производительность и упрощается управление, более эффективно используется имеющееся дисковое пространство и сокращается время восстановления данных. В распоряжении пользователя также находятся мощные средства репликации данных. Все перечисленные функции реализованы в системах, в состав которых входит оборудование разных производителей.

### Повышенная производительность

Специалисты компании Compaq придерживаются точки зрения о том, что более высокая производительность является одним из важнейших преимуществ, которое можно получить за счет использования виртуализации на уровне системы хранения. Основным фактором повышения производительности — перераспределение нагрузки за счет устранения “перегретых” дисков (имеющие высокую нагрузку ввода/вывода). Это может происходить из-за того, что они содержат информацию, к которой часто обращаются, или из-за перегрузки, возникающей благодаря особенностям используемого типа массива RAID. Виртуализация позволяет распределить данные по большему количеству дисков, что приводит к заметному повышению производительности. В этом случае более не требуется организовывать диски в традиционные массивы RAID согласно их емкости и типу защиты RAID. Вместо этого определяется “виртуальный” диск, черпающий необходимую емкость из пула хранения. Благодаря виртуализации пулов хранения, массив Enterprise Virtual Array позволяет объединять в одном пуле многочисленные виртуальные диски различной емкости, организованные в разные типы массивов RAID. В дополнение к этому, данные на всех входящих в пул виртуальных физических будут распределяться по всем физическим дискам, составляющим этот пул.

Например, для организации обычного массива RAID-1 (зеркалированного) емкостью 36 Гбайт нужны два диска по 36 Гбайт каждый (рис. 2). Таким образом, виртуальные диски при записи или считывании данных, которые могут быть

необходимы для работы высокопроизводительного приложения, используются лишь два диска, что естественным образом снижает производительность. При помощи виртуализации те же самые 36 Гбайт, необходимые для создания массива RAID-1, будут распределены по четырем, шести, восьми или еще большему количеству дисков, входящих в пул. За счет использования большего количества физических дисков можно добиться существенного повышения производительности.

Виртуализация позволяет перераспределить данные по физическим дискам в случае возникновения каких-либо обстоятельств, вызывающих изменение данных на виртуальных дисках или структуры самого пула. Как следствие, массив Enterprise Virtual Array может использовать алгоритм регулировки в режиме реального времени, чтобы перераспределять нагрузку без прерывания выполняемых задач. Данный процесс равномерно распределяет блоки каждого виртуального диска по максимальному числу физических дисков, допускаемому типом избыточности виртуального диска. Процесс регулировки запускается каждый раз, когда массив Enterprise Virtual Array обнаруживает возможность оптимизации коэффициента загрузки (например, при изменении числа дисков в пуле).

### Управление

Упрощенное управление хранилищем является еще одним серьезным преимуществом виртуализации на уровне системы хранения. Администраторы получают возможность работать со свойствами хранилища, а не управлять его физической частью. Виртуализация позволяет создавать единую модель управления хранилищем, вне зависимости от используемого типа RAID. Таким образом, исчезает необходимость в выполнении задач по ручному размещению данных.

Все это упрощает внедрение систем хранения, позволяет администраторам управлять устройствами хранения как единым целым и переносит акценты в управлении системой хранения с отдельных устройств на уровень пула. Все эти функции существенно упрощают управление системой хранения и сводят к минимуму требования к подготовленности занимающегося этим персонала. Использование системы управления сетью хранения SAN Management Appliance позволяет администраторам управлять всеми массивами Enterprise Virtual Array, входящими в сеть хранения данных. Наличие такого централизованного пункта позволяет

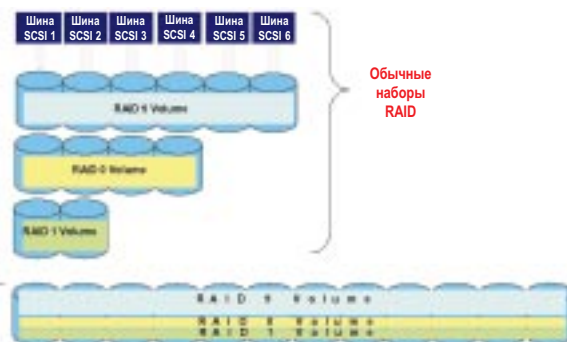


Рис. 2. Способность виртуального диска к перенастройке.

управлять большей емкостью, чем это было возможно в предыдущих разработках.

### Динамическое расширение

Возможность динамического — без прерывания работы приложения — расширения емкости виртуального диска существенно повышает производительность всей системы. Благодаря виртуализации администраторы, использующие массивы Virtual Storage Area, могут постоянно контролировать использование пространства любого тома хранения и динамически подключать дополнительную емкость в случае возникновения такой необходимости.

Рассмотрим для примера виртуальный массив класса RAID-5 емкостью 50 Гбайт. По мере увеличения числа и размера пользовательских файлов, их совокупный объем начинает приближаться к пределу в 50 Гбайт. При возникновении такой ситуации администратор может подключить к существующему пулу дополнительное пространство, которое сразу же начнет использоваться (рис. 3). Данный процесс может запускаться автоматически или вручную, в зависимости от заданных администратором настроек. При выделении дополнительного пространства происходит расширение виртуального диска, и имеющиеся данные перераспределяются по всем физическим дискам тома. Работа при этом не останавливается ни на секунду.

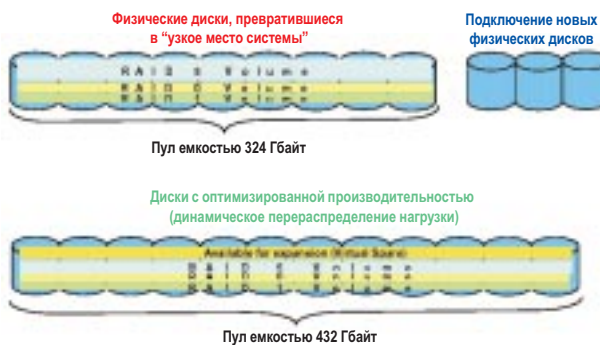


Рис. 3. Динамическое расширение.

Предоставление пользователю возможности увеличивать (но не уменьшать) объем виртуального диска позволяет существенно оптимизировать использование доступного пространства и плотность хранения за счет избавления от эффекта “расщепления” или сегментации дискового пространства и распределения данных по мере роста пула.

### Распределенное резервирование

Использование в массиве Enterprise Virtual Array распределенного (виртуального) резервирования дискового пространства позволяет ускорить восстановление данных. Благодаря этой функции снижается потенциальная уязвимость данных в случае отказа диска. Традиционная конструкция систем хранения предусматривает наличие дополнительных дисков, которые администраторы должны резервировать для “горячей” замены выходящих из строя накопителей. Виртуализованная архитектура Enterprise Virtual Array позволяет распределять резервную емкость, используемую подобно выделенным резервным накопителям, по нескольким физическим дискам. Эта функция позволяет хра-

нить данные на каждом физическом диске и еще более равномерно распределять операции ввода-вывода по дополнительным дискам.

Явным преимуществом подобной организации резервного пространства является более быстрое восстановление данных в случае повреждения диска. Благодаря тому, что данные распределены по нескольким физическим дискам и доступ к ним осуществляется несколькими устройствами одновременно, массив Enterprise Virtual Array способен быстрее восстановить данные (рис. 4).

Для сохранения необходимого объема свободного пространства может использоваться специальное управляющее ПО, резервирующее оптимальное количество дисков в каждом пуле в зависимости от потребности конкретного приложения. Данное свободное пространство используется для восстановления избыточности виртуальных дисков, имевших сегменты, расположенные на вышедшем из строя физическом диске. В случае отказа диска массив Enterprise Virtual Array запускает фоновый процесс, использующий доступное пространство для перераспределения данных, содержащихся в массивах RAID-1 и RAID-5. Если какие-то из блоков виртуального диска RAID-0 расположены на физическом диске, находящемся под угрозой поломки, данные с этого диска напрямую копируются в резервное пространство. Однако в случае окончательной поломки диска данные, содержащиеся в массиве RAID-0, не будут поддаваться восстановлению.

Распределенное резервирование работает по алгоритму, схожему с алгоритмом распределения нагрузки, но его целью является перенос данных с находящихся на грани выхода из строя дисков, а не выравнивание интенсивности использования разных дисков.

### Средства репликации данных

Контроллер массива Enterprise Virtual Array позволяет использовать три способа репликации/тиражирования данных (или создания BCV): создание традиционных “виртуальных” копий разделов — Snapshot, Virtually Capacity-Free Snapshot и мгновенных физических копий дисковых разделов Virtually Instantaneous Snapclone, обеспечивая гибкость и защиту данных.

### Традиционные Snapshot

Процесс создания традиционных snapshot, или мгновенных копий дисковых томов с использованием технологии виртуализации происходит так же, как и при использо-

вании ПО для контроллеров Compaq StorageWorks HSG80. Традиционная технология создания snapshot предполагает резервирование объема дискового пространства, равного объему исходного тома (строго говоря, возможно создание snapshot с резервированием пространства меньше объема исходного копируемого тома). После создания snapshot данные не записываются в этот раздел до возникновения такой необходимости. При изменении данных на исходном диске происходит перенос измененных данных на snapshot. Если носитель, используемый для создания snapshot, не заполнен полностью, свободное пространство на нем нельзя использовать для других целей.

### Virtually Capacity-Free Snapshot

При создании Virtually Capacity-Free Snapshot система хранения не производит заблаговременного резервирования дискового пространства для тома — копии данных исходного диска. Вместо этого дисковое пространство выделяется лишь при изменении данных на исходном виртуальном диске. Том Virtually Capacity-Free Snapshot — это новый виртуальный диск, изначально использующий ту же таблицу размещения данных, что и исходный виртуальный диск. По мере заполнения исходного виртуального диска происходит копирование данных на Snapshot и расходование свободного пространства в объемах, необходимых для сохранения измененных данных исходного тома.

Как Snapshot, так и Virtually Capacity-Free Snapshot используют зарезервированные неразделяемые сегменты по мере записи данных. Разница заключается в том, что для создания обычного образа необходимо заранее выделить все пространство, необходимое для этих операций, а при использовании Virtually Capacity-Free Snapshots выделение пространства происходит только при непосредственном их выполнении. Данная разновидность Snapshot называется Capacity-Free потому, что исходный виртуальный диск и его образ используют одно и то же пространство для хранения сходных сегментов блоков, и таким образом практически не расходуют дисковое пространство. Это единственное отличие данной разновидности от традиционного образа. Следует заметить, что массив Enterprise Virtual Array позволяет создавать образы Virtually Capacity-Free Snapshot для массивов с любым уровнем избыточности (RAID 0, 1 или 5).

### Мгновенные копии Virtually Instantaneous Snapclone

Virtually Instantaneous Snapclone является усовершенствованной разновидностью технологии создания резервных физических копий дисковых томов (BCV). Она похожа на традиционное клонирование (clone — реализация BCV компании Compaq), поскольку пространство для создания копии должно выделяться заранее. Скорость создания полной копии исходного виртуального диска фактически ограничена лишь скоростью передачи данных. Таким образом, в течение минимально возможного времени можно получить две абсолютно идентичных копии дискового раздела (или тома).

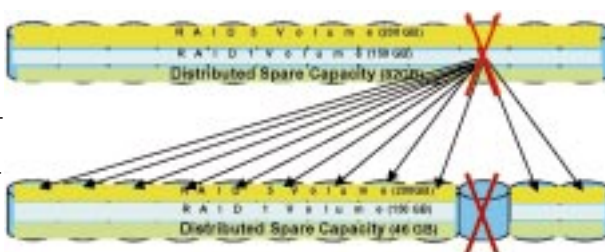


Рис. 4. Функция распределенного резервирования.

Существует важное различие между технологией Virtually Instantaneous Snapclone и традиционной технологией создания физических копий. Обычные контроллеры не позволяют получить доступ к создаваемой копии данных до полного завершения копирования данных исходного тома (синхронизации данных основного и резервного дисковых томов). При использовании Virtually Instantaneous Snapclone можно начинать работать с копией (BCV) практически сразу после ее создания. В процессе создания мгновенной копии Virtually Instantaneous Snapclone контроллер может считывать данные с исходного виртуального диска и следить за тем, какие изменения произошли с ними с момента создания последней копии Virtually Instantaneous Snapclone. Преимуществом технологии Virtually Instantaneous Snapclone является то, что пользователь практически мгновенно получает копию виртуального диска по его состоянию в определенный момент времени.

В целом, технология Virtually Instantaneous Snapclone является оптимальным решением для получения долго хранящейся копии или серии копий диска, тогда как технологии создания snapshot лучше подходят для получения “мгновенных снимков”, используемых в течение короткого времени для таких задач, как резервное копирование данных.

**Табл. 2.** Основные преимущества виртуализации на уровне контроллера в массивах Enterprise Virtual Array

- **Высокая производительность**, достигаемая благодаря распределению нагрузки.
- **Эффективное** управление системой хранения.
- **Оптимальное использование** оборудования и пространства накопителей.
- Возможность создания **динамичной среды хранения**.
- Более **экономное расходование пространства накопителей** благодаря использованию образов Virtually Capacity-Free Snapshot.
- **Мгновенный доступ к данным** благодаря использованию технологии Virtually Instantaneous Snapclone.
- Среда для **высокоэффективного** внедрения систем хранения.

## Экономические преимущества виртуализации

Среди общих проблем, с которыми работники сферы информационных технологий сталкиваются каждый день, следует назвать:

- расходы на приобретение дополнительных устройств хранения, а также размещение и инфраструктуру;
- время, затрачиваемое на обслуживание устройств хранения и административные расходы на их размещение;
- необходимость в наличии специально обученного персонала для администрирования устройств хранения;
- повышенные требования к обеспечению целостности данных при эксплуатации оборудования, произведенного разными компаниями. Все эти проблемы можно разделить на три большие группы по следующим признакам: время, затраты (ресурсы) и пространство (емкость).

Использование виртуализации позволяет снизить остроту этих проблем. Благодаря более экономному расходованию времени,

ресурсов и пространства обеспечиваются реальные экономические преимущества.

**Табл. 3.** Проблемы современного бизнеса

- Непредсказуемые или плохо предсказуемые **экономические перспективы**.
- Возросшая важность **снижения расходов на информационные технологии**.
- **Жесточайшая конкуренция** во многих отраслях.
- Проблемы со **штатным расписанием**.
- Приоритет **важных стратегических проектов**.
- Поиск **новых творческих подходов**.

### Время

Использование в архитектуре массива Enterprise Virtual Array виртуализации на уровне контроллера заметно повышает производительность системы. Такие функции, как автоматическое распределение нагрузки при увеличении емкости пула хранения могут вести к существенному повышению производительности. Это означает, что администраторам больше не нужно заниматься мелочной работой по размещению данных и настройке производительности.

Данная технология обеспечивает истинную масштабируемость хранилища, гибкость конфигурации и лучшую согласованность обслуживания пользователей. Все эти преимущества позволяют системным администраторам свести к минимуму время, затрачиваемое на обслуживание и администрирование системы хранения, и максимизировать ее емкость и эксплуатационную готовность.

### Расходы

Виртуализация позволяет уменьшить совокупную стоимость владения и фактическую стоимость мегабайта дискового пространства за счет снижения расходов на управление и оптимизации использования материальных ресурсов. В виртуализированной архитектуре массива Enterprise Virtual Array используется единая точка управления для каждого компонента сети хранения данных. Благодаря возможности централизованного управления администраторы могут управлять системами большего размера.

Такие функции, как динамическое расширение, упрощенное выделение дискового пространства и распределение нагрузки с целью лучшего использования ресурсов позволяют упростить управление пулами хранения. Благодаря этому можно существенно увеличивать объемы системы хранения без увеличения числа администраторов, что в современных условиях ограниченности ресурсов оборачивается реальной экономией.

Экономия средств приобретает особое значение в условиях продолжающегося роста требований к системам хранения. Благодаря таким функциям виртуализации, как динамическое расширение и создание Virtually Capacity-Free Snapshot, при приобретении системы хранения предприятие может ориентироваться на свои текущие потребности. Больше нет необходимости приобретать систему, объем которой в два-три раза превышает необходимый, в расчете на будущий рост. Ключевые преимущества массива Enterprise Virtual Array позволяют предприятиям приобретать устройства хранения только

при возникновении реальной потребности в них, не делая лишних капиталовложений.

### Пространство

Благодаря преимуществам виртуализации массив StorageWorks Enterprise Virtual Array позволяет добиться максимальной отдачи от систем хранения. Такие технологии, как Virtually Capacity-Free Snapshot и Virtually Instantaneous Snapclone обеспечивают беспрецедентную гибкость и экономию пространства, позволяя более эффективно использовать ресурсы и материальные активы.

Например, технология Virtually Capacity-Free Snapshot позволяет администраторам создавать копию данных по состоянию на определенный момент времени практически без затрат дискового пространства. Это означает, что в распоряжении администратора системы хранения оказывается фактически в два раза больше пространства для создания копий данных для резервирования, разработки данных (data mining) и других задач, требующих больших объемов дискового пространства. Контроллеры массива Enterprise Virtual Array используют для репликации данных минимум дискового пространства, позволяя при этом реплицировать системы с любым уровнем избыточности. Поэтому становится возможным добиться значительно более низкой фактической стоимости мегабайта пространства, предоставляя в распоряжение пользователя большие объемы пространства за ту же сумму.

Благодаря использованию в массиве Enterprise Virtual Array оптоволоконной архитектуры виртуализации, на каждый контроллер приходится значительный объем дискового пространства. Одна пара контроллеров массива Enterprise Virtual Array поддерживает до 240 жестких дисков (в одну стойку может быть установлено до 168 дисков). За счет этого удается добиться повышенной плотности хранения на единицу физического пространства, занимаемой стандартной стойкой форм-фактора 42U.

Другим важным преимуществом виртуализации является избавление от эффекта “расщепления” дискового пространства (появления на носителях незаполненных фрагментов). Обычно при перемещении и изменении данных возникают незаполненные сегменты. Из-за этого теряется часть дискового пространства и ресурсов. Но массив Enterprise Virtual Array способен задействовать для хранения данных и эти фрагменты. Эта функция позволяет увеличить объем полезного дискового пространства.

## Сравнительная оценка и производительность

Проверка эффективности внедрения EVA в нескольких конкретных организациях показала следующее. Так, время восстановления файловой системы в одном из центров здоровья удалось уменьшить до 1 мин. 36 с по сравнению с 4 мин. 23 с при использовании HSG80. В большой европейской компании, занимающейся логистикой и услугами электронной почты, удалось получить трехкратное увеличение производительности по

сравнению с HSG80 во время инсталляции базы данных и 30% уменьшение времени при ее резервном копировании.

Практическая реализация концепции виртуального хранения Compaq и одновременное увеличение производительности RAID-массивов стало возможным вследствие трех составляющих:

- нового высокопроизводительного контроллера — HSV110:
  - спроектированного под высокопроизводительные приложения класса “Data Center”;
  - сдвоенных 2 Gbit/sec FC-SW (fabric) хост портов;
  - наличие кэша емкостью 1024 GB;
  - восьмикратного увеличения производительности в архитектуре контроллера по сравнению с предыдущим поколением;
- нового высокопроизводительного Virtual Controller ПО;
- новых высокопроизводительных дисковых накопителей (емкость — 36/72 GB; 10000 rpm; dual ported 2Gbit/sec FC-AL).

Измерения производительности EVA проводились по двум методикам. Первая использовалась для определения максимальных показателей, значение результатов которой имеет смысл исключительно для оценки относительных величин и “возможных” ожиданий. Вторая — на смесях, моделирующих нагрузку конкретных приложений, полученные результаты которой отражают реальные значения производительности.

По первой методике тестирование HSV110 проводилось в сравнении с контроллером HSG80 в конфигурации дисков, представленной на рис. 2, оценка производительности StorageWorks Enterprise Virtual Array — в конфигурации, показанной на рис. 5:

- пять серверов Compaq ProLiant ML-530 со сдвоенными 833 MHz процессорами под управлением Microsoft Windows 2000, SP2;
- по два Emulex LP8000 хост адаптера на сервер, модифицированных так, что каждый мог иметь в очереди до 128 запросов;

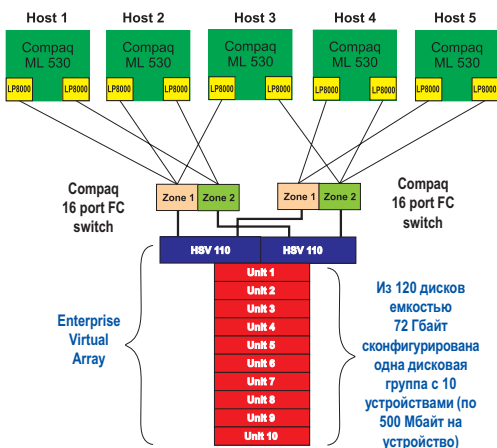


Рис. 5. Конфигурация при тестировании EVA.

Табл. 4. Результаты тестирования EVA и RAID на основе контроллера HSG80

	Normal					
	HSV RAID 0	HSV RAID 1	HSV RAID 5	HSG RAID 0	HSG RAID 1	HSG RAID 5
64 KB sequential read (MB/Sec)	402	402	402	99	79	88
64 KB sequential write, mirrored cache (MB/Sec)	175	161	134	87	44	18
64 KB sequential write, non-mirrored cache (MB/Sec)	390	210	225	87	44	18
2 KB read cache latency (ms)	0.142	0.140	0.141	0.217	0.217	0.217
0.5 KB read cache rate (Req/Sec)	161	161	169	21	21	21
2 KB random read rate (Req/Sec)	36	42	43	10	8,5	9,4

- SecurePath не устанавливался;
- 120 накопителей (по 72 Гбайт), равномерно распределенные по 12 полкам (10 накопителей на шлейф);
- из конфигурации (см.пред.пункт) была создана одна дисковая группа и разделена на 10 (по 500 Мбайт) устройств;
- два 16-портовых 1-Gbit/sec Fibre Channel коммутатора, каждый из которых разделен на две зоны.

Рабочие нагрузки были представлены шестью смесями:

- *64 KB sequential read (MB/Sec)*. Тест генерирует последовательные команды чтения I/O, начиная с LBN 0 (Logical Block Number) каждого из устройств. Счетчик байт установлен на 64 KB. Тест выполнялся 8 раз с числом команд I/O к каждому устройству от каждого хоста, начиная с 1 и до 128 (1, 2, 4, 8, 16 ... 128);
- *64 KB sequential write, mirrored cache (MB/Sec)*. Точно такой же, как предыдущий, где вместо команд чтения выдавались команды записи;
- *64 KB sequential write, non-mirrored cache (MB/Sec)*. Как предыдущий тест, но с добавлением зеркалированного кэша;
- *2 KB read cache latency (ms)*. Один хост обращался к 0,5 KB данным с диапазоном поиска — 16 блоков на одном устройстве. Число команд варьировалось от 1 до 4, выбирался наихудший результат;
- *0,5 KB read cache rate (Req/Sec)*. Четыре хоста выполняли случайные запросы по чтению 0,5 KB с диапазоном поиска — 128 блоков, каждому хосту назначалось одно устройство. Число команд I/O варьировалось от 1 до 8 на устройство, выбирался наивысший показатель;
- *2 KB random read rate (Req/Sec)*. Пять хостов выполняли 2 KB запросы на чтение с диапазоном поиска — 750 000 блоков (с целью уменьшения выборки из кэша). Количество запросов изменялось от 1 до 128 (1, 2, 4, 8 ... 128), выбирался наивысший показатель.

В табл. 4 представлены результаты измерений.

По второй методике тестирование проводилось на трех нагрузках.

### 1. Небольшие блоки чтения/записи случайного доступа.

Нагрузка была разработана для моделирования высокоинтенсивных многопользовательских приложений, работающих с реляционными базами данных. Примерами та-

ких систем являются: он-лайнные системы (финансовые, по резервированию билетов и т.п.); ERP и MRP системы; системы e-commerce; системы интерактивной поддержки пользователей и др.

Parameter	Throughput
100% cache read hits (4-KB transfer size)	81,600 IO/sec
Random reads, no cache hits (4-KB transfer size)	59,200 IO/sec
100% cache write hits (4-KB transfer size)	34,900 IO/sec
Random writes, no cache hits (4-KB transfer size)	26,900 IO/sec

### 2. Небольшие последовательные блоки записи.

Нагрузка разработана для моделирования записи log-файлов.

Parameter	Throughput
100% cache write hits (4-KB transfer size)	128 MB/sec
Sequential writes, no cache hits (4-KB transfer size)	128 MB/sec

### 3. Большие последовательные блоки записи.

Подобная нагрузка моделирует операции при резервном копировании и в хранилищах данных, а также работу следующих приложений: мультимедиа (аудио и видео); графики; научные задачи или моделирование; пакетная обработка последовательных файлов.

Parameter	Throughput
Sequential reads, no cache hits (64-KB transfer size)	402 MB/sec
100% cache write hits (64-KB transfer size)	174 MB/sec
Sequential writes, no cache hits (64-KB transfer size)	174 MB/sec

## Заключение

Хотя виртуализация реализуется сегодня на всех уровнях сети хранения, наиболее эффективной является виртуализация на уровне системы хранения. Решение Compaq StorageWorks Enterprise Virtual Array — специально разработано для открытых систем и позволяет организациям воспользоваться многими преимуществами этой технологии: 1) эффективно распорядиться материальными ресурсами, пространством и временем, что обеспечивает их реальную экономическую эффективность; 2) экономить время за счет автоматической настройки функционирования и высокой пропускной способности контроллера (благодаря этому администраторы освобождаются от кропотливой работы по размещению данных и настройке системы, в результате — сокращение времени простоя системы хранения); 3) централизованное управление виртуализацией уменьшает расходы (можно наращивать объем системы хранения без увеличения штата администраторов и более эффективно распорядиться материальными активами компании, такими, как дисковое пространство); 4) работа системных администраторов облегчается дополнительной гибкостью и экономией пространства, достигаемыми за счет поддержки виртуального зеркалирования дисков, технологий Virtually Capacity-Free Snapshot и Virtually Instantaneous Snapclone.