

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Лекция 13. Системы хранения данных (СХД). Перспективы развития

Курс лекций

# Зачем нужны специализированные СХД?

Основу функционирования любой ИС составляет работа с БД. Как было показано в предыдущей лекции, БД удобно хранить на выделенном сервере. Но существует ряд причин, по которым для хранения данных целесообразно использовать специализированные устройства - **системы хранения данных (СХД)**. СХД нужны для:

- **централизации информации** – в противном случае каждая функциональная система потребует отдельного хранилища;
- **надежной защиты информации** - трудно осуществить резервное копирование данных, находящихся на разных серверах и (или) разнесенных территориально;
- **ускорения обработки информации** - даже при достаточно «толстом» канале связи не всегда возможно полноценное использование существующих сетей.
- **расширения дисковых ёмкостей** - сложно получить в сервере ёмкости порядка терабайт.
- **более эффективной утилизации ресурсов** – трудно угадать, в каком сервере данные будут расти быстрее;
- **упрощения управлением потоками информации** – управлять централизованными данными проще, чем распределенными;
- **повышения экономического эффекта внедрения ИС** – централизованные системы дешевле распределенных и их эксплуатация также дешевле, т.к. они не требуют большого штата квалифицированного персонала и дорогих аппаратных решений.

# Что такое СХД?

**СХД** – это **специализированное** оборудование и программное обеспечение для надежного хранения и передачи больших массивов информации.

**СХД** – неотъемлемая часть современных ЦОД.  
Хранение данных, занимает второе место среди расходов на ИТ.



## Структура СХД

- устройства хранения (дисковые массивы, ленточные библиотеки, оптические накопители, SSD);
- инфраструктура доступа к устройствам хранения;
- подсистема резервного копирования и архивирования данных;
- программное обеспечение управления хранением;
- система управления и мониторинга всей системы в целом.

# Устройства хранения данных

- SSD — твердотельные диски (Solid State Disks или Solid State Drive). Очень производительны, но и очень дороги. Применяются для активно используемых данных.

- Жесткие магнитные диски с последовательным интерфейсом SAS/FC — скорость передачи информации 6 Гбит/с.



- Жесткие диски с параллельным интерфейсом SATA - скорость передачи информации 3 Гбит/с из-за низкой тактовой частоты.
- Магнитные ленты - низкая удельная стоимость хранения, но нет выборочного доступа к данным.
- Оптические диски - выборочный доступ к данным, высокая производительность, но в обычных CD перезапись невозможна; у CD-RW малое число циклов «запись-считывание» - до 1000.

# Многоуровневое хранение (Multi Tier Storage)

Реализуется принцип различной доступности к информации различной важности:

**Уровень 1** — «уровень производительности» (Performance Tier) - SAS/FC, SSD.

**Уровень 2** - «уровень емкости» (Capacity Tier) – диски SATA.

**Уровень 3** – «уровень архивирования» (Archive Tier) - оптические диски и/или ленточные накопители.

Специализированное ПО управляет автоматической миграцией между уровнями или в пределах одного из них на основе заданных алгоритмов.

Разгружаются первичные системы хранения, ускоряется процесс копирования и восстановления данных, удешевляется общая стоимость хранения, повышается надежность, уменьшаются трудозатраты.

# Твердотельные накопители (SSD)



## Достоинства:

- быстрый переход в рабочее состояние (нет раскрутки),
- быстрый случайный доступ к данным;
- отсутствие шума при отсутствии вентиляторов;
- низкое энергопотребление и, следовательно, тепловыделение;

- высокая механическая надёжность (отсутствие) движущихся частей;
- лучшая способность переносить экстремальные внешние условия (перегрузки, вибрации, перепады давления, температуры);
- постоянная производительность по всему объёму хранения;
- относительно низкий вес и размеры;
- SSD с многоуровневой структурой.

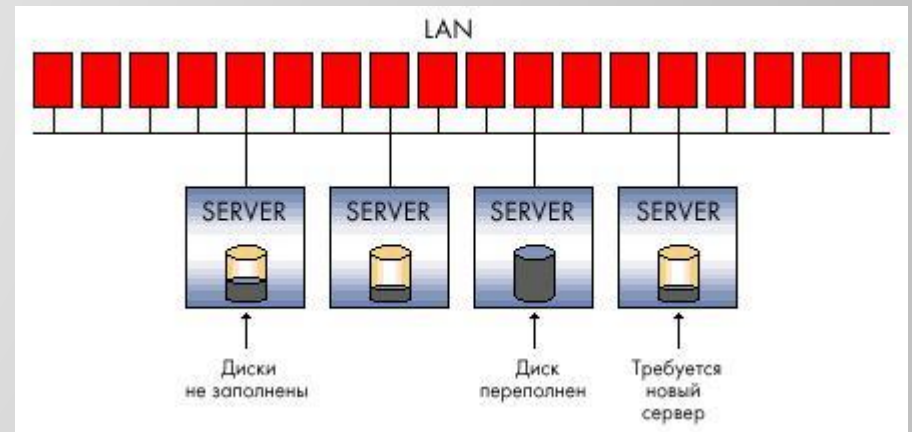
## Недостатки:

- цена, в разы выше, чем у обычных жёстких дисков;
- меньшая, хотя и быстро растущая ёмкость (сейчас – до нескольких Тбайт);
  - большая уязвимость к внезапному отключению питания, магнитным полям, статическому электричеству;
- ограниченное число циклов записи;
  - в отношении к SSD справедливы те же принципиальные ограничения по длине затворов транзисторов, что и для процессоров.



# СХД, связанные с сервером

**DAS** (Direct Attached Storage) или **SAS** (Server Attached Storage), т. е. системы, подключаемые непосредственно к серверу.



## Достоинства:

- низкая стоимость; по сути – это дисковая корзина, вынесенная за пределы сервера;
- простота развертывания и администрирования;
- высокая скорость обмена между дисковым массивом и сервером.

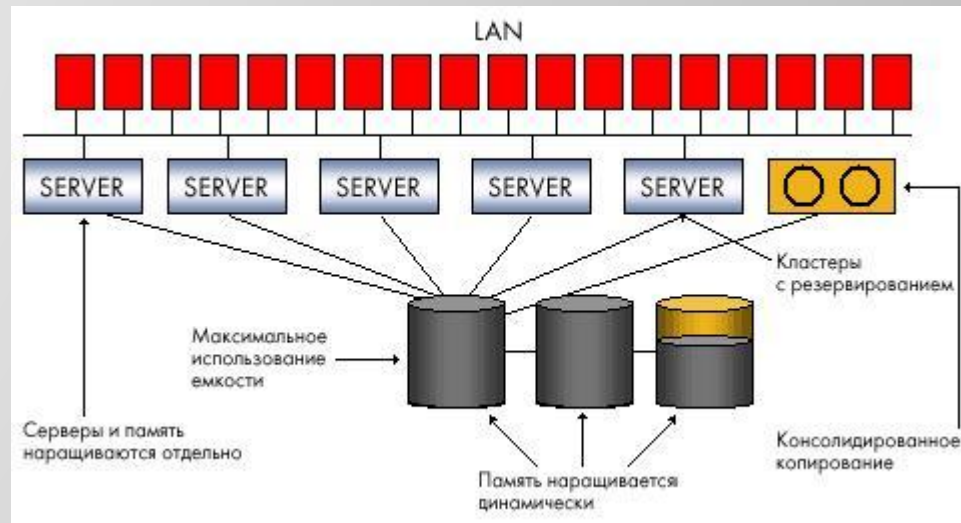
## Недостатки:

- низкая надежность (при выходе из строя сервера данные перестают быть доступными);
- избытки памяти одного сервера не могут использоваться другими;
- отсутствие возможности создать единую систему управления, что создает проблемы при резервировании/восстановлении данных и защите информации.

# Сетевое хранение данных

## SAN (Storage Area Networks)

— архитектурное решение для подключения внешних устройств хранения данных (дисковых массивов, ленточных библиотек, оптических накопителей) к серверам таким образом, чтобы эти ресурсы распознавались из внешней сети, как локальные.



## Позволяет обеспечить:

- централизованное управление ресурсами серверов и СХД;
- «горячее» подключение новых дисковых массивов и серверов;
- использование ранее приобретенного оборудования совместно с новыми устройствами хранения данных;
- сеть хранения разгружает основную сеть;
- оперативный и надежный доступ к накопителям данных, находящимся на большом расстоянии от серверов, без значительных потерь производительности;
- ускорение процесса резервного копирования и восстановления данных.



# NAS – Network Attached Storage

В отличие от SAN, NAS не сеть, а сетевое дисковое хранилище, интегрированное с ЛВС через файловый NAS-сервер, со специализированной ОС и набором функций доступа к файлам. Быстрое решение проблемы нехватки свободного дискового пространства. **Задача – упростить работу с файлами.** **Отличие от DAS – работа с файлами, а не с блоками.**



## Достоинства:

- дешевизна и доступность ресурсов для любых рабочих станций в сети;
- простота коллективного использования ресурсов (Интернет, САПР);
- простота развертывания и администрирования;
- универсальность для клиентов (один сервер может обслуживать рабочие станции с разными ОС).

## Недостатки:

- доступ через протоколы “сетевых файловых систем” обычно медленнее, чем непосредственно к локальному диску;
- большинство недорогих NAS-серверов не позволяют обеспечить скоростной и гибкий доступ к данным на уровне файлов.

# Блочная дедубликация данных

Объем хранимых резервных копий может превышать объем продуктивных данных в 10-20 раз при различии между копиями в единицы процентов.

Дедубликация данных - выделение уникальных блоков данных, сохраняемых только один раз:

- **в источнике, т.е. на клиентах** системы резервного копирования (EMC Avamar) - 500-кратное снижение загрузки сети и 20-кратное снижение емкости устройств хранения данных резервного копирования. Специальный патентованный алгоритм разбивает исходные данные на блоки переменной длины, пытаясь выделить как можно больше одинаковых блоков. Клиенты системы передают только уникальные блоки, еще не содержащиеся в хранилище. Если же блок уже содержится в хранилище, то передается только метainформация о том, что данный блок существует и на данном клиенте.
- **на целевом устройстве**, т.е. в самой системе резервного копирования (EMC Data Domain) - сокращение объема хранилища резервных копий в десятки раз. Система поддерживает дедубликацию «на лету» (inline), за счет чего достигается более эффективное (в разы) использование дискового пространства по сравнению с системами, использующими отложенную репликацию.

# Инновации в СХД



1. Все более широкое использование твердотельных накопители (SSD). SSD обеспечивают время отклика менее 1 мс, снижение на 98 % энергопотребления на одну операцию ввода-вывода, уменьшение веса на 58 % в расчете на 1 Тб, повышение надежности из-за отсутствия подвижных деталей.

2. Виртуальное выделение ресурсов. Благодаря виртуальному выделению ресурсов снижается общая стоимость владения, повышается уровень использования емкости, упрощается выделение ресурсов, комплексный мониторинг, уведомление и отчетность, поддерживаются дополнительные возможности.

3. Технология «**spin-down**». Снижение скорости вращения дисков при неактивной (например, в ночное время) системе.

4. Повышенная способность сохранения данных в случае отказа по питанию. Обеспечивается встроенными источниками питания и/или за счет постоянного обмена данными между кэш-памятью и первыми пятью дисками; последняя технология обеспечивает сохранность данных при отказе по питанию в течение любого промежутка времени.

**5. Механизм проактивной замены диска (pro-active hot sparing)** позволяет определить диск, который выйдет из строя в ближайшее время, и начать перенос данных на резервный диск без остановки сервисов и деградации производительности.

**6. Технологии переноса данных между физическими дисками без остановки сервисов,** позволяющие также увеличивать размер хранилища, добавляя физические диски.

**7. Создание систем, предусматривающих возможность самостоятельной установки, настройки и подключения оборудования,** что позволяет заказчикам не

анальных специалистов вендора.

**8. Использование ПО управления, написанного и оптимизированного под конкретное «железо»,** встроенного в контроллерную пару или установленного на отдельный сервер.



**9. Создание в пределах одной дисковой группы логические хранилища с разным уровнем RAID** для более эффективного расходования дисковых ресурсов, поскольку при этом не требуется создавать отдельную дисковую группу для нового уровня RAID.

**10. Выполнение большинства операций на уровне микрокода,** что обеспечивает простое конфигурирование и настройку массива (для настройки требуется на 70% меньше времени, чем у любой другой СХД).

# Программно-определяемое хранение

Актуальное направление в СХД - программно-определяемое (или программируемое) хранение - Software Defined Storage (SDS). Этот термин отражает общую тенденцию постепенного внедрения концепции «программно-определяемого ЦОД» (Software Defined Data Center, SDDC). Строгого определения SDS пока не существует, но обычно под программно-определяемым хранением понимают **группу программ для хранения данных**, работающую на серверах, гипервизорах и в облаках, которая должна независимо от оборудования с помощью **виртуализации** дисковых ресурсов обеспечивать полный набор используемых для хранения сервисов хранения (включая дедупликацию, репликацию и динамическое выделение ресурсов).

**В системах, реализующих концепцию SDS, отсутствуют аппаратные компоненты.** Аппаратной платформой решений SDS является сервер x86, к которому для расширения емкости напрямую (а не через сеть) подключены внешние дисковые полки (**схема DAS**). Для ускорения доступа к данным в сервере вместе с жесткими дисками устанавливаются **твердотельные накопители, выполняющие функции кэш-памяти системы.**



# Программно-определяемое хранение

Внедрение технологии SDS обеспечивает следующие результаты, которые невозможно получить при использовании традиционной виртуализации СХД:

- координацию предоставления сервисов хранения (независимо от того, где хранятся данные), для обеспечения требований соглашения об обслуживании SLA (Service Level Agreement) **с помощью программного обеспечения;**
- улучшение эффективности использования ресурсов и продуктивности персонала за счет обработки запросов на сервисы и управления текущими операциями **с помощью программного обеспечения;**
- использование стандартного оборудования для уменьшения зависимости от специализированного «железа» и реализация всех интеллектуальных функций **на уровне программного обеспечения.**
- использование общего набора **интерфейсов прикладного программирования** (application programming interface – API) для интеграции между собой различных сервисов хранения и вычислений, сетевых и прикладных сервисов.



# Программно-определяемое хранение

Виртуализация ресурсов давно применяется в СХД корпоративного класса. Однако раньше она чаще всего реализовывалась с помощью **специализированных микросхем**. SDS, в дополнение к традиционной виртуализации ресурсов СХД, реализует механизмы самообслуживания и использования политики управления, значительно упрощающие администрирование хранения и позволяющие легко и быстро предоставлять нужные данные и дисковую емкость приложениям и пользователям.

Применение SDS решений существенно снижает расходы на приобретение СХД по сравнению с традиционными дисковыми массивами, поскольку **использует стандартное серверное оборудование**. Они также легко масштабируются добавлением в конфигурацию нового сервера. По мнению экспертов SDS решения могут существенно изменить рынок СХД, дополнив его сектором относительно дешевых горизонтально хорошо масштабируемых решений **на базе стандартного оборудования x86**.

Решения SDS горизонтально-масштабируются до нескольких десятков узлов и по максимальной емкости могут превосходить традиционные дисковые массивы корпоративного класса, а также обеспечивают высокий уровень отказоустойчивости благодаря резервированию узлов.

# СХД на ДНК

В 2016 году корпорация Microsoft объявила о покупке 10 миллионов волокон синтетической ДНК для исследования возможностей построения устройств хранения данных на основе молекул из генетического кода. Исследователи из Microsoft намерены выяснить, каким образом молекулы, из которых состоит генетический код человека и всех живых существ, могут быть использованы для кодирования цифровой информации.

До разработки коммерческой продукции пока еще очень далеко, однако первичные тесты показали, что синтетическая ДНК позволяет расшифровать 100% данных, закодированных с ее помощью.

Новая технология призвана решить проблему Больших данных, количество которых удваивается каждые два года. Системы хранения, построенные на основе синтетических ДНК, смогут обойти две ключевых проблемы нынешних СХД – ограниченный срок жизни носителей и низкую плотность хранения. Специалисты ожидают, что носители на основе ДНК смогут сохранять информацию до 2 тыс. лет, а в устройстве весом один грамм может поместиться 1 Зеттабайт ( $2^{70}$ ).

# СХД на ДНК

В рамках проведенного эксперимента были сконvertированы бесчисленные ряды единиц и нулей с четырех образов диска в четыре основания ДНК — аденин, гуанин, тимин и цитозин. Был произведен и обратный процесс — найдены нужные последовательности уже в полной цепочке ДНК и реконструированы образы диска без каких-либо потерь, причем в ходе этого процесса не «потерялось» ни одного байта.

Возможность хранения информации в течение сотен или даже тысяч лет выгодно отличает «ДНК-память» от привычных сегодня способов хранения цифровой информации — жестких дисков, твердотельных накопителей, магнитных и оптических дисков. Последние сохраняют работоспособность только в течение нескольких лет или, максимум, нескольких десятилетий.

Сегодня главный барьер на пути внедрения «ДНК-памяти» — высокая стоимость производства, а также эффективность, с которой ДНК можно синтезировать и считывать в больших масштабах.