

Лекция 6

Резервное копирование информации. RAID-технологии

1. Резервное копирование информации
2. Что такое RAID?
3. RAID0
4. RAID1
5. RAID2
6. RAID3
7. RAID4
8. RAID5
9. RAID6
10. RAID7
11. Вопросы

Резервное копирование информации

Пусть некоторый пользователь достаточно долго работал над написанием какой-либо работы и эта работа достаточно значима для него, скажем, что это реферат, проект или диплом. И вот он включает компьютер и при запуске системы пользователь видит на экране сообщения *Invalid system configuration* (неправильная конфигурация системы) или *Hard disk failure* (жесткий диск вышел из строя). Как показывает практика, такие ситуации достаточно часты.

Почему возникают такие ситуации?

Такие ситуации возможны из-за:

- Скачков электропитания;
- Некорректной работы некачественных приложений;
- Вирусных атак;
- Износа носителей.

Что можно сделать после таких сообщений? Практически ничего. Что можно было сделать *до* появления подобных сообщений? Сделать резервную копию важной информации для ее восстановления после сбоев.

Резервное копирование (архивация данных) крайне необходимо, так как в результате поломки жесткого диска, или вируса вы можете потерять важные документы, фотоархив, работы, созданные в различных программах. Может вы просто захотите переустановить чистую копию ОС со всеми программами. Когда это произойдет, такую ситуацию будет легко исправить.

Что такое RAID?

Эта аббревиатура расшифровывается как **Redundant Array of Independent Disks** — избыточный массив независимых дисков. Изначально RAID расшифровывался как **Redundant Array of Inexpensive Disks** — избыточный массив недорогих дисков. Под недорогими подразумевались диски, предназначенные для использования в ПК, — в противовес дорогим дискам для мэйнфреймов. Но так как в RAID-массивах стали использовать SCSI-винчестеры, которые были существенно дороже применяемых в большинстве компьютеров дисков IDE, слово "недорогой" было заменено на "независимый".

Принцип функционирования RAID-системы заключается в следующем: из набора дисковых накопителей создается массив, который управляется специальным контроллером и определяется компьютером как единый логический диск большой

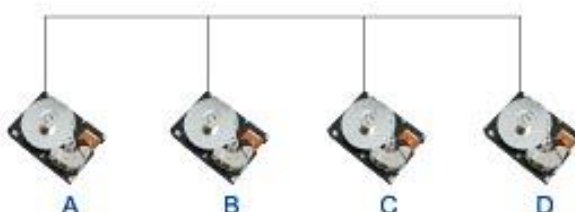
емкости. За счет параллельного выполнения операций ввода-вывода обеспечивается высокое быстродействие системы, а повышенная надежность хранения информации достигается дублированием данных или вычислением контрольных сумм. Следует отметить, что применение RAID-массивов защищает от потерь данных только в случае физического отказа жестких дисков.

Различают несколько основных уровней RAID-массивов: RAID 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Также существуют комбинированные уровни, такие как RAID 10, 0+1, 30, 50, 53 и т.п. Рассмотрим вкратце принципы функционирования, достоинства и недостатки основных уровней.

RAID 0

Дисковый массив без отказоустойчивости (Striped Disk Array without Fault Tolerance)

Дисковый массив без избыточного хранения данных. Информация разбивается на блоки, которые одновременно записываются на отдельные диски, что обеспечивает повышение производительности. Такой способ хранения информации ненадежен, поскольку поломка одного диска приводит к потере всей информации, поэтому уровнем RAID как таковым не является.



RAID 0 – дешевый и производительный, но ненадежный

За счет возможности одновременного ввода/вывода с нескольких дисков массива RAID 0 обеспечивает максимальную скорость передачи данных и максимальную эффективность использования дискового пространства, так как не требуется места для хранения контрольных сумм. Реализация этого уровня очень проста. RAID 0, как правило, применяется в тех областях, где требуется быстрая передача большого объема данных. Для реализации массива требуется не меньше двух винчестеров.

Преимущества:

- наивысшая производительность в приложениях, требующих интенсивной обработки запросов ввода/вывода и данных большого объема;
- простота реализации;
- низкая стоимость;
- максимальная эффективность использования дискового пространства — 100%.

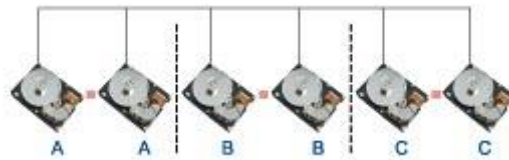
Недостатки:

- не является "настоящим" RAID'ом, поскольку не поддерживает отказоустойчивость;
- отказ одного диска влечет за собой потерю всех данных массива.

RAID 1

Дисковый массив с зеркалированием (Mirroring & Duplexing)

Дисковый массив с дублированием информации (зеркалированием данных). В простейшем случае два накопителя содержат одинаковую информацию и являются одним логическим диском. При выходе из строя одного диска его функции выполняет другой. Для реализации массива требуется не меньше двух винчестеров.



RAID 1 – простейший отказоустойчивый массив

Преимущества:

- простота реализации;
- простота восстановления массива в случае отказа (копирование).

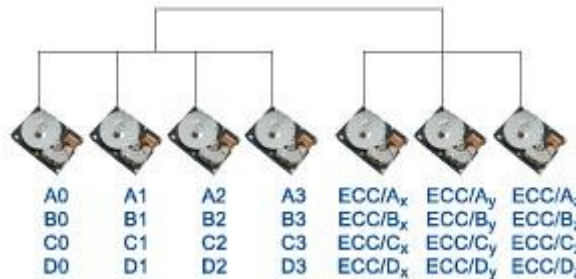
Недостатки:

- высокая стоимость — 100-процентная избыточность;
- невысокая скорость передачи данных.

RAID 2

Отказоустойчивый дисковый массив с использованием кода Хемминга (Hamming Code ECC)

Схема резервирования данных с использованием кода Хэмминга (Hamming code) для коррекции ошибок. Поток данных разбивается на слова — причем размер слова соответствует количеству дисков для записи данных. Для каждого слова вычисляется код коррекции ошибок, который записывается на диски, выделенные для хранения контрольной информации. Их число равно количеству бит в слове контрольной суммы.



RAID 2 не получил коммерческого применения

Если слово состоит из четырех бит, то под контрольную информацию отводится три диска. RAID 2 — один из немногих уровней, позволяющих обнаруживать двойные ошибки и исправлять "на лету" одиночные. При этом он является самым избыточным среди всех уровней с контролем четности. Эта схема хранения данных не получила коммерческого применения, поскольку плохо справляется с большим количеством запросов.

Преимущества:

- достаточно простая реализация;
- коррекция ошибок "на лету";
- очень высокая скорость передачи данных;
- при увеличении количества дисков накладные расходы уменьшаются.

Недостатки:

- низкая скорость обработки запросов;
- высокая стоимость;
- большая избыточность.

RAID 3

Отказоустойчивый дисковый массив с параллельной передачей данных и четностью (Parallel Transfer Disks with Parity)

Отказоустойчивый массив с параллельным вводом/выводом данных и диском контроля четности. Поток данных разбивается на порции на уровне байт (хотя возможно и на уровне бит) и записывается одновременно на все диски массива, кроме одного. Один

диск предназначен для хранения контрольных сумм, вычисляемых при записи данных. Поломка любого из дисков массива не приведет к потере информации.



В RAID 3 информация разбивается на порции одинакового размера

Этот уровень имеет намного меньшую избыточность, чем RAID 2. Во втором рэиде большинство дисков, хранящих контрольную информацию, нужны для определения неисправного разряда. Как правило, RAID-контроллеры могут получить данные об ошибке с помощью механизмов отслеживания случайных сбоев. За счет разбиения данных на порции RAID 3 имеет высокую производительность. Поскольку при каждой операции ввода/вывода производится обращение практически ко всем дискам массива, то одновременная обработка нескольких запросов невозможна.

Этот уровень подходит для приложений с файлами большого объема и малой частотой обращений (в основном это сфера мультимедиа). Использование только одного диска для хранения контрольной информации объясняет тот факт, что коэффициент использования дискового пространства достаточно высок (как следствие этого — относительно низкая стоимость). Для реализации массива требуется не меньше трех винчестеров.

Преимущества:

- отказ диска мало влияет на скорость работы массива;
- высокая скорость передачи данных;
- высокий коэффициент использования дискового пространства.

Недостатки:

- сложность реализации;
- низкая производительность при большой интенсивности запросов данных небольшого объема.

RAID 4

Отказоустойчивый массив независимых дисков с общим диском четности (Independent Data Disks with Shared Parity Disk)

Этот массив очень похож на уровень RAID 3. Поток данных разделяется не на уровне байтов, а на уровне блоков информации, каждый из которых записывается на отдельный диск. После записи группы блоков вычисляется контрольная сумма, которая записывается на выделенный для этого диск.



В RAID 4 поток данных разделяется на блоки

У RAID 4 возможно одновременное выполнение нескольких операций чтения. Этот массив повышает производительность передачи файлов малого объема (за счет распараллеливания операции считывания). Но поскольку при записи должна изменяться

контрольная сумма на выделенном диске, одновременное выполнение операций невозможно (налицо асимметричность операций ввода и вывода). Этот уровень имеет почти все недостатки RAID 3 и не обеспечивает преимущества в скорости при передаче данных большого объема. Схема хранения разрабатывалась для приложений, в которых данные изначально разбиты на небольшие блоки, поэтому нет необходимости разбивать их дополнительно. Эта схема хранения данных имеет невысокую стоимость, но ее реализация достаточно сложна, как и восстановление данных при сбое.

Преимущества:

- высокая скорость передачи данных;
- отказ диска мало влияет на скорость работы массива;
- высокий коэффициент использования дискового пространства.

Недостатки:

- достаточно сложная реализация;
- очень низкая производительность при записи данных;
- сложное восстановление данных.

RAID 5

Отказоустойчивый массив независимых дисков с распределенной четностью (Independent Data Disks with Distributed Parity Blocks)

Самый распространенный уровень. Блоки данных и контрольные суммы циклически записываются на все диски массива, отсутствует выделенный диск для хранения информации о четности, нет асимметричности конфигурации дисков.

В случае RAID 5 все диски массива имеют одинаковый размер — но один из них невидим для операционной системы. Например, если массив состоит из пяти дисков емкостью 10 Гб каждый, то фактически размер массива будет равен 40 Гб — 10 Гб отводится на контрольные суммы. В общем случае полезная емкость массива из N дисков равна суммарной емкости N–1 диска.



В RAID 5 отсутствует выделенный диск для хранения информации о четности

Самый большой недостаток уровней RAID от 2-го до 4-го — это наличие отдельного диска (или дисков), хранящего информацию о четности. Скорость выполнения операций считывания достаточно высока, так как не требует обращения к этому диску. Но при каждой операции записи на нем изменяется информация, поэтому схемы RAID 2-4 не позволяют проводить параллельные операции записи. RAID 5 не имеет этого недостатка, так как контрольные суммы записываются на все диски массива, что делает возможным выполнение нескольких операций чтения или записи одновременно. RAID 5 имеет достаточно высокую скорость записи/чтения и малую избыточность.

Преимущества:

- высокая скорость записи данных;
- достаточно высокая скорость чтения данных;
- высокая производительность при большой интенсивности запросов чтения/записи данных;
- высокий коэффициент использования дискового пространства.

Недостатки:

- низкая скорость чтения/записи данных малого объема при единичных запросах;
- достаточно сложная реализация;
- сложное восстановление данных.

RAID 6

Отказоустойчивый массив независимых дисков с двумя независимыми распределенными схемами четности (Independent Data Disks with Two Independent Distributed Parity Schemes)

RAID 6 — это отказоустойчивый массив независимых дисков с распределением контрольных сумм, вычисленных двумя независимыми способами. Этот уровень во многом схож с RAID 5. Только в нем используется не одна, а две независимые схемы контроля четности, что позволяет сохранять работоспособность системы при одновременном выходе из строя двух накопителей. Для вычисления контрольных сумм в RAID 6 используется алгоритм, построенный на основе кода Рида-Соломона (Reed-Solomon).



RAID 6 использует две независимые схемы контроля четности

Этот уровень имеет очень высокую отказоустойчивость, большую скорость считывания (данные хранятся блоками, нет выделенных дисков для хранения контрольных сумм). В то же время из-за большого объема контрольной информации RAID 6 имеет низкую скорость записи. Он очень сложен в реализации, характеризуется низким коэффициентом использования дискового пространства: для массива из пяти дисков он составляет всего 60%, но с ростом числа дисков ситуация исправляется.

RAID 6 по многим характеристикам проигрывает другим уровням, поэтому на сегодня не получил коммерческого применения.

Преимущества:

- высокая отказоустойчивость;
- достаточно высокая скорость обработки запросов;

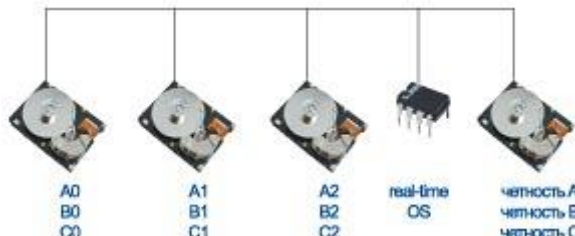
Недостатки:

- низкая скорость чтения/записи данных малого объема при единичных запросах;
- очень сложная реализация;
- сложное восстановление данных;
- низкая скорость записи данных.

RAID 7

Отказоустойчивый массив, оптимизированный для повышения производительности (Optimized Asynchrony for High I/O Rates as well as High Data Transfer Rates)

В отличие от других уровней, RAID 7 не является открытым индустриальным стандартом — это зарегистрированная торговая марка компании Storage Computer Corporation. Массив основывается на концепциях, использованных в третьем и четвертом уровнях. Добавилась возможность кэширования данных. В состав RAID 7 входит контроллер со встроенным микропроцессором под управлением операционной системы реального времени (real-time OS). Она позволяет обрабатывать все запросы на передачу данных асинхронно и независимо.



RAID 7 – зарегистрированная торговая марка компании Storage Computer Corporation

Блок вычисления контрольных сумм интегрирован с блоком буферизации; для хранения информации о четности используется отдельный диск, который может быть размещен на любом канале. RAID 7 имеет высокую скорость передачи данных и обработки запросов, хорошую масштабируемость. Самым большим недостатком этого уровня является стоимость его реализации.

Преимущества:

- очень высокая скорость передачи данных и высокая скорость обработки запросов (в 1,5...6 раз выше других стандартных уровней RAID);
- хорошая масштабируемость;
- значительно возросшая (благодаря наличию кэша) скорость чтения данных небольшого объема;
- отсутствие необходимости в дополнительной передаче данных для вычисления четности.

Недостатки:

- собственность одной компании;
- сложность реализации;
- очень высокая стоимость на единицу объема;
- не может обслуживаться пользователем;
- необходимость использования блока бесперебойного питания для предотвращения потери данных из кэш-памяти;
- короткий гарантийный срок.

Вопросы

1. Для чего необходимо резервное копирование информации?
2. Что такое RAID-технологии?
3. Опишите различные типы дисковых массивов.