Введение в мультимедийные базы данных

4. Хранение мультимедийных данных

4.1. Организация хранения

4.2. Магнитные запоминающие устройства

4.3. Оптические запоминающие устройства

4.4. Файловые системы для оптических носителей

4.5. Иерархическое управление запоминающими устройствами

Организация хранения

Общие требования:

- Большая емкость (вместительность)
- Высокая скорость передачи данных

Магнитные диски с прямым доступом:

- Скоростные, но потенциально недостаточная емкость

Сменные оптические накопители (дисководы с автоматической сменой дисков):

- Огромная емкость, но низкая скорость передачи (особенно запись)

Заключение:

- Необходим ‘тесный союз’ дискового и оптического способов хранения
- В ММСУБД должно быть интегрировано несколько структур хранения данных
- Ожидается, что ММСУБД работает на нескольких серверах и использует несколько устройств управления памятью

Организация хранения

Организация хранения мультимедийных данных:

1. Обычная СУБД (реляционная/объектно-ориентированная) на магнитных дисках:
   - Структурированные данные
   - Подойдет для небольших ММСУБД
2. Обычная СУБД с высокопроизводительной параллельной дисковой системой:
   - Оптимизированная производительность
   - Подойдет для ММСУБД средних размеров
3. СУБД с оптической системой хранения:
   - Полуоперативное хранение данных размером в несколько терабайт
   - С учетом автономного хранения – нет пределов в размере данных
4. СУБД, сопряженная с медиа-сервером (хранение на магнитных и оптических носителях):
   - Сложности с одновременным доступом к подсистемам хранения
5. Распределенная СУБД с независимыми подсистемами хранения:
   - Поддержка целостности бд

Магнитные запоминающие устройства

Достоинства:

- Всегда доступна
- Неограниченное число перезаписей
- Лучшая производительность (на данный момент)

Проблемы:

- Надежность падает со временем: решение - избыточность
- Пропускная способность необходимая для мультимедиа может превосходить возможности обычных магнитных дисков: решение – распараллеливание

Магнитные запоминающие устройства

Технология RAID (**R**edundant **A**rray of **I**nexpensive/**I**ndependent **D**rives) - избыточный массив недорогих/независимых дисков[1]:

- Группа небольших дисков функционирует быстрее и надежнее в сравнении с одним большим жестким диском
- Необходима серверам, предоставляющим широкополосные сервисы (например, видео по требованию)
- Может быть сопряжена с более медленным оптическим хранением (большой емкости)
- Для распараллеливания диски должны иметь свои собственные контроллеры

---

[1] - http://www.ixbt.com/storage/raids.html

Магнитные запоминающие устройства

Семь типов RAID массивов:

RAID 0:

- Распределение данных по различным дискам массива
- Запросы на чтение/удаление транслируются в несколько подзапросов, выполняемых различными дисками
- Наилучшая производительность среди все RAID типов
- Недостаток: отсутствует отказоустойчивость (выход из строя одного диска ведет к невозможности работать со всем массивом)
- При сопряжении со сменными оптическими накопителями отказоустойчивость становится менее важной

RAID 1:

- Зеркализация дисков (дублирование данных на два диска, рассматриваемых системой как один): повышается надежность
- Операции записи производятся одновременно в оба диска
- Наиболее дорогой из RAID типов
- Возможно параллельное чтение с двух дисков

Магнитные запоминающие устройства

RAID 2:

- Чередование данных по группе дисков, часть из которых используется для хранения контрольной информации (обнаружение и коррекция ошибок)
- Например, 10 дисков с данными плюс 4 диска с контрольной информацией (диски четности)
- Медленное восстановление
- Высокая скорость передачи данных больших объемов
- Только одна команда ввода/вывода к дисковому массиву за раз (но быстрое выполнение)
- Низкая скорость обработки запросов (не для систем ориентированных на обработку транзакций)

Магнитные запоминающие устройства

RAID 3:

- Чередование данных по группе дисков с одним диском для контрольной информации
- Большинство контроллеров диска могут определить место сбоя (поэтому количество дисков с контрольной информацией, требуемых RAID 2, можно уменьшить до одного)
- В случае отказа на одном из дисков данные могут быть восстановлены путем XORa данных на остальных дисках
- Отказ диска мало влияет на скорость работы массива
- Медленное восстановление

Магнитные запоминающие устройства

RAID 4:

- Расслоение (чередование) данных выполняется на уровне секторов, а не на уровне битов как в RAID 2 и 3
- Один диск для контрольной информации
- При операции записи всегда происходит обновление диска четности поэтому только одна операция записи в массив за раз
- Высокая скорость чтения данных больших объемов
- Высокая производительность при большой интенсивности запросов чтения данных
- Достаточно сложная реализация

RAID 5:

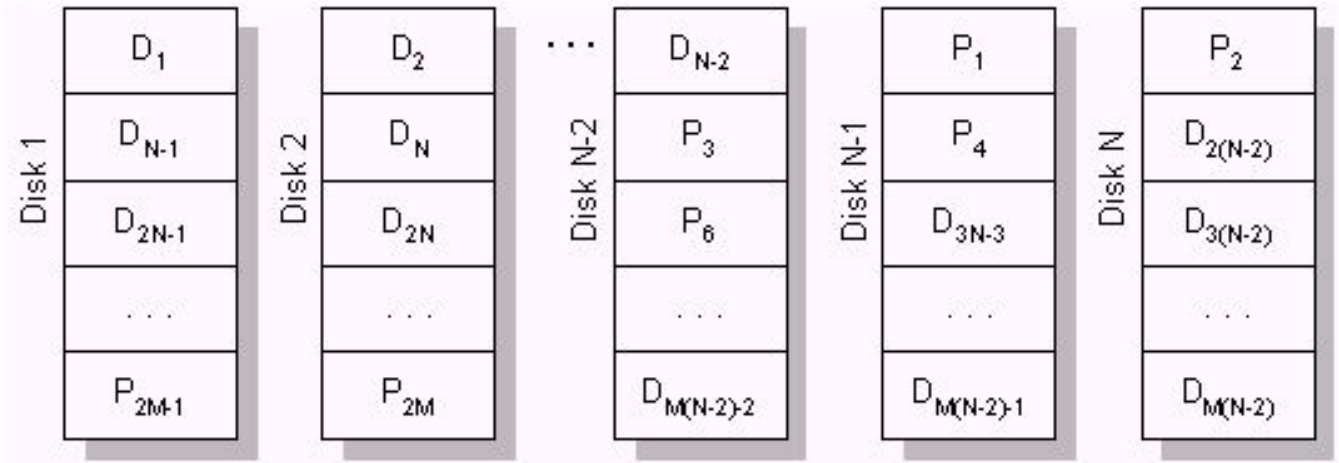
- Контрольная информация чередуется по группе дисков (нет специального диска только для четности как например в RAID 4)
- Параллельные операции записи
- Высокая производительность при большой интенсивности запросов чтения/записи данных
- Скорость чтения данных ниже, чем в RAID 4
- В целом объединяет в себе лучшие черты младших RAID-типов

Магнитные запоминающие устройства

RAID 6:

- Как RAID 5, но с двумя схемами четности
- Высокая отказоустойчивость

  Схематическое изображение:



Другие типы RAID:

- Современные RAID контроллеры позволяют комбинировать различные уровни RAID
- RAID 10, RAID 30, RAID 50, RAID 7

Оптические запоминающие устройства

Преимущества в сравнении с магнитными носителями:

- Сменяемость и транспортабельность
- Высокая плотность записи: у DVD 0.4-0.7Гб на кв.см (у магнитных носителей еще выше, но они не сменяемые)
- Меньшая цена в пересчете на мегабайты данных
- Более долгое ‘время жизни’:
  - Магнитные носители: в районе 3-х лет
  - Оптические носители: от 30 лет (в случае дисков хорошего качества)

Недостатки:

- Большее время доступа
- Более высокая частота появления ошибок; можно обойти использованием кодов с исправлением ошибок

Файловые системы для оптических носителей

Затруднения:

- Стандартные файловые системы создавались для стираемой памяти
- Сложности с адресацией данных большого объема (в частности, более 4Гб)
- Например, файловая система Unix изначально создавалась для работы с жесткими дисками небольшого размера; она слишком медленна при работе с гигабайтами данных

Характеристики файловой системы для оптических носителей:

- Поддержка больших размеров (до десятков терабайт)
- Высокая скорость передачи; низкие издержки на хранение самой файловой системы
- Высокопроизводительная структура каталогов
- Надежность, отказоустойчивость, восстановление при сбоях в каталоге
- Ведение истории и журнала контроля

Файловые системы для оптических носителей

- Файловая система для оптических носителей (ОФС) должна предоставлять избыточную информацию о каталоге; тогда извлечение файлов будет доступно даже в случае серьезного повреждения каталога
- Файлы следует дополнить заголовками, по которым в случае необходимости можно будет перестроить каталог
- Три уровня универсальной ОФС:
  - Верхний уровень: уровень ядра операционной системы
  - Средний уровень: непосредственно сама файловая система (написанная с нуля или модифицированная из файловой системы Unix)
  - Нижний уровень: драйвера устройств (часто связь ОФС с оптическими носителями осуществляется через SCSI-драйвера); драйвера обычно работают только с одной конкретной операционной системой

Файловые системы для оптических носителей

- Файловые системы для магнитных носителей: записи каталога содержатся в специальном файле; последовательный поиск для нахождения нужной записи
- Каталог должен быть выполнен в виде иерархического объекта; вместо последовательно поиска требуются другие способы доступа к записям каталога
- Необходимо хранить более чем одну изолированную копию каталога

Способы поиска по каталогу:

- Хеширование (названий файлов/директорий)
- Модифицированные B-деревья:
  - Узлы большого размера, чтобы уменьшить число уровней
  - Помещение в кэш максимально возможного числа узлов
  - Запись обновленных узлов снизу-вверх
  - Связь в цепочку корневых узлов текущего дерева и старых версий дерева (в случае хранения данных за прошедший период)

Файловые системы для оптических носителей

Методы распределения пространства:

- Таблицы размещения файлов (FAT) не подходят
- ‘Ленивое’ распределение: высокая скорость при непрерывной передаче данных
- Блоки данных записываются в порядке возрастания
- Размеры блоков – не менее 16-64Кб, для определенных носителей более чем 1Мб
- Поддержка кластеризации; избегать фрагментации
- Высокие фиксированные накладные расходы на каждый доступ к оптическому диску

Чередование данных на нескольких дисках:

- Возможно и для оптических дисков
- Сложность: оптические диски (в дисководах с автоматической сменой дисков) обычно сменные
- Усложнение программного обеспечения

Кэширование и управление томами

Кэширование:

- Энергозависимая (не сохраняющая информацию при выключении питания) ОЗУ
- Постоянный магнитный диск
- Иерархический кэш: ОЗУ плюс жесткий диск
- Алгоритм замещения, например, алгоритм LRU
- Необходимо при ‘ленивом’ распределении пространства оптического диска
- Обязательно для высокопроизводительных оптических дисковых систем

Управление томами (данных):

- Бд хранит имя тома, расположение, атрибуты и т.д.
- Категории:
  - Оперативные (оперативно-доступные) тома: (подсоединенные диски)
  - Полуоперативные тома: диски в дисководах с автоматической сменой дисков
  - Автономные тома: подсоединяемые вручную

Иерархическое управление запоминающими устройствами

- Генерализация кэширования
- Уровни:
  - 1) ОЗУ;
  - 2) жесткий диск;
  - 3) оперативные/полуоперативные оптические диски;
  - 4) автономные оптические диски
- Задача: увеличение скорости при снижении цены
- Алгоритм: миграция (передвижение по уровням) файлов
  - Доступ к файлу помещение файла на высший уровень
  - Файл остается на высшем уровне до тех пор пока есть место или пока пользователи запрашивают данный файл
  - При превышении определенного показателя, некоторые файлы перемещаются на следующий уровень ниже
  - Процесс перемещения охватывает все уровни
  - Предварительная подкачка: перемещение на более высокие уровни может иметь место, если показатель свободного места оказывается ниже определенного уровня (например, вследствие удалений)

Иерархическое управление запоминающими устройствами

Оптимизация для мультимедиа:

- Объединение производительных RAID-массивов с емкостью оперативных/полуоперативных оптических дисководов
- Предварительная загрузка больших видео-клипов на быстрые диски
- Сервисы, предоставляющие видео по требованию, могут базироваться на такой архитектуре

Дальнейшее развитие:

- Постоянно растущие емкость и плотность записи
  - Магнитные носители: теоретический предел плотности записи – около 16Гб на кв.см
  - Оптические носители: будет расти до нескольких Гб на кв.см
  - Нанотехнология: продемонстрировано хранение с плотностью около 150Гб на кв.см
- Уменьшение стоимости хранения мегабайта данных