

Тема 8. Ввод–вывод и файловая система

Физическая организация жесткого диска

Самым распространенным устройством для хранения файлов, является дисковый накопитель на жестких магнитных дисках. Жесткий диск состоит из одной или нескольких пластин, покрытых магнитным материалом.

На каждой стороне каждой пластины размечены концентрические кольца – *дорожки (traks)*, на которых хранятся данные. Количество дорожек зависит от типа диска. Нумерация дорожек начинается с 0 от внешнего края к центру диска. Головка может позиционироваться над заданной дорожкой. Головки перемещаются над поверхностью диска дискретными шагами, каждый шаг соответствует сдвигу на одну дорожку. Обычно головки для всех дисков закреплены на едином перемещающем механизме и двигаются синхронно.

Совокупность дорожек одного радиуса на всех поверхностях всех пластин пакета называется *цилиндром (cylinder)*. Каждая дорожка разбивается на фрагменты, называемые *секторами (sectors)* или *блоками (blocks)*, так что все дорожки имеют равное число секторов, в которые можно максимально записать одно и то же число байт. Сектор имеет фиксированный для конкретной системы размер равный 2^n . Чаще всего размер сектора составляет 512 байт.

Дорожки разного радиуса имеют одинаковое число секторов, плотность записи становится тем выше, чем ближе дорожка к центру.

Сектор – наименьшая адресуемая единица обмена данными дискового устройства. Операционная система при работе с диском использует, как правило, собственную единицу дискового пространства, называемую кластером (может содержать несколько секторов).

Дорожки и секторы создаются в результате выполнения процедуры физического, или низкоуровневого форматирования диска, предшествующей использованию диска. Для определения границ блоков на диск записывается идентификационная информация. Низкоуровневый формат диска не зависит от типа ОС, которая этот диск будет использовать.

Разметку диска под конкретный тип файловой системы выполняют процедуры высокоуровневого, или логического, форматирования. При высокоуровневом форматировании определяется размер кластера и на диск записывается информация, необходимая для работы файловой системы, в том числе информация о доступном и неиспользуемом пространстве, о границах областей, отведенных под файлы и каталоги, информация о поврежденных областях.

Файл – это поименованное место на внешнем носителе, предназначенное для хранения данных.

Для идентификации файла ОС присваивает ему уникальный числовой идентификатор – дескриптор.

Типы файлов:

- *Обычные* – предназначены для хранения данных. Содержание обычного файла определяется приложением, которое с ним работает. Могут быть текстовыми и двоичными.
- *Специальные* – фиктивные файлы, ассоциированные с устройствами ввода-вывода. Специальные файлы позволяют использовать обычные команды, определенные для работы с файлами, для ввода-вывода на внешние устройства.
- *Каталог* – файл, содержащий системную информацию о группе файлов, объединенных по какому либо признаку.

С каждым файлом связан набор **атрибутов**, содержащих сведения о файле. Состав атрибутов зависит от конкретной ФС. Как правило, файл содержит следующие атрибуты:

- **Имя файла.** Отличительный признак файла. Длина имени файла:
 - в ФС FAT определена схема 8.3 (8 символов – имя, 3 символа – расширение),
 - в ОС UNIX System V имя содержит не более 14 символов.
 - в ФС NTFS имя файла может содержать до 255 символов.

В случае, если разные файлы имеют одинаковые имена для однозначной идентификации используется составное имя, включающее в себя последовательность символьных имен каталогов.

- **Расширение имени.** Правая часть имени, отделенная последней точкой. Расширение обычно указывает тип данных в файле.
- **Тип файла.** ОС могут выделять несколько типов файлов, например, символьные, двоичные, данных или программ.
- **Размер файла.** Обычно указывается в байтах, хотя раньше часто задавался в блоках.
- **Даты и времена.** Может содержать даты и времена создания, модификации, последнего обращения и др.
- **Владелец файла.** Атрибут используется в многопользовательских системах для организации защиты данных. Как правило, владельцем является пользователь, создавший файл.
- **Атрибуты защиты.** Определяют режим доступа к файлу отдельных пользователей и групп.
- **Данные о размещении файла на диске.** Данные, позволяющие ОС находить файл на носителе информации.
- **Флаги (битовые атрибуты).** Количество флагов зависит от конкретной ФС. Почти всегда имеются такие флаги, как «только для чтения», «сжатый», «шифрованный» и др.

Файловая система – это часть операционной системы, которая определяет способы хранения данных на носителях информации и предназначена для обеспечения удобного интерфейса при работе с данными.

ФС состоит из:

- **файлов**, размещенных на носителях информации;
- **управляющих структур** (каталоги, дескрипторы файлов, таблицы распределения свободного и занятого пространства на диске и др.);
- **системных программ**, реализующих функции управления файлами (создание, запись, чтение, удаление, поиск и др.). Эта часть файловой системы называется **системой управления файлами**.

Основные задачи, решаемые ФС:

- создание, удаление, переименование, поиск файлов, чтение и запись данных в файлы и др.;
- эффективное использование дискового пространства и обеспечение высокой скорости доступа к данным;
- надежное хранение данных с возможностью их восстановления в случае сбоя;
- защита данных от несанкционированного доступа;
- организация совместного использования данных различными процессами.

Способы использования пространства носителя информации для размещения файлов:

Непрерывное размещение. Файл занимает непрерывную последовательность блоков.

Сегментированное размещение. Файл может размещаться в различных сегментах разной длины.

Для размещения файла используется некоторое количество адресуемых блоков (секторов). Однако число блоков на носителе информации может быть очень

Минимальной единицей размещения файлов считают **кластер** (**логический блок**), который принимается равным 2^k секторов, т.е., например, 1, 2, 4, 8, 16, 32 сектора. Каждому файлу отводится целое число кластеров, и в информации о размещении файла хранятся номера кластеров, а не секторов.

Увеличение размера кластеров позволяет сократить количество данных о размещении и уменьшить число двоичных разрядов, необходимых для хранения номеров.

Из-за случайного размера файла последний кластер файла в среднем заполнен наполовину. Использование больших кластеров приводит к потерям пространства носителя информации (**внутренняя фрагментация**).

Увеличение размера кластера ведет к увеличению внутренней фрагментации. Оптимальный размер кластера устанавливается автоматически, либо вводится вручную при форматировании диска.

Для размещения новых файлов и увеличения уже существующих, необходима информация о размещении свободных кластеров.

Способы хранения:

- **Использование связанного линейного списка** (в начале каждого свободного кластера хранится номер следующего). Недостатком является сложность поиска непрерывного свободного участка.
- **Использование битовой карты (bitmap)** свободных кластеров. Она представляет собой массив, содержащий по одному биту на каждый кластер, причем значение 1 означает «кластер занят», а 0 – «кластер свободен».

Для защиты целостности данных (например, при выключении устройства во время записи) ФС записывает действия, которые необходимо выполнить. Записи хранятся в отдельной части ФС, называемой «журналом» или «логом». Сначала записи заносятся в журнал, после этого вносятся изменения в ФС, и после успешного изменения данных записи из журнала удаляются.

Функционирование ФС можно представить многоуровневой моделью, каждый уровень которой предоставляет некоторый интерфейс (набор функций) вышележащему уровню, а сам использует интерфейс нижележащего уровня.

Символьный уровень. Определение уникального имени файла по его символьному имени. В файловых системах, в которых каждый файл может иметь только одно символьное имя, этот уровень отсутствует. Если один и тот же файл может иметь несколько символьных имен, то на данном уровне просматривается цепочка каталогов для определения уникального имени файла.

Базовый уровень. По уникальному имени файла определяются его характеристики: размер, права доступа, адрес и др.

Проверка прав доступа. Сравниваются полномочия пользователя или процесса, выдавших запрос, со списком разрешенных видов доступа к данному файлу. Если запрашиваемый вид доступа разрешен, то выполнение запроса продолжается, если нет, то выдается сообщение о нарушении прав доступа.

Логический уровень. Определяются координаты запрашиваемой логической записи в файле (в байтах от начала файла). Файл представляется непрерывной последовательностью данных (физические особенности не учитываются)

Физический уровень. На основе данных полученных на физическом уровне файловая система определяет номер физического блока, который содержит требуемую логическую запись, и смещение логической записи в физическом блоке.

Номер физического блока передается системе ввода-вывода для выполнения операции обмена с внешним устройством.

Система FAT (File Allocation Table) (таблица размещения файлов) – файловая система с сегментированным размещением данных, древовидной структурой каталогов и без многопользовательской защиты.

Загрузочный сектор раздела (BOOT-сектор) располагается в начале каждого раздела, не являющегося дополнительным, или в начале логического

диско. Содержит программу начальной загрузки ОС и основные параметры дискового тома и файловой системы, такие как размер раздела, количество используемых секторов диска, размер кластера и метка тома.

Корневой каталог (ROOT) – содержит информацию о файлах и подкаталогах верхнего уровня.

Таблица размещения файлов (FAT) – содержит информацию о размещении файлов и свободного места на диске. Секторы, не содержащие пользовательских данных (файлов), не отражены в FAT. К таким секторам относятся загрузочные секторы, таблицы размещения файлов и секторы корневого каталога.

Для повышения надежности таблица хранится в двух идентичных экземплярах.

Данные – массив кластеров, содержащий все файлы и все каталоги дискового тома (кроме корневого). Для каждого нового файла и каталога создается запись, занимающая 32 байта.

Файловая система NTFS (New Technology File System) многопользовательская файловая для ОС Windows начиная с версии NT.

Раздел NTFS называется **томом** (volume). NTFS поддерживает размеры кластеров от 512 байт до 64 Кбайт; стандартом же считается кластер размером 2 или 4 Кбайт. При 32-разрядной адресации кластеров разрешен размер тома до 256 ТБ, при 64-разрядной – 17179869184 Тбайт.

В начале тома находится **загрузочная запись тома** (Volume Boot Record), в которой содержится код загрузки Windows, информация о томе (в частности, тип файловой системы), адреса системных файлов. Загрузочная запись занимает обычно 8 КБ (16 первых секторов).

MFT (master file table - общая таблица файлов) – это каталог всех файлов диска (в том числе и себя самого). Предназначен для определения расположения файлов.

Первые 12,5 % диска отводятся под MFT-зону — пространство, которое может занимать MFT-файл. При заполнении файлового пространства MFT-зона может несколько сокращаться, однако, по возможности, сохраняется незанятой для исключения фрагментации при расширении MFT файла (заполнять дисковый том более чем на 88% его емкости категорически не рекомендуется!). Остальное пространство предназначено для хранения файлов.

MFT состоит из записей фиксированного размера. Размер записи MFT (от 1 Кб и до 4 Кб) определяется во время форматирования тома. Каждая запись соответствует какому-либо файлу.

Первые 16 записей являются метафайлами, предназначенными для поддержания внутренней структуры NTFS и недоступны операционной системе. Метафайлы имеют строго фиксированное положение в каталоге NTFS-тома. Копия первых 16 записей, для надежности, хранится в середине тома. Остальные части MFT-файла могут располагаться, как и любые другие файлы, в произвольных местах диска.

Метафайлы отвечают за различные аспекты работы системы. Названия метафайлов начинается с символа «\$».

Файловая система Unix – иерархическая, многопользовательская, имеющая условно древовидную структуру (допускает нарушение иерархии дерева путем ассоциации нескольких имен с содержимым файла).

Для доступа к файловой системе любого диска необходимо выполнить **операцию монтирования** которая заключается в отображении диска на один из каталогов основного тома.

Файлы могут иметь **жесткие и символические связи**.

Жесткая связь – указывая имя файла, программа получает доступ к его содержимому. В UNIX файл может иметь неограниченное количество жестких связей (т.е. неограниченное количество имен, хранящихся в разных каталогах одного дискового тома). Наличие нескольких имен позволяет отказаться от указания пути при доступе к файлу. При удалении файла происходит удаление его жесткой связи. Удаление содержимого файла происходит при удалении всех имен файла. Все жесткие связи одного файла абсолютно равноправны.

Символическая связь – ссылка на файл, содержащий имя другого файла. При использовании файла с символической связью UNIX автоматически подставляет вместо него тот файл, на который указывает связь.

Структура дискового тома UNIX:

Блок начальной загрузки содержит программу, которая служит для первоначального запуска ОС UNIX.

Управляющий суперблок содержит основные сведения о дисковом томе (размер логического блока, количество блоков, размеры основных областей, тип файловой системы, возможные режимы доступа) а также данные о свободном месте на диске (количество и список свободных блоков).

При запуске ОС суперблок считывается в оперативную память. Все изменения файловой системы сразу записываются в эту копию суперблока в оперативной памяти. Данные из оперативной памяти периодически записываются на диск. Это позволяет повысить производительность системы.

UNIX хранит в специальных массивах информацию о свободных блоках в области данных и свободных индексных дескрипторах (необходимых при создании новых файлов). Если номера свободных дескрипторов в суперблоке закончились, то UNIX берет свободные номера из массива дескрипторов.

Массив дескрипторов содержит полные сведения (кроме имен) о файлах, хранящихся на диске. Отсутствие в индексном дескрипторе имени файла позволяет использовать любое количество ссылок с жесткой связью (содержащих один и тот же номер узла).