УПРАВЛЕНИЕ ФАЙЛАМИ. ФАЙЛОВЫЕ СИСТЕМЫ

Файловая система - это часть операционной системы, назначение которой состоит в том, чтобы обеспечить пользователю удобный интерфейс при работе с данными, хранящимися на диске, и обеспечить совместное использование файлов несколькими пользователями и процессами.

В широком смысле понятие "файловая система" включает:

- совокупность всех файлов на диске,
- наборы структур данных, используемых для управления файлами, такие, например, как каталоги файлов, дескрипторы файлов, таблицы распределения свободного и занятого пространства на диске,
- комплекс системных программных средств, реализующих управление файлами, в частности: создание, уничтожение, чтение, запись, именование, поиск и другие операции над файлами.

Функции файловой системы:

- отображает символьные имена файлов во внутренние идентификаторы,
- преобразует символьные имена или внутренние идентификаторы файлов, с которыми работает пользователь или прикладная программа в физические адреса на дисках и других накопителях,
- организует совместный доступ к файлам,
- защищает файлы от несанкционированного доступа и т. д.

Файл - это поименованный набор связанной информации, записанной во внешнюю память.

С точки зрения пользователя, ***файл*** - единица *внешней памяти*, то есть данные, записанные на диск, должны быть в составе какого-нибудь *файла* .

Файлы представляют собой абстрактные объекты. Их задача - хранить информацию, скрывая от пользователя детали работы с устройствами. Когда процесс создает *файл*, он дает ему имя. После завершения процесса *файл* продолжает существовать и через свое имя может быть доступен другим процессам.

Имена файлов. Файлы идентифицируются именами. Пользователи дают файлам **символьные имена**, при этом учитываются ограничения ОС как на используемые символы, так и на длину имени. Так в файловой системе FAT длина имен ограничивается известной схемой 8.3 (8 символов - собственно имя, 3 символа - расширение имени). Однако пользователю гораздо удобнее работать с длинными именами, поскольку они позволяют дать файлу название, по которому даже через достаточно большой промежуток времени можно будет вспомнить, что содержит этот файл. Поэтому современные файловые системы, как правило, поддерживают **длинные символьные имена файлов**. Например, Windows NT в своей новой файловой системе NTFS устанавливает, что имя файла может содержать до 255 символов.

Типы файлов. Файлы бывают разных типов: обычные файлы, специальные файлы, файлы-каталоги.

Обычные файлы в свою очередь подразделяются на текстовые и двоичные. Текстовые файлы состоят из строк символов, представленных в ASCII-коде. Это могут быть документы, исходные тексты программ и т.п. Текстовые файлы можно прочитать на экране и распечатать на принтере. Двоичные файлы не используют ASCII-коды, они часто имеют сложную внутреннюю структуру, например, объектный код программы или архивный файл.

Специальные файлы - это файлы, ассоциированные с устройствами ввода-вывода, которые позволяют пользователю выполнять операции ввода-вывода, используя обычные команды записи в файл или чтения из файла. Эти команды обрабатываются вначале программами файловой системы, а затем на некотором этапе выполнения запроса преобразуются ОС в команды управления соответствующим устройством. Специальные файлы, так же как и устройства ввода-вывода, делятся на блок-ориентированные и байт-ориентированные.

Обычно прикладные программы, работающие с *файлами*, распознают *тип файла* по его имени в соответствии с общепринятыми соглашениями. Например, *файлы* с расширениями .c, .pas, .txt - ASCII-файлы, *файлы* с расширениями .exe - выполнимые, *файлы* с расширениями .obj, .zip - бинарные и т. д.

Каталог - это, с одной стороны, группа файлов, объединенных пользователем исходя из некоторых соображений (например, файлы, содержащие программы игр, или файлы, составляющие один программный пакет), а с другой стороны - это файл, содержащий системную информацию о группе файлов, его составляющих. В каталоге содержится список файлов, входящих в него, и устанавливается соответствие между файлами и их характеристиками (атрибутами).

В разных файловых системах могут использоваться в качестве атрибутов разные характеристики, например:

- информация о разрешенном доступе,
- пароль для доступа к файлу,
- владелец файла,
- создатель файла,
- признак "только для чтения",
- признак "скрытый файл",
- признак "системный файл",
- признак "архивный файл",
- времена создания, последнего доступа и последнего изменения,
- текущий размер файла,
- максимальный размер файла.

Каталоги могут непосредственно содержать значения характеристик файлов, как это сделано в файловой системе MS-DOS, или ссылаться на таблицы, содержащие эти характеристики, как это реализовано в ОС UNIX (Рисунок 1). Каталоги могут образовывать иерархическую структуру за счет того, что каталог более низкого уровня может входить в каталог более высокого уровня (Рисунок 2).

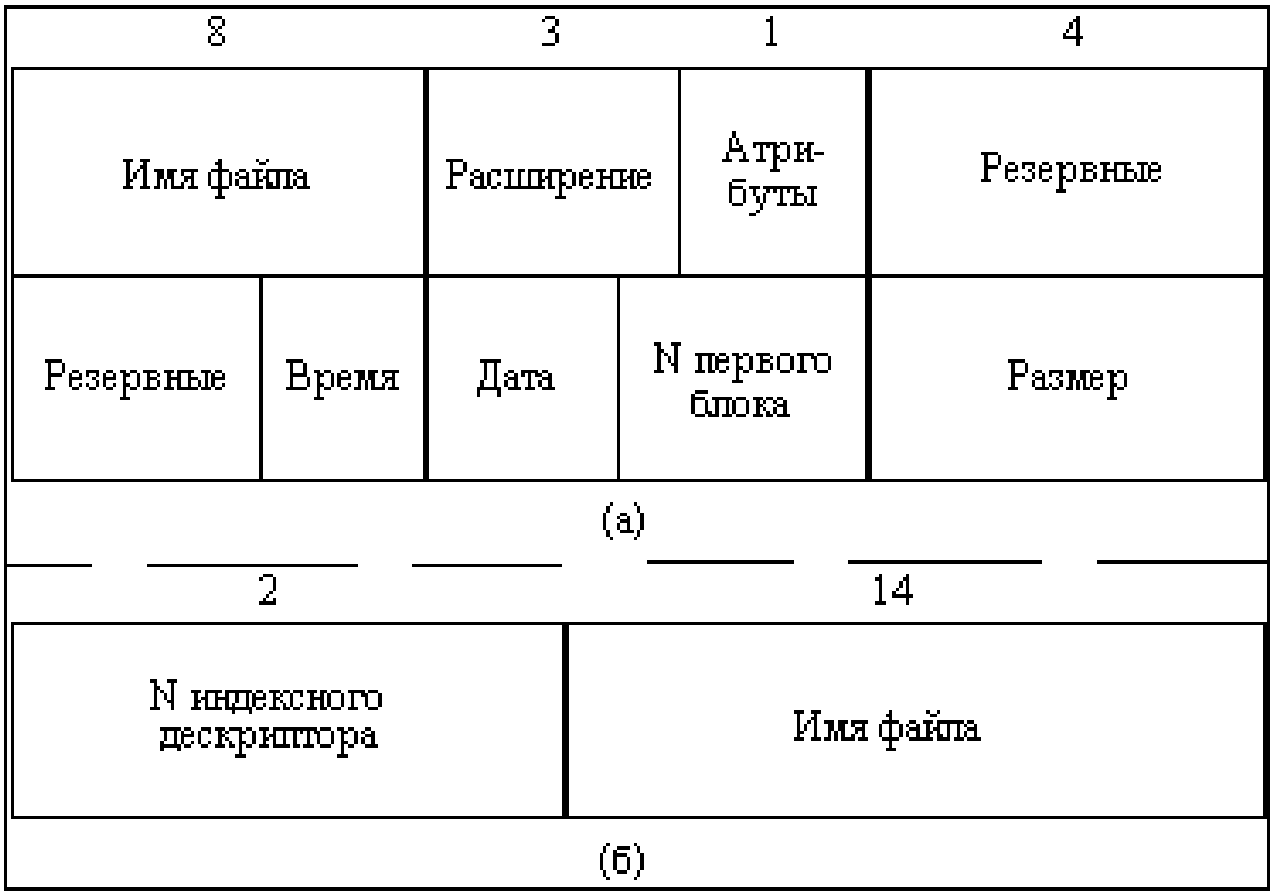

Рисунок 1 - Структура каталогов: а - структура записи каталога MS-DOS (32 байта); б - структура записи каталога ОС UNIX

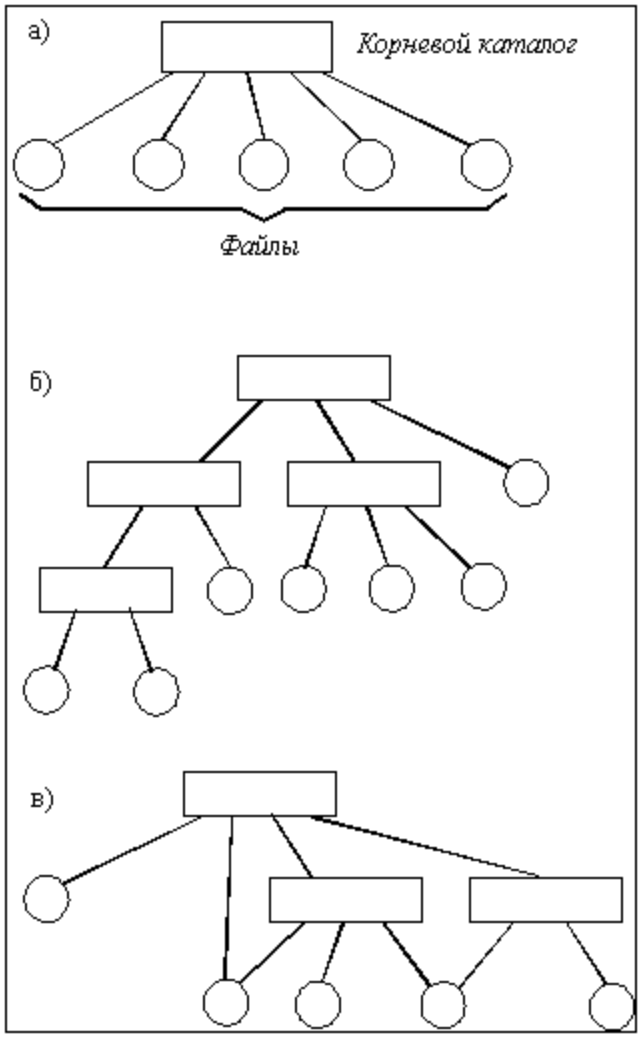

Рисунок 2 - Логическая организация файловой системы
а - одноуровневая; б - иерархическая (дерево); в - иерархическая (сеть)

Иерархия каталогов может быть деревом или сетью. Каталоги образуют дерево, если файлу разрешено входить только в один каталог, и сеть - если файл может входить сразу в несколько каталогов. В MS-DOS каталоги образуют древовидную структуру, а в UNIX - сетевую. Как и любой другой файл, каталог имеет символьное имя и однозначно идентифицируется составным именем, содержащим цепочку символьных имен всех каталогов, через которые проходит путь от корня до данного каталога.

Логическая организация файла

Программист имеет дело с логической организацией файла, представляя файл в виде определенным образом организованных логических записей. **Логическая запись** - это наименьший элемент данных, которым может оперировать программист при обмене с внешним устройством. Даже если физический обмен с устройством осуществляется большими единицами, операционная система обеспечивает программисту доступ к отдельной логической записи.

Рисунок 3 - Способы логической организации файлов

На рисунке 3 показаны несколько схем логической организации файла. Записи могут быть фиксированной длины или переменной длины. Записи могут быть расположены в файле последовательно (последовательная организация) или в более сложном порядке, с использованием так называемых индексных таблиц, позволяющих обеспечить быстрый доступ к отдельной логической записи (индексно-последовательная организация). Для идентификации записи может быть использовано специальное поле записи, называемое ключом. В файловых системах ОС UNIX и MS-DOS файл имеет простейшую логическую структуру - **последовательность однобайтовых записей.**

Физическая организация и адрес файла

Физическая организация файла описывает правила расположения файла на устройстве внешней памяти, в частности на диске. Файл состоит из физических записей - блоков. **Блок** - наименьшая единица данных, которой внешнее устройство обменивается с оперативной памятью. Непрерывное размещение - простейший вариант физической организации (Рисунок 4,а), при котором файлу предоставляется последовательность блоков диска, образующих единый сплошной участок дисковой памяти. Для задания адреса файла в этом случае достаточно указать только номер начального блока.

Достоинство этого метода - простота. Но имеются и два существенных **недостатка**. Во-первых, во время создания файла заранее не известна его длина, а значит не известно, сколько памяти надо зарезервировать для этого файла, во-вторых, при таком порядке размещения неизбежно возникает фрагментация, и пространство на диске используется не эффективно, так как отдельные участки маленького размера (минимально 1 блок) могут остаться не используемыми.

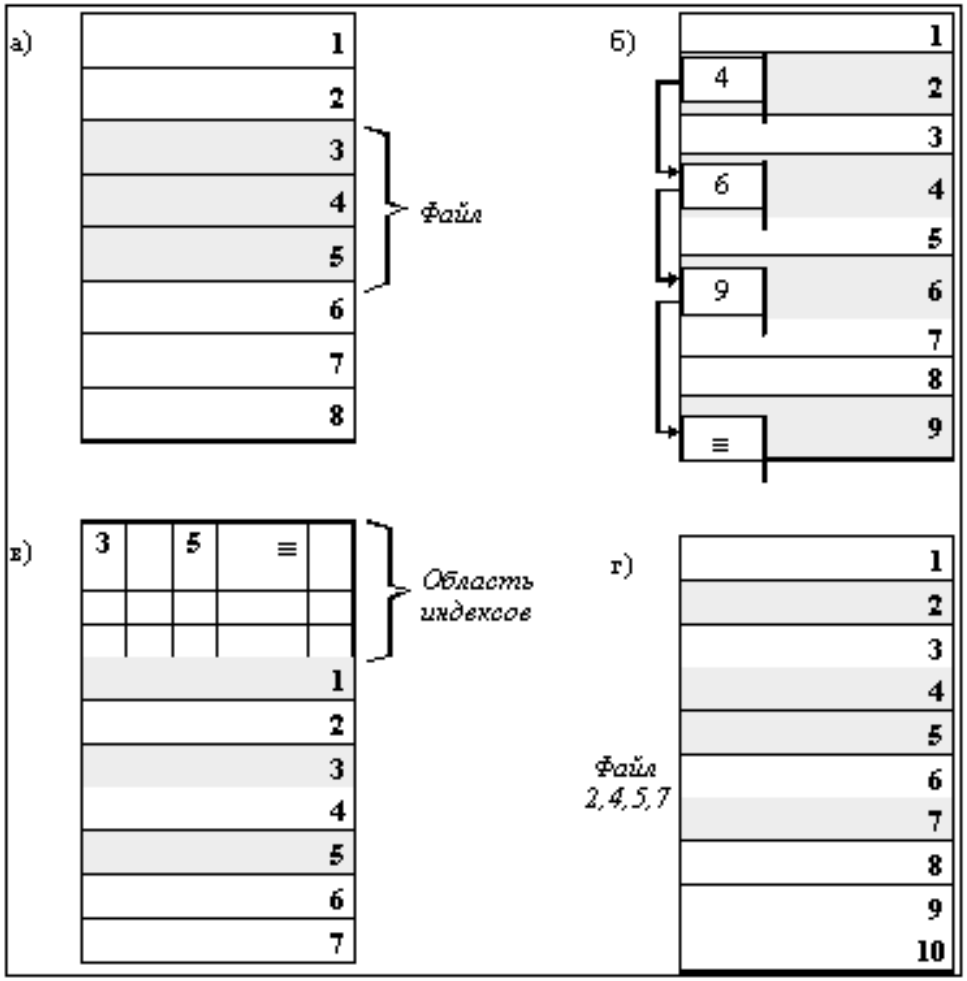

Рисунок 4 - Физическая организация файла
а - непрерывное размещение; б - связанный список блоков;
в - связанный список индексов; г - перечень номеров блоков

Следующий способ физической организации - размещение в виде связанного списка блоков дисковой памяти (Рисунок 4,б). При таком способе в начале каждого блока содержится указатель на следующий блок. В этом случае адрес файла также может быть задан одним числом - номером первого блока. **Достоинство:** В отличие от предыдущего способа, каждый блок может быть присоединен в цепочку какого-либо файла, следовательно фрагментация отсутствует. Файл может изменяться во время своего существования, наращивая число блоков. **Недостатком** является сложность реализации доступа к произвольно заданному месту файла: для того, чтобы прочитать пятый по порядку блок файла, необходимо последовательно прочитать четыре первых блока, прослеживая цепочку номеров блоков.

Популярным способом, используемым, например, в файловой системе FAT операционной системы MS-DOS, является использование связанного списка индексов. С каждым блоком связывается некоторый элемент - индекс. Индексы располагаются в отдельной области диска (в MS-DOS это таблица FAT). Если некоторый блок распределен некоторому файлу, то индекс этого блока содержит номер следующего блока данного файла. При такой физической организации сохраняются все достоинства предыдущего способа, но снимаются недостатки: для доступа к произвольному месту файла достаточно прочитать только блок индексов, отсчитать нужное количество блоков файла по цепочке и определить номер нужного блока, и, во-вторых, данные файла занимают блок целиком, а значит имеют объем, равный степени двойки.

Права доступа к файлу

Определить права доступа к файлу - значит определить для каждого пользователя набор операций, которые он может применить к данному файлу. В разных файловых системах может быть определен свой список дифференцируемых операций доступа. Этот список может включать следующие операции: создание файла, уничтожение файла, открытие файла, закрытие файла, чтение файла, запись в файл, дополнение файла, поиск в файле, получение атрибутов файла, установление новых значений атрибутов, переименование, выполнение файла, чтение каталога, и другие операции.

В самом общем случае права доступа могут быть описаны **матрицей прав доступа**, в которой столбцы соответствуют всем файлам системы, строки - всем пользователям, а на пересечении строк и столбцов указываются разрешенные операции (Рисунок 5). В некоторых системах пользователи могут быть разделены на отдельные категории. Для всех пользователей одной категории определяются единые права доступа. Например, в системе UNIX все пользователи подразделяются на три категории: владельца файла, членов его группы и всех остальных.

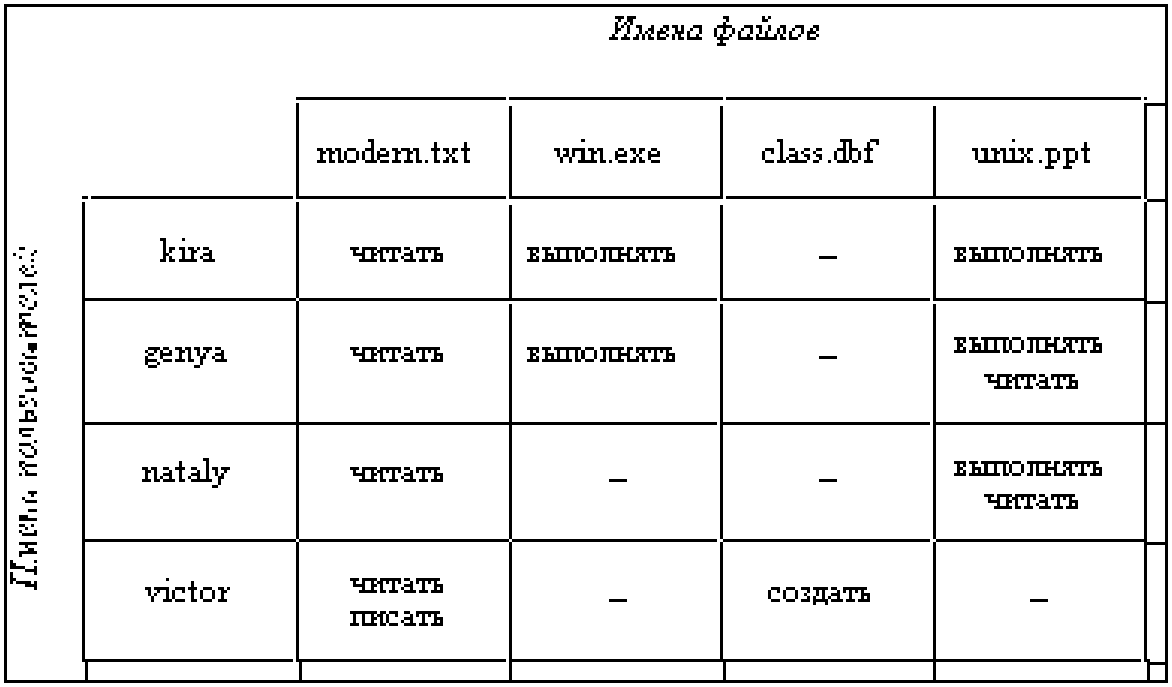

Рисунок 5 - Матрица прав доступа

Общий подход к *защите файлов* от несанкционированного использования - сделать доступ зависящим от идентификатора пользователя, то есть связать с каждым *файлом* или *директорией* **список прав доступа** (access control list), где перечислены имена пользователей и типы разрешенных для них способов *доступа к файлу*. Любой запрос на выполнение операции сверяется с таким списком.

Различают два основных подхода к определению прав доступа:

- **избирательный доступ**, когда для каждого файла и каждого пользователя сам владелец может определить допустимые операции;
- **мандатный подход**, когда система наделяет пользователя определенными правами по отношению к каждому разделяемому ресурсу (в данном случае файлу) в зависимости от того, к какой группе пользователь отнесен.

Общая модель файловой системы

Функционирование любой файловой системы можно представить многоуровневой моделью (Рисунок 6), в которой каждый уровень предоставляет некоторый интерфейс (набор функций) вышележащему уровню, а сам, в свою очередь, для выполнения своей работы использует интерфейс (обращается с набором запросов) нижележащего уровня.

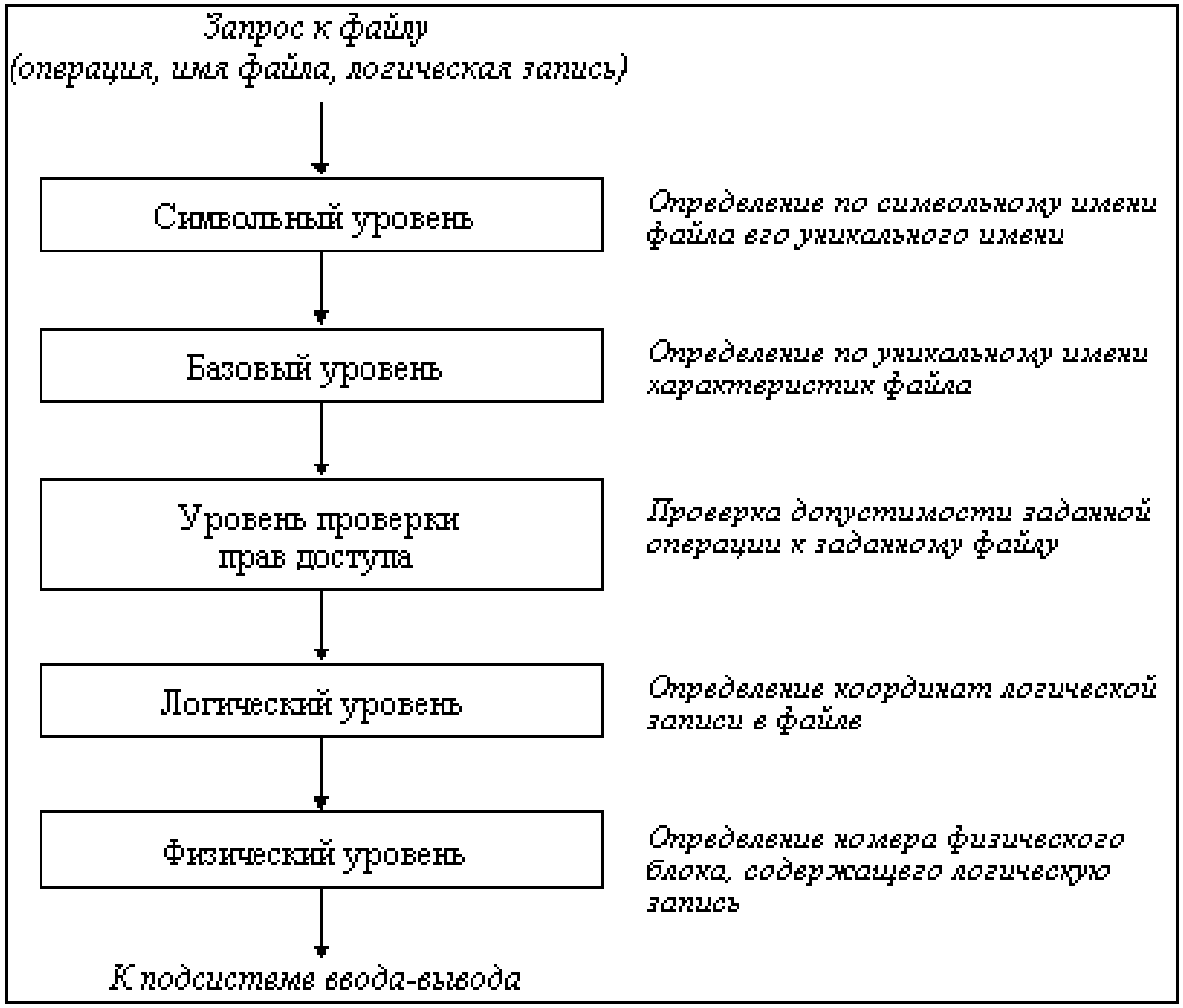

Рисунок 6 - Общая модель файловой системы

Задачей символьного уровня является определение по символьному имени файла его уникального имени. В файловых системах, в которых каждый файл может иметь только одно символьное имя (например, MS-DOS), этот уровень отсутствует, так как символьное имя, присвоенное файлу пользователем, является одновременно уникальным и может быть использовано операционной системой. В других файловых системах, в которых один и тот же файл может иметь несколько символьных имен, на данном уровне просматривается цепочка каталогов для определения уникального имени файла. В файловой системе UNIX, например, уникальным именем является номер индексного дескриптора файла.

На следующем, **базовом уровне** по уникальному имени файла определяются его характеристики: права доступа, адрес, размер и другие. Как уже было сказано, характеристики файла могут входить в состав каталога или храниться в отдельных таблицах. При открытии файла его характеристики перемещаются с диска в оперативную память, чтобы уменьшить среднее время доступа к файлу.

Следующим этапом является **проверка прав доступа** к нему. Для этого 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.

На **логическом уровне** определяются координаты запрашиваемой логической записи в файле, то есть требуется определить, на каком расстоянии (в байтах) от начала файла находится требуемая логическая запись. При этом абстрагируются от физического расположения файла, он представляется в виде непрерывной последовательности байт. Алгоритм работы данного уровня зависит от логической организации файла. Для определения координат логической записи в файле с индексно-последовательной организацией выполняется чтение таблицы индексов (ключей), в которой непосредственно указывается адрес логической записи.

На **физическом уровне** файловая система определяет номер физического блока, который содержит требуемую логическую запись, и смещение логической записи в физическом блоке. Для решения этой задачи используются результаты работы логического уровня - смещение логической записи в файле, адрес файла на внешнем устройстве, а также сведения о физической организации файла, включая размер блока. Задача физического уровня решается независимо от того, как был логически организован файл.

После определения номера физического блока, файловая система обращается к системе ввода-вывода для выполнения операции обмена с внешним устройством. В ответ на этот запрос в буфер файловой системы будет передан нужный блок, в котором на основании полученного при работе физического уровня смещения выбирается требуемая логическая запись.