

## Современные архитектуры файловых систем

Разработчики новых операционных систем стремятся обеспечить пользователя возможностью работать сразу с несколькими файловыми системами.

Новая файловая система имеет многоуровневую структуру (Рисунок 7), на верхнем уровне которой располагается так называемый переключатель файловых систем (в Windows, например, такой переключатель называется устанавливаемым диспетчером файловой системы - installable filesystem manager, IFS). Он обеспечивает интерфейс между запросами приложения и конкретной файловой системой, к которой обращается это приложение. Переключатель файловых систем преобразует запросы в формат, воспринимаемый следующим уровнем - уровнем файловых систем.

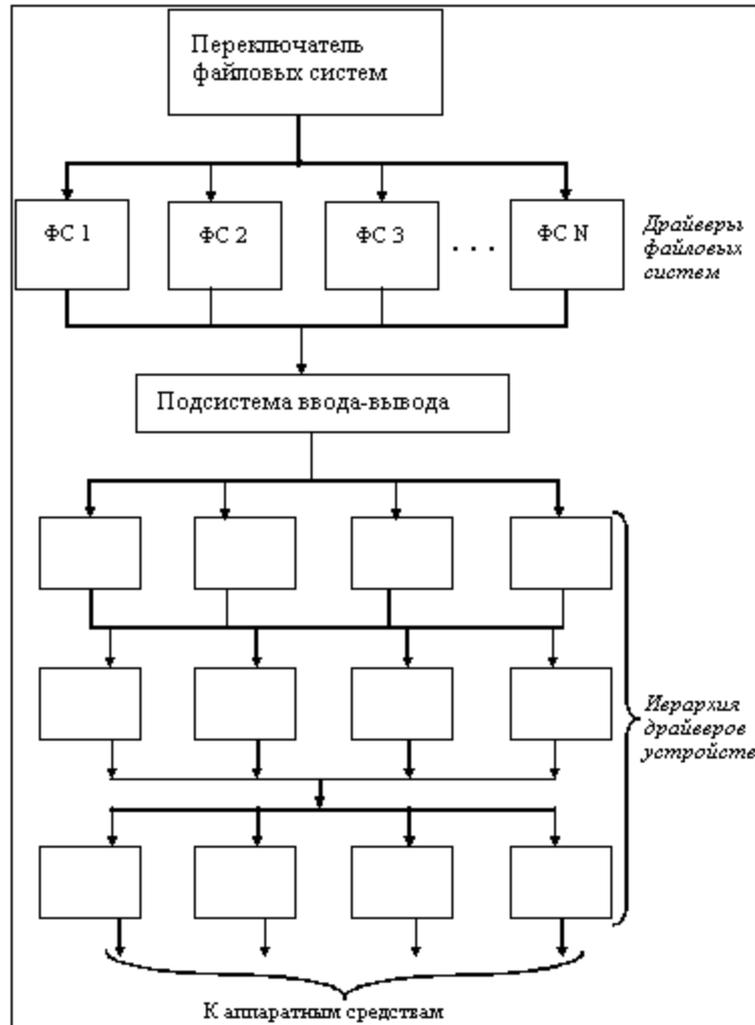


Рисунок 7 - Архитектура современной файловой системы

# Файловая система NTFS

Windows поддерживает несколько файловых систем для различных внешних устройств:

- NTFS – основная файловая система семейства Windows NT;
- FAT (File Allocation Table – таблица размещения файлов) – простая файловая система используемая Windows для устройств флеш памяти, а также для совместимости с другими операционными системами. Основным элементом этой файловой системы является таблица размещения файлов FAT (по имени которой названа вся файловая система), необходимая для определения расположения файла на диске. Существует три варианта FAT, отличающихся разрядностью идентификаторов, указывающих размещение файлов: FAT12, FAT16 и FAT32;

- exFAT (Extended FAT – расширенная FAT) – развитие файловой системы FAT, использующее 64 разрядные идентификаторы. Применяется в основном для устройств флеш-памяти;
- CDFS (CD ROM File System) – файловая система для CD дисков;
- UDF (Universal Disk Format – универсальный формат дисков) – файловая система для CD и DVD дисков.

#### Основные понятия:

- Диск (disk) – устройство внешней памяти, например, жесткий диск или оптический диск (CD, DVD).
- Раздел (partition) – непрерывная часть жесткого диска. Диск может содержать несколько разделов.
- Том (volume) или логический диск (logical disk) – область внешней памяти, с которой операционная система работает как с единым целым.

- Простой том (simple volume) – том, состоящий из одного раздела.
- Составной том (multipartition volume) – том, состоящий из нескольких разделов.
- Сектор (sector) – блок данных фиксированного размера на диске; наименьшая единица информации для диска. Типичный размер сектора для жестких дисков равен 512 байтам, для оптических дисков – 2048 байт. Деление диска на секторы происходит один раз при создании диска в процессе низкоуровневого форматирования и обычно не может быть изменено.
- Кластер (cluster) – логический блок данных на диске, включающий один или несколько секторов. Количество секторов, составляющих кластер, обычно кратно степеням двойки.

Размер кластера задается операционной системой в процессе высокоуровневого форматирования, которое может осуществляться многократно. При записи на диск файл всегда будет занимать целое число кластеров.

В NTFS используются 64 разрядные идентификаторы кластеров, поэтому теоретически том NTFS может содержать  $2^{64}$  кластеров. Однако текущие реализации в Windows поддерживают только 32 разрядную адресацию кластеров, что при размере кластера максимум 64 КБ позволяет NTFS тому достигать размера до 256 ТБ:

$$2^{32} * 2^{16} \text{ байт} = 2^{48} \text{ байт} = 2^8 * 2^{40} \text{ байт} = 256 \text{ ТБ.}$$

Для томов, больших 4 ГБ, при форматировании Windows предлагает размер кластера по умолчанию 4 КБ.

## **Разница между разделом, томом и логическим диском**

Все эти термины, т.е. раздел, том и логический диск, являются единицами хранения данных.

Физический жесткий диск (скажем, HDD) может быть разделен на разные единицы хранения, и эти единицы хранения называются разделами.

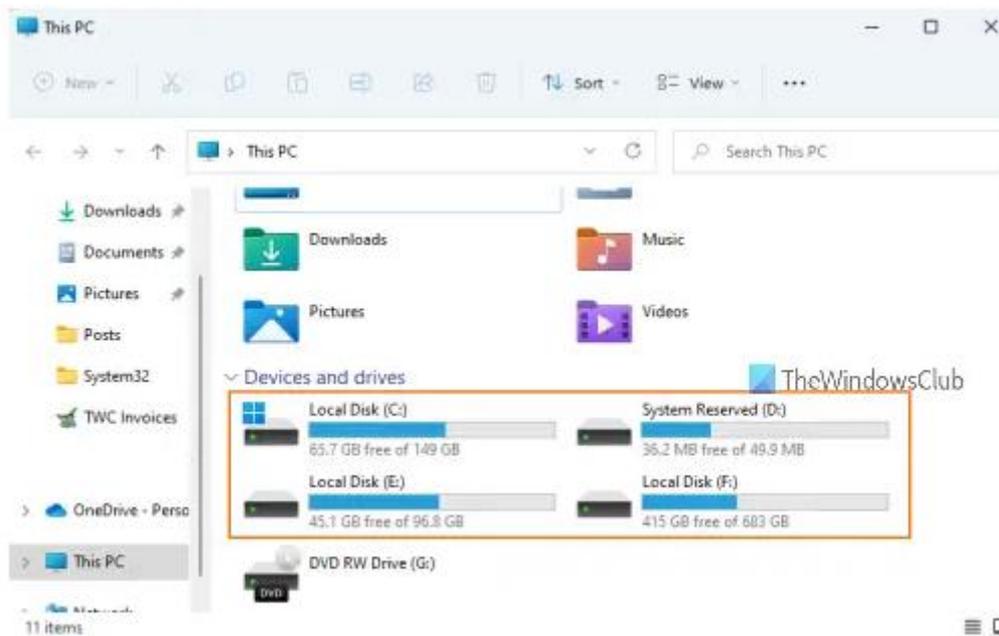
Например, если у вас есть жесткий диск емкостью 1 ТБ, и вы делите его на 4 части (скажем, по 250 ГБ каждая), эти части называются разделами.

Основные разделы - это те, на которые вы можете установить Windows и поместить другие данные. Например, если вы установили Windows на диск C, то диск C является основным разделом

Расширенный раздел работает как контейнер, который вы можете использовать для создания нескольких логических разделов.

Логические разделы - это те, в которых вы можете создавать папки и добавлять свои файлы.

Пока вы не отформатируете раздел, том (или логический том) не может быть создан. И пока том не будет создан, вы не сможете установить Windows и добавить свои данные. Таким образом, как только вы форматируете раздел для файловой системы (скажем, файловой системы NTFS для Windows), он становится томом.



Как только вы форматируете раздел для создания жесткого диска и присваиваете этому диску букву (скажем, D, E и т.д.), он называется томом.

Логический диск (или логический том) - это дисковое пространство, логически созданное поверх физического жесткого диска. Как только вы отформатируете раздел и присвоите ему букву, например D, E и т.д., он становится логическим диском, который можно использовать для хранения файлов, папок и других личных данных. Когда вы открываете проводник на компьютере с Windows, логические разделы (такие как локальный диск (D:), Локальный диск (E:) и т.д.), представленные в разделе "Этот компьютер", являются примерами логических дисков. По сути, логический диск и том - это одни и те же термины.

Таблица размещения файлов FAT — это файловая система, в основе которой лежит электронная таблица данных. Существуют две наиболее популярные разновидности данной системы: FAT16 и FAT32. По сути, это однотипные таблицы размещения информации с одной лишь разницей: использование 16-ти или 32-х разрядных адресаций кластеров. В современных системах FAT16 уже не используется, ввиду ее ограниченных возможностей по размеру тома (логического диска).

Максимальный размер файла в системе FAT32 составляет до 4 Гб, а размер кластера от 512 байт до 32 КБ, что позволяет разбить логический диск до 8 ТБ.

## Главные преимущества FAT32 перед NTFS:

- Значительная скорость доступа к файлам средних и малых размеров;
- Низкая требовательность к оперативному запоминающему устройству;
- Меньший износ жесткого диска.

К недостаткам файловой системы FAT32 можно отнести:

- Уязвимость и возможности сбоя системы;
- Медленные запросы при работе с большими каталогами файлов;
- Отсутствие поддержки малых кластеров;
- Необходимость фрагментации пространства на диске.

NTFS – файловая система, в основе которой лежит использование сводной таблицы с информацией о файлах в начале раздела диска, а уже потом размещаются сами файлы. Данная файловая система использует специализированные структуры данных, что позволяет обеспечить высокую надежность и эффективность использования места на жестком диске.

Основными достоинствами NTFS являются:

- Рациональное использование места на носителе;
- Высокая производительность при работе с большими файлами;
- Значительная надежность;
- Поддержка сжатия;
- Восстановление системы при сбоях.

Есть у этой системы и ряд недостатков:

- Высокая требовательность к объему оперативной памяти;
- Отсутствие доступа NTFS-томов в MS-DOS;
- Снижение производительности при работе с малыми объемами томов.

Файловые системы NTFS и FAT32 отличаются следующим образом:

- Файловая система FAT32 не позволяет хранить отдельные файлы размером более 4 ГБ, а система NTFS позволяет.
- По сравнению с системой FAT32, файловая система NTFS более эффективно использует диск и управляет дисковым пространством.
- Скорости считывания и записи выше у системы NTFS.
- Файловая система FAT32 подходит для устройств флэш-памяти меньшего объема (например, карт памяти, USB-накопителей и иных накопительных устройств), в то время как система NTFS подходит для накопительных устройств большей емкости.

	<b>FAT32</b>	<b>exFAT</b>	<b>NTFS</b>
<b>История</b>	Представлена в Windows 95 в 1996 г.	Представлена с Windows Embedded CE 6.0 в 2006 г.	Представлена в Windows NT в 1993 г.
<b>Платформы</b>	Совместима со всеми версиями Windows, Linux, macOS	Совместима со всеми версиями Windows, macOS X и требует дополнительного программного обеспечения для работы в Linux	Совместима со всеми версиями Windows и некоторыми версиями Linux, только для чтения с macOS и другими версиями Linux
<b>Максимальный размер файла</b>	4 Гб	Без ограничений	Без ограничений
<b>Максимальный размер раздела</b>	8 Тб	Без ограничений	Без ограничений
<b>Особые возможности</b>	Быстрый доступ и простота использования	Разработан специально для внешних накопителей	Обеспечивает использование файловых разрешений, шифрования, теневых резервных копий и т.д.

Структура тома NTFS представлена на рисунке 8.

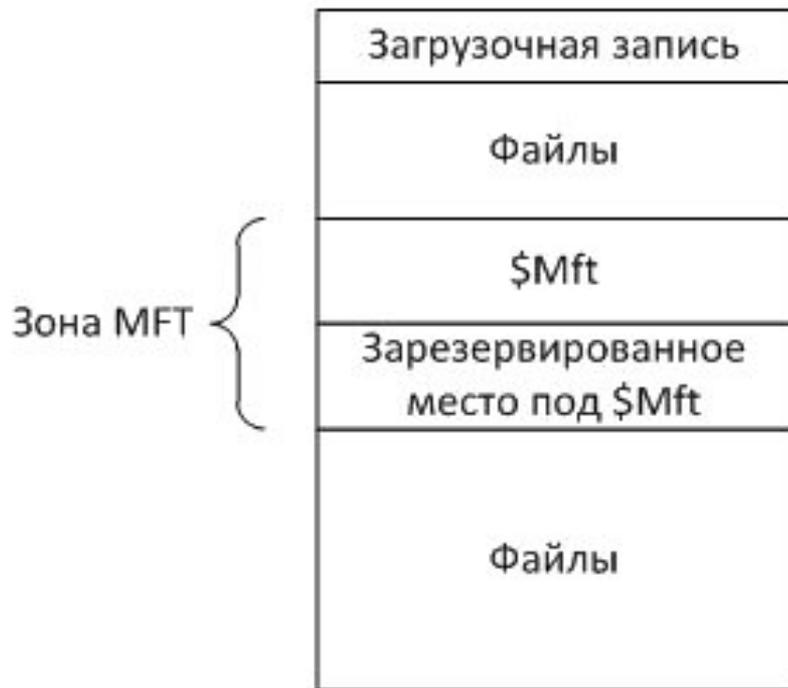


Рисунок 8 - Структура тома NTFS

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

В определенной области тома расположена основная системная структура NTFS – главная таблица файлов (Master File Table, MFT). В записях этой таблицы содержится вся информация о расположении файлов на томе, а небольшие файлы хранятся прямо в записях MFT.

Важной особенностью NTFS является то, что вся информация, как пользовательская, так и системная, хранится в виде файлов. Имена системных файлов начинаются со знака "\$". Например, загрузочная запись тома содержится в файле \$Boot, а главная таблица файлов – в файле \$Mft.

Главная таблица файлов MFT состоит из множества записей о файлах (файловых записей), расположенных на томе. Размер одной записи – 1 КБ (2 сектора). Самая первая запись в MFT – это запись о самом файле \$Mft. Во второй записи содержится информация о файле \$MftMirr – зеркальной копии MFT. В случае возникновения сбоя, если MFT окажется недоступной, информация о системных файлах будет считываться из \$MftMirr.

Основная информация о файле содержится в файловой записи (File Record) размером 1 КБ таблицы MFT, а небольшие файлы целиком хранятся в файловой записи.

Файловая запись состоит из заголовка (Header) и набора атрибутов (Attribute). В заголовке содержится служебная информация о файловой записи, например, её тип и размер. Все данные, относящиеся непосредственно к файлу, хранятся в виде атрибутов.

Названия атрибутов, так же как и системных файлов, начинаются с "\$". Например, отдельными атрибутами являются имя файла (\$FILE\_NAME), информация о его свойствах (\$STANDARD\_INFORMATION), данные файла (\$DATA). Типичная файловая запись представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Файловая запись

Физически атрибут файла хранится в виде потока байтов (stream) – простой последовательности байтов. Такое представление позволяет одинаковым образом работать с разнотипными атрибутами.

Каждый атрибут состоит из заголовка (attribute header), определяющего тип атрибута и его свойства, и тела (attribute body), содержащего основную информацию атрибута.



Рисунок 10 - Структура файловой записи

С каждым файлом NTFS, с которым операционная система в данный момент работает, связана структура данных, называемая блок управления файлом (File Control Block, FCB). В этой структуре хранится указатель на запись в таблице MFT для данного файла.