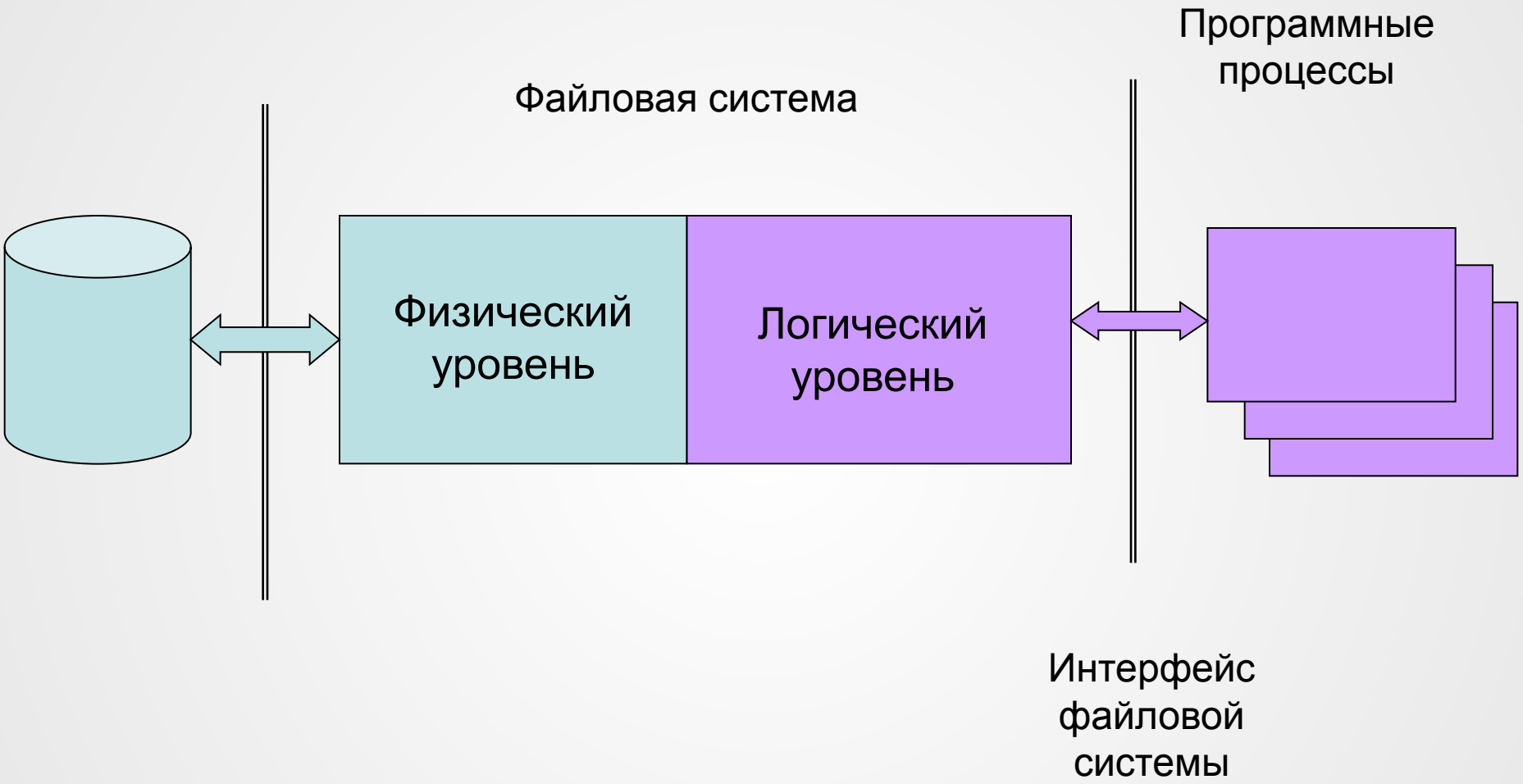
Система управления данными

- Понятие файла
- Организация файлов
  - Логическая организация
  - Распределение цепочками блоков
  - Распределение с цепочками индексных блоков
  - Распределение с табличными поблочного отображения
- Структура магнитного диска
- Файловые системы ОС UNIX
  - Файловый интерфейс
  - Файловая система System V
  - Файловая система BSD UNIX
  - Виртуальная файловая система
  - Буферный кэш
- Файловая система NTFS

Понятие файла

- Файл – поименованная совокупность данных
- Файл как набор данных на носителе - физический файл
- Файл как логический объект для работы с данными из программы пользователя – логический файл
- Система управления файлами обеспечивает интерфейс между физическими файлами и программными процессами в ней следует различать физический и логический уровни (подсистемы)


Программные процессы
Файловая система
Физический уровень
Логический уровень
Интерфейс файловой системы

Операции над файлами

- Открытие файла
- Закрытие файла
- Создание файла
- Удаление файла
- Копирование файла

Операции над данными

- Чтение
- Запись
- Обновление
- Вставка
- Исключение

Функции файловой системы

- Создание, модификация и уничтожение файлов.
- Разделение файлов. При этом обеспечивается возможность одновременной работы с файлом нескольких процессов.
- Защита данных от несанкционированного доступа.
- Защита данных от разрушения и обеспечение средств восстановления файла после ошибок.
- Обеспечение пользователя интерфейсом на логическом уровне.

Дескриптор файла

- Имя файла (в операционной системе UNIX имя файла не входит в дескриптор).
- Данные, необходимые для указания на размещение файла.
- Способ организации файла.
- Тип устройства.
- Данные для управления доступом к файлу.
- Тип файла (текст, объектный модуль и др.).
- Время создания, последнего изменения и последнего доступа к файлу.

В различных операционных системах в дескриптор файла может входить и другая информация.

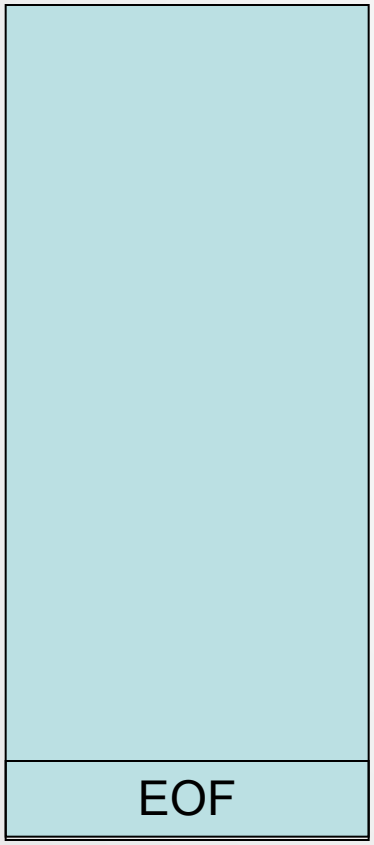
Организация файлов

Логическая организация

- **Физическая запись** – минимальный блок данных при организации обмена с накопителем.
- **Логические записи** – структуры данных, которая рассматривается как единое целое с точки зрения пользователя.
- **Несблокированные записи** – каждая логическая запись содержит одну физическую запись.
- **Сблокированные записи** – логическая запись включает в себя несколько физических записей.
- **Записи фиксированной длины.** Все записи имеют одинаковую длину.
- **Записи переменной длины**. В этом случае необходимо явно указывать фактическую длину каждой записи. Для сблокированных записей кроме длины записи указывается длина каждого блока.
- **Записи неопределенной длины**. Записи имеют различную длину, но длина записи явно не задается, при этом для разделения записей используются специальные маркеры конца записи.

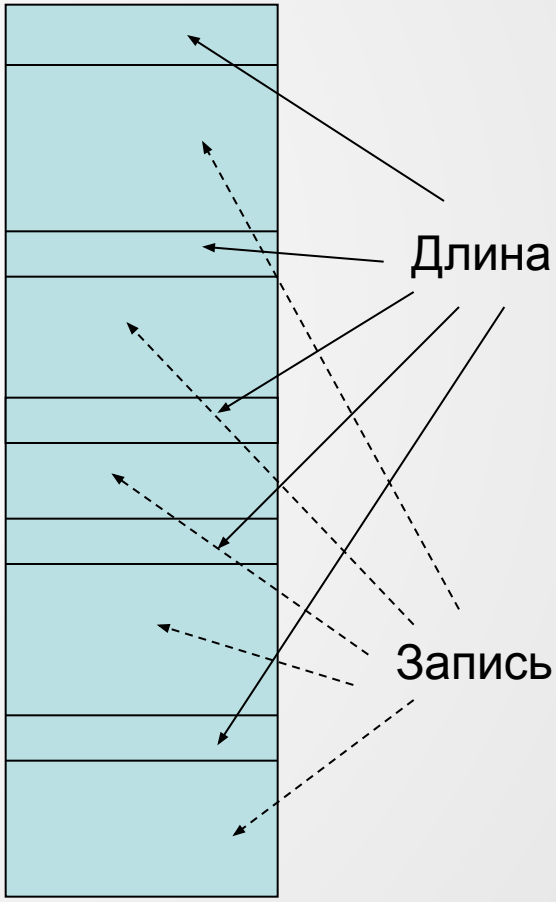
Логическая организация файла

Неструктурированный файл

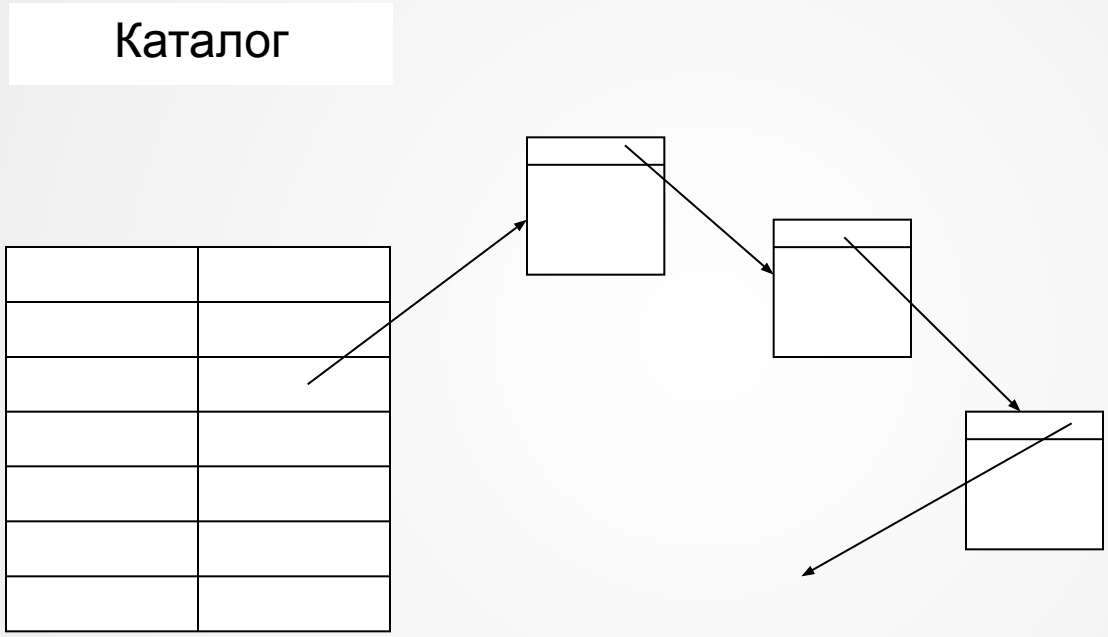


Записи фиксированной длины

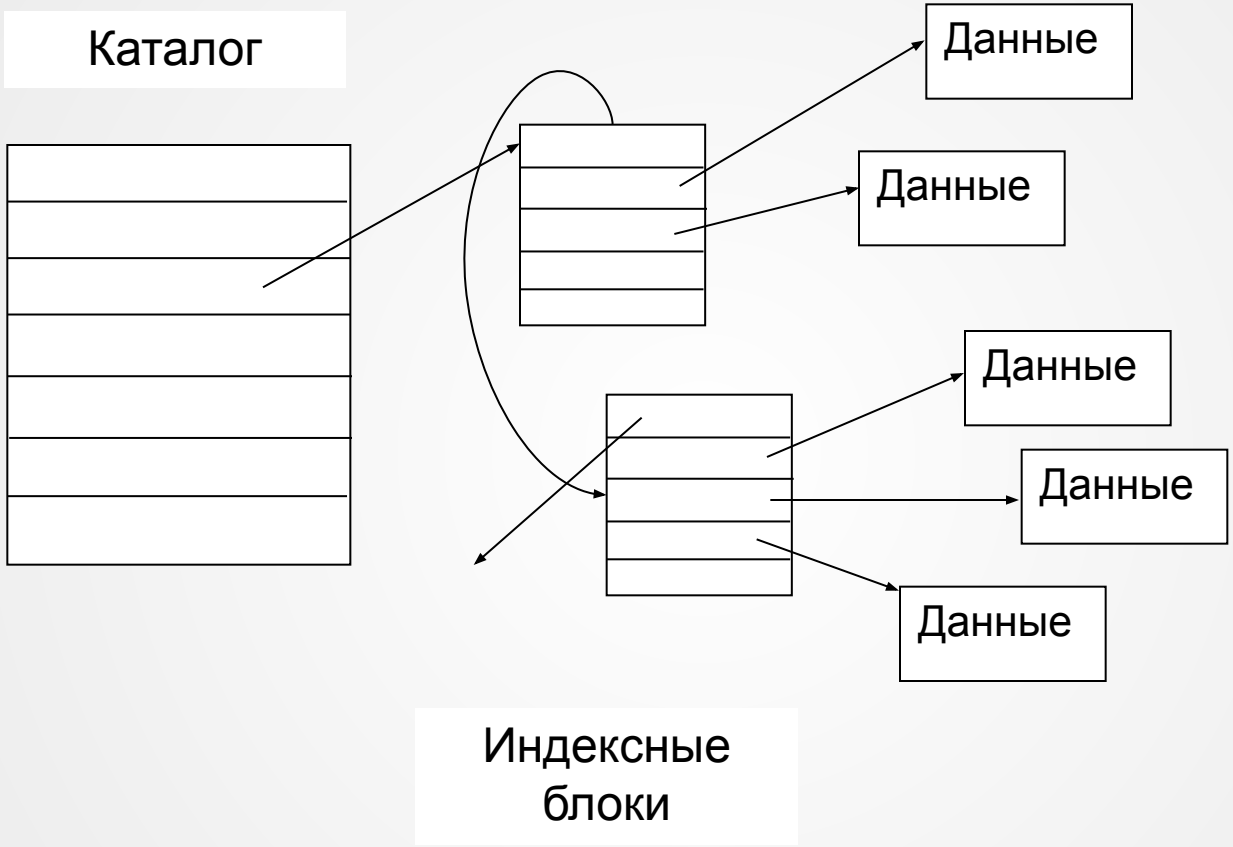
Записи переменной длины



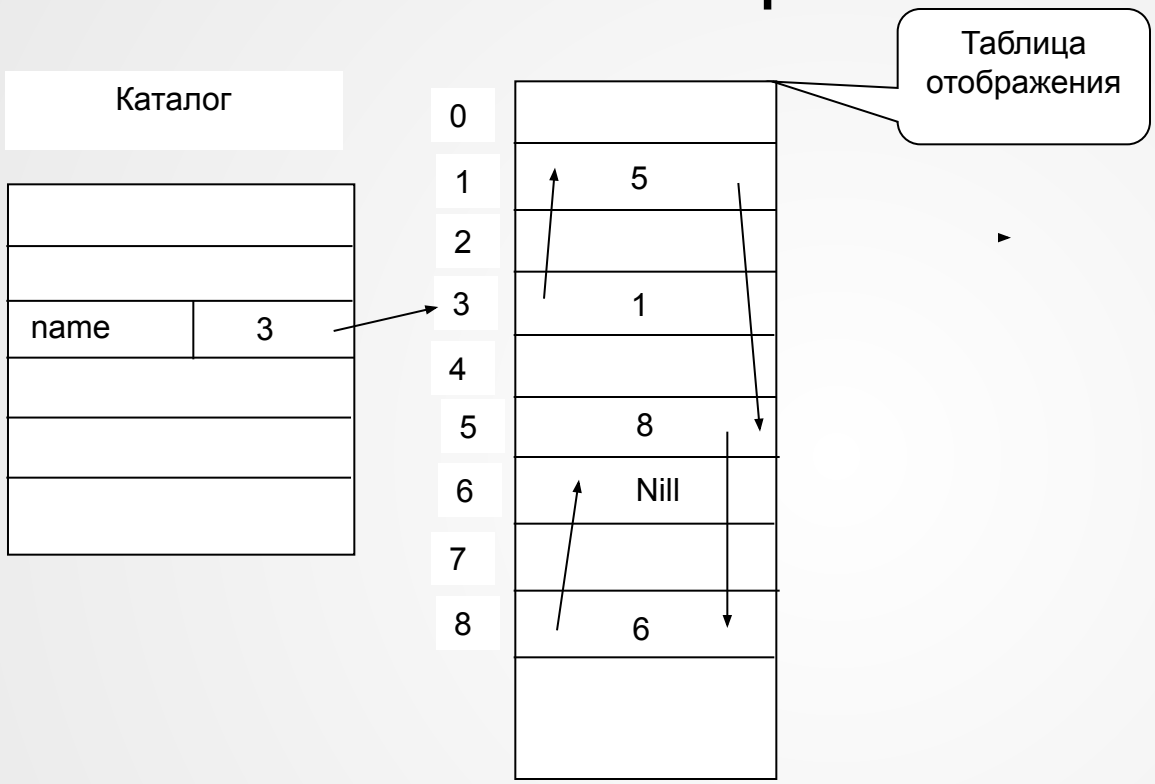
Распределение цепочками блоков



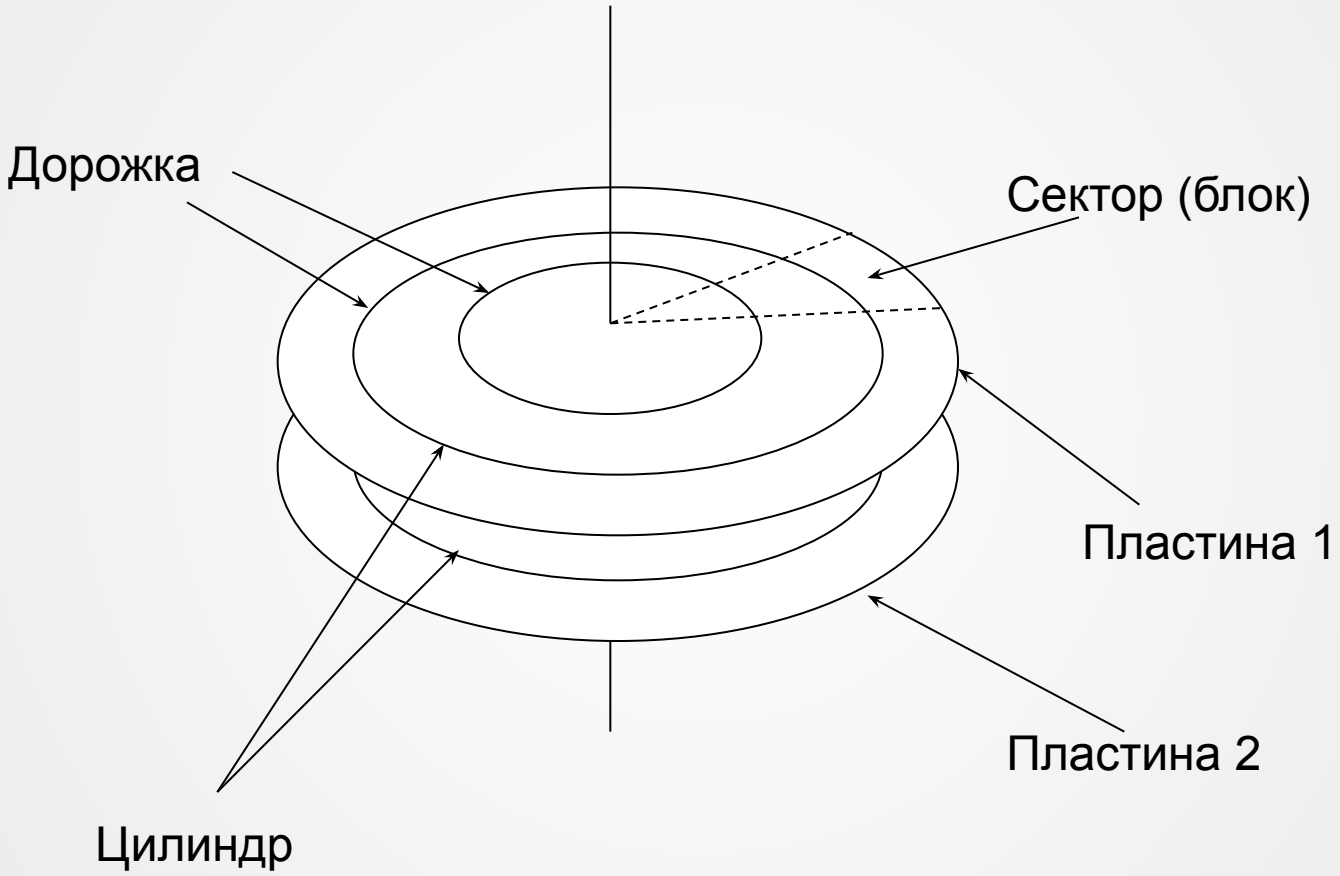
Распределение с цепочками индексных блоков



Распределение с таблицами поблочного отображения



Структура магнитного диска



Разбиение диска на разделы

- Физический адрес [c-h-s]
- Номер цилиндра - c
- Номер головки (рабочей поверхности) – h
- Номер сектора – s
- Типы разделов – primary и extended
- Главная загрузочная запись – MBR (master boot record) – [0-0-1]

Размер	Содержимое
446	Non-system bootstrap
16	Partition 1 entry
16	Partition 2 entry
16	Partition 3 entry
16	Partition 4 entry

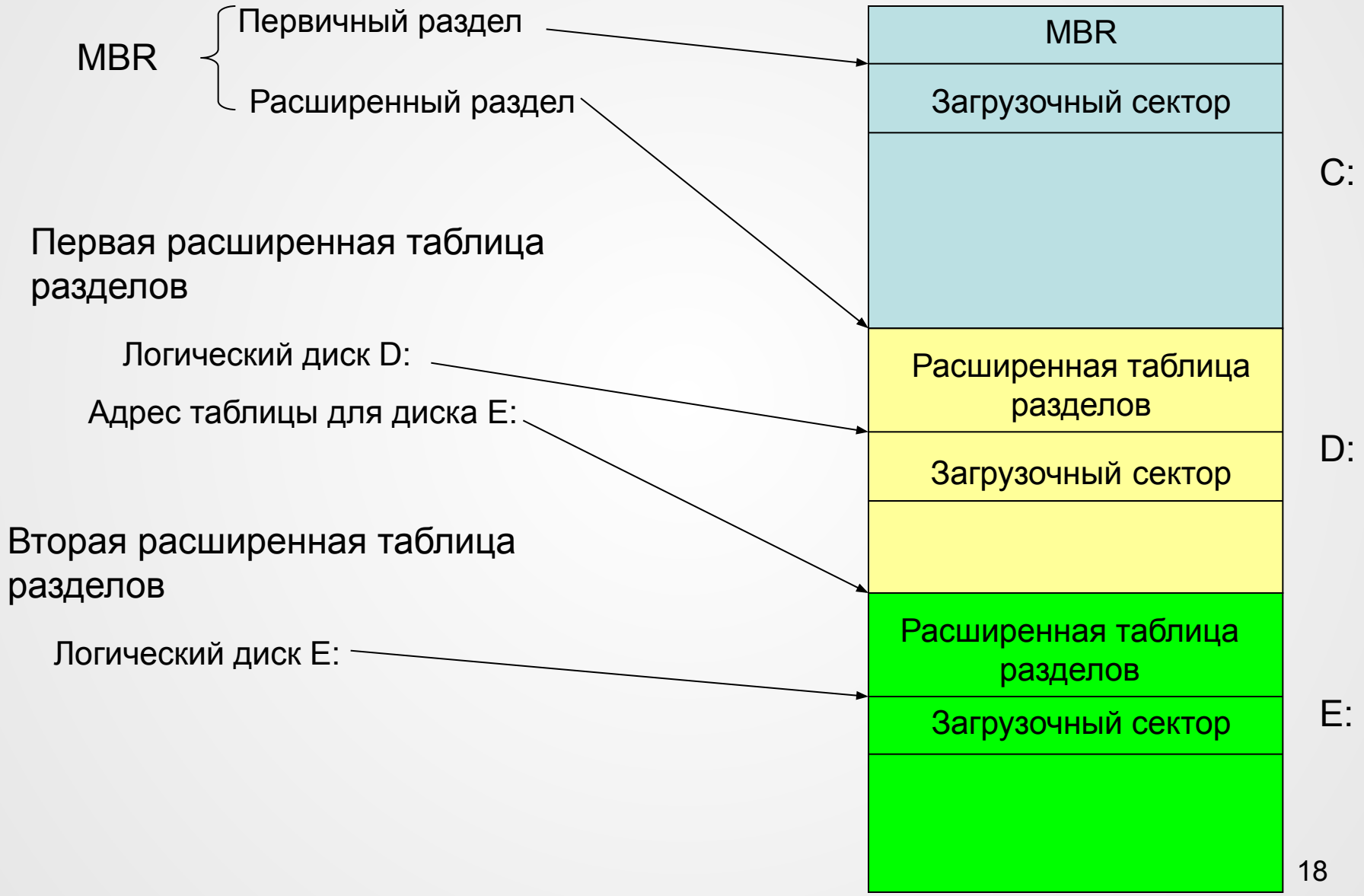
Формат элемента таблицы разделов

Название записи элемента	Длина
Флаг активности раздела	1
Номер головки начала раздела	1
Номер сектора и цилиндра загрузочного раздела	2
Кодовый идентификатор операционной системы	1
Номер головки конца раздела	2
Номер сектора и цилиндра последнего сектора раздела	2
Младшее и старшее двухбайтовое слово относительного номера начального сектора	4
Младшее и старшее двухбайтовое слово размера раздела в секторах	4

Типы разделов

- 00 – Empty
- 01 – FAT12
- 04 – FAT16 (<32MB)
- 05 – Extended
- 06 – FAT16
- 07 – NTFS
- 82 – Linux swap
- 83 – Linux native
- 85 – Linux extended
- 86 – NTFS volume set

Разбиение диска на разделы

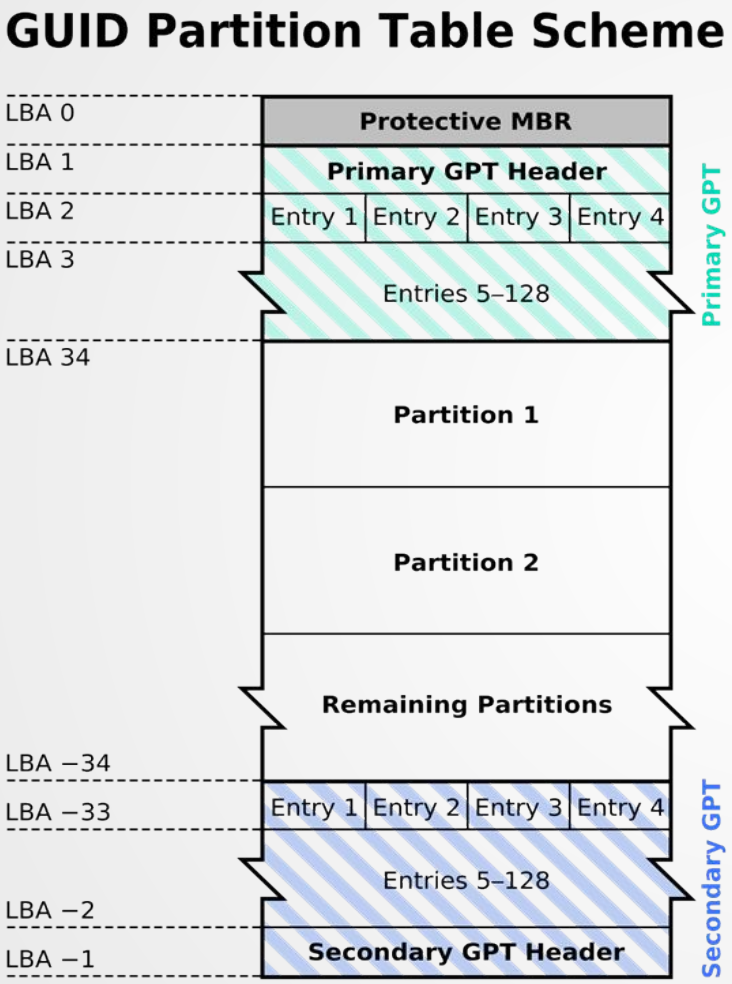


Ограничения MBR

- Диск в формате MBR может иметь **только четыре основных раздела** и может управлять данными **только до 2 ТБ** .
- Диски MBR резервируют первый сектор диска для хранения информации о разделах диска и расположении файлов операционной системы.
- В случае MBR данные о разделе диска и загрузочные команды хранятся в одном месте.
- MBR плохо справляется с ошибками и плохо поддается восстановлению.

Таблица разделов с глобально уникальными идентификаторами (GUID Partition Table)

- **GPT** — стандарт формата размещения таблиц разделов на физическом жестком диске.
- Он является частью Расширяемого микропрограммного интерфейса (*Extensible Firmware Interface*, EFI) — стандарта, предложенного Intel на смену BIOS.
- EFI использует GPT там, где BIOS использует Главную загрузочную запись (MBR).



- Каждый логический блок (LBA) имеет размер 512 байт
- Каждая запись (entry) — 128 байт.
- Отрицательные адреса логических блоков обозначают нумерацию с конца диска (-1 — последний блок, -2 — предпоследний и т.д.)

- MBR присутствует в самом начале диска (блок LBA 0) как для защиты, так и в целях совместимости.
- GPT использует современную систему адресации логических блоков (LBA).

- **Оглавление таблицы разделов (LBA 1)** указывает те логические блоки на диске, которые могут быть задействованы пользователем . Оно также указывает число и размер записей данных о разделах, составляющих таблицу разделов. Стандартно в Microsoft Windows резервируется 128 записей данных о разделах. Таким образом, возможно создание 128 разделов на диске.
- Оглавление содержит GUID (глобально уникальный идентификатор) диска. В оглавлении также содержится его собственный размер и местоположение (всегда блок LBA 1), а также размер и местоположение вторичного (запасного) оглавления и таблицы разделов, которые всегда размещаются в последних секторах диска.

- Записи данных о разделах (Partition entries) (**LBA 2-33)** расположены с равным приращением адресов. Первые 16 байт определяют GUID типа раздела. Например, GUID системного EFI-раздела имеет вид «C12A7328-F81F-11D2-BA4B-00A0C93EC93B».
- Следующие 16 байт содержат GUID, уникальный для данного конкретного раздела. Далее записываются данные о начале и конце 64-битных LBA, если они имеются. Остальное место отводится информации об именах и атрибутах разделов.

Различия между MBR и GPT

- 1. MBR-диск может содержать только до 4 основных разделов, в то время как GPT-диски могут иметь до 128 основных разделов.
- 2. Если необходимо создать более четырех разделов, надо создать расширенный раздел на дисках MBR, а затем создать логические разделы, тогда как на дисках GPT такого принуждения нет.
- 3. Первый сектор и только первый сектор MBR-дисков содержат информацию о жестком диске, в то время как в GPT-дисках информация о жестком диске и его разделах реплицируется более одного раза, поэтому он работает, даже если первый сектор поврежден

4. MBR-диск не сможет управлять дисками емкостью более 2 ТБ, в то время как для дисков GPT такого ограничения нет

5. Все операционные системы поддерживают диски MBR, в то время как для GPT совместимы только 64-разрядные Windows XP и более поздние версии Windows.

6. Для поддержки загрузки только Windows 8 и10 поддерживают 32-разрядную загрузку, в противном случае все предыдущие версии, такие как Windows 7, Windows Vista, 32-разрядные версии Windows XP, не могут загружаться с GPT-дисков.

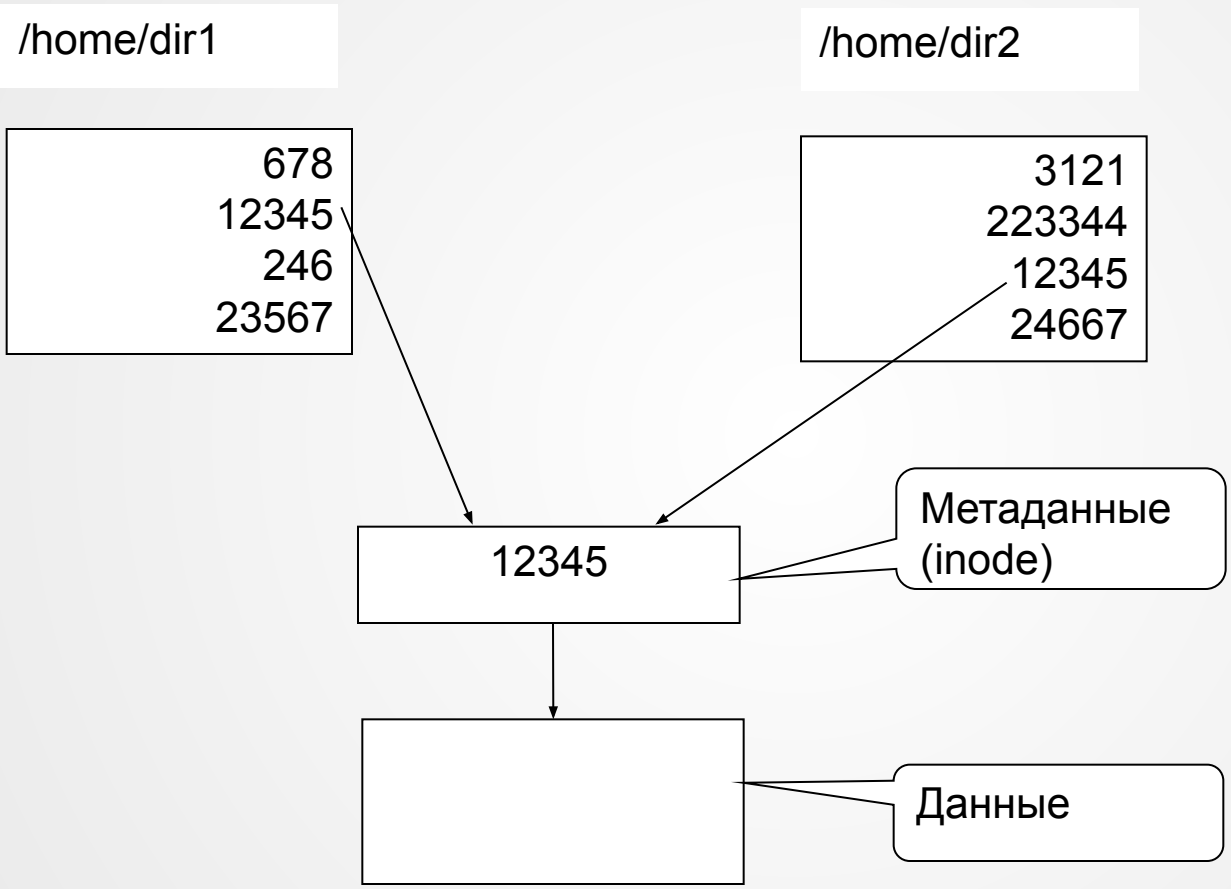
Файловые системы ОС UNIX

- Типы файлов:
  - Обычный файл
  - Каталог
  - Специальный файл устройства
  - Именованный канал
  - Связь
  - Сокет

Структура каталога

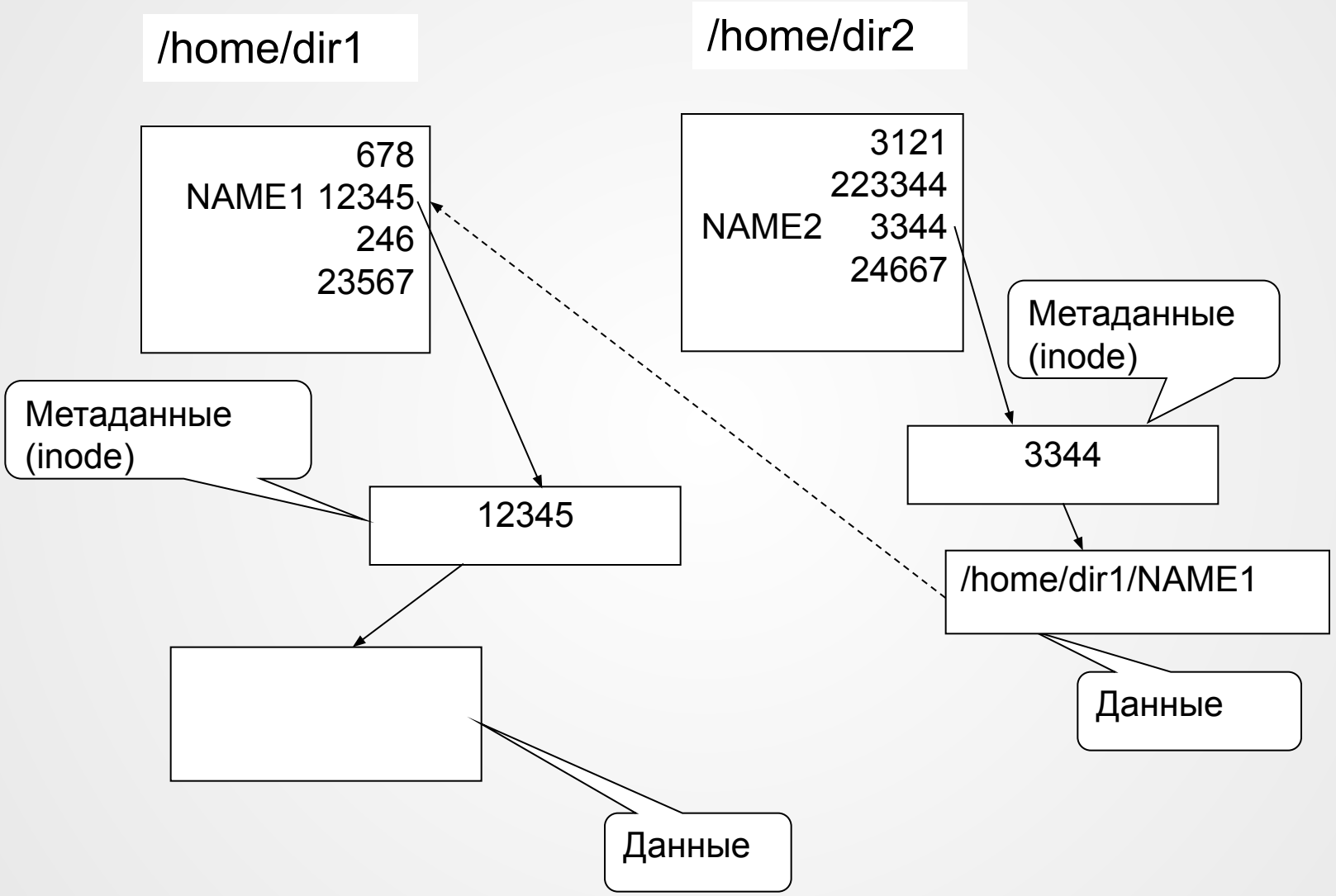
Номер inode	Имя файла

Организация жесткой связи



ln <имя файла>

Символическая связь



Файловый интерфейс

#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>

int open(const char *path, int flags, mode_t mode);

O_RDONLY - открытие файла только для чтения;
O_WRONLY - открытие файла только для записи;
O_RDWR - открытие файла для чтения и записи.

Значение параметра может логически складываться с модификаторами:

O_APPEND - данные добавляются в конец файла;
O_CREAT - создается файл, если он не существует;
O_TRUNC - если файл существует, то его содержимое теряется, а размер устанавливается равным 0;
O_EXCL - используется совместно с флагом O_CREAT, в этом случае попытка создать файл, если он уже существует оканчивается неудачей.

- Чтение из файла:

  int read(int fdes, char *buf, size_t count);
- Запись в файл может выполняться по функции:

  int write(int fdes, char *buf, size_t count);
- Первый параметр используется дескриптор файла.
- Второй параметр указывает на буфер обмена.
- Третий параметр - длина буфера.
- Закрывается файл функцией

  int close(int fdes);

Работа с каталогами

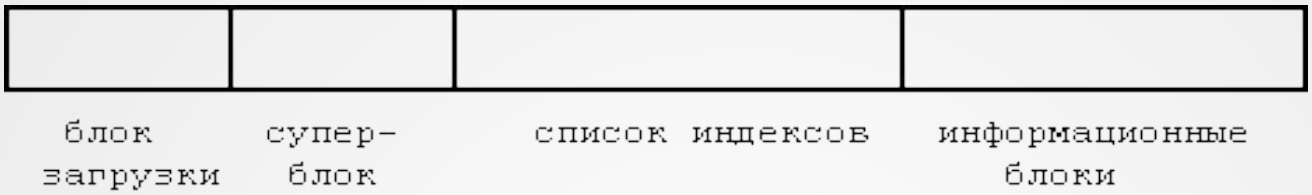
```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
int mkdir(const char *path_name, mode_t mode);
int rmdir(const char *path_name);
int chdir(const char *path_name);
char *getcwd(char *name, size_t size);
int chmod(const char *path_name, mode_t flag);
int fchmod(int fdesc, mode_t flag);
```

POSIX.1, SVR4

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>
DIR *opendir(const char *dirname);
int closedir(DIR *dirptr);
struct dirent *readdir(DIR *dirptr);
void rewinddir(DIR *dirptr);
```

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>
main(int argc, char *argv[])
{
 struct dirent *mydir;
 DIR *dir_ds;
 if((dir_ds = opendir(argv[1])) == NULL) {
   perror("Ошибка открытия каталога");
   return 1;
 }
 while((mydir = readdir(dir_ds)) != NULL)
   printf("Файл - %s, inode = %d\n", mydir->d_name, mydir->d_ino);
 puts("Конец каталога");
 closedir(dir_ds);
 return 0;
}
```

Файловая система System V (s5fs)



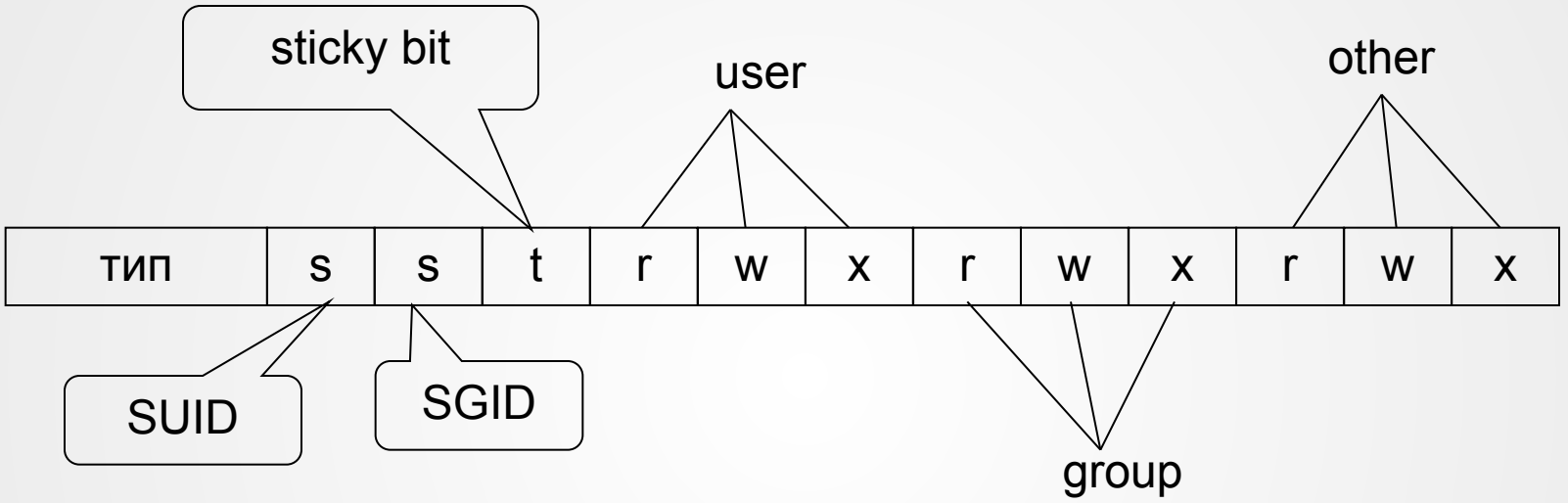
- Суперблок:

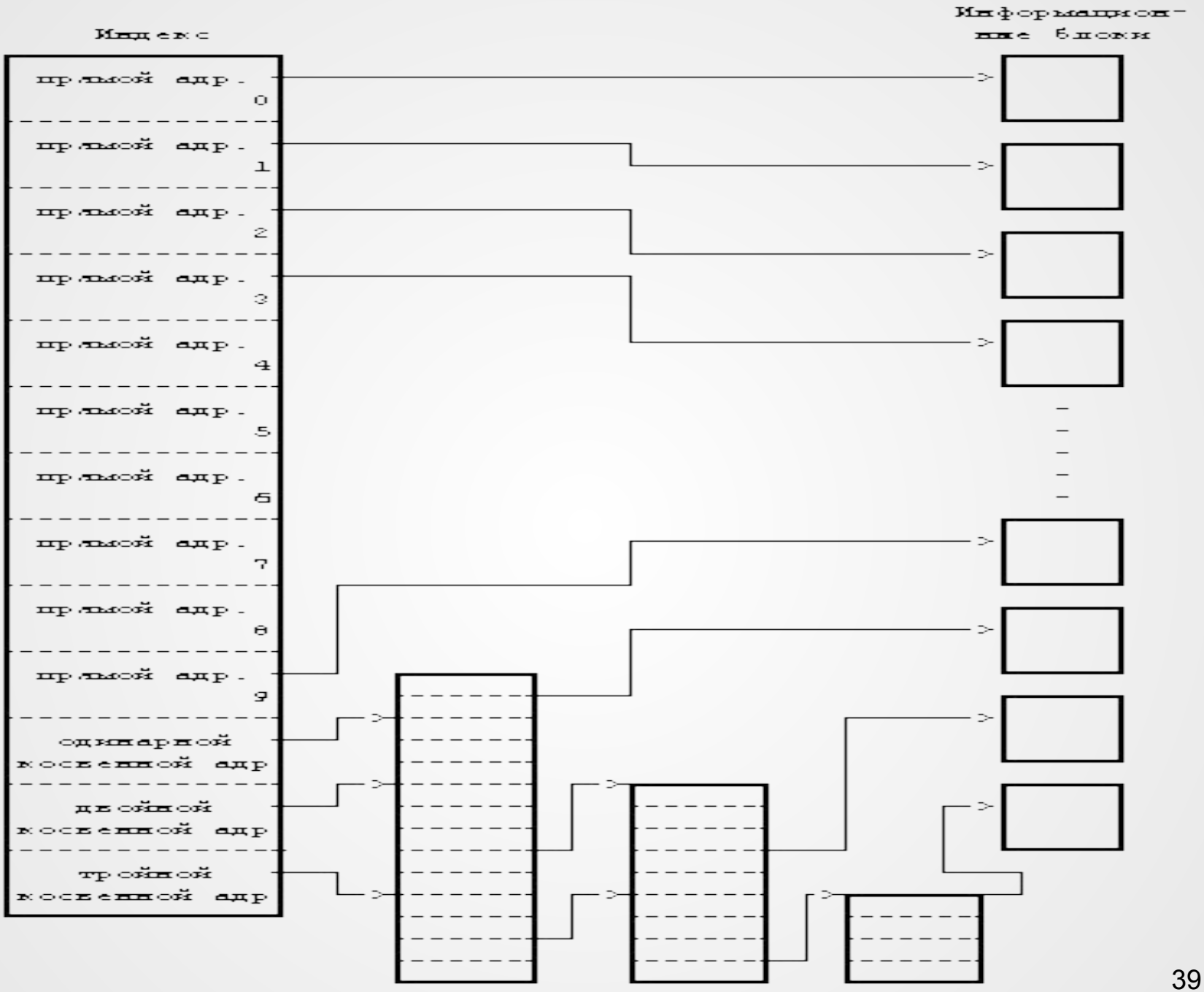
- Тип файловой системы (s_type)
- Размер файловой системы в логических блоках, включая сам суперблок, ilist и блоки хранения данных (s_fsize)
- Размер массива индексных дескрипторов (s_isize)
- Число свободных блоков, доступных для размещения (s_tfree)
- Число свободных inode, доступных для размещения (s_tinode)
- Флаги (флаг модификации s_fmod, флаг режима монтирования s_fronly)
- Размер физического блока(512, 1024, 2048)
- Список номеров свободных inode
- Список адресов свободных блоков

Структура индексного дескриптора

```
struct dinode {
        unsigned short di_mode; //режим доступа и тип файла
        short di_nlink;       //счетчик жестких ссылок
        short di_uid;         //идентификатор владельца
        short di_gid;         //идентификатор группы
        off_t di_size;        //размер файла в байтах
        char di_addr[40];     //указатели на блоки диска
        time_t di_atime;      //время последнего доступа к файлу
        time_t di_mtime;      //время последней модификации данных
        time_t di_ctime;      //время последней модификации inode
};
```

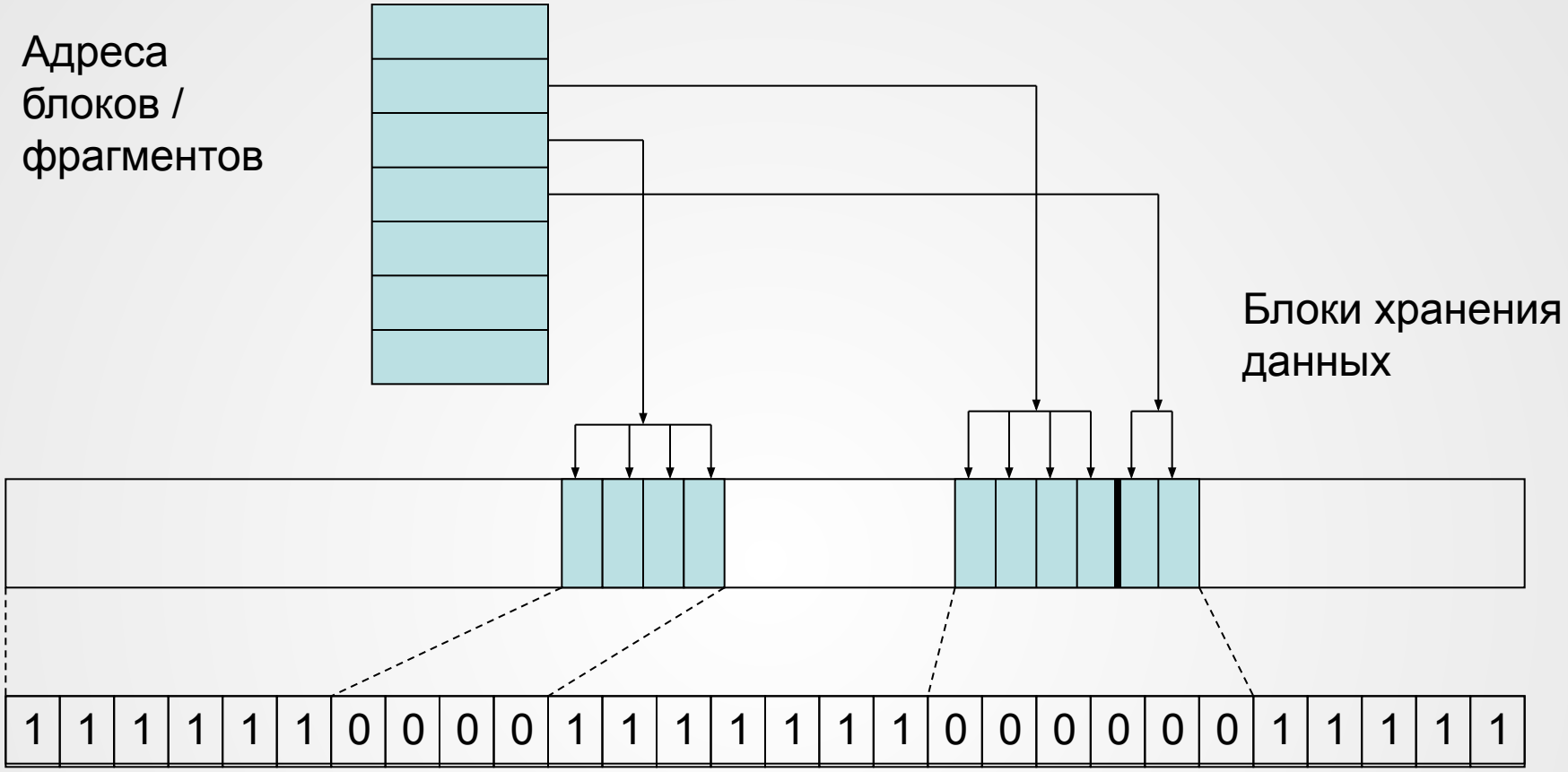
di_mode




Индекс
прямой адр. 0
прямой адр. 1
прямой адр. 2
прямой адр. 3
прямой адр. 4
прямой адр. 5
прямой адр. 6
прямой адр. 7
прямой адр. 8
прямой адр. 9
одинарной косвенной адр
двойной косвенной адр
тройной косвенной адр

Файловая система BSD UNIX (FFS, ufs)

Физическая организация файловой системы



Карта свободных блоков/фрагментов

Файловые системы ОС Linux

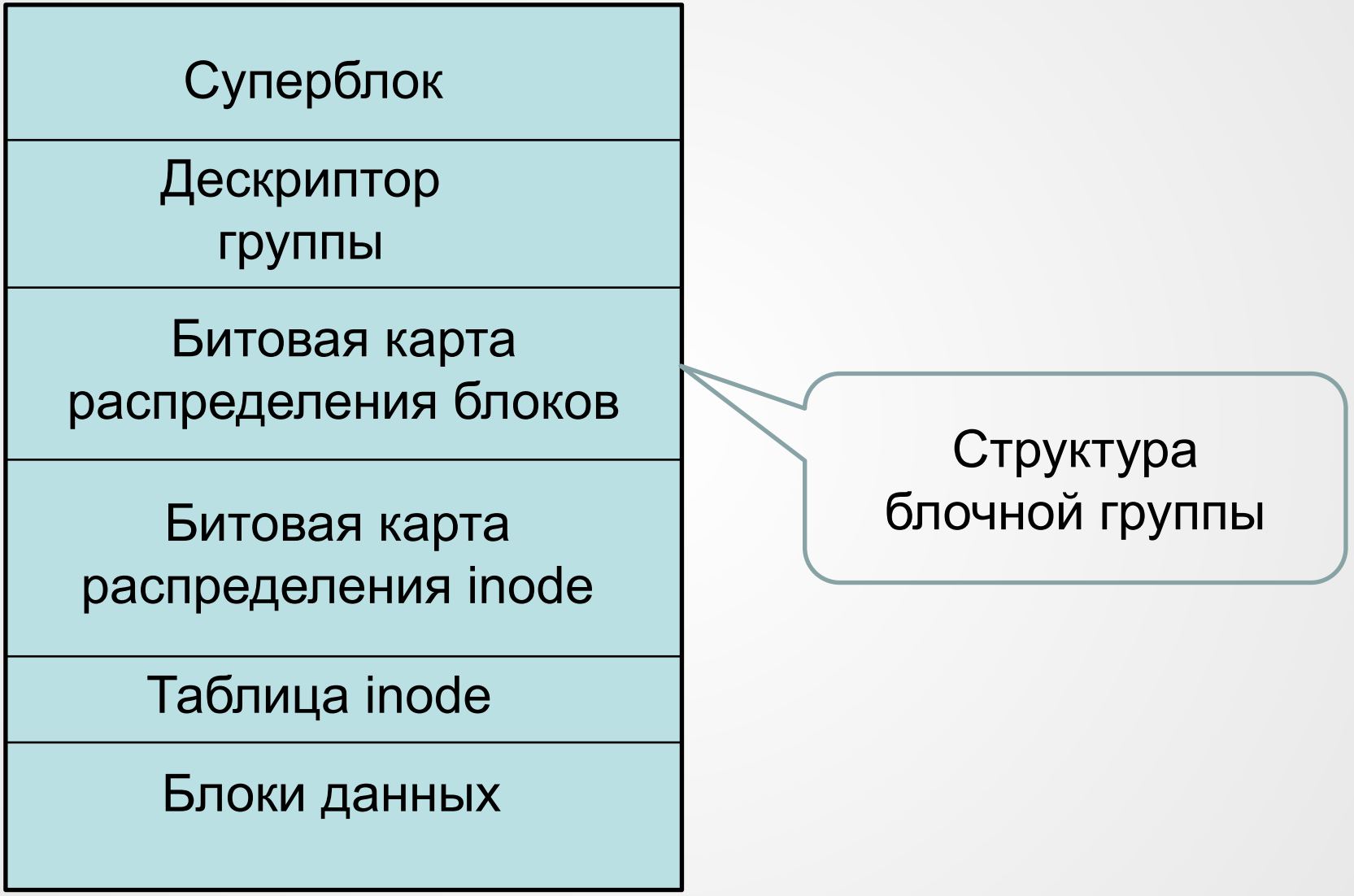
Second Extended File System – ext2

ext – 1992 год

ext2 – 1993 год

Физическая организация

- Блоки 1024, 2048, 4096, 8192 байта


Суперблок
Дескриптор группы
Битовая карта распределения блоков
Битовая карта распределения inode
Таблица inode
Блоки данных
Структура блочной группы

Суперблок

- Общее число блоков inode в ФС
- Размер блока ФС
- Количество блоков и inode в группе блоков
- Размер inode
- Идентификатор ФС

Запись в глобальной дескрипторной таблице

- Номера блоков, соответствующих местоположению битовой карты распределения блоков
- Номер блока для битовой карты расположения inode
- Номер блока в таблице inode
- Число свободных блоков в группе
- Число inode, содержащих каталоги

Дескриптор группы

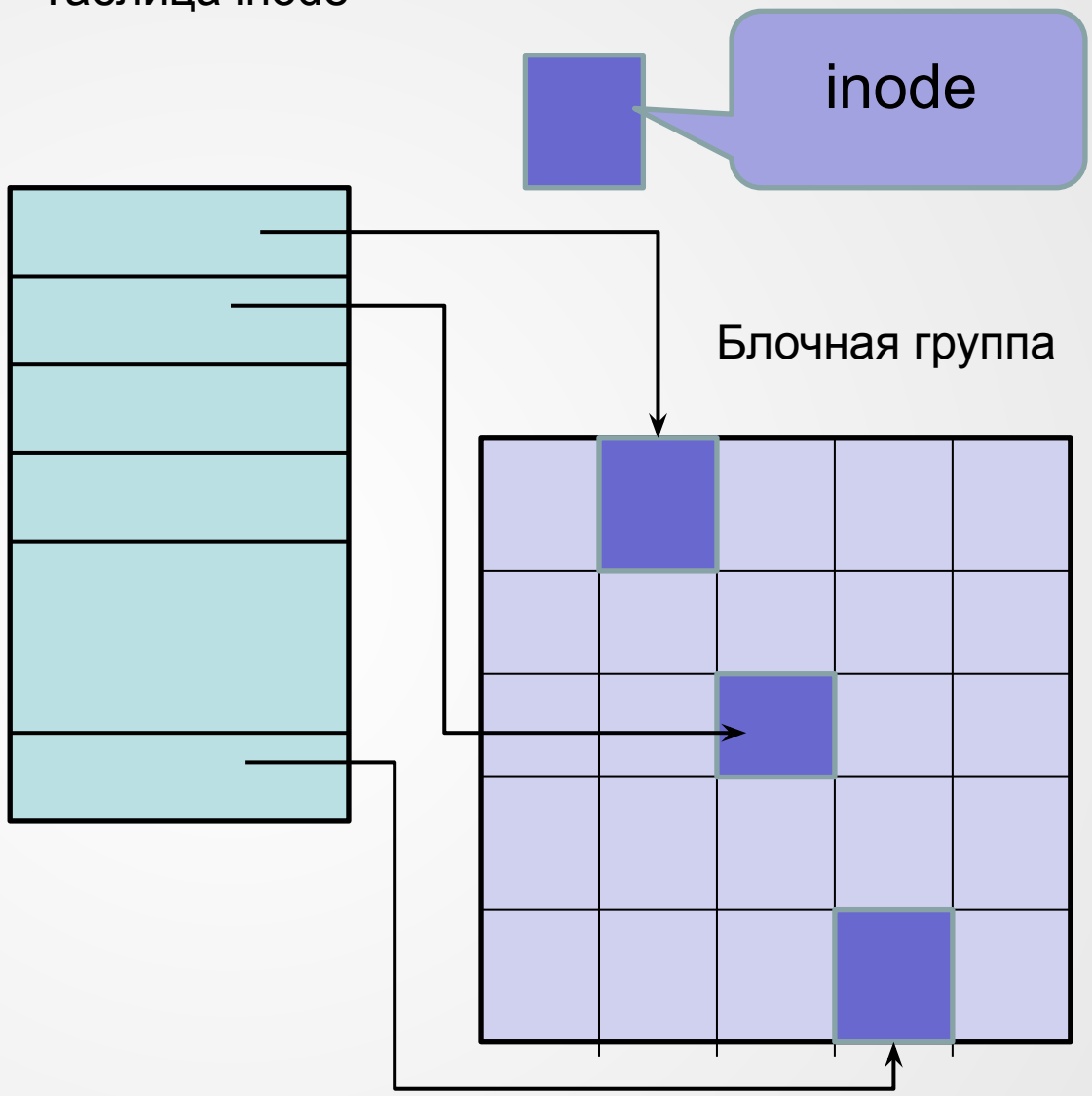
Битовая карта распределения inode

Битовая карта распределения блоков

Таблица inode

Количество свободных блоков

Количество свободных inode



Элемент каталога

- Номер inode
- Длина элемента каталога
- Длина имени файла
- Тип файла
- Имя файла

Ограничения ext2

- Max размер файла: 16 Гб – 2 ТБ (в зависимости от размера блока)
- Max число файлов: 10^{18}
- Max длина имени файла: 255 байт
- Max размер тома: 2 – 32 ТБ
- Точность хранения даты: 1 секунда

Файловая система ext3

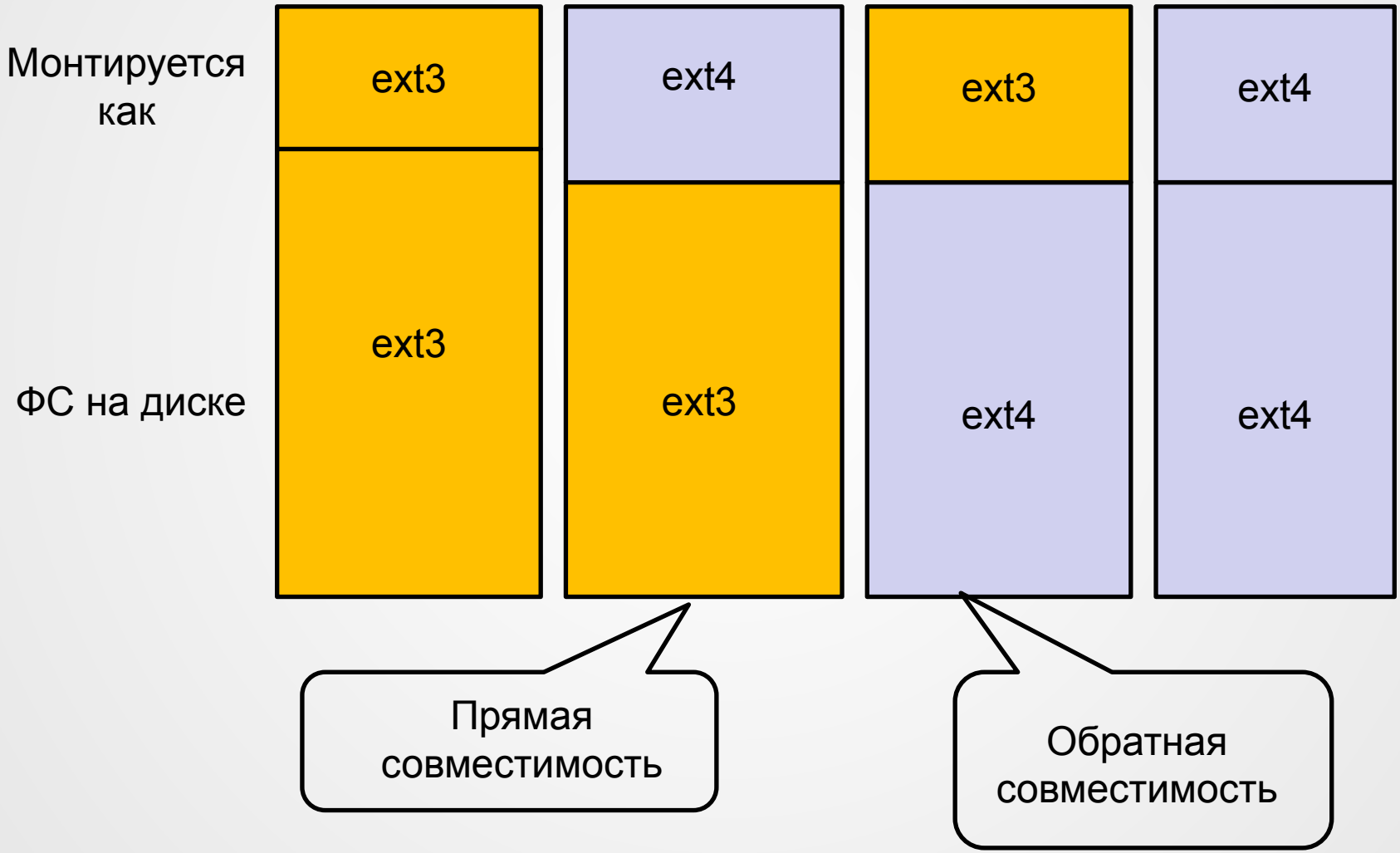
- Режимы журналирования:
  - writeback – в журнал записываются только метаданные файловой системы;
  - ordered – запись в файл производится до записи об изменении этого файла;
  - jornal – полное журналирование, как метаданных, так и пользовательских данных.

mount /dev/hda6 /mnt/disc_C –t ext3 –o data <режим>

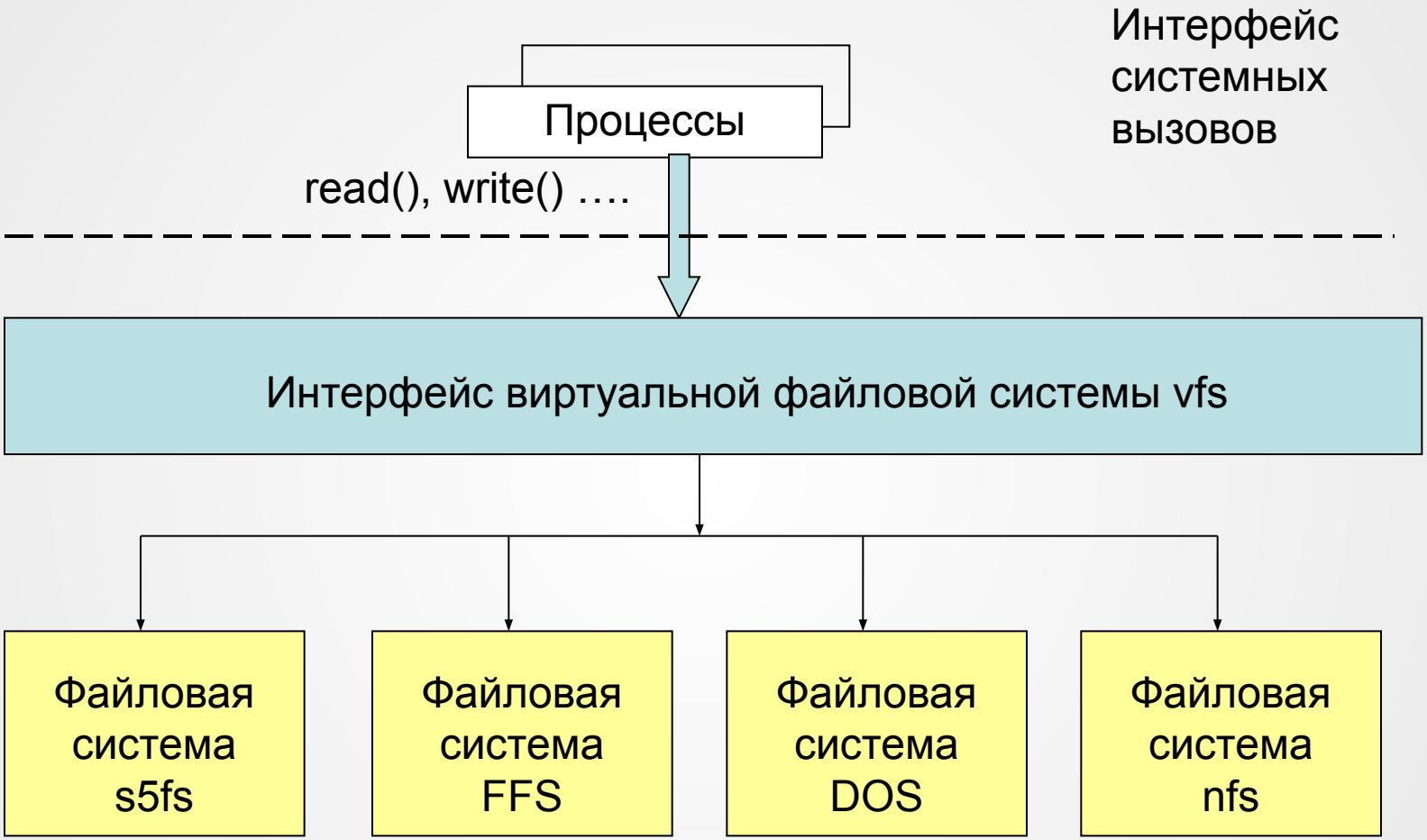
Ограничения размеров

Размер блока	Максимальный размер файла	Максимальный размер файловой системы
1024	16 ГБ	До 2 ТБ
2048	256 ГБ	До 4 ТБ
4096	2 ТБ	До 8 ТБ
8192	2 ТБ	До 16 ТБ

Файловая система ext4



Виртуальная файловая система (vfs)

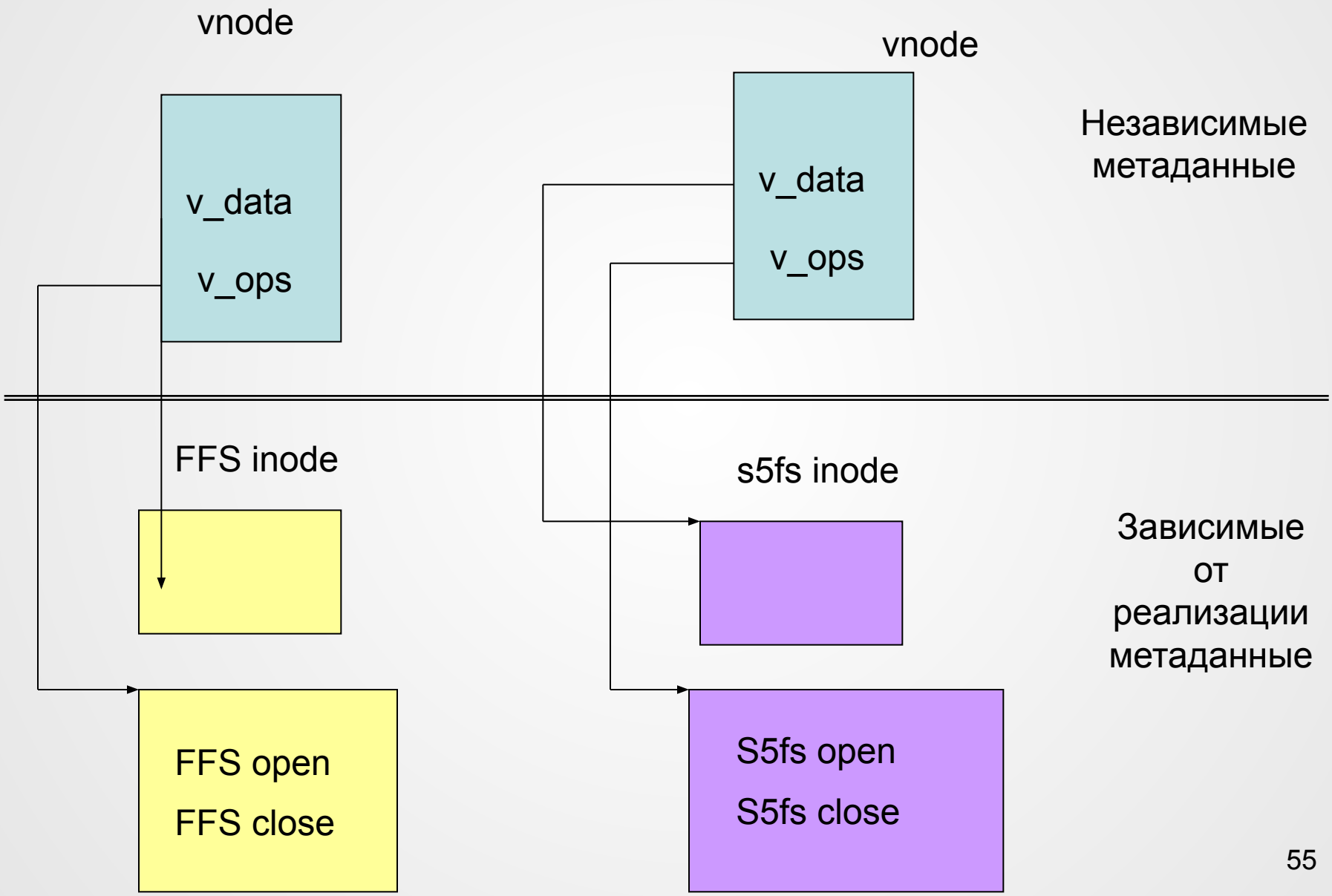


Основные поля vnode

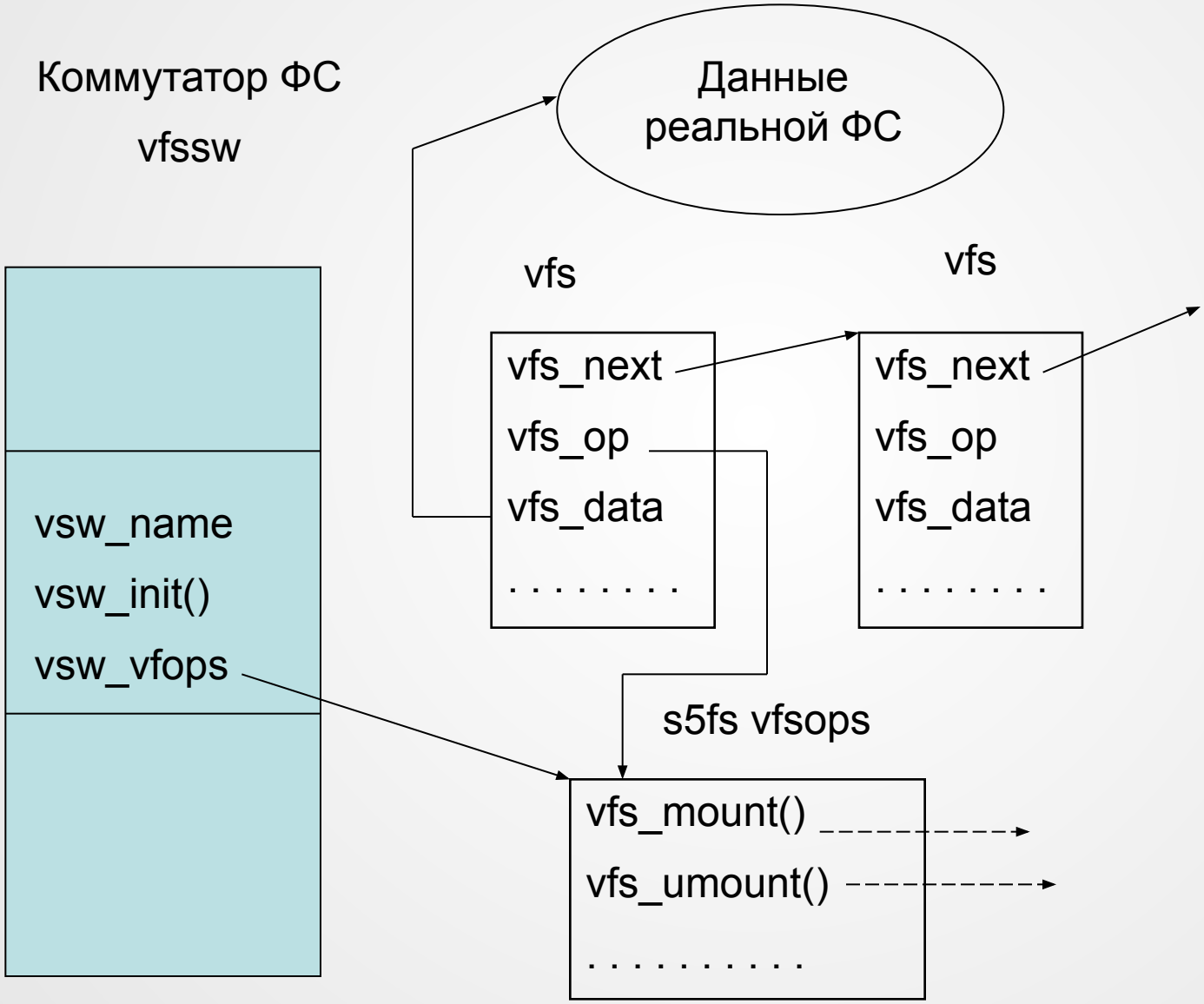
Поле	Описание
u_short vflag	Флаги vnode
u_short v_count	Число ссылок на vnode
struct filock *v_filocks	Блокировки файла
struct vfs *v_fsmountedhere	Указатель на подключаемую файловую систему, если это точка монтирования
struct vfs *v_vfsp	Указатель на файловую систему, в которой находится файл
enum vtype v_type	Тип vnode: обычный файл, каталог, файл устройства, символическая связь, сокет
caddr_t v_data	Указатель на данные, относящиеся к реальной файловой системе
struct vnodeops *v_op	Операции vnode

Операции vnode

(*vn_open)()	Открыть vnode
(*vn_close)()	Закрыть vnode
(*vn_read)()	Чтение данных из файла
(*vn_write)()	Запись данных в файл
(*vn_ioctl)()	Задание управляющей команды
(*vn_getaddr)()	Получить атрибуты vnode
(*vn_setaddr)()	Установить атрибуты vnode
(*vn_access)()	Проверить права доступа к файлу
(*vn_lookup)()	Произвести трансляцию имени файла в соответстующий ему vnode
(*vn_create)()	Создать новый файл
(*vn_remove)()	Удалить имя файла в указанном vnode каталоге


vnode
v_data
v_ops
vnode
v_data
v_ops
Независимые
метаданные
FFS inode
s5fs inode
Зависимые
от
реализации
метаданные
FFS open
FFS close
S5fs open
S5fs close

Монтирование файловых систем



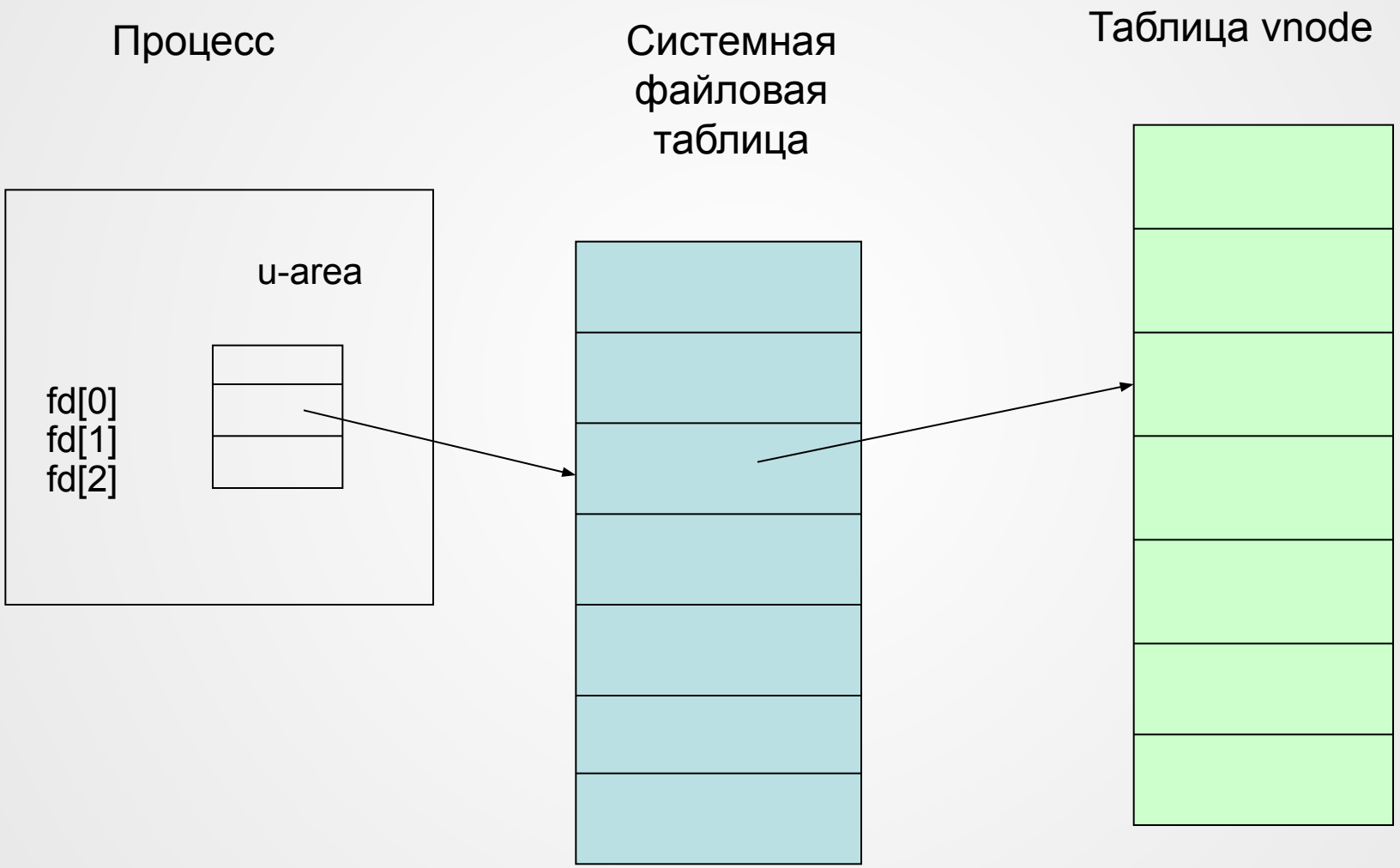
Структура vfs

struct vfs *vfs_next	Следующая файловая система в списке
struct vfsops *vfs_op	Операции файловой системы
struct vnode *vfs_vnjdecovered	vnode, перекрываемой файловой системы
int vfs_flag	Флаги доступа
int vfs_bsize	Размер блока файловой системы
caddr_t vfs_data	Указатель на специфические данные, относящиеся к реальной файловой системе

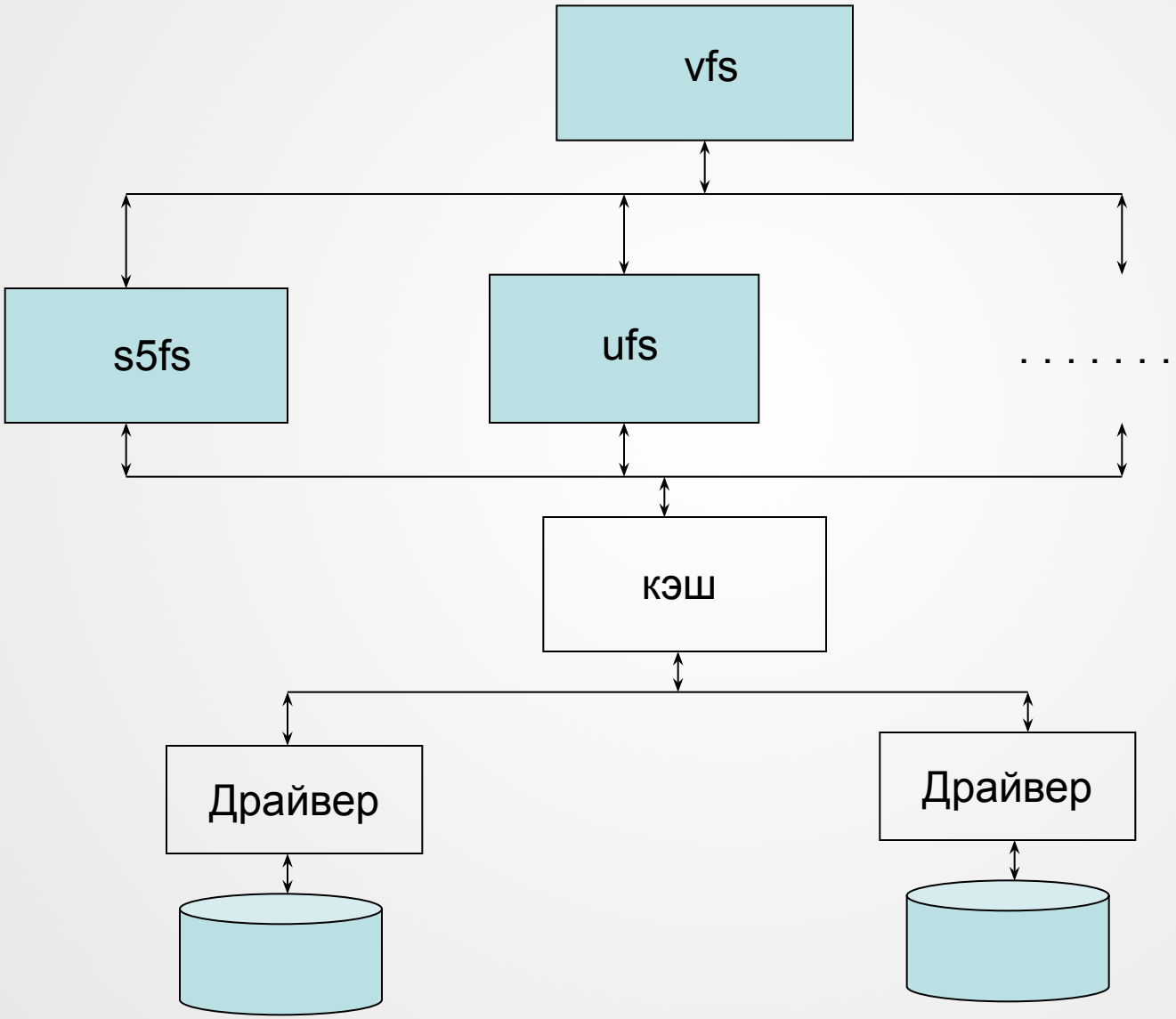
Операции файловой системы

(*vfs_mount)()	Подключает файловую систему
(*vfs_umount)()	Отключает файловую систему
(*vfs_root)()	Возвращает корневой vnode файловой системы
(*vfs_statfs)()	Возвращает общую информацию о файловой системе
(*vfs_sync)()	Актуализирует все кэшированные данные файловой системы
(*vfs_fid)()	Возвращает файловый идентификатор в данной файловой системе
(*vfs_vget)()	Возвращает указатель на vnode для файла данной файловой системы

Доступ к файлу



Буферный кэш



Заголовок буфера

Номер устройства
Номер блока
Поле состояния
Указатель на область данных
Указатель на следующий буфер в очереди
Указатель на предыдущий буфер в очереди
Указатель на следующий буфер в списке свободных
Указатель на предыдущий буфер в списке свободных

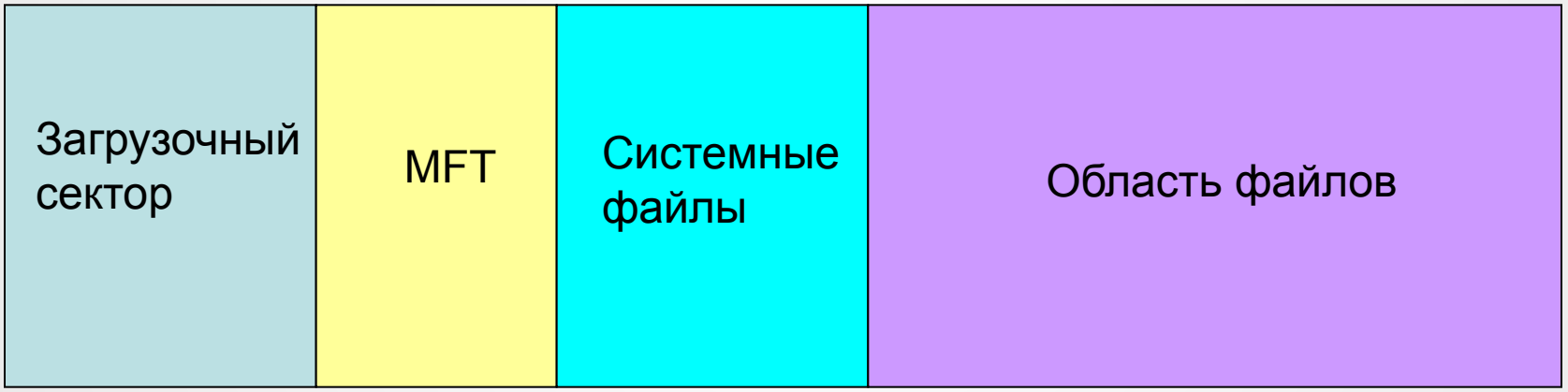
Файловая система NTFS

- Поддержка больших файлов и больших дисков до 2^{64}Кб
- Восстанавливаемость после сбоев и отказов программ и аппаратуры
- Высокая скорость операций
- Низкий уровень фрагментации
- Гибкая структура, допускающая развитие за счет добавления новых типов записей и атрибутов файлов с сохранением совместимости с предыдущими версиями
- Устойчивость к отказам дисковых накопителей
- Поддержка длинных символьных имен
- Контроль доступа к каталогам и отдельным файлам

Основные единицы хранения

- **Сектор**. Физическая запись (512 байт).
- **Кластер**. Один или несколько последовательных секторов на одной дорожке. Количество секторов в кластере равно степени двойки. Возможный диапазон размера кластера от 512 байт до 64Кбайт.
- **Том**. Логический раздел диска. Том может занимать весь диск, его часть или включать в себя несколько дисков.

Структура тома



Метафайлы NTFS

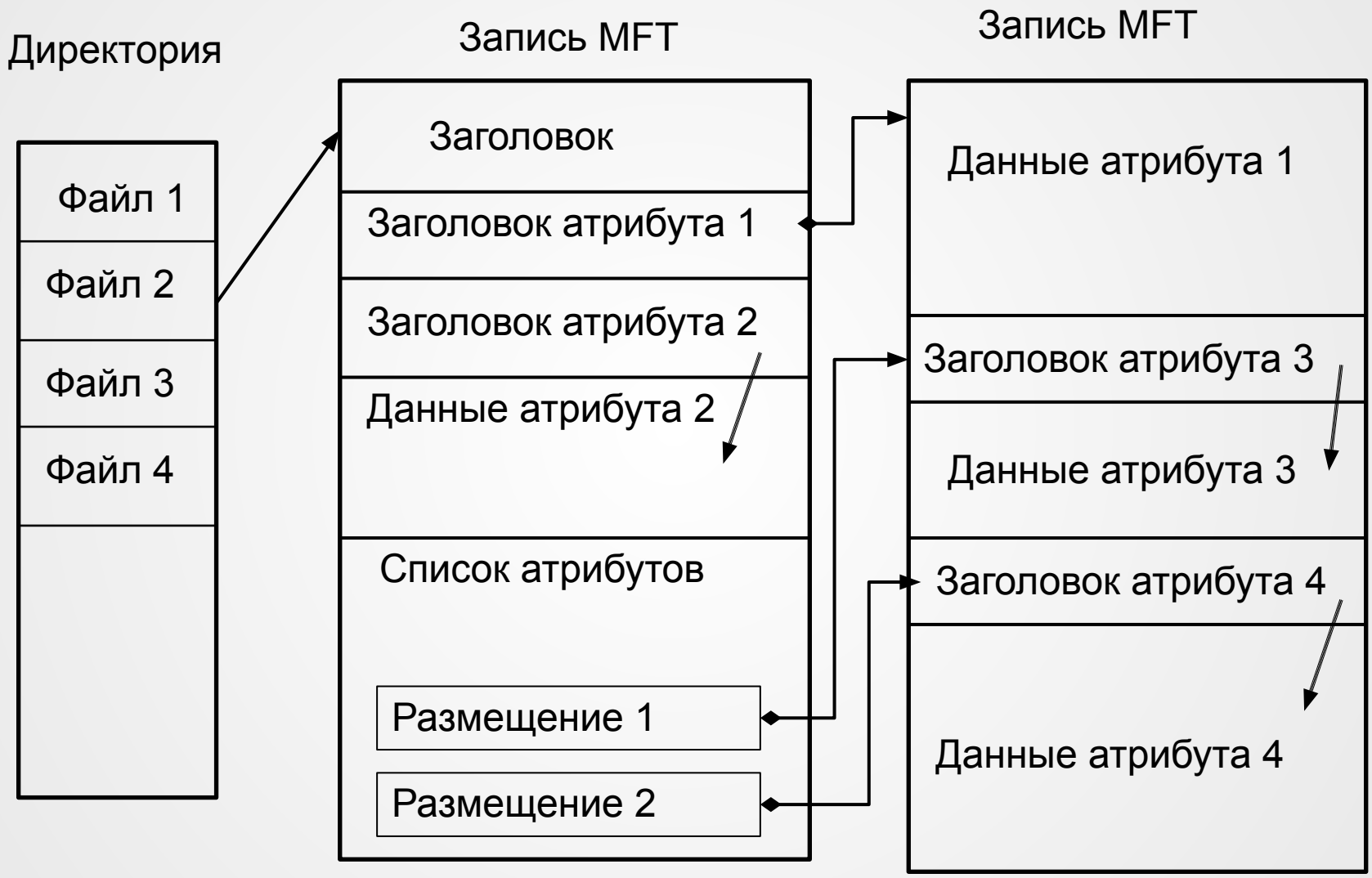
Системный файл	Имя файла	Назначение файла
Главная таблица файлов	$Mft	Содержит полный список файлов
Копия главной таблицы файлов	$MftMirr	Зеркальная копия первых трех записей MFT
Файл журнала	$LogFile	Список транзакций, используемых для восстановления файловой системы
Том	$Volume	Имя тома, версия NTFS
Таблица определения атрибутов	$AttrDef	Таблица имен, номеров и описаний атрибутов
Индекс корневого каталога	$.	Корневой каталог
Битовая карта кластера	$Bitmap	Разметка использованных кластеров тома
Загрузочный сектор раздела	$Boot	Адрес загрузочного сектора раздела
Файл плохих кластеров	&BadClus	Файл, содержащий список плохих кластеров
Таблица квот	$Quota	Квоты используемого пространства на диске для каждого пользователя
Таблица преобразований регистра символов	$Upcase	Преобразование регистра для кодировки Unicode

Системный набор атрибутов

- Attribute List (список атрибутов) – ссылки на номер записи MFT, где расположен каждый атрибут, используется, если атрибуты файла не умещаются в одной записи MFT.
- File Name (имя файла) – имя файла в Unicode, а также номер входа в таблице MFT
- MS-DOS Name (имя MS-DOS) – имя файла в формате MS DOS
- Version (версия) – номер последней версии файла
- Security Descriptor (дескриптор безопасности) – информация о защите файла
- Volume Version (версия тома) – используется только в системных файлах тома
- Volume Name (имя тома) – имя тома
- Data (данные) – содержит обычные данные файла
- MFT bitmap (битовая карта MFT) – карта использования блоков на томе

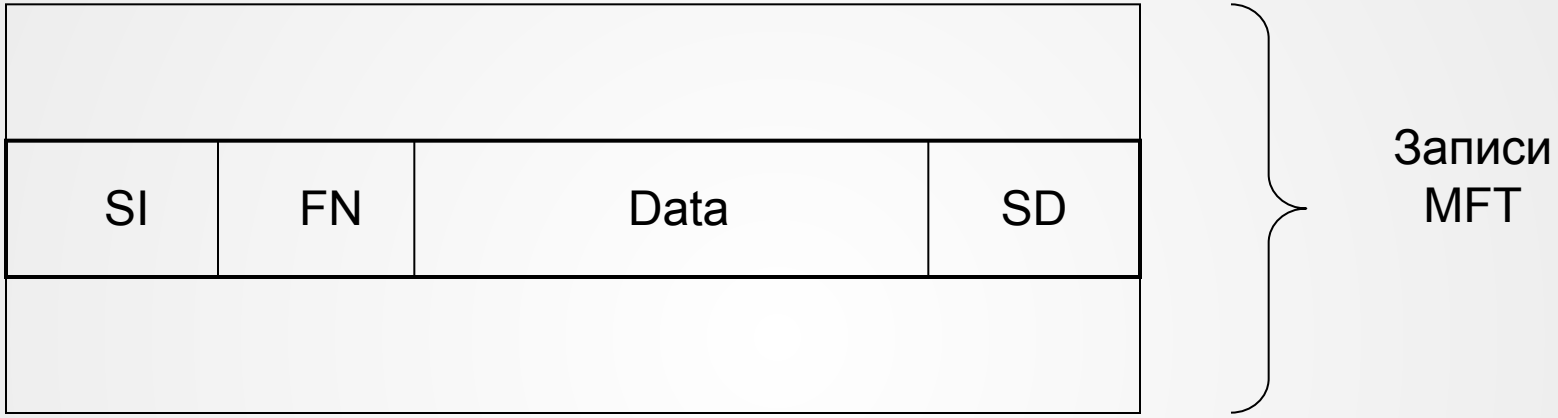
- Index Root (корень индекса) – корень B-дерева, используемого для поиска файлов в каталоге
- Index Allocation (размещение индекса) – нерезидентные части индексного списка B-дерева
- Standard Information (стандартная информация) – время создания, время обновления и т.д.

Пример записи MFT



Типы файлов

Небольшой файл (small) размер менее 1500 байт



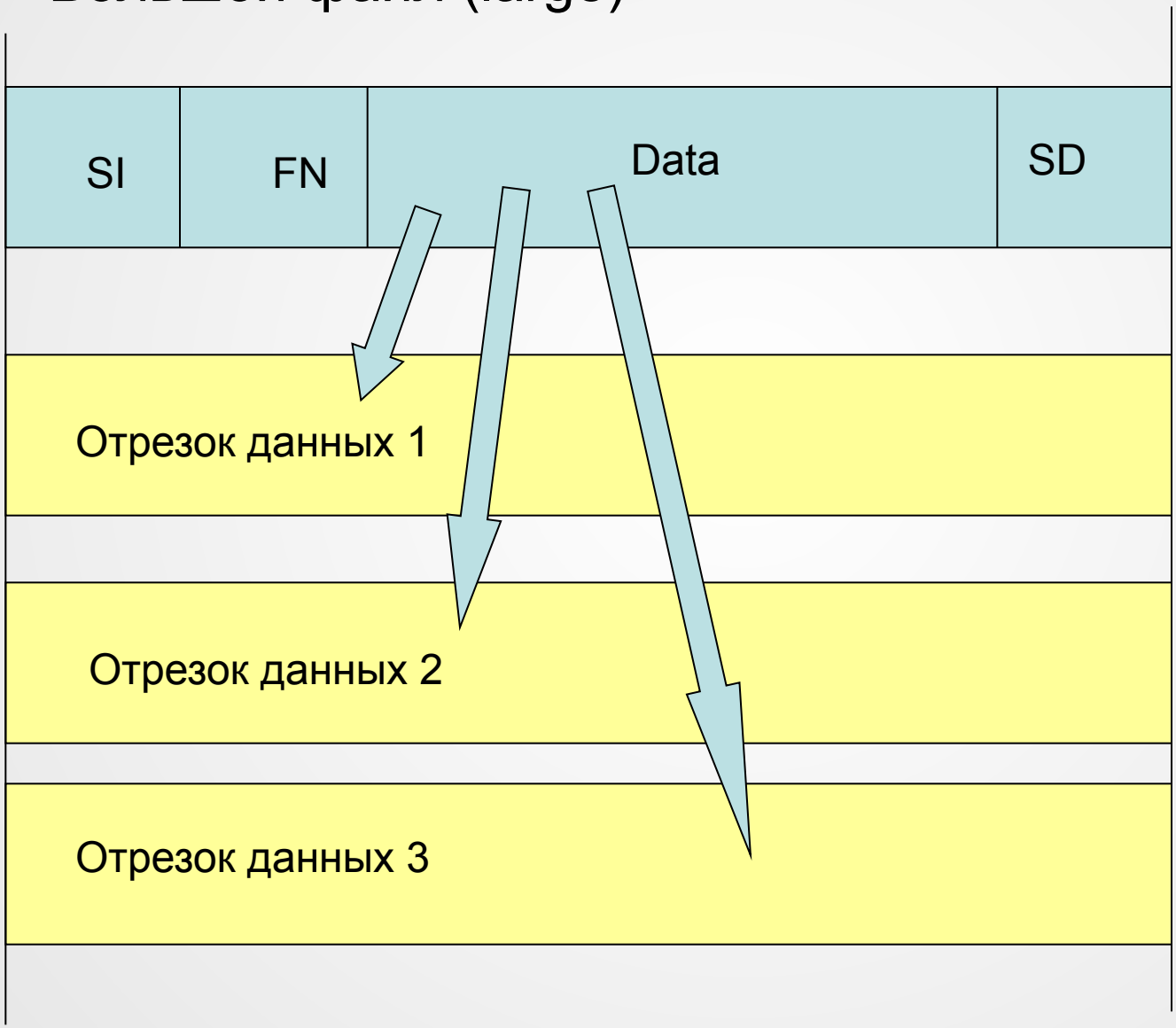
SI – стандартная информация

FN – имя файла

Data – данные

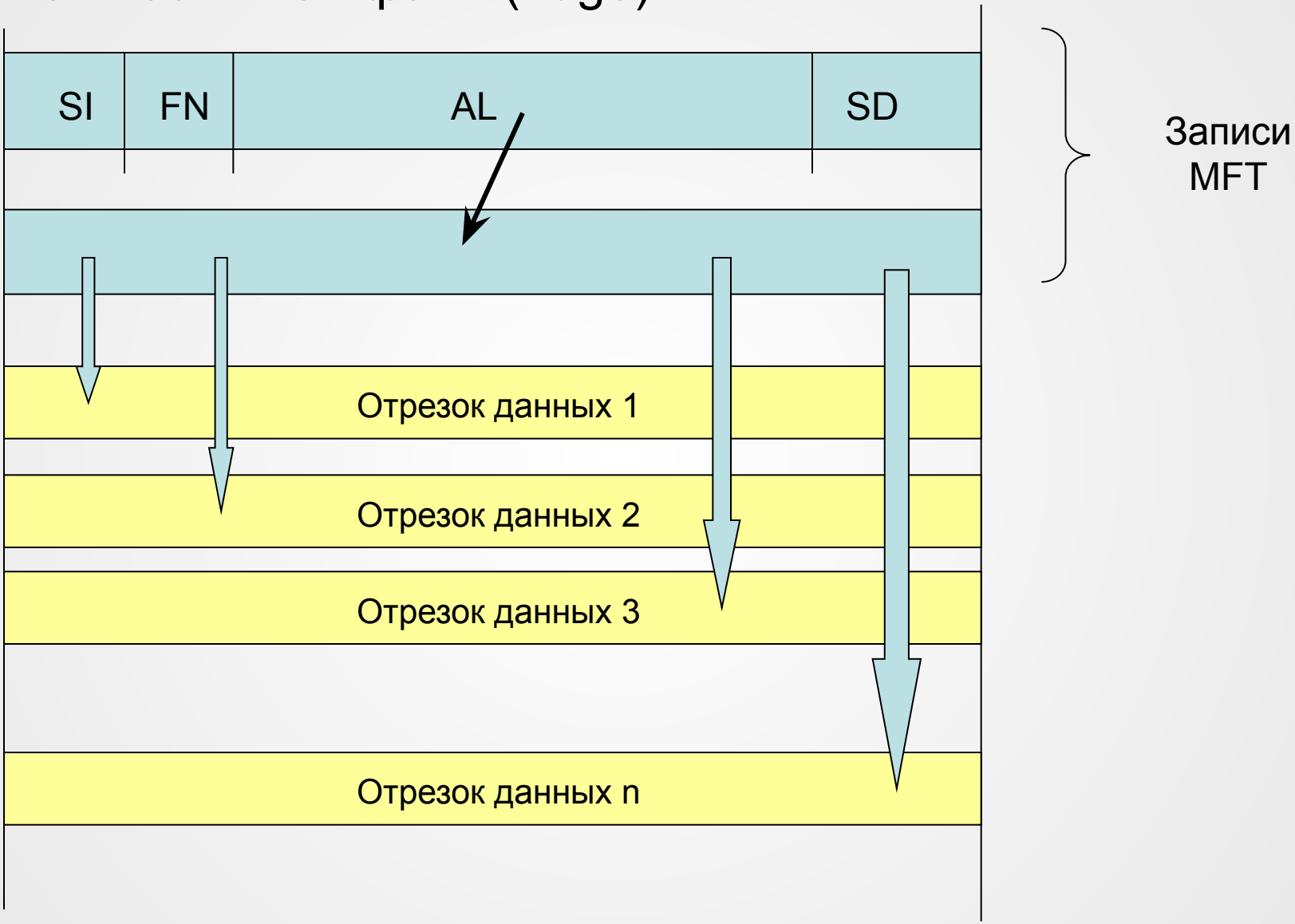
SD – дескриптор безопасности

Большой файл (large)

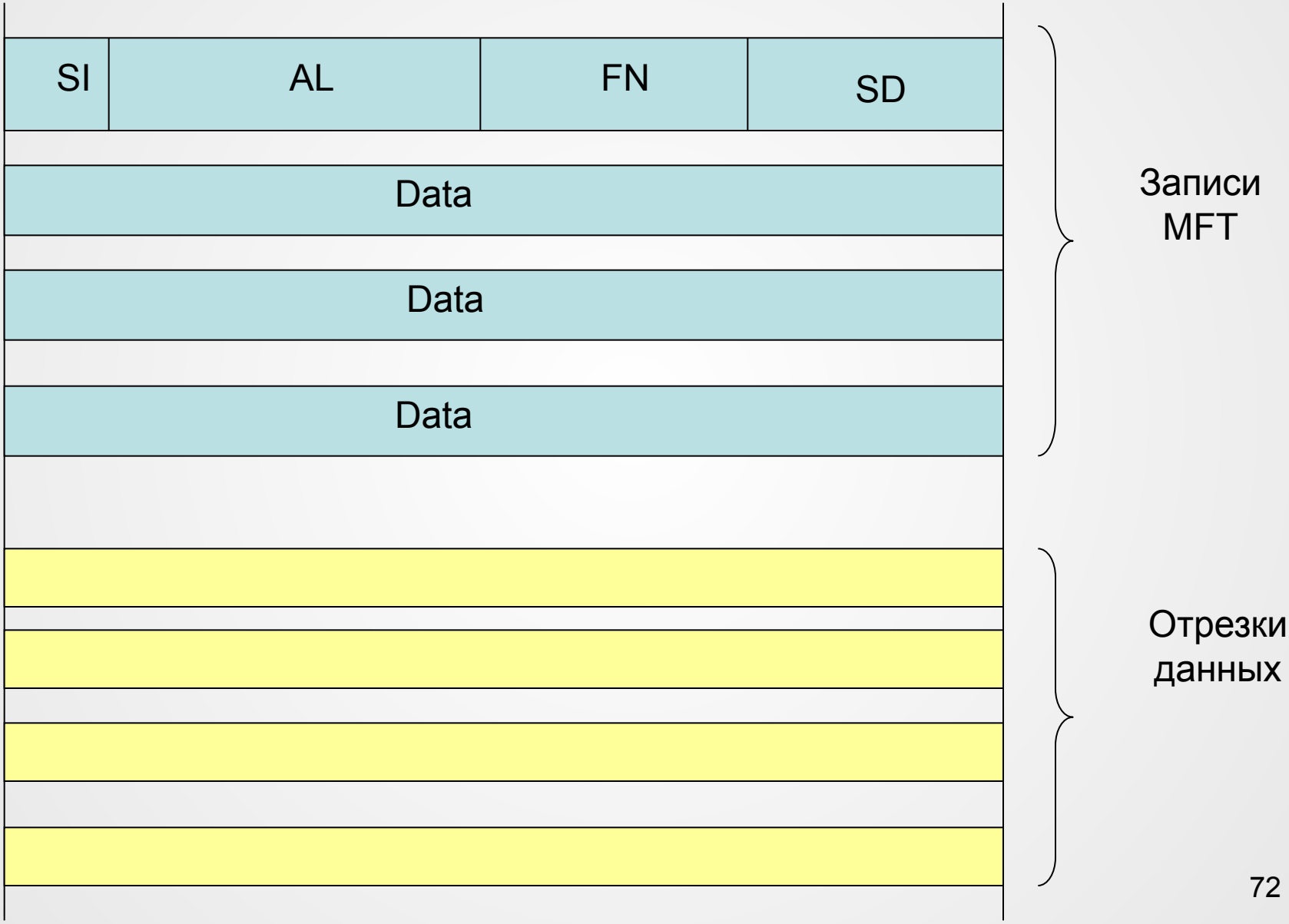


Запись MFT

Очень большой файл (huge)

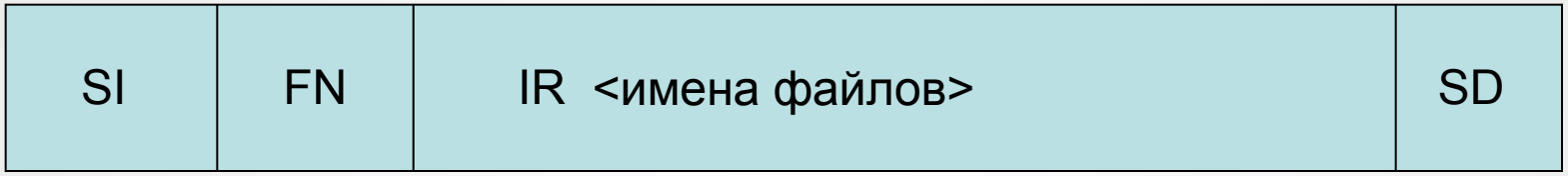


Сверхбольшой файл (extremely huge)

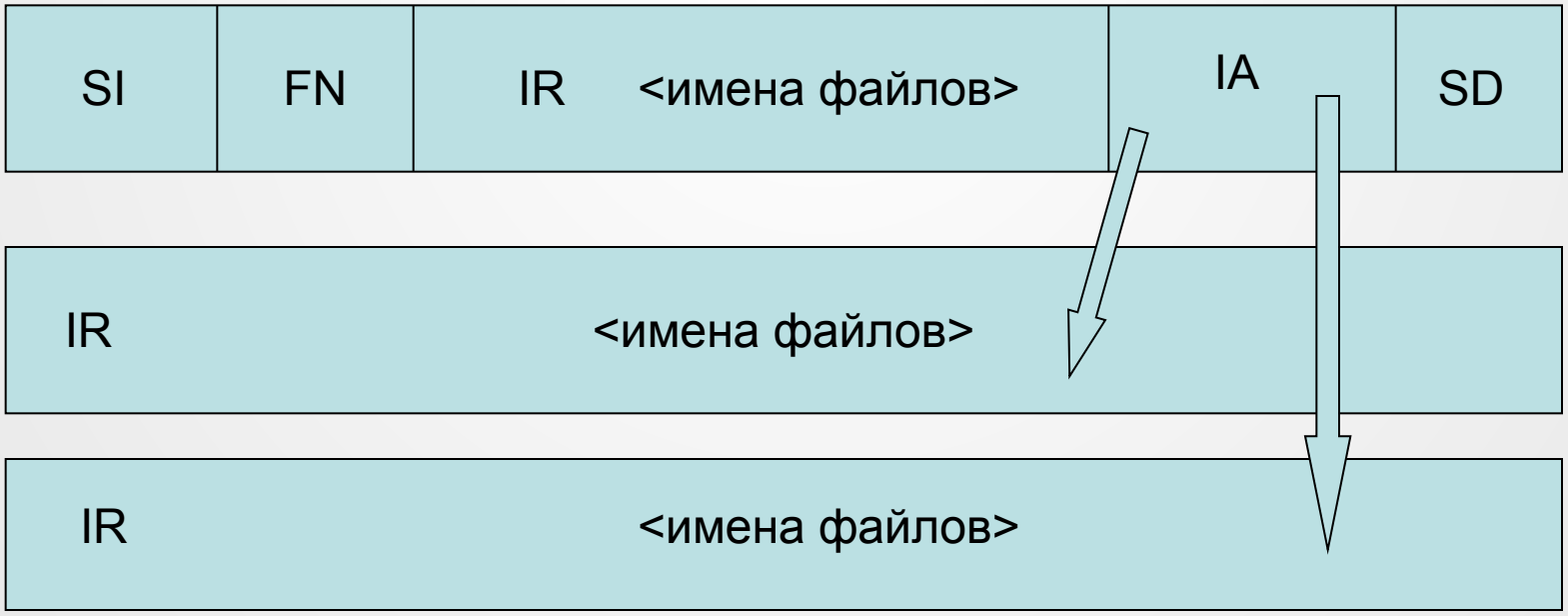


Каталоги

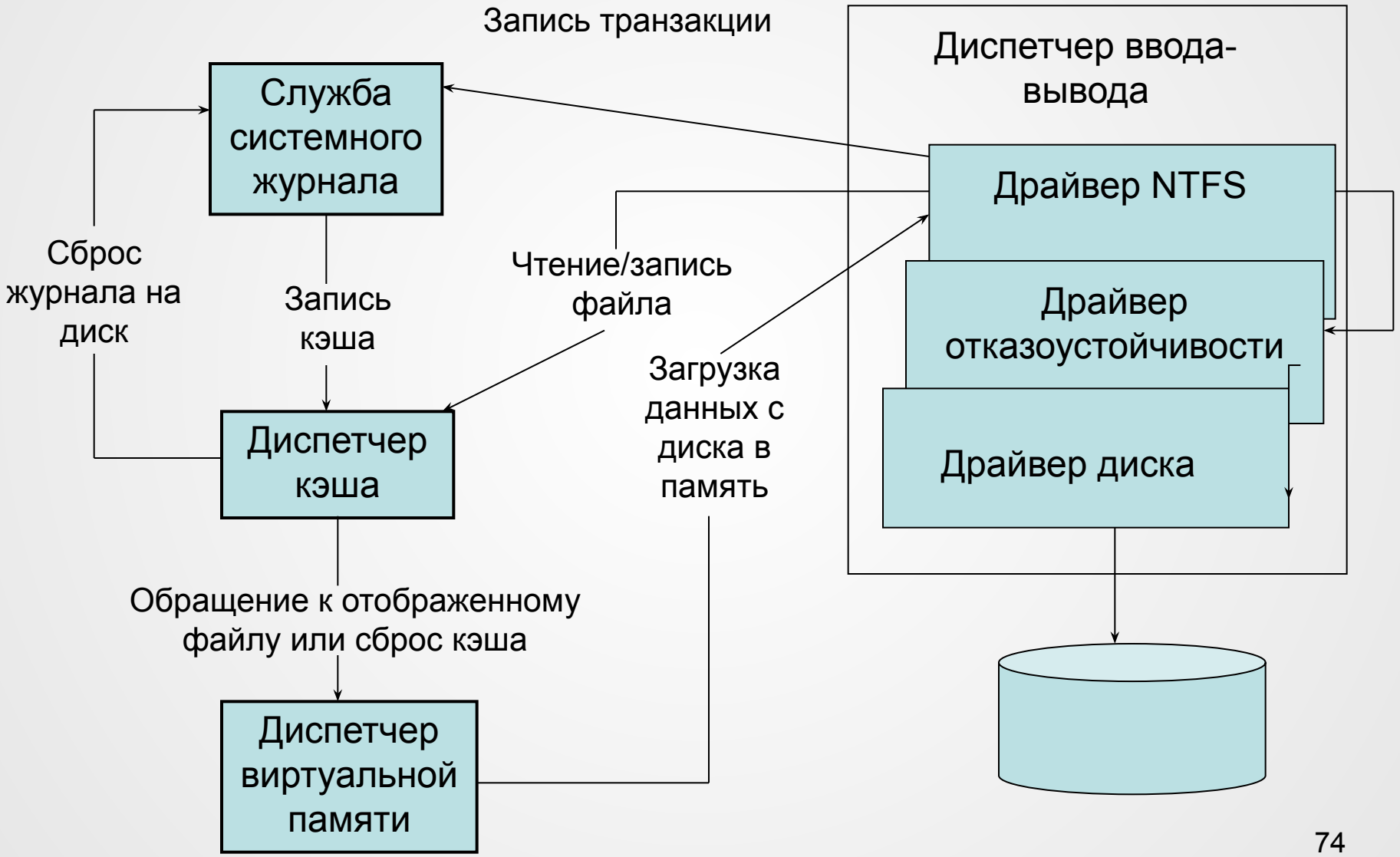
Небольшой каталог



Большой каталог



Система восстановления данных



Процедура восстановления данных

1. NTFS вызывает системный журнал для записи в него в кэш-памяти всех транзакций модифицирующих структуру тома
2. NTFS модифицирует том в кэш-памяти
3. Диспетчер кэш-памяти сбрасывает системный журнал на диск
4. После сброса системного журнала диспетчер кэш-памяти перемещает изменения тома на диск