Лекция №9

Файловые системы

(часть 2)

Работа с файлами

Имена файлов

- Простое символьное имя – идентифицирует файл в пределах одного каталога; файлы из разных каталогов могут иметь одно и то же простое имя.

  Примеры: notepad.exe; Text.txt
- Полное имя – составное имя, включающее цепочку простых символьных имён всех каталогов, через которые проходит путь от корня до данного файла, и само имя файла.

  Примеры: C:\Windows\notepad.exe;
  /home/user1/Doc/Text.txt

Имена файлов

- Относительное имя – составное имя, включающее цепочку имён каталогов, через которые проходит путь от текущего каталога до данного файла, и само имя файла.

  Примеры: Windows\notepad.exe (текущий каталог – C:\);
  user1/Doc/Text.txt (текущий каталог – /home/).
- Уникальное имя – числовой идентификатор файла, предназначенный только для ОС.

Формат имени файла

- Формат: имя_файла.расширение
- Расширение – последовательность символов, добавляемых к имени файла и предназначенных для идентификации типа (формата) файла.
- FAT12 и FAT16 – 12 символов по схеме «8.3».
- FAT16 для Windows NT и FAT32 – 255 символов.
- NTFS – 254 символа Unicode.
- ext2/ext3 – 255 байт.

Поддержка длинных имён файлов

- Запись о файле в каталоге начинается со значения длины записи. Далее атрибуты (фиксированный размер) и имя файла (произвольный размер). Недостаток – при удалении файла остаётся свободной часть памяти, в которую может не поместиться следующая запись о файле.
- Запись о файле фиксированной длины. Вместо имени хранится указатель на расположение имени в памяти.

Операции с файлами

- Создание и уничтожение файла.
- Открытие и закрытие файла.
- Чтение из файла и запись в файл.
- Добавление данных к файлу.
- Поиск данных в файле.
- Перемещение или получение текущего указателя файла.
- Переименование файла.
- Получение атрибутов файла.
- Установка атрибутов файла.

Операции с каталогами

- Создание и удаление каталога.
- Открытие и закрытие каталога.
- Переименование каталога.
- Создание и удаление жёсткой связи, позволяющей файлу находиться в разных каталогах (изменяется содержимое каталога и атрибут файла).
- Удаление связи.
- Установка и получение атрибутов.

Служебные данные для работы с файлом

- Дескриптор файла – число, возвращаемое процессу при открытии файла и используемое для идентификации этого файла при выполнении остальных операций.
- Файловый указатель – число, являющееся смещением относительно начального байта файла (применяется при операциях чтения/записи, не предусматривающих указание адреса).

Служебные данные для работы с файлом

- Файловый буфер – используется для временного хранения данных, используемых при файловых операциях.
- Режим доступа – определяет операции, допустимые при работе с файлом (чтение, запись и т.д.).
- Режим общего доступа – определяет возможность одновременного доступа разных процессов к файлу.

Открытие файла

Открывает файл для процесса, записывая дескриптор файла в таблицу открытых файлов процесса.

Параметры операции:

- имя файла;
- режим доступа;
- атрибуты файла (используется только при создании файла).

Перемещение указателя

Перемещение указателя чтения/записи в файле.

Параметры операции:

- дескриптор файла;
- количество байтов, на которое нужно сместить указатель (если равно 0, то данные будут предоставлены по адресу начала отсчёта смещения);
- начало отсчёта смещения.

Чтение из файла

Осуществляет чтение данных из файла. Если режим доступа «Только для записи», то возвратит ошибку.

Считывание идёт, начиная с текущего положения указателя. После считывания указатель перемещается в конец считываемого блока данных.

Параметры операции:

- дескриптор файла;
- адрес буфера, в который помещаются считанные данные;
- количество считываемых байт (при достижении конца файла оставшиеся байты не считываются).

Запись в файл

Осуществляет запись данных в файл. Если режим доступа «Только для чтения», то возвратит ошибку.

Запись идёт, начиная с текущего положения указателя, заменяя хранящиеся данные. После считывания указатель перемещается в конец записываемого блока данных.

Параметры операции:

- дескриптор файла;
- адрес буфера, в котором находятся записываемые данные;
- количество записываемых байт (при достижении конца файла размер файла увеличивается).

Закрытие файла

Удаляет дескриптор файла из таблицы открытых файлов процесса.

При закрытии файла все файловые буферы сбрасываются.

Параметр операции:

- дескриптор файла.

Универсальные действия при открытии и закрытии файла

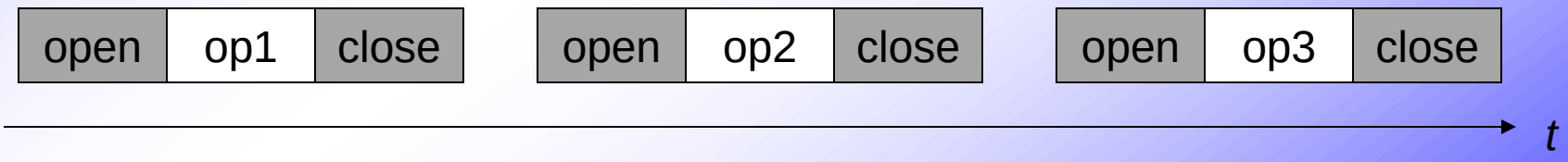
- По символьному имени файла происходит считывание его характеристик, хранящихся в файловой системе на диске.
- Копирование характеристик файла в оперативную память.
- На основании характеристик файла проверка прав пользователя на выполнение запрошенной операции.
- Очистка области памяти, отведённой под временное хранение характеристик файла.

Уникальные действия при операциях с файлами

- Чтение из файла и запись в файл.
- Добавление данных к файлу.
- Поиск данных в файле.
- Перемещение или получение текущего указателя файла.
- Удаление файла или его части.
- Получение и установка процессом атрибутов файла.

Способы организации файловых операций

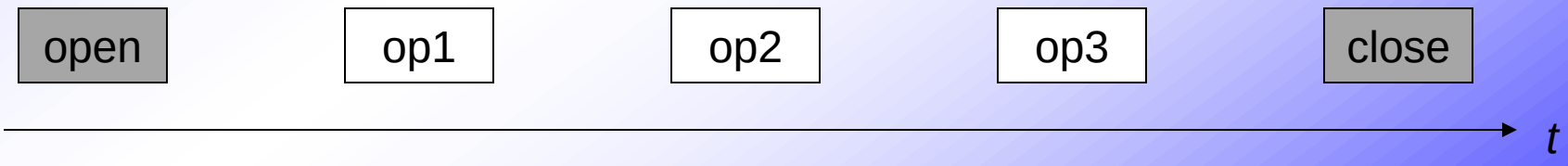
- Для каждой операции выполняются как универсальные, так и уникальные действия.
- Преимущество – более высокая устойчивость к сбоям.



open – открытие файла;
close – закрытие файла.

Способы организации файловых операций

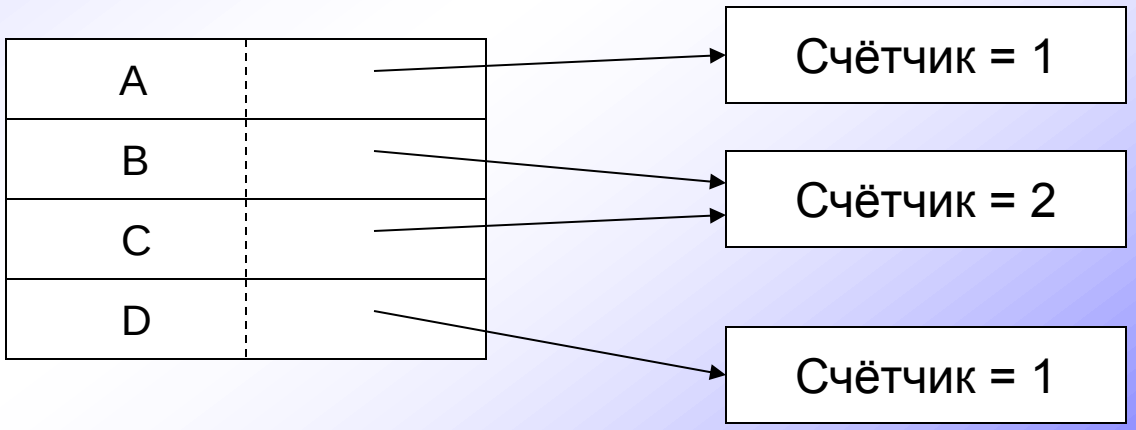
- Все универсальные действия выполняются в начале и конце последовательности операций, а для каждой промежуточной операции выполняются только уникальные действия.
- Преимущество – более быстрое выполнение.



open – открытие файла;
close – закрытие файла.

Совместно используемые файлы

Жёсткая ссылка – при установлении связи между каталогом пользователя и совместно используемым файлом, увеличивается счётчик ссылок на индексный дескриптор файла. При удалении связи – уменьшается. Если счётчик равен 0, то файл удаляется.



Совместно используемые файлы

- Символьная ссылка – при установлении связи с совместно используемым файлом в каталоге пользователя создаётся файл типа «символьная связь».
- Символьная ссылка является именем пути к совместно используемому файлу.
- Может ссылаться на другие разделы, а также на каталоги.
- Занимает столько места, сколько требуется для записи её содержимого.

Совместно используемые файлы

- Ярлык – файл, служащий указателем на объект (например, файл, который требуется определённым образом обработать) или команду, и содержащий дополнительную информацию.
- Существует возможность установки атрибутов непосредственно к ярлыку.
- Действия, производимые с ярлыком, обычно не влияют на объект, на который он указывает.

Операции над символьными ссылками и ярлыками

- Операции, применяемые к целевому файлу: открытие, закрытие, чтение, запись, перемещение указателя и др.
- Операции, применяемые к символьным ссылкам и ярлыкам: удаление, переименование.
- Операции, применяемые только к ярлыкам (для символьных ссылок являются операциями над целевым файлом): получение и изменение атрибутов.

Недостатки жёстких ссылок

- При удалении файла владельцем сам файл не будет удалён.
- Жёсткая ссылка может создаваться только в пределах одного логического раздела.
- Действия, производимые с жёсткой ссылкой влияют на объект, на который указывает ссылка.
- Не могут ссылаться на каталоги.

Недостатки символьных ссылок и ярлыков

- Уменьшение быстродействия из-за необходимости прочитать файл с символьной связью и обращения к каждому каталогу в пути до нахождения искомого адресного дескриптора.
- Размер ярлыка больше, чем размер символьной ссылки.

Структура файлов в NTFS

- Каждый файл и каталог – набор атрибутов.
- Атрибут состоит из заголовка и значения.
- Заголовок атрибута включает тип, длину и имя атрибута.

Резидентные и нерезидентные атрибуты

- Резидентные – атрибуты, размещаемые в MFT. Если данные файла не превышают размеры записи, то файл помещается в MFT полностью.
- Нерезидентные – за пределами MFT. Адреса отрезков, содержащих нерезидентные атрибуты, хранятся в резидентной части.

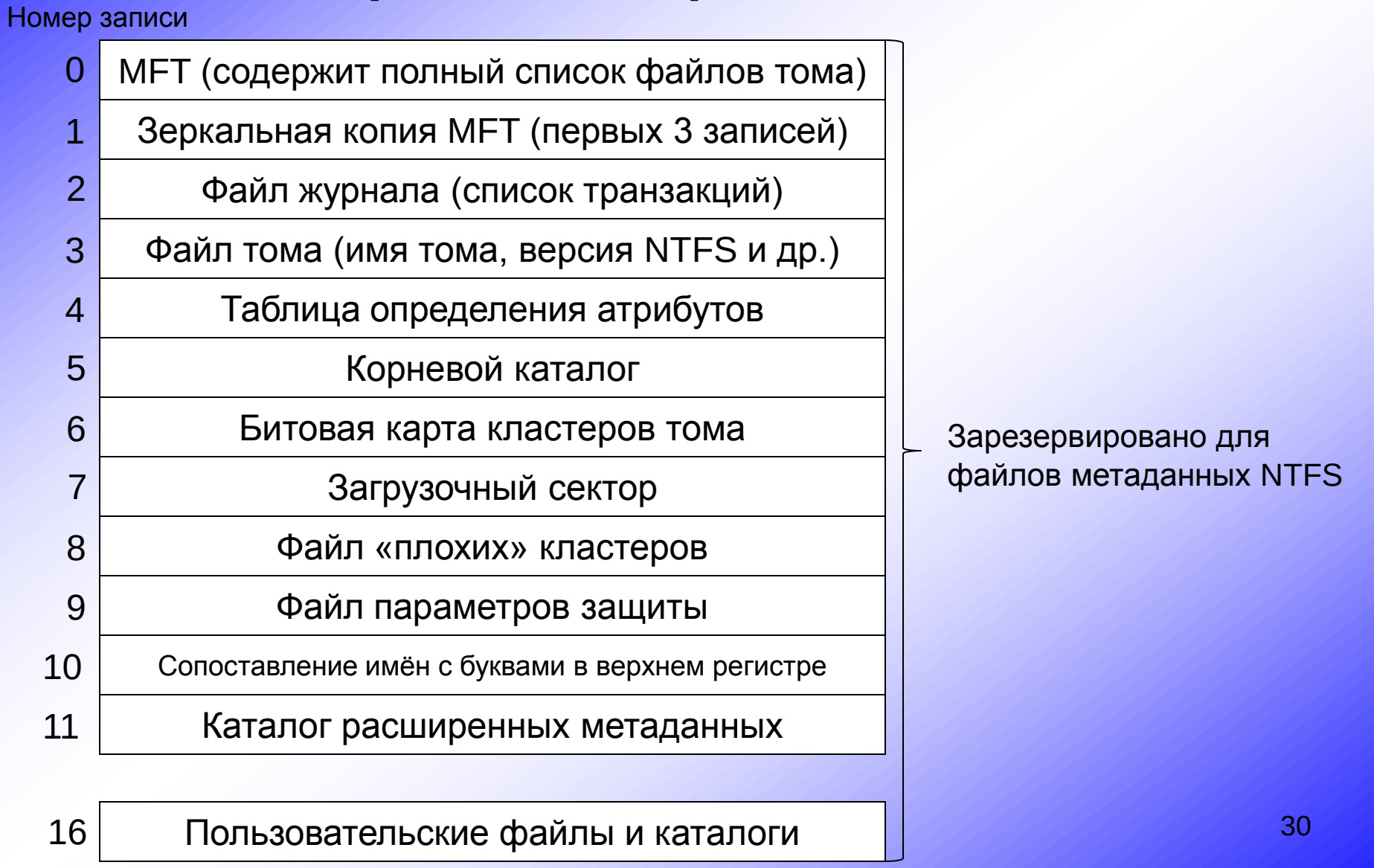
Системные атрибуты NTFS

- Attribute list – список атрибутов файла (присутствует, когда файл требует более одной записи MFT).
- File name – имя файла (может быть несколько).
- Version – номер последней версии файла.
- Security descriptor – список прав доступа, поле аудита.

Системные атрибуты NTFS

- Data – данные.
- Index root – корень B-дерева, используемого для поиска файлов в каталоге.
- Index allocation – нерезидентные части индексного списка B-дерева.
- Standard information – «только чтение», «скрытый», метки времени, число каталогов, ссылающихся на файл.

Первый отрезок MFT



Каталог расширенных метаданных

- Файл идентификаторов объектов (ID объекта – атрибут, уникально идентифицирующий файл или каталог в томе).
- Файл квот.
- Файл журнала регистрации изменений (фиксируются изменения файлов и каталогов).
- Файл точек повторного разбора (пример: точки монтирования – каталоги, указывающие на содержимое уже существующего раздела).

Функциональные возможности файловых систем

Учёт свободных кластеров

- Использование связного списка номеров свободных кластеров. В каждом кластере, входящем в список, помещаются номера свободных кластеров и ссылка на следующий кластер из списка. В оперативной памяти достаточно хранить один кластер из списка.
- Использование битового массива. Свободные кластеры помечаются 1, а занятые – 0 (или наоборот). В оперативной памяти (при страничной организации) достаточно хранить один кластер битового массива. Выделяемые файлу свободные кластеры располагаются близко друг к другу, что приводит к увеличению быстродействия.

Дисковые квоты в UNIX

- Дисковая квота – максимальное количество файлов и блоков (кластеров), назначаемое пользователю для хранения данных.
- Гибкий лимит – при его превышении во время регистрации пользователю выдаётся предупреждение и счётчик предупреждений уменьшается на 1; если счётчик = 0, то в регистрации отказывается.
- Жёсткий лимит не может быть превышен.

Дисковые квоты в UNIX

При создании файла (или увеличении его размера) увеличивается текущее количество файлов (или блоков) пользователя, создавшего файл, и сравнивается с лимитом. При попытке превышения жёсткого лимита будет выдана ошибка.

Запись пользователя в таблице квот

Гибкий лимит блоков
Жёсткий лимит блоков
Текущее количество блоков
Количество оставшихся предупреждений о блоках
Гибкий лимит файлов
Жёсткий лимит файлов
Текущее количество файлов
Количество оставшихся предупреждений о файлах

Резервное копирование

Резервное копирование – процесс создания копии данных на носителе (жёстком диске, дискете и т. д.), предназначенном для восстановления данных в оригинальном (или любом другом) месте их расположения в случае их повреждения или разрушения.

Резервное копирование

Способы повышения эффективности и удобства:

- сохранение не всей файловой системы, а только некоторых каталогов;
- инкрементное резервное копирование – сохраняются только файлы, изменявшиеся после последнего полного резервного копирования;
- хранение резервных копий на других носителях, а также в удалённом месте;

Резервное копирование

- сжатие резервируемых данных;
- быстрое фиксирование состояния файловой системы путём копирования критических структур данных для решения проблемы изменения данных во время резервного копирования;
- возможность восстановления в исходное место размещения, в другое место с сохранением структуры каталогов и без сохранения структуры.

Физическое и логическое резервное копирование

- Физическое – последовательное копирование всех кластеров диска. Преимущества – простота реализации, высокая скорость. Недостатки – резервирование свободных кластеров, невозможность восстановления отдельных файлов, невозможно инкрементное резервное копирование.
- Логическое – проверка заданных каталогов и сохранение содержащихся в них файлов, изменившихся с указанной даты.

Пример алгоритма логического резервирования

- Резервируются изменившиеся файлы и каталоги, а также каталоги, расположенные на пути к модифицированному файлу или каталогу.
- Создаётся битовый массив, индексированный по номеру индексного дескриптора.
- Исследуются все элементы начального каталога и помечаются модифицированные файлы и все каталоги, в которых рекурсивно ищутся все модифицированные файлы.

Пример алгоритма логического резервирования

- Рекурсивно исследуется каталог и пометки снимаются с каталогов, в которых нет модифицированных файлов и каталогов.
- Резервируются все помеченные каталоги, перед каталогом записываются его атрибуты.
- Резервируются все помеченные файлы, перед файлом записываются его атрибуты.

Восстановление файловой системы из резервной копии

- Создаётся пустая файловая система.
- Восстанавливаются данные последней полной архивации (сначала каталоги, затем файлы).
- Восстанавливаются данные из инкрементных резервных копий.
- Восстанавливается список свободных кластеров.

Поиск файлов в NTFS

- Узлы двоичного дерева делят список файлов на несколько групп. Имя каждого файла-узла – имя последнего файла в группе.
- В случае сортировки по имени группы формируются в алфавитном порядке. Имена файлов хранятся уже отсортированными.
- Искомое символьное имя сравнивается с именем первого файла-узла в резидентной группе. Если искомое имя меньше, то просматривается первая группа, если больше – сравнивается с именем файла-узла второй группы и т.д.

Сжатие данных

- Разрежённый файл – файл, в котором длинные последовательности нулевых байтов заменены на информацию об этих последовательностях.
- Файловые системы, поддерживающие сжатие данных: NTFS, ext2 и выше, ReiserFS, Reiser4, UFS и др.

Сжатие данных

- Компрессия производится как для разрежённых данных путём удаления цепочек нолей, так и для неразрежённых данных при помощи алгоритмов сжатия.
- Таким образом достигается сжатие файлов на уровне драйвера файловой системы.

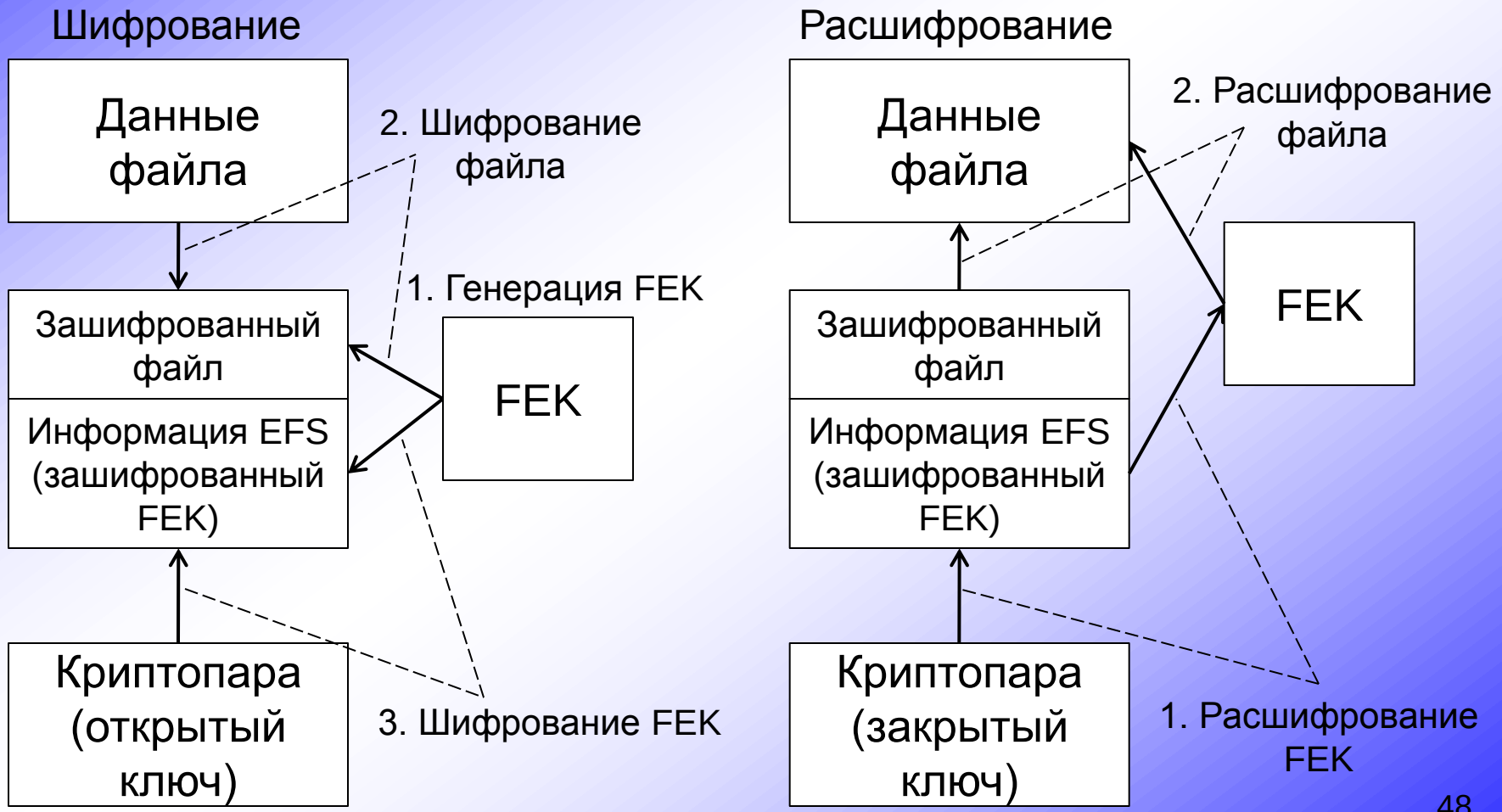
Шифрование данных в NTFS

- Поддерживается механизм Encrypting file system (EFS), который является прозрачным для приложений.
- Невозможно зашифровать файлы корневого каталога системного раздела, а также файлы в каталоге Windows.

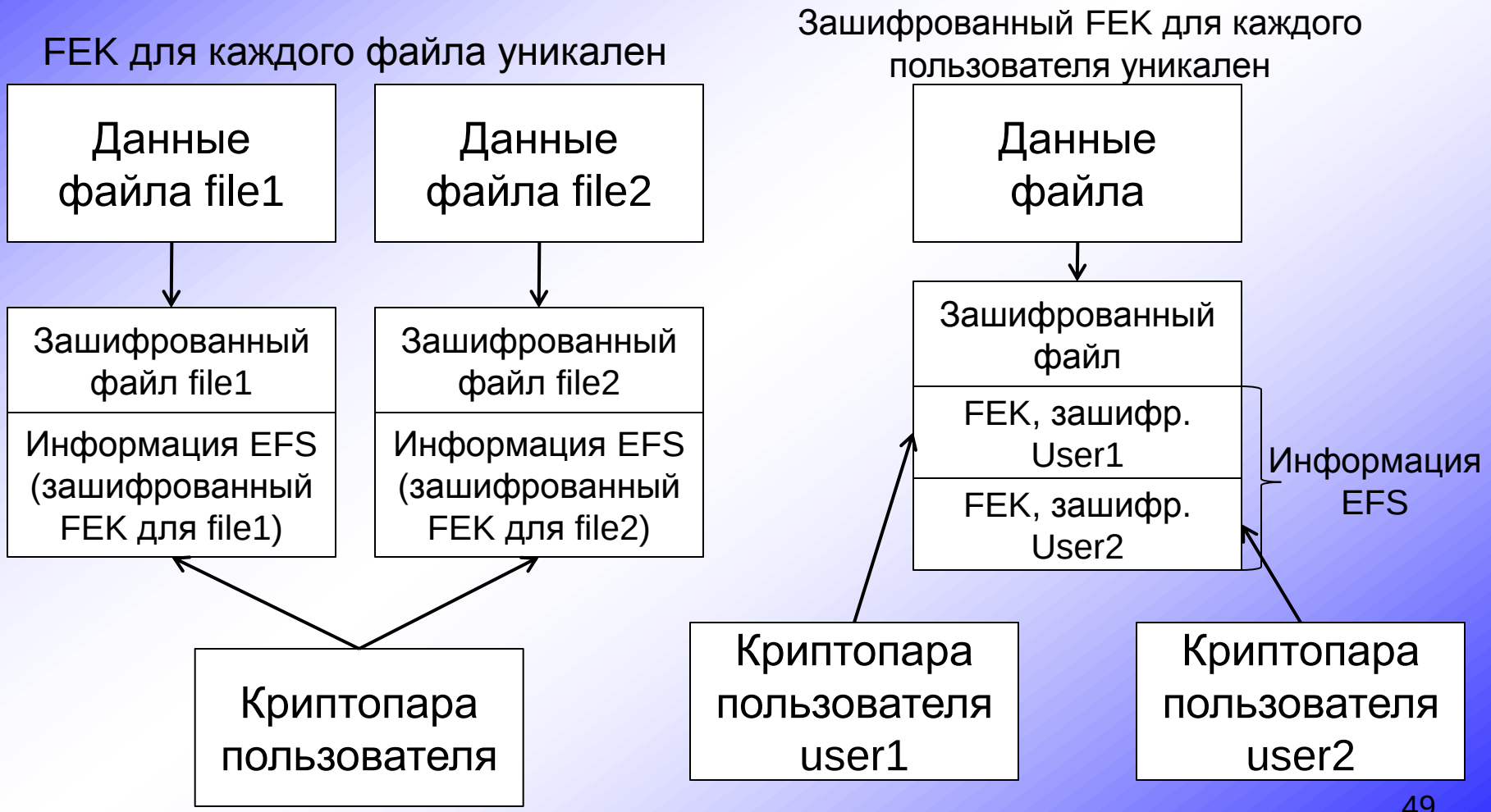
Шифрование данных в NTFS

- Учётной записи пользователя назначается криптопара (открытый и закрытый ключи).
- При шифровании файла генерируется случайное число (шифровальный ключ файла - FEK), которое хранится в информации EFS о файле.
- FEK используется для шифрования файла по симметричному алгоритму (AES, 3DES).
- FEK шифруется при помощи открытого ключа, назначенного пользователю (RSA).

Схемы шифровки и расшифровки данных в NTFS



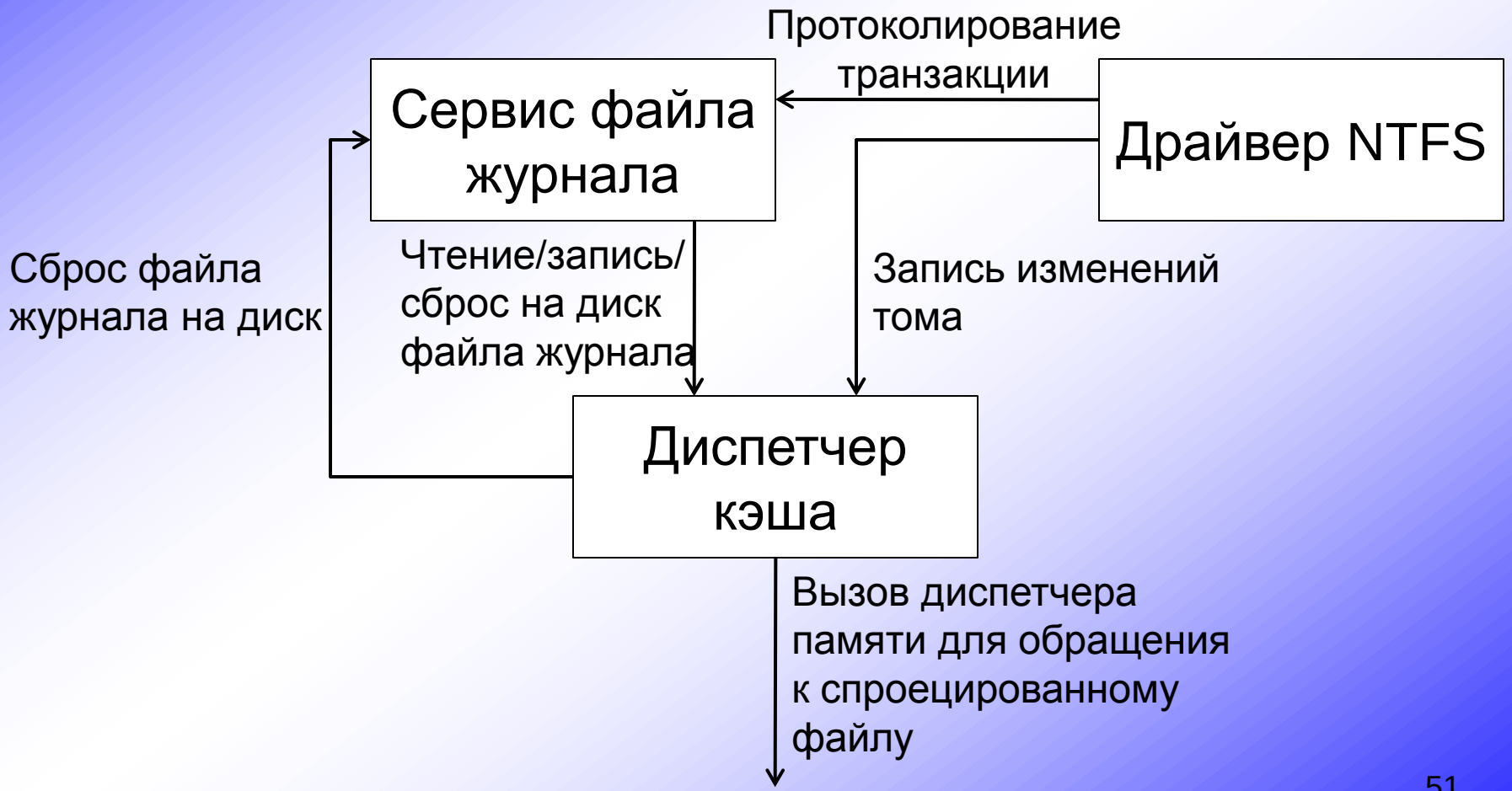
Схемы использования шифровального ключа файла



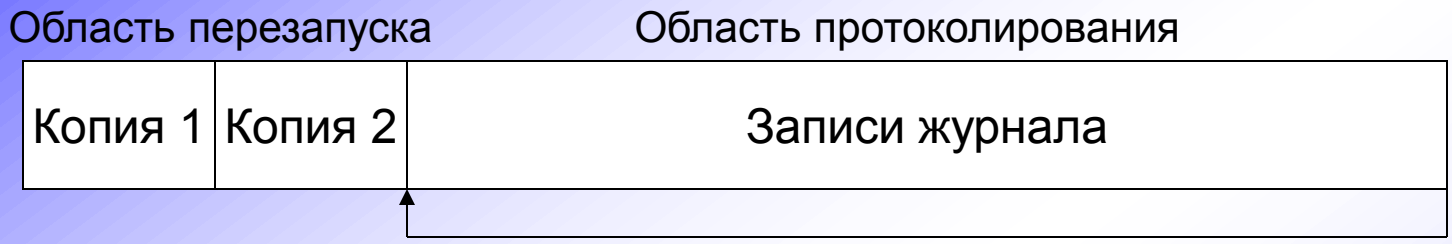
Протоколирование в NTFS

- Запись в журнал данных об операциях с файлами.
- Применение механизма транзакций – последовательность операций, входящих в транзакцию должна выполняться полностью или не выполняться.
- Запись информации об операциях с файлами в журнал происходит до совершения операции.
- В случае сбоя невыполненные операции могут быть повторены или отменены.
- Обеспечивается целостность структуры ФС, но не пользовательских данных.
- Работа с журналом происходит при помощи сервиса файла журнала (LFS).

Работа сервиса файла журнала



Структура журнала



- Область перезапуска – информация о контексте, например, позиция в области протоколирования, с которой начнётся чтение журнала при восстановлении.
- Область протоколирования – записи транзакций.
- Повторное использование журнала происходит циклически с учётом важности информации.

Типы записей журнала

- Записи модификации – содержат: информацию для повтора полностью запротоколированной транзакции; информацию для отмены частично запротоколированной транзакции; указатель на запись о предыдущей операции транзакции.
- Фиксация транзакции – помещение в журнал записи о завершении транзакции.
- Запись контрольной точки – информация, необходимая при выборе типа обработки для восстановления тома (просмотр записей начинается с последней контрольной точки, номер которой занесён в область перезапуска).

Данные для восстановления

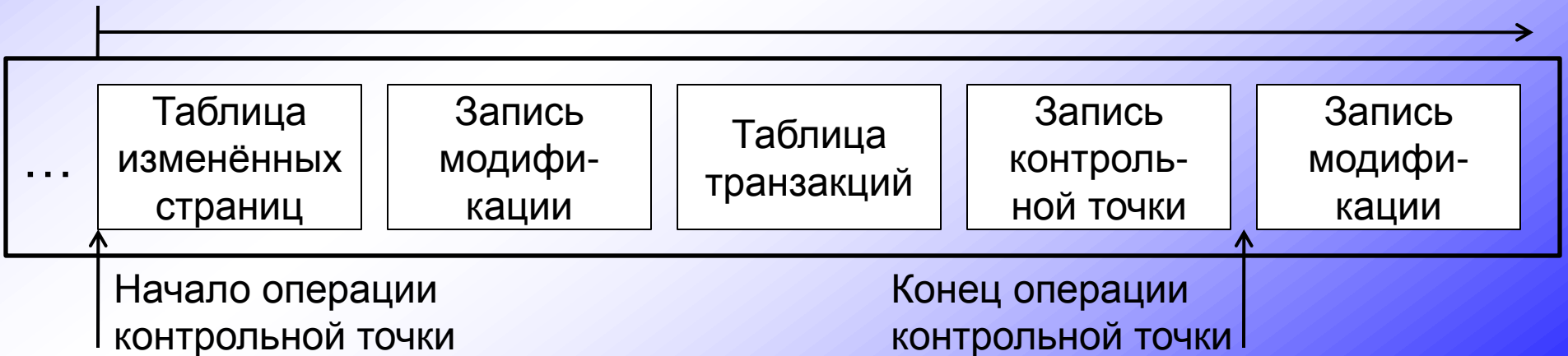
- Таблица транзакций – отслеживание начатых, но не зафиксированных транзакций; результаты операций этих транзакций должны быть удалены.
- Таблица изменённых страниц – информация о том, какие страницы кэша содержат изменения структуры файловой системы, ещё не записанные на диск; данные должны быть записаны на диск.
- Запись контрольной точки в журнал происходит каждые 5 секунд. В ней сохраняются номера записей журнала, содержащих копии таблиц.

Восстановление

- Поиск записей журнала, содержащих последнюю контрольную точку и последние копии таблиц.
- Обновление таблиц с учётом транзакций, происшедших после записи контрольной точки.
- Для обновления тома выполняется три прохода по журналу: анализ, повтор транзакций, отмена транзакций.

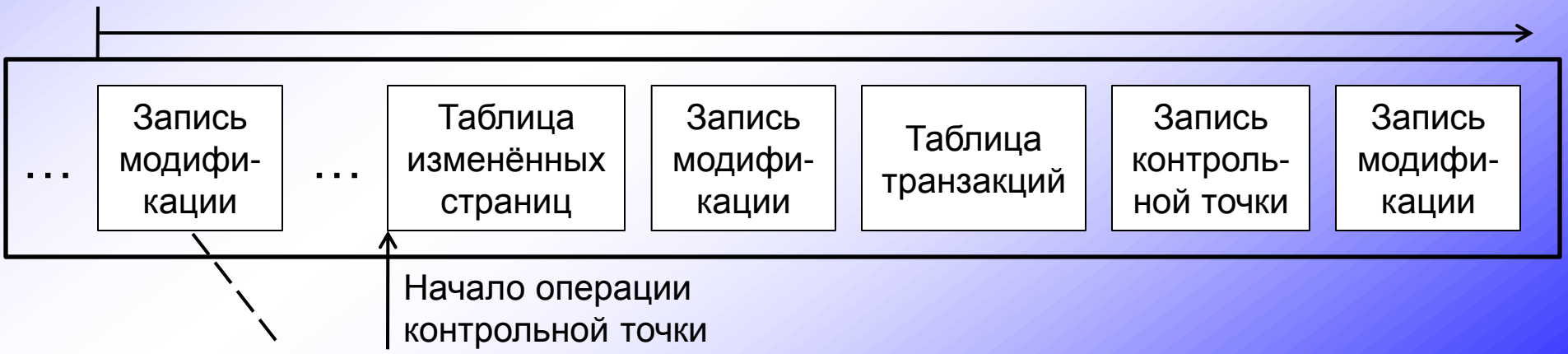
Проход анализа

- Проход анализа – просмотр журнала идёт с начала последней операции контрольной точки; записи фиксированных транзакций удаляются, вносятся изменения в таблицы.
- Самые старые записи в таблицах определяют, откуда начнётся проход повтора.



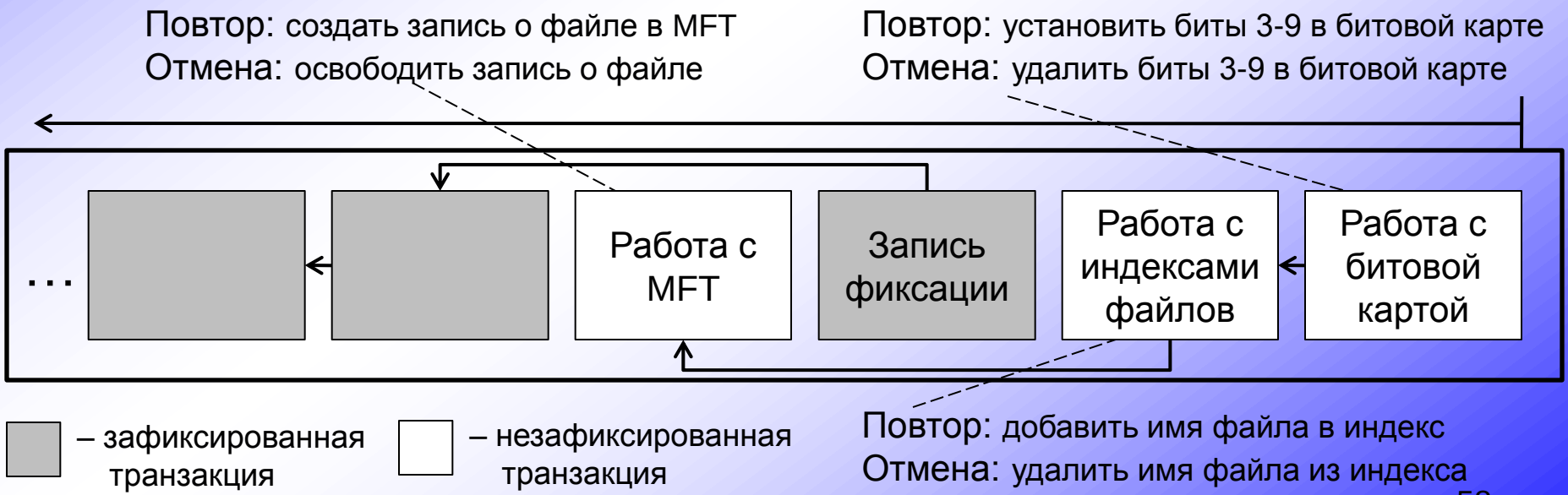
Проход повтора

- Проход повтора – просмотр журнала в прямом направлении; в кэше обновляется запротоколированная до сбоя информация, не сброшенная на диск.
- После прохода диспетчер кэша осуществляет отложенную запись на диск.



Проход отмены

- Проход отмены – просмотр журнала осуществляется в обратном направлении, начиная с последней записи журнала.
- Для каждой незафиксированной транзакции, начиная с последней операции, происходит откат всех операций.



Режимы журналирования в ext3

- writeback: в журнал записываются метаданные ФС, то есть только информация о её изменении. Не может гарантировать целостности данных, но сокращает время проверки;
- ordered: запись данных в файл производится гарантированно до записи информации о изменении этого файла. Не может гарантировать целостности данных, но увеличивает вероятность их сохранности при дописывании в конец существующего файла;
- journal: полное журналирование как метаданных ФС, так и пользовательских данных. Может гарантировать целостность данных при хранении журнала на отдельном разделе или диске.

Рассмотренные вопросы

- Файлы и операции с ними.
- Способы совместного использования файлов.
- Структура файлов в NTFS.
- Функциональные возможности файловых систем: резервное копирование, дисковые квоты, протоколирование файловых операций.

Всем спасибо – все свободны,

если нет вопросов