***Виртуальная память: понятие, реализация в операционной системе, структура.***

***Создайте программу позволяющую выполнять передачу данных (текст и изображение) между двумя процессами. Программа должна состоять из двух модулей и использовать методы класса Clipboard.***

**Виртуальная память** — метод управления памятью компьютера, позволяющий выполнять программы, требующие больше оперативной памяти, чем имеется в компьютере, путём автоматического перемещения частей программы между основной памятью и вторичным хранилищем (например, жёстким диском). 26

**Реализация виртуальной памяти в операционной системе включает несколько этапов:**

Разделение памяти. Как виртуальное адресное пространство, так и физическая память разделены на страницы и фреймы соответственно.

Создание таблицы страниц. Для каждого процесса создаётся таблица страниц, которая содержит информацию о соответствии между виртуальными страницами и физическими фреймами.

Преобразование адресов. Когда процесс обращается к виртуальному адресу, ОС использует таблицу страниц для определения соответствующего физического адреса.

Обработка страничных ошибок. Если запрашиваемая страница отсутствует в физической памяти, возникает страничная ошибка (page fault). ОС загружает требуемую страницу с диска в память.

Обновление таблицы страниц. После загрузки страницы таблица обновляется, чтобы отразить новое местоположение данных.

Структура виртуального адресного пространства включает пользовательское и системное ВАП. В пользовательском ВАП располагаются исполняемый образ процесса, динамически подключаемые библиотеки, куча процесса и стеки потоков. В системном ВАП расположены образы ядра, исполнительной системы, драйверов устройств, таблицы страниц процесса, системный кэш и другие элементы.

**Реализация виртуальной памяти различается в разных операционных системах:**

Windows использует файл подкачки (pagefile.sys), размер которого может динамически изменяться. Windows также поддерживает механизм приоритетного ввода/вывода для страниц виртуальной памяти.

Linux использует выделенный раздел диска (swap partition) или файл подкачки (swap file) для виртуальной памяти. Linux предоставляет гибкие настройки для управления swap-пространством и позволяет использовать несколько swap-устройств с разными приоритетами.

MacOS использует механизм компрессии, который сжимает неиспользуемые страницы в памяти перед их выгрузкой на диск. Это уменьшает количество операций ввода/вывода.

**Виртуальная память** — это метод управления памятью, который позволяет операционной системе (ОС) использовать дисковое пространство как расширение оперативной памяти (RAM). Это создает иллюзию того, что у приложения есть доступ к большему объему памяти, чем физически доступно в RAM. Виртуальная память обеспечивает несколько важных преимуществ:

Запуск больших программ: Позволяет запускать программы, требующие больше памяти, чем физически установлено в системе.

Мультизадачность: Позволяет нескольким программам работать одновременно, не конфликтуя друг с другом из-за памяти.

Защита памяти: Каждый процесс получает свой собственный виртуальный адрес, что предотвращает прямое обращение одного процесса к памяти другого.

Эффективное использование RAM: ОС загружает в RAM только те части программы, которые используются в данный момент, а остальные части остаются на диске (в так называемом файле подкачки или своп-файле).

**Реализация виртуальной памяти в операционной системе Windows**

В Windows виртуальная память реализуется с помощью сочетания аппаратных и программных механизмов. Основные компоненты:

**Виртуальные адреса:**

Каждый процесс получает свой собственный набор виртуальных адресов, которые представляют собой логические адреса, используемые программами.

Виртуальные адреса не соответствуют напрямую физическим адресам в RAM.

**Страничная организация памяти:**

И физическая память (RAM), и виртуальная память (дисковое пространство) разделены на блоки фиксированного размера, называемые страницами (обычно 4 КБ в x86/x64 системах).

**Таблицы страниц:**

ОС использует таблицы страниц для отображения виртуальных адресов на физические адреса.

Каждый процесс имеет свою собственную таблицу страниц.

Таблицы страниц хранятся в RAM.

Файл подкачки (Page File) или Swapping File:

Это файл на жестком диске, который используется как расширение оперативной памяти.

Когда RAM заполнена, ОС перемещает неиспользуемые страницы из RAM в файл подкачки.

Когда странице, находящейся на диске, требуется доступ, ОС загружает ее обратно в RAM.

**Механизм подкачки:**

Механизм подкачки (swapping) — это процесс перемещения страниц между RAM и файлом подкачки.

ОС использует алгоритмы управления страницами для выбора страниц, которые нужно переместить на диск, когда необходимо освободить место в RAM.

MMU (Memory Management Unit):

Это аппаратный компонент процессора, который отвечает за трансляцию виртуальных адресов в физические адреса.

MMU также управляет доступом к памяти, обеспечивая защиту памяти между процессами.

**Структура виртуальной памяти в Windows:**

**Виртуальное адресное пространство процесса:**

Каждый процесс имеет свое собственное 32-битное (в x86) или 64-битное (в x64) виртуальное адресное пространство.

Это пространство разделено на несколько областей, включая код, данные, стек и кучу.

Часть адресного пространства является общим для всех процессов, например, для DLL, которые используются несколькими приложениями.

**Разделение адресного пространства:**

В 32-битных версиях Windows по умолчанию используется разделение адресного пространства на 2 ГБ для процесса и 2 ГБ для ядра ОС.

В 64-битных системах виртуальное адресное пространство процесса намного больше (теоретически, 2^64 байт), и ОС может использовать до 128 ТБ (или больше) виртуального адресного пространства.

**Адресация:**

Процессор использует виртуальные адреса для доступа к памяти.

MMU транслирует виртуальные адреса в физические адреса.

Если требуемая страница находится в RAM, MMU предоставляет физический адрес.

Если страница находится на диске, MMU генерирует исключение (page fault).

ОС перехватывает исключение (page fault) и загружает страницу из файла подкачки в RAM, обновляет таблицу страниц и дает MMU сигнал продолжить операцию.

**Таблицы страниц (Page Table Entries, PTEs):**

Каждый процесс имеет свою таблицу страниц, которая отображает виртуальные адреса на физические адреса или указывает, что страница находится на диске.

PTE (элемент таблицы страниц) содержит биты, указывающие на:

Физический адрес страницы в RAM.

Статус страницы (валидная, на диске, защищена).

Права доступа (чтение, запись, выполнение).

В Windows используется многоуровневая структура таблицы страниц для экономии памяти.

**Файл подкачки (Pagefile.sys):**

Обычно находится в корне системного диска (C:).

Размер файла подкачки может быть фиксированным или изменяться динамически в зависимости от потребностей системы.

Файл подкачки не является обязательным, но рекомендуется для обеспечения стабильности работы системы.

**Процесс подкачки (Swapping):**

ОС использует сложные алгоритмы для выбора страниц, которые нужно переместить из RAM на диск (алгоритмы вытеснения страниц).

Алгоритмы вытеснения страниц стремятся минимизировать количество “page faults” (промахов в памяти), при которых ОС вынуждена подгружать страницы с диска.

Часто используемые алгоритмы: LRU (Least Recently Used), FIFO (First-In-First-Out).

**Работа виртуальной памяти:**

Процесс обращается к памяти по виртуальному адресу.

MMU получает виртуальный адрес и ищет соответствующую запись в таблице страниц текущего процесса.

Если страница находится в RAM, MMU транслирует виртуальный адрес в физический адрес и дает доступ к памяти.

Если страница отсутствует в RAM, MMU генерирует исключение (page fault).

ОС перехватывает исключение, находит страницу в файле подкачки и загружает её в RAM. Если нет места в RAM, ОС может переместить другую страницу на диск.

ОС обновляет таблицу страниц и перезапускает операцию доступа к памяти.