Операційні системи

Лекція 9

Керування оперативною пам'яттю в ОС Linux і Windows

План лекції

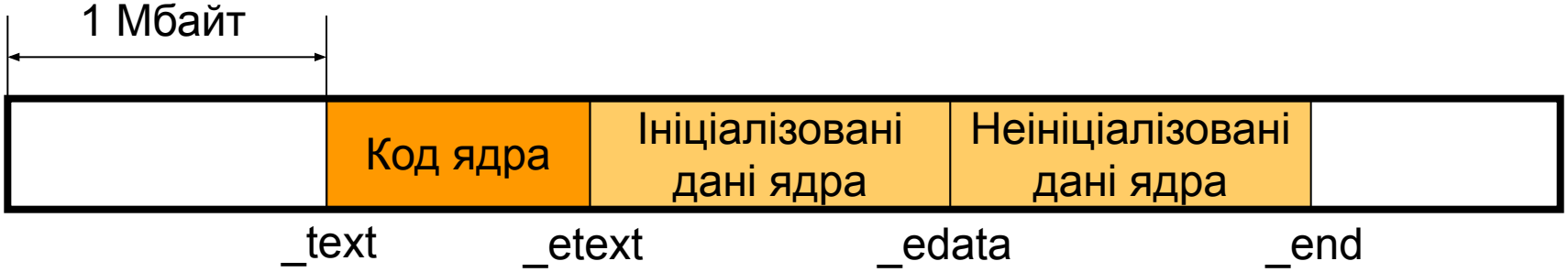
- Керування пам'яттю в ОС Linux
- Керування пам'яттю в ОС Windows

Керування пам’яттю в Linux

- Ядро системи практично не застосовує засобів підтримки сегментації, які надає процесор x86
- Підтримують мінімальну кількість сегментів
  - Сегменти коду і даних ядра
  - Сегменти коду і даних режиму користувача
- Код ядра і режиму користувача спільно використовує ці сегменти
  - Сегменти коду доступні і для виконання, і для зчитування
  - Сегменти даних доступні і для зчитування, і для записування
  - Сегменти даних ядра доступні лише з режиму ядра
- Для усіх сегментів визначають межу у 4 ГБ
  - Таким чином, керування пам’яттю фактично передають на рівень лінійних адрес (які є зміщенням у сегментах)

Розміщення ядра у фізичній пам’яті

- Ядро розміщають у фізичній пам’яті, починаючи з другого мегабайта
- Фрейми пам’яті, у яких розміщено ядро, заборонено вивантажувати на диск і передавати процесам користувача
- З ядра завжди можна визначити фізичні адреси початку та кінця його коду і даних



Особливості адресації процесів і ядра

- У лінійному адресному просторі процесу перші 3 ГБ відображають захищений адресний простір процесу
  - Використовують у режимі ядра та користувача
  - Елементи глобального каталогу, що визначають ці адреси, можуть задаватися самим процесом
- Останній 1 ГБ лінійного адресного простору процесу відображає адресний простір ядра
  - Використовують лише у режимі ядра
  - Елементи глобального каталогу, що визначають ці адреси, однакові для усіх процесів, і можуть задаватися лише ядром
  - Коли передають керування потоку ядра, глобальний каталог (значення регістру cr3) не змінюють, оскільки ядро використовує лише ту частину каталогу, яка є спільною для усіх процесів користувача

Керування адресним простором процесу в Linux

- Адресний простір процесу складається з усіх лінійних адрес, які йому дозволено використовувати
- Ядро може динамічно змінювати адресний простір процесу шляхом додавання або вилучення інтервалів лінійних адрес
- Інтервали лінійних адрес зображуються спеціальними структурами даних – *регіонами пам'яті* (*memory regions*)
  - Розмір регіону кратний 4 кБ
  - Регіони пам'яті процесу ніколи не перекриваються
  - Ядро намагається з'єднувати сусідні регіони у більший регіон

Опис адресного простору процесу в Linux

- Кожний регіон описують *дескриптором регіону* (vm_area_struct). Дескриптор регіону містить:
  - Початкову лінійну адресу регіону
  - Першу адресу після кінцевої адреси регіону
  - Прапорці прав доступу
    - зчитування, записування, виконання, заборона вивантаження на диск тощо
- Усю інформацію про адресний простір процесу описують *дескриптором пам'яті* (*memory descriptor*, mm_struct). Дескриптор пам'яті містить:
  - Кількість регіонів пам'яті
  - Покажчик на глобальний каталог сторінок
  - Адреси різних ділянок пам'яті
    - коду, даних, динамічної ділянки, стека
  - Покажчик на однозв'язний список усіх регіонів процесу
    - Цей список використовують для прискорення сканування всього адресного простору
  - Покажчик на бінарне дерево пошуку, що об'єднує усі регіони процесу
    - Це дерево застосовують для прискорення пошуку конкретної адреси пам'яті

Сторінкова організація пам’яті в Linux

- Три рівня
  - *Page Global Directory*, PGD
  - *Page Middle Directory*, PMD
  - *Page Table*
- Елементи таблиць сторінок PTE вказують на фрейми фізичної пам’яті
- Кожний процес має свій PGD і набір таблиць сторінок
- На архітектурі Intel x86 PMD пустий
  - PGD відповідає каталогу сторінок x86
  - Між таблицями сторінок Linux і таблицями сторінок x86 завжди дотримується однозначна відповідність
- Під час переключення контексту cr3 зберігають у керуючому блоці процесу

Сторінкові переривання

- Виникають під час звернення до логічної адреси пам’яті, якій у конкретний момент не відповідає фізична адреса
- Якщо переривання відбулось у режимі ядра, поточний процес негайно завершують
- Якщо переривання відбулось у режимі користувача:
  - Перевіряють регіон пам’яті, якому належить адреса. Якщо регіон відсутній, процес завершують
  - Якщо переривання викликане спробою записування у регіон, відкритий лише для зчитування, процес завершують
  - Перевіряють таблицю сторінок процесу
  - Якщо сторінка відсутня, ядро створює новий фрейм і завантажує у нього сторінку
    - Так реалізують завантаження сторінок на вимогу
  - Якщо сторінка є, але позначена “тільки для зчитування”, переривання могло виникнути лише під час спроби записування. Тоді ядро створює новий фрейм і копіює у нього дані зі сторінки
    - Так реалізують технологію копіювання під час записування

Списки сторінок менеджера віртуальної пам’яті Linux

Керування пам’яттю в ОС Windows

- Сегментна модель – як і в Linux
  - Для усіх сегментів в програмі задають однакове значення бази й межі
    - Тобто, також передають керування оперативною пам’яттю на рівень лінійних адрес
- Розподіл віртуального адресного простору
  - Перші 2 ГБ – доступні для процесу в режимі користувача
  - Інші 2 ГБ – доступні лише в режимі ядра і відображають системний адресний простір

Структура віртуального адресного простору процесу

- Перші 64 кБ – спеціальна ділянка, доступ до якої спричиняє помилки
- Ділянка, яку процес може використовувати під час виконання
- Блок оточення потоку TEB (4 кБ)
- Блок оточення процесу PEB (4 кБ)
- Ділянка пам’яті, в яку відображають системні дані (системний час, номер версії системи тощо)
  - для доступу до цих даних процесу не требі перемикатись у режим ядра
- Останні 64 кБ – ділянка, спроба доступу до якої завжди спричиняє помилки

Структура системного адресного простору (спрощена)

- Перші 512 МБ – для завантаження ядра системи
- 4 МБ – каталог сторінок і таблиці сторінок процесу
- 4МБ – гіперпростір (hyperspace) – використовують для відображення різних структур даних, специфічних для процесу, на системний адресний простір
- 512 МБ – системний кеш
- Вивантажуваний пул
- Невивантажуваний пул
- Приблизно 4 МБ – структури даних для створення аварійного дампу пам’яті

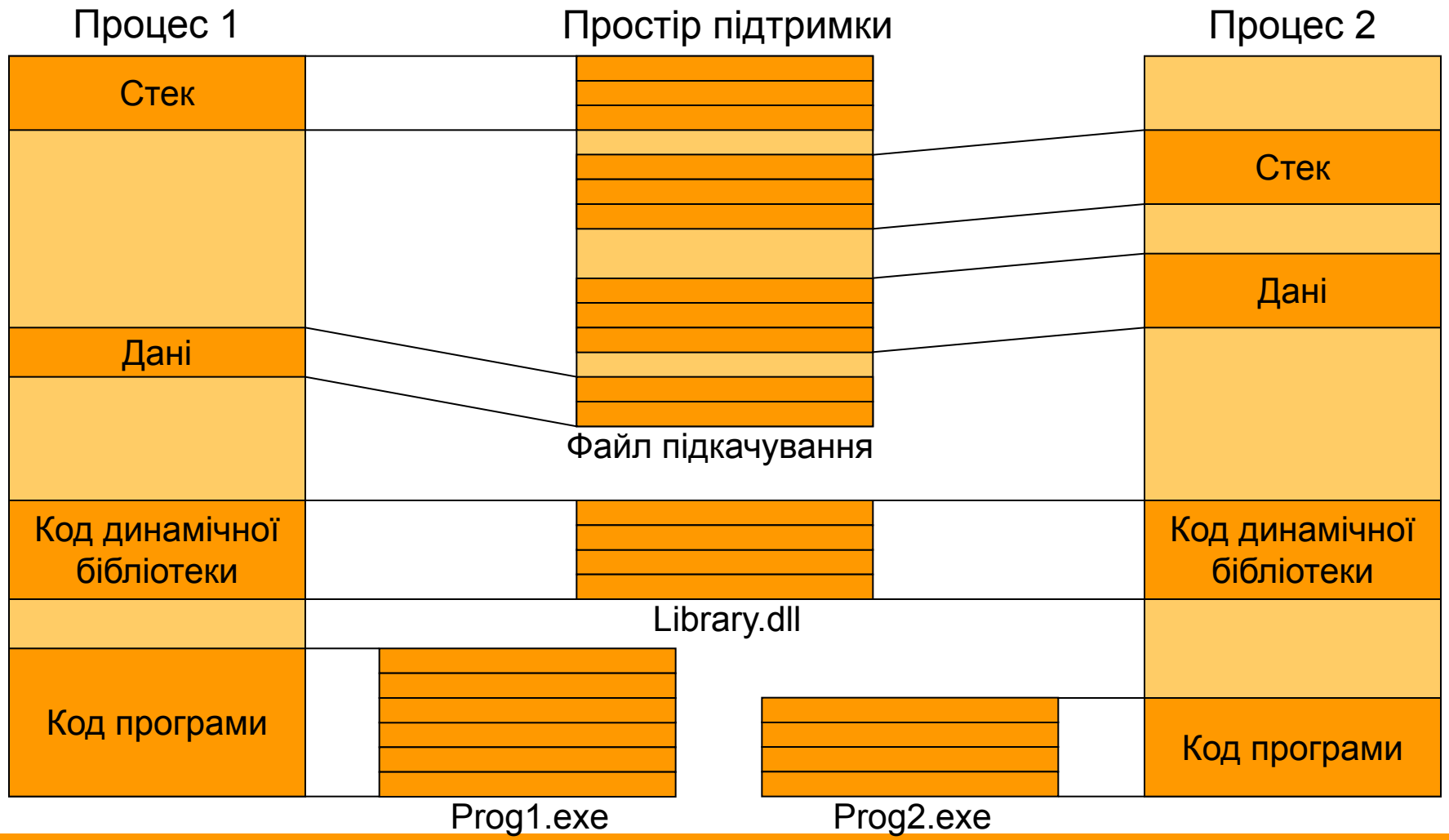
Сторінкова адресація в ОС Windows

- Здійснюється у повній відповідності до архітектури Intel x86
  - У кожного процесу є свій каталог сторінок, кожний елемент якого вказує на таблицю сторінок
  - Таблиці сторінок містять по 1024 елементи, кожний з яких вказує на фрейм фізичної пам’яті
  - Адресу каталогу сторінок зберігають у KPROCESS
- Лінійна адреса – 32 біти
  - 10 – індекс у каталозі сторінок,
  - 10 – індекс у таблиці сторінок,
  - 12 – зміщення
- Елемент таблиці сторінок (дескриптор сторінки) – також 32 біти
  - 20 – адресують конкретний фрейм, якщо сторінка є у фізичній пам’яті, або зміщення у файлі підкачування, якщо сторінка не перебуває у фізичній пам’яті
  - 12 – атрибути сторінки

Сторінки адресного простору

- Сторінки адресного простору можуть бути
  - *вільні* (*free*)
  - *зарезервовані* (*reserved*)
  - *підтверджені* (*committed*)
- Вільні сторінки використовувати не можна. Спочатку вони мають бути зарезервовані
  - Будь-який процес може зарезервувати сторінки
  - Після цього інші процеси не можуть резервувати ті самі сторінки
  - Для використання сторінок процесом вони мають бути підтверджені
- Підтверджені сторінки пов’язані з простором підтримки на диску. Вони можуть бути двох типів:
  - Сторінки, що пов’язані з файлами на диску
    - Простір підтримки – той самий файл
  - Сторінки, що не пов’язані з файлами на диску
    - Простір підтримки – файл підкачування (у файлі підкачування резервуються так звані *тіньові сторінки* – *shadow pages*)

Процеси і простір підтримки у Windows



Регіони пам’яті у Windows

- Регіон відображає неперервний блок логічного адресного простору процесу
- Регіон характеризується початковою адресою і довжиною
  - Початкова адреса регіону повинна бути кратною 64 кБ
  - Розмір регіону повинен бути кратним розміру сторінки – 4 кБ
- Регіони необхідно резервувати і підтверджувати
  - Після резервування регіони інші запити не можуть його повторно резервувати
  - У процесі підтвердження регіону для нього створюються тіньові сторінки – операція підтвердження вимагає доступу до диску і є значно повільнішою, ніж резервування
  - Типовою стратегією є резервування великого регіону, а далі поступове підтвердження його малих частин
  - Для резервування і підтвердження регіону використовують функцію VirtualAlloc() (з різними параметрами)

Причини виникнення сторінкових переривань

- Звернення до сторінки, що не була підтверджена
  - фатальна помилка
- Звернення до сторінки із недостатніми правами
  - фатальна помилка
- Звернення для записування до сторінки, що спільно використовується процесами
  - технологія копіювання під час записування
- Необхідність розширення стека процесу
  - оброблювач переривання має виділити новий фрейм і заповнити його нулями
- Звернення до сторінки, що була підтверджена, але не завантажена у фізичну пам’ять
  - застосовують випереджаюче зчитування