

# Pamięć Wirtualna: Klucz do Wielozadaniowości i Zaawansowanych Aplikacji

Mateusz Ostaszewski

## Wstęp

Pamięć wirtualna to technika zarządzania pamięcią, która umożliwia komputerowi korzystanie z dodatkowej pamięci masowej (takiej jak dysk twardy lub dysk SSD) jako części pamięci głównej (RAM). Z tej metody korzystają systemy operacyjne komputerów, zwłaszcza gdy nie ma wystarczającej ilości pamięci RAM do wykonania instrukcji. Pamięć wirtualna umożliwia komputerom uruchamianie złożonych i wymagających programów, spełniając konkurencyjne wymagania dotyczące pamięci wielu programów w ramach stałej pamięci.

## Historia Pamięci Wirtualnej

Historia pamięci wirtualnej sięga końca lat pięćdziesiątych XX wieku, kiedy naukowcy z Uniwersytetu w Manchesterze w Wielkiej Brytanii opracowali pierwszy system pamięci wirtualnej dla komputerów o nazwie Atlas. Następnie w 1961 roku firma Burroughs Corp wprowadziła na rynek pierwszy komercyjny komputer z wbudowaną pamięcią wirtualną. Intel zintegrował komponent pamięci wirtualnej z procesorem 80286 w 1982 roku.

## Zasada Działania Pamięci Wirtualnej

Pamięć wirtualna działa poprzez przenoszenie danych z pamięci RAM na nośniki pamięci i mapowanie pamięci na pliki dyskowe. Dzięki temu dane zostają przeniesione na urządzenie do przechowywania danych, takie jak dysk twardy lub dysk SSD, gdy nie są używane, zwalniając pamięć RAM do innych zadań. W ten sposób komputer traktuje pamięć dodatkową i pamięć główną jako jedną jednostkę. Pamięć wirtualna jest ważna przy wielozadaniowości i poprawia ogólną wydajność systemu, ponieważ komputer nie musi się martwić o limity pamięci podczas uruchamiania ciężkich programów. Chociaż pamięć wirtualna ma zalety, ma też wady. Okazuje się, że działa znacznie wolniej niż pamięć RAM Twojego komputera. Jeśli system operacyjny stale przesyła dane między pamięcią wirtualną a pamięcią RAM, działanie komputera może znacznie spowolnić. to skutkować zjawiskiem zwanym „biciem”. Dlatego użytkownicy nie mogą całkowicie polegać na pamięci wirtualnej, ponieważ nadmierne wykorzystanie zasobów pamięci wirtualnej może utrudniać przetwarzanie na poziomie aplikacji.

# Rodzaje Pamięci Wirtualnej

Istnieją dwa główne rodzaje pamięci wirtualnej: stronicowanie (paging) i segmentacja.  
Stronicowanie (Paging)

Stronicowanie to funkcja zarządzania pamięcią komputera, która prezentuje lokalizacje przechowywania danych procesorowi jako dodatkową pamięć, zwaną pamięcią wirtualną. W tym procesie, tabela stron przechowuje definicję każdej strony. Kiedy aktywny proces żąda danych, jednostka zarządzania pamięcią (MMU) pobiera odpowiadające strony do ramek znajdujących się w fizycznej pamięci dla szybszego przetwarzania.

## Zalety Stronicowania

- Jest to funkcja przezroczysta dla programistów i nie wymaga interwencji.
- Stronicowanie nie powoduje zewnętrznej fragmentacji i na odpowiednio zaktualizowanych systemach operacyjnych nie ma problemów z fragmentacją wewnętrzną.
- Ramki w stronicowaniu nie muszą być ciągłe.

## Wady Stronicowania

- Stronicowanie powoduje wewnętrzną fragmentację na starszych systemach.
- Ma dłuższe czasy wyszukiwania pamięci niż segmentacja, chociaż pamięć podręczna TLB może pomóc, szczególnie w systemach, które mają wiele TLB.

Segmentacja to wirtualny proces, który tworzy przestrzenie adresowe o różnych rozmiarach w pamięci komputera, nazywane segmentami. Każdy segment to inna wirtualna przestrzeń adresowa, która bezpośrednio odpowiada obiektom procesu. Funkcja segmentacji utrzymuje tabelę segmentów, która zawiera fizyczne adresy segmentu, jego rozmiar i inne dane.

## Zalety Segmentacji

- Segmentacja nie powoduje wewnętrznej fragmentacji.
- Tabele segmentów zajmują mniej miejsca niż tabele stron.
- Segmentacja wymaga mniejszego nakładu przetwarzania niż stronicowanie.
- Ułatwia przenoszenie segmentów w porównaniu z przenoszeniem ciągłych przestrzeni adresowych na dysku.

## Wady Segmentacji

- Segmentacja powoduje zewnętrzną fragmentację do tego stopnia, że nowoczesne serwery x86-64 traktują ją jako aplikację dziedzictwa i wspierają tylko dla wstecznej kompatybilności.
- Zewnętrzna fragmentacja występuje, gdy nieużywana pamięć znajduje się poza przydzielonymi blokami pamięci.

W obu technikach, MMU wykorzystuje dyski twarde (HDD) lub dyski SSD jako pamięć wirtualną, aby uzupełnić RAM. Zarządzanie pamięcią komputera jest podstawową, ale krytyczną funkcją systemu operacyjnego

## Architektura Pamięci Wirtualnej

Architektura pamięci wirtualnej w systemach komputerowych wykorzystuje jednostkę zarządzania pamięcią (MMU), która jest kluczowym komponentem w procesie zarządzania pamięcią. MMU jest integralną częścią podsystemów pamięci, zapewniając efektywne funkcjonowanie wszystkich operacji związanych z pamięcią. MMU jest komponentem sprzętowym komputera, który zajmuje się translacją adresów wirtualnych na fizyczne. Przetwarza ona wszystkie odwołania do pamięci na magistrali pamięci, przekształcając je z adresów pamięci wirtualnej na fizyczne adresy w głównej pamięci. MMU zapewnia również kontrolę dostępu do fizycznej pamięci komputera, umożliwiając wielu procesom jednocześnie działanie bez wzajemnego zakłócania. MMU umożliwia ochronę pamięci, wirtualną pamięć i efektywną alokację pamięci przez mapowanie wirtualnych adresów używanych przez oprogramowanie na odpowiadające im lokalizacje fizycznej pamięci. MMU w nowoczesnych systemach dzieli wirtualną przestrzeń adresową (zakres adresów używanych przez procesor) na strony, zwykle o wielkości będącej potęgą dwójki i najczęściej kilku kilobajtów.

### Zadania MMU

- Zarządzanie pamięcią: MMU przesuwa zasoby pamięci tam, gdzie najlepiej spełniają wymagania systemu, zwykle przed i po wykonaniu procesów systemowych. Monitoruje wszystkie zasoby pamięci, zachowuje główną pamięć i inne zasoby pamięci, oraz zmniejsza ryzyko fragmentacji pamięci i złego przydziału pamięci.
- Integralność danych: Zapewnia utrzymanie integralności danych i minimalizuje ryzyko uszkodzenia danych.
- Błędy dostępu: MMU może również generować warunki błędu nielegalnego dostępu lub nieważnych błędów stronicowania przy nielegalnych lub nieistniejących dostęпах do pamięci, co prowadzi do warunków błędu segmentacji lub błędu magistrali przy obsłudze przez system operacyjny.

## Korzyści i Wyzwania Związane z Pamięcią Wirtualną

Korzyści z pamięci wirtualnej obejmują między innymi możliwość obsługi większej liczby adresów niż pamięć główna, umożliwienie jednoczesnego używania większej liczby aplikacji, unikanie fragmentacji pamięci, zwiększoną bezpieczeństwo dzięki izolacji pamięci oraz wzrost wydajności dzięki automatycznemu przenoszeniu danych.

Wykorzystanie pamięci wirtualnej wiąże się także z wyzwaniami, takimi jak wolniejsza prędkość w porównaniu z pamięcią RAM, konieczność mapowania danych między pamięcią wirtualną a fizyczną, co wymaga dodatkowego wsparcia sprzętowego, ograniczony rozmiar

magazynowania wirtualnego przez ilość pamięci wtórnej oraz zagrożenie thrashingiem w przypadku braku wystarczającej ilości RAM.

## Podsumowanie

W obecnych czasach, zaawansowane technologie komputerowe uczyniły pamięć wirtualną kluczowym elementem systemów operacyjnych, takich jak Windows, Android, czy Linux. Pamięć wirtualna pozwala na efektywniejsze wykorzystanie ograniczonej pamięci RAM, umożliwiając jednoczesne działanie wielu aplikacji i procesów. Dzięki niej, nawet gdy fizyczna pamięć RAM jest w pełni wykorzystana, systemy mogą nadal funkcjonować sprawnie, przenosząc mniej używane dane do pamięci wirtualnej na dysku twardym lub SSD. Ten mechanizm zapewnia lepszą wielozadaniowość i wydajność, pozwalając użytkownikom na bardziej płynną pracę z różnorodnymi programami. W rezultacie, pamięć wirtualna stała się niezbędną częścią nowoczesnego doświadczenia komputerowego, zwiększając możliwości zarządzania zasobami i wydajność systemów.