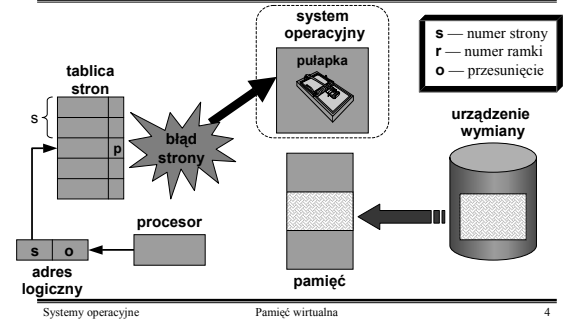


# Pamięć wirtualna

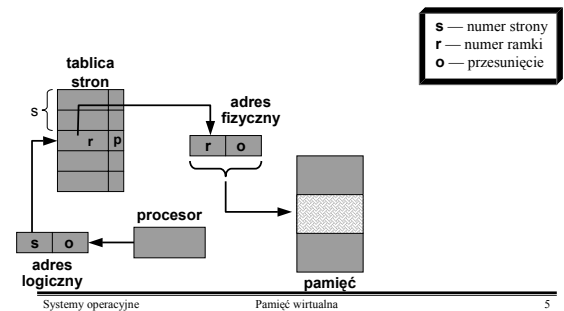
## Obsługa błędu strony



## Stronicowanie w systemie pamięci wirtualnej

- Stronicowanie z wymianą **stron** pomiędzy pamięcią pierwszego i drugiego rzędu.
- Zalety w porównaniu z prostym stronicowaniem: rozszerzenie przestrzeni adresowej (wirtualnej) i tym samym zwiększony stopień wieloprogramowości.
- Wady: złożoność zarządzania i narzut czasowy związany z dostępem.

## Powtórne wykonania rozkazu

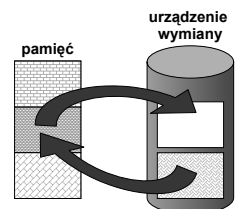


## Mechanizm stronicowania na żądanie

- Działanie mechanizmu — strony są sprowadzane do pamięci tylko wówczas, gdy jest to konieczne, czyli gdy następuje odniesienie do komórki o adresie, znajdującym się na tej stronie (leniwa wymiana, ang. lazy swapping).
- Wymagania sprzętowe
  - tablica stron z bitem poprawności (ang. valid-invalid bit) dla każdej pozycji (dodatkowo z bitem modyfikacji i odniesienia),
  - mechanizm reakcji na odniesienie do strony niepoprawnej,
  - urządzenie wymiany (ang. swap device) — pamięć pomocnicza.

## Zastępowanie stron (ang. page replacement)

- Problem zastępowania (wymiany) stron pojawia się w, gdy w pamięci fizycznej brakuje wolnych ramek i konieczne jest zwolnienie jakiejś ramki poprzez usunięcie z niej strony.
- Jeśli strona była modyfikowana w pamięci, konieczne jest zapisanie jej na dysku ⇒ konieczność wprowadzenia bitu modyfikacji (ang. modify bit), zwanego też bitem zabrudzenia (ang. dirty bit).



## Problemy zastępowania stron

- ❁ Problem wyboru ofiary — niewłaściwy wybór ramki ofiary może prowadzić do zjawiska migotania, w którym często dochodzi do wystąpienia odniesienia do właśnie usuniętej strony, co w konsekwencji wymaga ponownego sprowadzenia jej do pamięci. Dalszą konsekwencją takiego zjawiska może być drastyczny spadek efektywności działania systemu komputerowego.
- ❁ Problem wznawiania rozkazów — w przypadku wielokrotnego odniesienia do pamięci w jednym cyklu rozkazowym należy zapewnić, że wszystkie adresowane strony są jednocześnie dostępne w ramach w pamięci fizycznej.

## Problem efektywności systemu z pamięcią wirtualną

- ❁ Efektywność działania systemu pamięci wirtualnej zależy od precyzji identyfikacji zbioru stron aktywnych i możliwości utrzymania ich w pamięci fizycznej.
- ❁ Wobec braku a priori pełnego ciągu odniesień do stron wirtualnych identyfikacja takiego zbioru może wynikać z różnych przesłanek, czego skutkiem jest duża różnorodność algorytmów wymiany.

## Problem wyboru ofiary

- ❁ Zakładając, że przyszły ciąg odniesień do pamięci nie jest znany, na podstawie historii odniesień należy wybrać taką ramkę, do której prawdopodobieństwo odniesienia w przyszłości jest małe.
- ❁ Podstawowa własność programów, na podstawie której można szacować takie prawdopodobieństwo nazywana jest *lokalnością*.

## Przykłady algorytmów wymiany stron

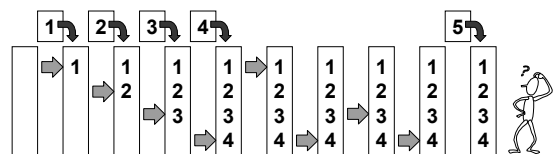
- ❁ Algorytm FIFO (ang. First In First Out) — zastępowana jest strona najstarsza (najwcześniej wprowadzona do pamięci)
- ❁ Algorytm OPT (MIN) — zastępowana jest strona, która najdłużej nie będzie używana
- ❁ Algorytm LRU (ang. Least Recently Used) — zastępowana jest najdawniej używana strona (najdłużej nie używana)
- ❁ LFU (ang. Least Frequently Used) — zastępowana jest najrzadziej używana strona
- ❁ MFU (ang. Most Frequently Used) — zastępowana jest najczęściej używana strona

## Własność lokalności

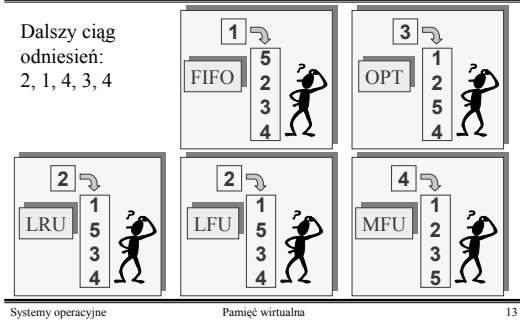
- ❁ Lokalność jest określona jako tendencja procesów do generowania w stosunkowo długich przedziałach czasu odniesień do niewielkiego podzbioru stron wirtualnych zwanego *zbiorem stron aktywnych*.
- ❁ Rodzaje własności lokalności:
  - lokalność czasowa — tendencja procesu do generowania z dużym prawdopodobieństwem w przedziale czasu  $(t, t + \tau)$  odniesień do stron adresowanych w przedziale czasu  $(t - \tau, t)$ ;
  - lokalność przestrzenna — tendencja procesu do generowania z dużym prawdopodobieństwem odniesień do stron o zbliżonych numerach (stron sąsiadnych).

## Przykład działania algorytmu wymiany stron

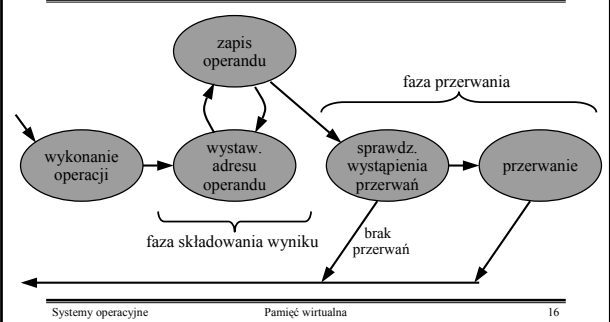
- ❁ W systemie pamięci wirtualnej są 4 ramki.
- ❁ Wszystkie ramki są początkowo puste
- ❁ W systemie pojawiają się następujące odniesienia (odwołań) do stron: 1, 2, 3, 4, 1, 4, 3, 4, 5, 2, 1, 4, 3, 4



## Przykład działania algorytmu wymiany stron (2)



## Cykl rozkazowy — graf stanów procesora (2)



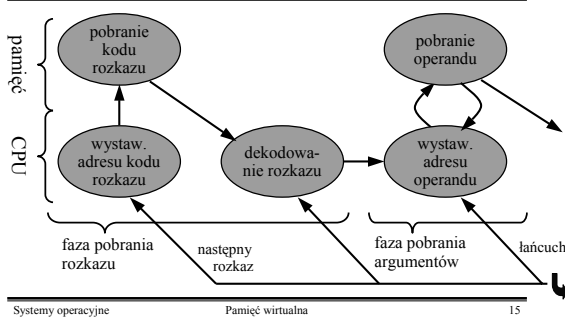
## Problem wznowiania rozkazów — cykl rozkazowy

- ✿ Cykl rozkazowy — cykl działań procesora i jego interakcji z pamięcią operacyjną związanych z realizacją rozkazu.
- ✿ Cykl rozkazowy składa się z faz, zwanych cyklami maszynowymi.
- ✿ Typowe fazy cyklu rozkazowego:
  - pobranie kodu rozkazu — odczyt pamięci
  - pobranie operandu — odczyt pamięci
  - składowanie wyniku — zapis pamięci

## Segmentacja w systemie pamięci wirtualnej

- ✿ Segmentacja z wymianą segmentów pomiędzy pamięcią pierwszego i drugiego rzędu.
- ✿ Zalety w porównaniu z prostą segmentacją: zwiększony stopień wieloprogramowości.
- ✿ Wady: złożoność zarządzania i narzut czasowy związany z dostępem.

## Cykl rozkazowy — graf stanów procesora (1)



## Mechanizm segmentacji na żądanie — problemy realizacji

- ✿ Skomplikowana wymiana — segmenty mają różne rozmiary.
- ✿ Sprowadzenie segmentu do pamięci może wymagać upakowania i/lub przesunięcia w obszar wymiany jednego lub kilku segmentów znajdujących się w pamięci fizycznej, co jest procedurą czasochłonną.
- ✿ Ze względu na zróżnicowany rozmiar czas transmisji danych jest trudniej przewidywalny (większy rozrzut w sensie statystycznym).