

Systemy operacyjne

Planowanie przydziału procesora

Dariusz Wawrzyniak



Systemy operacyjne



Plan wykładu

- Komponenty jądra związane z szeregowaniem
- Ogólna koncepcja planowania
- Kryteria oceny algorytmów planowania
- Algorytmy planowania

Planowanie przydziału procesora (2)

Systemy operacyjne

**Komponenty jądra w planowaniu**

- Planista krótkoterminowy (ang. CPU scheduler) — wyznacza wartość priorytetu procesów gotowych i wybiera proces (o najwyższym priorytecie) do wykonania.
- Ekspedytor (zwany również dyspozytorem) ang. dispatcher) — realizuje przekazanie sterowanie do procesu wybranego przez planistę (dokonuje przełączenia kontekstu).

Planowanie przydziału procesora (3)

Systemy operacyjne

**Ogólna koncepcja planowania**

- Tryb decyzji — określa okoliczności, w których oceniane i porównywane są priorytety procesów oraz dokonywany jest wybór procesu do wykonania.
- Funkcja priorytetu — funkcja wyznaczająca aktualny priorytet procesu na podstawie parametrów procesu i stanu systemu.
- Reguła arbitrażu — reguła rozstrzygania konfliktów w dostępie do procesora w przypadku procesów o tym samym priorytecie.

Planowanie przydziału procesora (4)

Systemy operacyjne

**Tryb decyzji**

- Schemat niewywłaszczeniowy (ang. nonpreemptive) — proces po uzyskaniu dostępu do procesora wykonywany jest do momentu zakończenia lub zgłoszenia żądania obsługi do systemu.
- Schemat wywłaszczeniowy (ang. preemptive) — proces może zostać zatrzymany i umieszczony w kolejce procesów gotowych, a procesor zostaje przydzielony procesowi o wyższym (lub równym) priorytecie.

Planowanie przydziału procesora (5)

Systemy operacyjne

**Podejmowanie decyzji o wywłaszczeniu**

- Utworzenie i przyjęcie nowego procesu
- Obudzenie procesu w wyniku otrzymania komunikatu, sygnału gotowości urządzenia (przerwanie) lub sygnału wynikającego z synchronizacji
- Upływanie kwantu czasu odmierzanego przez czasomierz
- Wzrost priorytetu innego procesu w stanie gotowy powyżej priorytetu procesu wykonywanego — możliwe w systemie ze zmiennymi priorytetami

Planowanie przydziału procesora (6)

Systemy operacyjne

**Funkcja priorytetu**

- Argumentami funkcji priorytetu są wybrane składowe stanu procesu oraz stanu systemu.
- Priorytet procesu w danej chwili jest wartością wynikową funkcji priorytetu dla bieżących wartości parametrów stanu danego procesu i aktualnego stanu systemu.

Planowanie przydziału procesora (7)

Systemy operacyjne

**Argumenty funkcji priorytetu ⁽¹⁾**

- Czas oczekiwania — czas spędzony w kolejce procesów gotowych (czas spędzony w stanie gotowości)
- Czas obsługi — czas, przez który proces był wykonywany (wykorzystywał procesor) od momentu przyjęcia do systemu
- Rzeczywisty czas przebywania w systemie — czas spędzony w systemie od momentu przyjęcia (czas obsługi + czas oczekiwania + czas realizacji żądań zasobowych)
- Czasowa linia krytyczna — czas, po którym wartość wyników spada (nawet do zera, np. przy przewidywaniu pogody)

Planowanie przydziału procesora (8)

Systemy operacyjne

Argumenty funkcji priorytetu ⁽²⁾

- Priorytet zewnętrzny — składowa priorytetu, która pozwala wyróżnić procesy ze względu na klasy użytkowników lub rodzaj wykonywanych zadań
- Wymagania odnośnie wielkości przestrzeni adresowej pamięci
- Obciążenie systemu — liczba procesów przebywających w systemie i ubiegających się (potencjalnie) o przydział procesora lub innych zasobów, zajętość pamięci

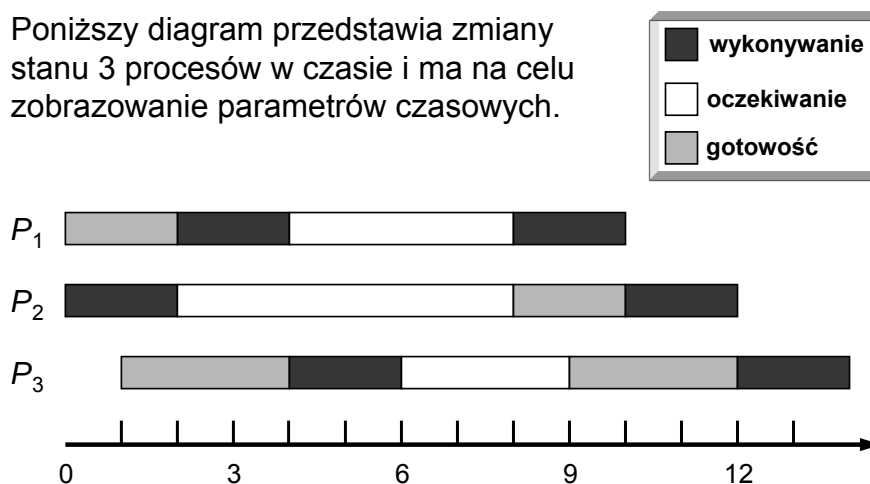
Planowanie przydziału procesora (9)

Systemy operacyjne



Przykład realizacji przetwarzania

Poniższy diagram przedstawia zmiany stanu 3 procesów w czasie i ma na celu zobrazowanie parametrów czasowych.



Planowanie przydziału procesora (10)

Systemy operacyjne

**Reguła arbitrażu**

- Losowo — możliwe w przypadku, gdy liczba procesów o tym samym priorytecie jest niewielka
- Cyklicznie — cykliczny przydział procesora kolejnym procesom
- Chronologicznie — w kolejności przyjmowania procesów do systemu (w kolejności FIFO)

Planowanie przydziału procesora (11)

Systemy operacyjne

**Kryteria oceny algorytmów planowania ⁽¹⁾**

- Efektywność z punktu widzenia systemu
 - wykorzystanie procesora (processor utilization) — procent czasu, przez który procesor jest zajęty pracą
 - przepustowość (throughput) — liczba procesów kończonych w jednostce czasu
- Inne aspekty z punktu widzenia systemu
 - sprawiedliwość (fairness) — równe traktowanie procesów
 - respektowanie zewnętrznych priorytetów procesów
 - równoważenie obciążenia wykorzystania zasobów

Planowanie przydziału procesora (12)

Systemy operacyjne

**Kryteria oceny algorytmów planowania** ⁽²⁾

- Efektywność z punktu widzenia użytkownika
 - czas cyklu przetwarzania (turnaround time) — czas pomiędzy przedłożeniem zadania, a zakończeniem jego wykonywania (rzeczywisty czas przebywania w systemie w momencie zakończenia procesu),
 - czas odpowiedzi (reakcji, response time) — czas pomiędzy przedłożeniem żądania, a rozpoczęciem przekazywania odpowiedzi.
 - czas opóźnienia — czas od linii krytycznej do momentu zakończenia wykonywania
- Inne aspekty z punktu widzenia użytkownika
 - przewidywalność — realizacja przetwarzania w zbliżonym czasie niezależnie od obciążenia systemu.

Planowanie przydziału procesora (13)

Systemy operacyjne

**Algorytmy planowania niewywłaszczającego** ⁽¹⁾

- FCFS (First Come First Served) — pierwszy zgłoszony, pierwszy obsłużony
- LCFS (Last Come First Served) — ostatni zgłoszony, pierwszy obsłużony
- SJF (SJN, SPF, SPN, Shortest Job/Process First/Next) — najpierw najkrótsze zadanie

Planowanie przydziału procesora (14)

Systemy operacyjne

 **Algorytmy planowania niewyłączającego (2)**



FCFS **LCFS** **SJF**

Planowanie przydziału procesora (15)

Systemy operacyjne

 **Algorytmy planowania wyłączającego (1)**

- Planowanie rotacyjne (ang. Round Robin, RR) — po ustalonym kwancie czasu proces wykonywany jest przerywany i trafia do kolejki procesów gotowych.
- SRT (Shortest Remaining Time) — najpierw zadanie, które ma najkrótszy czas do zakończenia.

Planowanie przydziału procesora (16)

Systemy operacyjne

Algorytmy planowania wywłaszczającego (2)

RR **SRT**

Planowanie przydziału procesora (17)

Systemy operacyjne

Podstawowe algorytmy planowania a funkcja priorytetu

- Podstawowe algorytmy planowania można uzyskać przez odpowiednią definicję funkcji priorytetu.
- Parametrami funkcji priorytetu dla podstawowych algorytmów planowania są następujące atrybuty czasowe procesów:
 - a — bieżący (dotychczasowy) czas obsługi
 - r — rzeczywisty czas w systemie
 - t — całkowity wymagany czas obsługi (czas obsługi do momentu zakończenia)

Planowanie przydziału procesora (18)

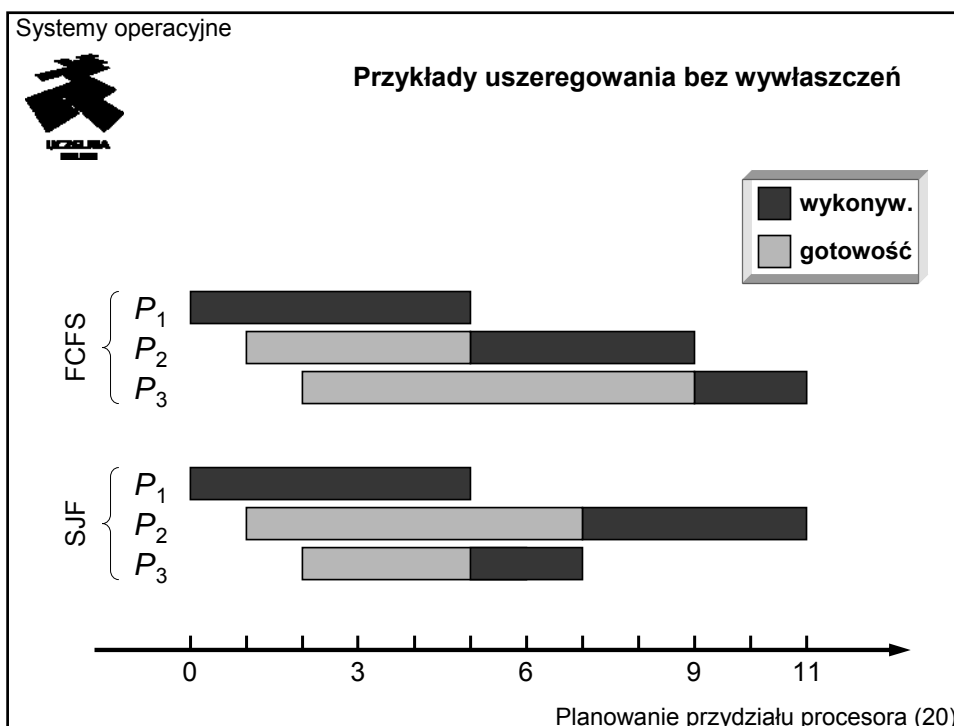
Systemy operacyjne

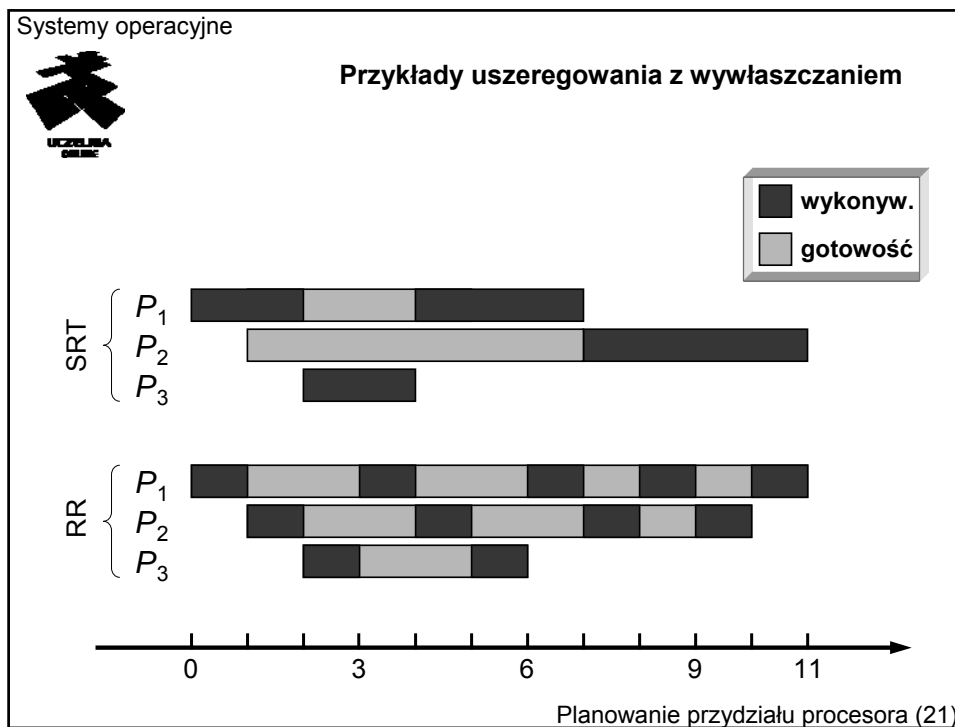


Własności algorytmów planowania

algorytm	priorytet	tryb decyzji	arbitraż
FIFO	r	niewywłaszczeniowy	losowy
LIFO	$-r$	niewywłaszczeniowy	losowy
SJF	$-t$	niewywłaszczeniowy	losowy lub chronologiczny
SRT	$a - t$	wywłaszczeniowy	losowy lub chronologiczny
RR	stały	wywłaszczeniowy	cykliczny

Planowanie przydziału procesora (19)





Systemy operacyjne

Algorytmy SJF/SRT — estymacja czasu obsługi

- Średnia arytmetyczna

$$S_{n+1} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_i \Leftrightarrow S_{n+1} = \frac{T_n + (n-1) \cdot S_n}{n}$$
- Średnia wykładnicza

$$S_{n+1} = \alpha \cdot T_n + (1-\alpha) \cdot S_n$$

$$\Updownarrow$$

$$S_{n+1} = \sum_{i=0}^{n-1} (1-\alpha)^i \cdot \alpha \cdot T_{n-i} =$$

$$= \alpha T_n + (1-\alpha) \alpha T_{n-1} + \dots + (1-\alpha)^i \alpha T_{n-i} (1-\alpha)^{n-1} \alpha T_1$$

Planowanie przydziału procesora (22)

Systemy operacyjne

**Algorytm RR — dobór kwantu czasu**

- Krótki kwant czasu oznacza zmniejszenie czasu cyklu przetwarzania procesów krótkich, ale zwiększa narzut czasowy związany z przełączaniem kontekstu.
- Z punktu widzenia interakcji z użytkownikiem kwant czasu powinien być trochę większy, niż czas odpowiedzi (reakcji).

Planowanie przydziału procesora (23)

Systemy operacyjne

**Dobór kwantu czasu, a czas odpowiedzi systemu****kwant czasu > czas interakcji**

czas odpowiedzi

kwant czasu

**kwant czasu < czas interakcji**

kwant czasu

czas odpowiedzi

Planowanie przydziału procesora (24)

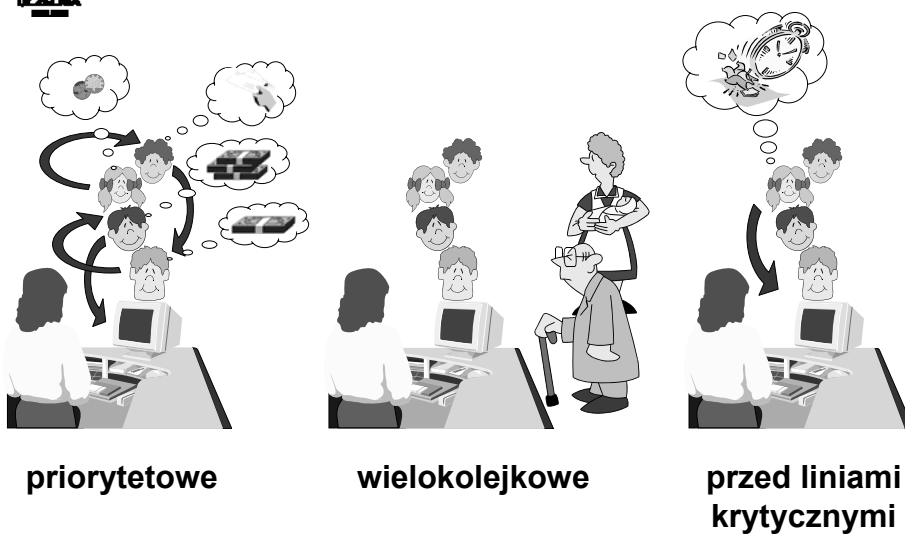
Systemy operacyjne

Inne algorytmy planowania ⁽¹⁾

- Planowanie priorytetowe — oparte na priorytecie zewnętrznym
- Planowanie wielokolejkowe — w systemie jest wiele kolejek procesów gotowych i każda z kolejek może być inaczej obsługiwana.
- Planowanie przed liniami krytycznymi — zakończenie zadania przed czasową linią krytyczną lub możliwie krótko po tej linii

Planowanie przydziału procesora (25)

Systemy operacyjne

Inne algorytmy planowania ⁽²⁾

Planowanie przydziału procesora (26)

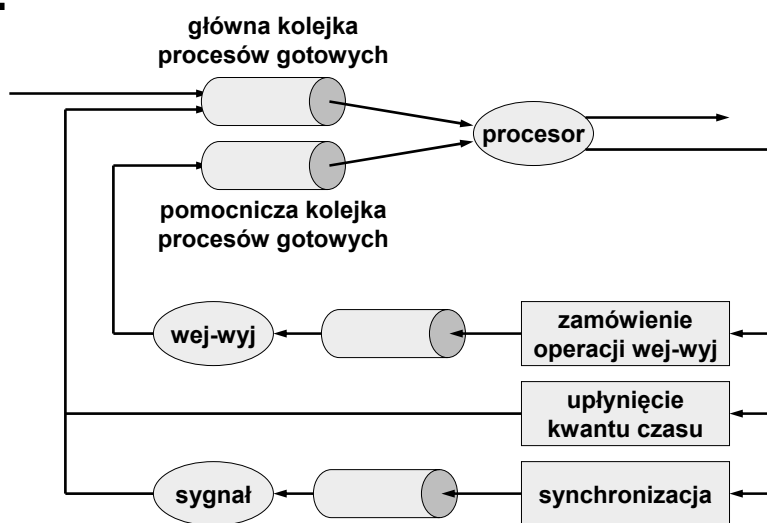
Systemy operacyjne

**Szeregowanie procesów, ograniczonych wejściem-wyjściem**

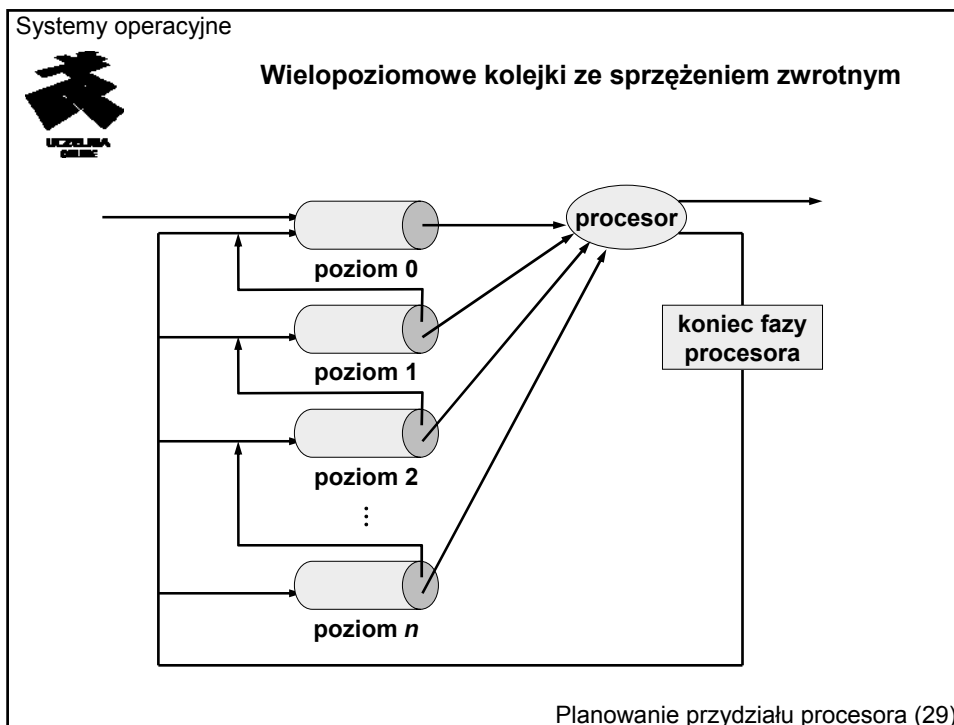
- Procesy ograniczone wejściem-wyjściem potrzebują niewiele czasu procesora, większość czasu w systemie spędzając na oczekiwaniu na urządzenia zewnętrzne.
- Opóźnianie przydziału procesora dla tego typu procesów powoduje zmniejszenie wykorzystania urządzeń zewnętrznych, a przydział — ze względu na nie długą fazę procesora — nie powoduje istotnego zwiększenia czasu oczekiwania innych procesów.
- Właściwym algorytmem byłby SJF lub SRT.
- Bezwzględna preferencja dla procesów oczekujących na gotowość urządzeń może spowodować głodzenie procesów ograniczonych procesorem.

Planowanie przydziału procesora (27)

Systemy operacyjne

**Wirtualne planowanie rotacyjne (VRR)**

Planowanie przydziału procesora (28)



Systemy operacyjne

Implementacja algorytmów planowania

- Z punktu widzenia przetwarzania użytkowego przełączanie kontekstu jest marnotrawstwem czasu procesora.
- Decyzja planisty musi zapaść w możliwie krótkim czasie.
- Struktury danych muszą być tak zaprojektowane, żeby ułatwić dokonanie szybkiego wyboru procesu o najwyższym priorytecie zgodnie z polityką planowania przydziału procesora (modelem matematycznym).

Planowanie przydziału procesora (30)

Systemy operacyjne

**Implementacja algorytmu FCFS**

- Struktura danych dla kolejki procesów gotowych → kolejka FIFO
- Umieszczenie procesu w kolejce procesów gotowych → dopisanie procesu na końcu kolejki FIFO
- Wybór procesu do wykonania → pobranie procesu z czoła kolejki FIFO
- Czy taki algorytm realizuje dokładnie założenia modelu matematycznego?

Planowanie przydziału procesora (31)

Systemy operacyjne

**Kolejki priorytetowe**

- Kolejka priorytetowa jest wielopoziomową kolejką ze sprzężeniem zwrotnym, w której każdy poziom odpowiada pewnej wartości priorytetu lub pewnemu zakresowi wartości.
- Umieszczenie procesu w kolejce priorytetowej sprowadza się do wyznaczenia pozycji odpowiedniej dla priorytetu procesu, a następnie umieszczeniu procesu na końcu kolejki na tej pozycji.
- Wybór procesu o najwyższym priorytecie sprowadza się do zlokalizowania pierwszej niepustej w kolejności malejących priorytetów i wybrania pierwszego procesu z tej kolejki.

Planowanie przydziału procesora (32)