AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Systemy operacyjne
Wykład 04

Wersja 2026

dr inż. Marek Wilkus **http://home.agh.edu.pl/~mwilkus**
Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej
AGH Kraków

Na podstawie programu opracowanego przez dr inż. Krzysztofa Wilka

Planowanie przydziału procesora

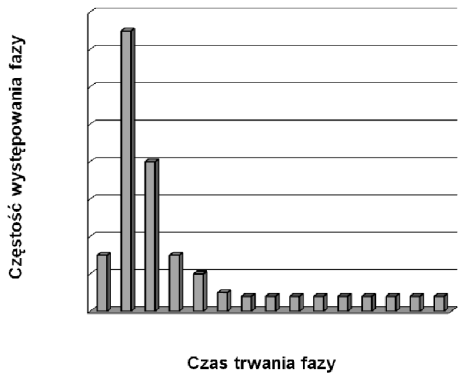
Planowanie przydziału procesora

- W pamięci operacyjnej znajduje się kilka procesów jednocześnie.
- Kiedy jakiś proces musi czekać, system operacyjny odbiera mu zasoby procesora i przekazuje do dyspozycji innego procesu.
- Planowanie przydziału procesora jest jedną z podstawowych funkcji każdego systemu operacyjnego.

Fazy procesora i I/O

załaduj **przechowaj** **dodaj** **przechowaj** **czytaj** z pliku	Faza procesora
Czekaj na urządzenie wejścia-wyjścia	Faza wejścia/wyjścia
przechowaj **dodaj** **zwiększ indeks** **pisz** do pliku	Faza procesora
Czekaj na urządzenie wejścia-wyjścia	Faza wejścia/wyjścia
załaduj **przechowaj** **dodaj** **przechowaj** **czytaj** z pliku	Faza procesora
Czekaj na urządzenie wejścia-wyjścia	Faza wejścia/wyjścia

Czasy faz procesora



Planowanie przydziału procesora

- Proces ograniczony przez I/O ma zazwyczaj dużo krótkich faz procesora.
- Proces ograniczony przez procesor może mieć mało, lecz bardzo długich faz procesora.

Planowanie przydziału procesora

- Decyzje o zmianie przydziału procesora podejmowane są gdy:
  - Proces przeszedł od stanu aktywności do czekania, np. na zakończenie potomka lub "zamówił" I/O.
  - Proces przeszedł od stanu aktywności do gotowości, np. wskutek wystąpienia przerwania.
  - Proces przeszedł od stanu czekania do gotowości, np. po zakończeniu operacji I/O.
  - Proces kończy działanie.
- Jeśli planowanie odbywa się tylko w pierwszym i ostatnim przypadku, mamy do czynienia z **planowaniem niewywłaszczeniowym (co-operative).** W przeciwnym wypadku planowanie jest **wywłaszczeniowe (preemptive)**.

Planowanie przydziału procesora

- Bez wywłaszczeń - proces, który otrzymał procesor, odda go dopiero przy przejściu do stanu oczekiwania lub po zakończeniu. Nie wymaga zegara. Stosowane w starszych systemach Windows.
- Jednakże planowanie wywłaszczające jest **ryzykowne:** Należy brać pod uwagę fakt, że proces w momencie wywłaszczenia może być w trakcie wykonywania funkcji systemowej.
- Zabezpieczenia:
  - System czeka z przełączeniem kontekstu do zakończenia funkcji,
  - Przerwania są blokowane przy przejściu do ryzykownych fragmentów kodu jądra,
  - Nie wywłaszcza procesu, gdy wewnętrzne struktury jądra są niespójne.

Dispatcher (ekspedytor)

- Jest to moduł, który przekazuje procesor do dyspozycji procesu wybranego przez planistę krótkoterminowego. Do jego zadań należy:
  - Przełączanie kontekstu,
  - Przełączanie procesu do trybu użytkownika,
  - Wykonanie skoku w kodzie procesu by wznowić jego działanie.
- Opóźnienie ekspedycji – czas jaki ekspedytor używa na wstrzymanie jednego procesu i wznowienie innego.
  Czas ten powinien być jak najkrótszy (ekspedytor jak najszybszy).

Kryteria planowania

- Wykorzystanie procesora - w realnych systemach od 40 (słabe) do 90% (intensywne),
- Przepustowość - mierzona ilością procesów kończonych w jednostce czasu (dla długich - kilka na godzinę, dla krótkich - kilka na sekundę),
- czas cyklu przetwarzania - od nadejścia procesu do systemu, do jego zakończenia (suma czasów oczekiwania na wejście do pamięci, w kolejce procesów gotowych, okresów aktywności i operacji wejścia-wyjścia),
- Czas oczekiwania - suma czasów w których proces czeka w kolejce p. gotowych,
- Czas odpowiedzi - w systemach interakcyjnych - czas od wysłania żądania do rozpoczęcia odpowiedzi.

Planowanie optymalne

- **Maksymalne** wykorzystanie procesora,
- **Maksymalna** przepustowość,
- **Minimalny** czas cyklu przetwarzania,
- **Minimalny** czas oczekiwania,
- **Minimalny** czas odpowiedzi.

Metoda FCFS (pierwszy zgłoszony – pierwszy obsłużony)

Zgłaszają się 3 procesy:

1. P1 o czasie trwania fazy: 24 ms
2. P2 o czasie trwania fazy: 3 ms
3. P3 o czasie trwania fazy: 3 ms

Diagram Gantta dla planowania FCFS:

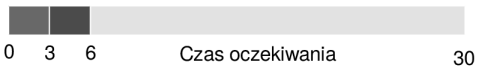
Średni czas oczekiwania wynosi więc:

(0+24+27)/3 = 17 ms

Planowanie metodą FCFS

A gdyby procesy zgłosiły się w kolejności:
1. P2
2. P3
3. P1

Diagram Gantta dla planowania FCFS:



Średni czas oczekiwania wyniósłby wtedy:

(0+3 +6)/3 = 3 ms

Planowanie metodą FCFS

- Pierwszy przykład pokazuje, że planowanie metodą FCFS nie jest optymalne.
- Średni czas oczekiwania bardzo zależy od kolejności zgłoszenia procesów.
- Efekt konwoju - małe procesy czekają na zwolnienie procesora przez jeden wielki proces.
- Algorytm FCFS jest niewywłaszczający.
- Algorytm ten jest nieużyteczny w systemach z podziałem czasu, w których procesy powinny dostawać procesor w regularnych odstępach czasu.

Metoda SJF (Najpierw najkrótsze zadanie)

Zgłaszają się cztery procesy:
1. P1 o czasie trwania fazy: 6 ms
2. P2 o czasie trwania fazy: 8 ms
3. P3 o czasie trwania fazy: 7 ms
4. P4 o czasie trwania fazy: 3 ms

Diagram Gantta dla planowania SJF:

Średni czas oczekiwania wynosi:
(3+16+9+0)/4 = 7 ms

Dla metody FCFS wynosiłby:
(0+6+14+21)/4 =10,25 ms

Planowanie metodą SJF

- Można udowodnić, że planowanie tą metodą jest optymalne.
- Umieszczenie krótkiego procesu przed długim w większym stopniu zmniejsza czas oczekiwania krótkiego procesu niż zwiększa czas oczekiwania procesu długiego.
- Algorytm SJF jest często używany przy planowaniu długoterminowym.
- Problem - **nie można przewidzieć długości następnej fazy procesora**, można ją tylko szacować, najczęściej za pomocą średniej wykładniczej z poprzednich faz procesora.

Planowanie metodą SJF

$$f_{n+1} = \alpha\, t_n + (1-\alpha)\, f_n$$

gdzie:

α –współczynnik wagi (0÷1)

t_n – długość n-tej fazy procesora,

f_n - informacje o poprzednich fazach

gdy α =0 - bierzemy pod uwagę tylko dawniejszą historię,

a gdy α =1 - bierzemy pod uwagę tylko ostatnie fazy.

Najczęściej α =0,5

Planowanie metodą SJF

- Algorytm SJF może być wywłaszczający lub niewywłaszczający.
- Gdy do kolejki dochodzi nowy proces, który posiada fazę procesora krótszą niż pozostały czas w bieżącym procesie, algorytm wywłaszczający odbiera procesor bieżącemu procesowi i przekazuje go krótszemu.
- Metoda ta nazywa się **SRTF** (shortest remaining time first) czyli „najpierw najkrótszy pozostały czas”.
- Algorytm niewywłaszczający pozwala na dokończenie fazy procesora.

Planowanie priorytetowe

- Mechanizm bardzo podobny do SJF, ale kryterium szeregowania jest priorytet procesu.
- Najpierw wykonywane są procesy o ważniejszym priorytecie.
- Priorytety mogą być definiowane wewnętrznie, na podstawie pewnych cech procesu (np. wielkość pamięci, limity czasu, zapotrzebowanie na urządzenia we-wy itd..)
- Priorytety definiowane zewnętrznie mogą np. zależeć od ważności użytkownika, jego firmy czy też od innych politycznych uwarunkowań.

Planowanie priorytetowe

- Wady:
  - Procesy o niskim (mało ważnym) priorytecie mogą nigdy nie dostać procesora (głodzenie, nieskończone blokowanie).
  - Przykład: w 1973 r. w wycofywanym z eksploatacji na MIT komputerze IBM 7094 wykryto „zagłodzony" proces o niskim priorytecie, który został uruchomiony do wykonania w 1967 roku ;-(.
- Rozwiązaniem problemu jest „postarzanie" czyli podnoszenie priorytetu procesów oczekujących zbyt długo.
- Przykład: przydział mieszkania dla dziadka w "Alternatywy 4".

Planowanie rotacyjne (RR) (Round Robin)

- Zaprojektowane specjalnie do systemów z podziałem czasu.
- Każdy proces otrzymuje kwant czasu (w starszych rozwiązaniach 10-100ms), po upływie którego jest wywłaszczany i umieszczany na końcu kolejki zadań gotowych.
- Kolejny proces do wykonania jest wybierany zgodnie z algorytmem FCFS.
- Jeżeli jest **n** procesów gotowych a kwant czasu wynosi **q**, to każdy proces czeka nie dłużej niż (n-1)*q jednostek czasu.

Planowanie RR, kwant czasu 25ms

1. P1 o czasie trwania fazy: 24 ms
2. P2 o czasie trwania fazy: 3 ms
3. P3 o czasie trwania fazy: 3 ms

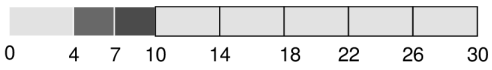
Diagram Gantta dla q=25 ms:

Średni czas oczekiwania wynosi:
(0+24+27)/3 = 17 ms
Przełączań kontekstu: 2

Planowanie RR, kwant czasu 4ms

1. P1 o czasie trwania fazy: 24 ms
2. P2 o czasie trwania fazy: 3 ms
3. P3 o czasie trwania fazy: 3 ms

Diagram Gantta dla q=4 ms:

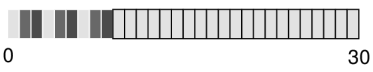


Średni czas oczekiwania wynosi:
(17)/3 = 5,66 ms
Przełączeń kontekstu: 7

Planowanie RR, kwant czasu 1ms

1. P1 o czasie trwania fazy: 24 ms
2. P2 o czasie trwania fazy: 3 ms
3. P3 o czasie trwania fazy: 3 ms

Diagram Gantta dla q=1 ms:



Przełączeń kontekstu: 29

Planowanie rotacyjne

- Wydajność algorytmu zależy bardzo od kwantu czasu **q**.
  - Gdy q jest duże, algorytm RR przechodzi praktycznie w algorytm FCFS.
  - Gdy q jest bardzo małe, to przez znaczną część czasu procesor zajęty jest przełączaniem kontekstu.
- Ogólna zasada:

  80% faz procesora powinno być krótszych niż kwant czasu.

Wielopoziomowe planowanie kolejek

- Kolejka procesów gotowych jest podzielona na oddzielne pod-kolejki, na przykład:
  - Kolejka procesów pierwszoplanowych (foreground),
  - Kolejka procesów drugoplanowych (background).
- Przykładowe proponowane algorytmy planowania:
  - Procesy pierwszoplanowe: RR
  - Procesy drugoplanowe: FCFS
- Procesy pierwszoplanowe mają absolutny priorytet nad drugoplanowymi.
- Aby nie „zagłodzić” procesów 2-planowych, stosuje się podział czasu na kolejki, przykładowo:
  - Kolejka pierwszoplanowa - 80% czasu procesora,
  - Kolejka drugoplanowa - pozostałe 20%

Kolejki wielopoziomowe ze sprzężeniem zwrotnym

- Mechanizm ten pozwala na przesuwanie procesów pomiędzy kolejkami.
- Proces, który używa za dużo procesora, można „karnie” przenieść do kolejki o niższym priorytecie i przez to dać szerszy dostęp do procesora innym procesom.
- Dzięki temu procesy ograniczone przez we-wy i procesy interakcyjne mogą pozostać w kolejkach o wyższych priorytetach.
- Długo oczekujące procesy z kolejki niskopriorytetowej mogą być przeniesione do ważniejszej - działa mechanizm postarzania procesów (przeciwdziała ich głodzeniu).
- **Planowanie ze sprzężeniem zwrotnym jest najbardziej złożonym algorytmem planowania przydziału procesora.**

Kolejki wielopoziomowe ze sprzężeniem zwrotnym - przykład

- Kolejka trzypoziomowa: K0, K1,K2
- Proces wchodzący trafia do kolejki k0 i dostaje kwant czasu 8 ms.
- Jeśli nie zakończy się w tym czasie, jest wyrzucany na koniec niższej kolejki K1.
- Gdy kolejka K0 się opróżni i przyjdzie czas wykonywania naszego procesu, dostaje on kwant czasu 16 ms.
- Jeśli i w tym czasie proces nie skończy działania, jest wyrzucany na koniec kolejki K2, obsługiwanej w porządku FCFS (oczywiście pod warunkiem, że kolejki K0 i K1 są puste).
- Tak więc najszybciej wykonywane są procesy do 8 ms, nieco wolniej procesy od 8 do 8+16=24 ms, a najdłużej czekają procesy długie (są obsługiwane w cyklach procesora nie wykorzystanych przez kolejki 1 i 2).

Planowanie wieloprocesorowe

- Planowanie **heterogeniczne** – dla systemów sieciowych, rozproszonych, o różnych procesorach – trudne w realizacji.
- Planowanie **homogeniczne** – dla procesorów tego samego typu – nie stosuje się różnych kolejek per procesor ze względu na możliwość przestoju procesorów.
- SMP – wieloprzetwarzanie symetryczne – każdy procesor wybiera sam proces ze wspólnej kolejki – działanie musi być tak zaprogramowane, by uniknąć np. dublowania.
- Wieloprzetwarzanie asymetryczne – Jeden procesor nadrzędny przydziela zadania innym procesorom (hierarchia aktywny/pasywny, master/slave). Pozostałe wykonują zadania.

Planowanie w czasie rzeczywistym

- W rygorystycznych systemach czasu rzeczywistego zadanie krytyczne musi zostać wykonane w odpowiednim momencie i terminie. Zasoby dla tego zadania są więc rezerwowane. W przypadku niemożności zarezerwowania zasobów, planista rezygnuje z przydziału zadania do procesora.
- W łagodnych systemach czasu rzeczywistego procesy RT mają wyższy priorytet niż pozostałe. Te priorytety nie mogą ulec obniżeniu.
  W krytycznych sytuacjach musimy zezwolić na wywłaszczenie działających funkcji systemowych (zapewnić odpowiednie punkty wywłaszczania/przywracania) lub i jądra systemu (niezbędne mechanizmy synchronizacji).
- Wysokopriorytetowe procesy **nie mogą czekać** na zakończenie niskopriorytetowych.

Ocena algorytmów planowania

- **Modelowanie deterministyczne** – zakładamy z góry konkretne obciążenie systemu i definiujemy zachowanie się poszczególnych algorytmów w tych warunkach (np. wyznaczanie średniego obciążenia z diagramu Gantta).
- **Modele obsługi kolejek** – na podstawie analizy obsługi kolejek w sieciach:
  Wzór Little'a: n=L*W
  (n – średnia długość kolejki, L – liczba nowych procesów/s, W – średni czas oczekiwania w kolejce)
- **Symulacje** na zaprogramowanym modelu systemu i danych symulacyjnych. Dane otrzymywane są np. z zapisów działania rzeczywistych systemów.
- **Implementacja** – algorytm implementuje się w rzeczywistym systemie i przeprowadza stosowne pomiary.

Planowanie w systemie Solaris

- Planowanie w wielopoziomowych kolejkach ze sprzężeniem zwrotnym,
- 4 klasy procesów: **real time, system, time sharing, interactive,**
- Priorytet globalny i priorytety w obrębie klas,
- Proces potomny dziedziczy klasę i priorytet,
- Klasa domyślna - **time sharing,**
- Im większy priorytet, tym mniejszy kwant czasu
- Klasa **system** - procesy jądra,
- Klasa **interactive** - wyższy priorytet mają aplikacje graficzne X11,
- Wątki o tym samym priorytecie planowane są algorytmem RR.

Planowanie w systemie Linux (od 2.6) [wcześniej był RR]

CFS - Completely Fair Scheduler - wykorzystuje jako kolejkę procesów gotowych **drzewiastą strukturę** (drzewa czerwono-czarne) szybkie przy wyszukiwaniu, ale O(log n) przy zapisie.

- Najpierw przydział dostają procesy o najniższym otrzymanym dotychczasowo czasie wirtualnym (vruntime), przechowywanym w nanosekundach.
- Jeżeli proces zakończył działanie, usuwany jest zupełnie z kolejki.
- Jeżeli proces osiągnął swój maksymalny czas działania lub został wstrzymany / oczekuje, jest umieszczany w drzewie-kolejce w miejsce określone za pomocą czasu przydziału zaktualizowanego o bieżąco wykorzystany. Następnie wybierany jest kolejny proces o najmniejszym czasie przydziału (co w drzewie ma niewielki koszt obliczeniowy).

CFS - vruntime

- vruntime określany jest z czasu działania danego procesu w stosunku od liczby aktualnie działających procesów o tym samym współczynniku redukcji.
- **Priorytety** - są współczynnikami redukującymi otrzymywany czas (niższy priorytet - bardziej zredukowany czas).
- Konfiguracja - dostosowanie dwóch opcji:
  - Latency - maksymalne dopuszczalne opóźnienie (mniejsze dla środowisk interakcyjnych, większe w węzłach obliczeniowych, serwerach)
  - Granularity - minimalny czas działania procesu, by system nie zajmował się tylko przełączaniem.
- Przy czym procesy wstrzymujące działanie na mniej niż swój kwant czasu mają czas proporcjonalny do tej wartości odejmowany od vruntime (nie blokować ciągłym przełączaniem kontekstu!).

CFS - ile trwa kwant? (obliczenia wewnętrzne jądra systemu)

- Każdy proces ma priorytet *statyczny* od 100 (najwyższy) do 139 (najniższy).
- Podstawowy kwant wyliczany jest ze wzoru:

$$\underset{\text{(in milliseconds)}}{\textit{base time quantum}} = \begin{cases} (140 - \textit{static priority}) \times 20 & \text{if } \textit{static priority} < 120 \\ (140 - \textit{static priority}) \times 5 & \text{if } \textit{static priority} \geq 120 \end{cases}$$

- Czyli wyższy priorytet → większy kwant.
- Każdy proces ma również priorytet *dynamiczny* używany przy wyborze z kolejki procesów gotowych:

$$\textit{dynamic priority} = \max(100, \min(\textit{static priority} - \textit{bonus} + 5, 139))$$

Bonus - 0..10, <5 zmniejsza priorytet, >5 podnosi go. Zależy od średniego czasu wstrzymywania procesu ze względu na I/O.

CFS - określanie granularity

Average sleep time	Bonus	Granularity
Greater than or equal to 0 but smaller than 100 ms	0	5120
Greater than or equal to 100 ms but smaller than 200 ms	1	2560
Greater than or equal to 200 ms but smaller than 300 ms	2	1280
Greater than or equal to 300 ms but smaller than 400 ms	3	640
Greater than or equal to 400 ms but smaller than 500 ms	4	320
Greater than or equal to 500 ms but smaller than 600 ms	5	160
Greater than or equal to 600 ms but smaller than 700 ms	6	80
Greater than or equal to 700 ms but smaller than 800 ms	7	40
Greater than or equal to 800 ms but smaller than 900 ms	8	20
Greater than or equal to 900 ms but smaller than 1000 ms	9	10
1 second	10	10

CFS - proces interaktywny

- Proces zostaje uznany za „interaktywny” gdy spełnione jest:

$$\text{dynamic priority} \leq 3 \times \text{static priority} / 4 + 28$$

- Czyli:

$$\text{bonus} - 5 \geq \underbrace{\text{static priority} / 4 - 28}_{\text{interactive delta}}$$

- Bonus <5 powoduje, że proces nie „zajmie” czasu innym.
- Bonus ≥5 jest dla procesów o wyższym czasie aktywnego oczekiwania.
- Procesy interakcyjne są umieszczane zawsze w aktualnie planowanej kolejce.

Przełączenie kontekstu w CFS

1. Aktualizujemy licznik kwantu czasu.
2. Jeżeli proces wyczerpał swój czas, to musimy przełączyć proces:
3. Usuń proces z listy procesów aktywnych.
4. Zaznacz proces do ponownego przeliczenia czasu.
5. Zaktualizuj priorytet dynamiczny procesu.
6. Zresetuj licznik kwantu czasu.
7. Oznacz proces jako zakończony lub przełączony.
8. Wstaw wywłaszczany proces do listy aktywnych lub zakończonych.
9. PRZEŁĄCZ PROCESY (zapis bloku kontrolnego, przywołanie bloku, wznowienie).

EEVDF

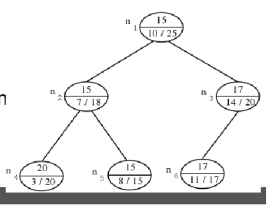
- Podejście wdrażane (od 2026r.) w jądrze Linux.
- Podstawowe pytanie:
  - Czy możliwe jest planowanie nie w oparciu o zapotrzebowanie, lecz w oparciu o termin wykonania zadania?
- Wykorzystanie wirtualnej (przewidywanej lub raportowanej) wartości terminu wykonania zadania (deadline).
- Każdy proces w kolejce procesów gotowych musi mieć określone dopuszczalne opóźnienie.

EEVDF

- Proces ogłasza swój termin i priorytet. Następnie wybierany jest proces o najbliższym terminie z wciąż istniejącą możliwością wykonania.
- Drugim kryterium jest uzyskane przez proces opóźnienie działania – po odejściu z kolejni jest ono zwiększane.
  - To wzmacnia istotność terminu, bo ten wciąż się zbliża!
  - Czy więc procesy które ciągle się przekolejkowują nie zdominują wykonania?
    TAK – musi istnieć graniczna ilość przekolejkowań na termin procesu.

EEVDF

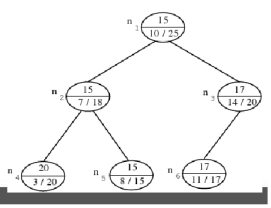
- Innym kryterium jest priorytet (waga) procesu.
- Złożoność:
  - Uzyskanie informacji i opóźnieniu: O(1).
    - Po prostu odczytać to z bloku kontrolnego.
  - Operacje na kolejkach: O(logn).
    - Zastosowanie drzew binarnych i n-arnych.
- Struktura danych Wspomagane drzewo binarne:
  - Zawiera dopuszczalny termin, minimalny dopuszczalny termin, szacowany kwant czasu.
  - Kluczem do wyszukiwania jest najm termin **względem** kwantu.



EEVDF – implementacja

- Zaczynamy od korzenia drzewa.
  - Jeżeli czas wirtualny jest większy od kwantu, wybieramy prawą gałąź i działamy rekursywnie.
  - Else – lewa gałąź.

- W ten sposób uzyskujemy zadanie, które:
  - Możemy wykonać,
  - Stracimy na to najmniej czasu (rośnie przepustowość),
  - Najdłużej "wisiało" bez dostępu do procesora.



Linux - specjalne procesy

- Możliwe jest zdowngrade'owanie metody planowania procesu. W ten sposób można naiwnie utworzyć klasy procesów.
- SCHED_FIFO - kolejka procesów planowanych metodą FIFO może uruchamiać się gdy kolejka innego planisty nie wymaga tego.
- SCHED_RR - Kolejka procesów planowanych RR.

Planowanie w systemach Windows

- Priorytetowe z wywłaszczeniami,
- NT: 32 kolejki procesów, 6 klas priorytetów, 7 względnych priorytetów w obrębie klas,
- Priorytet domyślny w klasie: **normal**.
- Wątek jest wykonywany aż:
  - Zostanie wywłaszczony przez proces o wyższym priorytecie,
  - Zużyje swój kwant czasu,
  - Wykonuje operacje I/O blokujące zasoby lub wykorzystuje taki sterownik (tryby zgodności),
  - Zakończy się.
- Proces powiązany z aktywnym oknem ma zwiększany kwant czasu (NT5.1 – trzykrotnie).

Windows NT i późniejsze

- Rotacyjnie (Round-robin) z dodatkowymi priorytetami i wielopoziomową kolejką z informacją zwrotną.
- Niektóre procesy mają intencjonalnie zmniejszone priorytety (procesy z harmonogramu zadań, defragmentator dysków). Kryterium jest proces nadrzędny lub charakterystyka programu.
- Windows 10: Wielopoziomowe kolejki ze sprzężeniem zwrotnym.

Planowanie w Systemie HaikuOS

- 3 możliwe strategie: simple, simple-SMT (dla procesorów wielordzeniowych), affine (wersja bieżąca).
- Wersja docelowa, po wersji beta, aktualnie w implementacji:
  - Dwie klasy procesów: Priorytet (p) 1-99 dostają $k*2^p$ kwant czasu, powyżej 99 są realtime i inne procesy mogą działać tylko, gdy te zwolnią CPU.
  - Proces może stać się „realtime" w specjalnych okolicznościach związanych z obsługą układów akceleratora i grafiki.
  - Aktywne okno ma większe szanse stać się „realtime".
  - Serwery i kity nie będące częścią jądra mogą stać się „realtime" używając funkcji jądra.

Systemy mobilne

- Proces na pierwszym planie ma pierwszeństwo.
- Procesy odsyłane do tła mogą mieć czas "karny", przez który nie dostaną procesora.
- Procesy w tle mogą mieć ograniczony dostęp do API systemowego (np. tylko powiadomienia i sieć).

Systemy mobilne

- Przyjmując roboczo, że proces w pamięci stałej urządzenia mobilnego to niemal to samo co proces odswap-owany na dysk (niewielkie koszty czasowe załadowania procesu z SSD), w wielu systemach mobilnych **planista średnioterminowy** dodaje w miarę potrzeb ważniejsze usługi systemowe.
- Podejście to gwarantuje, że usługa systemowa potrzebująca akurat przetwarzać nadchodzące dane (łączność, I/O, telemetria) uruchomi się nawet, gdy jej proces nie działa.
- Stosowane jedynie dla nielicznych, krytycznych usług systemu.

- Wiele programów działa w tle, a ich pełne zakończenie występuje rzadko – stąd planista powinien uwzględniać taką sytuację.

- Procesy te, gdy działają w tle, nie wymagają zupełnie planowania jak procesy interakcyjne – stąd Symbian przenosił je „z automatu” do kolejek o niższych priorytetach.
- Android/iOS dostosowują położenie tych procesów dynamicznie.

Dziękuję za uwagę