AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Systemy operacyjne
Wykład 03

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

AGH

Proces

- **Proces** jest wykonywanym programem.
- Wykonanie procesu musi przebiegać w sposób sekwencyjny (w dowolnej chwili na zamówienie procesu może zostać wykonany co najwyżej jeden rozkaz programu).

AGH

Elementy procesu

- Kod programu (sekcja tekstu),
- Bieżąca czynność (reprezentowana przez licznik rozkazów),
- Aktualna zawartość rejestrów procesora,
- Stos procesu,
- Sekcja danych.

AGH

Stan procesu

- Nowy – proces został utworzony.
- Aktywny – są aktualnie wykonywane instrukcje.
- Oczekujący – czeka na wystąpienie zdarzenia, np. zakończenie operacji I/O.
- Gotowy – Oczekuje jedynie na przydział procesora.
- Zakończony – zakończył działanie.

AGH

Blok kontrolny procesu

AGH

Blok kontrolny procesu

- Stan procesu (nowy, gotowy, aktywny, itp.).
- Licznik rozkazów – adres **następnego** rozkazu do wykonania.
- Rejestry procesora.
- Informacje do planowania przydziału procesora (priorytet, wskaźniki do kolejek).

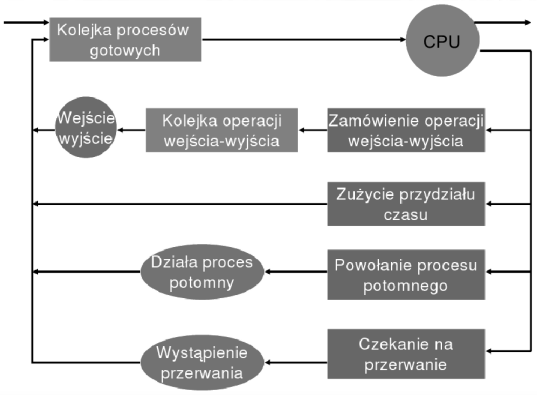
Blok kontrolny procesu (c.d.)

- Informacje zarządzania pamięcią (granice pamięci, tablice stron, tablice segmentów),
- Informacje do rozliczeń (użyty czas procesora, czas całkowity, konta użytkowników i uprawnienia),
- Informacje o stanie I/O (urządzenia przydzielone do procesu, wykaz otwartych plików itd.).

Kolejki planowania procesów

- Kolejka zadań (job queue) - tworzą ją procesy wchodzące do systemu.
- Kolejka procesów gotowych (ready queue) -procesy gotowe do działania, umieszczone w pamięci,
- Kolejki do urządzeń (device queue) - procesy czekające na konkretne urządzenie.

Diagram kolejek



Planiści

- Planista długoterminowy (planista zadań) - wybiera procesy **do kolejki procesów gotowych**, do pamięci.
  - Jest on wywoływany stosunkowo rzadko (sekundy) i nie musi być szybki.
- Planista krótkoterminowy (planista przydziału procesora) - wybiera proces z **puli procesów gotowych i przydziela mu procesor**.
  - Jest on wywoływany b. często (co ms) i musi być b. szybki.

Planiści

- Procesy możemy podzielić na:
  - Ograniczone przez wejście-wyjście (więcej czasu zajmują operacje we-wy niż korzystanie z procesora),
  - Ograniczone przez procesor (potrzebują znacznie więcej czasu procesora niż dla operacji we-wy).
- Zadaniem planisty długoterminowego jest dobór optymalnej mieszanki zadań ograniczonych przez procesor i przez I/O.

Planista średnioterminowy

- Występuje w niektórych systemach z podziałem czasu. Jego zadaniem jest, w koniecznych przypadkach, zmniejszanie stopnia wieloprogramowości poprzez wysyłanie części zadań chwilowo na dysk (swapping). Pomaga to w doborze lepszego zestawu procesów w danej chwili, lub dla zwolnienia obszaru pamięci.
  - W systemach z pamięcią wirtualną zapobiega to nadmiernemu wymienianiu stron i zwiększaniu wieloprogramowości.

Przełączanie kontekstu

- Podczas przejścia procesora z wykonywania jednego procesu do drugiego należy przechować stan starego procesu i załadować przechowany stan nowego.
- Z punktu widzenia systemu są to działania nieproduktywne, tak jak przygotowanie czy sprzątanie stanowiska pracy, ale są niezbędne przy wieloprogramowości.
- Mechanizm wątków pozwala na redukcję czasu przełączania kontekstu.

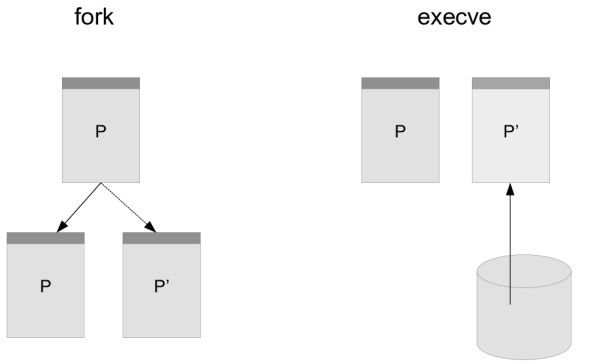
Tworzenie procesu

- Proces macierzysty tworzy potomne **za pomocą funkcji systemowej**.
- Nowy proces też może tworzyć potomne - powstaje wtedy drzewo procesów.
- Proces macierzysty i potomek mogą dzielić w całości, w części, lub wcale nie dzielić ze sobą zasobów.
- Proces macierzysty i potomek działają równolegle, lub też p. m. czeka, aż potomek zakończy działanie.
- Proces potomny może być kopią procesu macierzystego lub otrzymać zupełnie nowy program.

Tworzenie procesu w systemie UNIX

- Nowy proces tworzy się funkcją systemową **fork**.
- Potomek zawiera kopię przestrzeni adresowej przodka – daje to możliwość komunikacji pomiędzy procesami.
- Funkcja systemowa **execve** ładuje nowy program do przestrzeni adresowej procesu (niszcząc poprzednią zawartość) i rozpoczyna jego wykonywanie.
- Proces macierzysty albo tworzy nowych potomków, albo czeka na zakończenie procesu potomnego.

Tworzenie w systemie UNIX



Tworzenie procesów w systemie Windows:

- Występują obydwa mechanizmy: Możliwa jest kopia przestrzeni adresowej przodka, albo ładowany jest nowy program wykonywalny ("obraz").
- Funkcja systemowa **CreateProcess.**
- Możliwa jest symulacja zachowania fork-a.
- Wątki tworzone są funkcją **CreateThread**.
- Każda nowa funkcja tworząca procesy/wątki pochodzi od tych podstawowych (zgodność API!)

Kończenie procesu

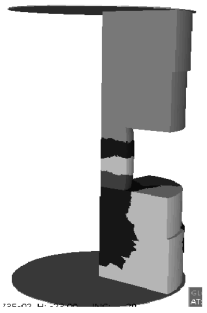
- Po zakończeniu ostatniej instrukcji proces prosi system o usunięcie (funkcja systemowa **exit**).
- System:
  - Przekazuje wynik działania potomka do procesu macierzystego (wykonującego funkcję systemową **wait**),
  - Zamyka procesowi potomnemu zasoby (pamięć, otwarte pliki, buforowanie),
  - Unieważnia pamięć procesu,
  - Zwalnia lub unieważnia blok kontrolny.

Kończenie procesu

- Proces macierzysty może "awaryjnie" zakończyć proces potomny, np. gdy:
  - Proces potomny nadużył przydzielonych zasobów,
  - Zadania wykonywane przez proces potomny stały się zbędne,
  - Proces macierzysty kończy się, a system nie pozwala na działanie "sieroty".

Procesy współpracujące

- Procesy są współpracujące, jeżeli jeden proces może wpływać na inne procesy, a inne procesy mogą wpływać na niego.



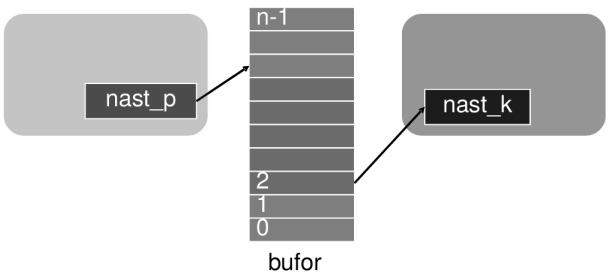
Symulacja numeryczna na 4 procesory. Jeden kolor - jeden proces.

Procesy współpracujące

- Zalety:
  - Dzielenie informacji – kilka procesów może korzystać z np. jednego pliku.
  - Przyspieszenie obliczeń w systemach wieloprocesorowych, gdy można podzielić zadanie na wykonywane równolegle mniejsze.
  - Modularność rozwiązań,
  - Wygoda – jeden użytkownik może wykonywać w tym samym czasie kilka zadań, np. edycję, kompilację, podgląd, drukowanie.

Komunikacja międzyprocesowa: Pamięć współdzielona

Współpraca – problem producenta i konsumenta



Bufor ograniczony – wspólne zmienne

```
var n;
type jednostka = …;
jednostka bufor[n-1];
jednostka* we,wy;
```

Następne wolne miejsce

Pierwsze zajęte miejsce

Proces producenta

```
while true {
  ...
   produkuj jednostka do nast_p;
 ...

   while ((we+1)%n==wy)  {} //nie produkuj
   bufor[we]=nast_p;
   we=(we+1)%n;
}
```


Proces konsumenta

```
while true {
  while (we==wy) {} //pusto
    nast_k = bufor[wy];
    wy=(wy+1)%n;
  ...
    przetwarzaj (nast_k);
  ...
}
```


Komunikacja międzyprocesowa: System komunikatów

Komunikacja międzyprocesowa

- Dwie operacje:
  - Nadaj komunikat,
  - Odbierz komunikat.
- W celu ich realizacji procesy:
  - Ustalają łącze komunikacyjne
  - Nadają i odbierają (również kodują i dekodują) komunikaty.
- Komunikacja odbywa się za pomocą pamięci dzielonej lub szyny systemowej.

Komunikacja międzyprocesowa – podstawowe kwestie:

- Jak ustanawia się połączenie?
- Czy jedno łącze może obsłużyć >2 procesy?
- Ile łączy pomiędzy parą procesów?
- Jaka przepustowość łącza? Obszar buforowy?
- Komunikaty: stałej czy zmiennej długości?
- Łącze jedno czy dwukierunkowe?
- Komunikacja: Bezpośrednia czy pośrednia?

Komunikacja bezpośrednia

- Dwie operacje elementarne:
  - nadaj(PID1, komunikat),
  - odbierz(PID2, komunikat).

(PID1, PID2 – identyfikatory procesów)

Właściwości łącza

- Właściwości łącza:
  - Ustanawiane automatycznie pomiędzy parą procesów, wystarczy, aby procesy znały swoje identyfikatory.
  - Dokładnie dla 2 procesów. Między parą dokładnie jedno łącze.
  - Zazwyczaj dwukierunkowe, dopuszczalne jednokierunkowe.

Łącza w problemie producenta i konsumenta

```
produkuj jednostka do nast_p;
nadaj(konsument, nast_p);

odbierz(producent,nast_k);
przetwarzaj(nast_k);
```


Komunikacja pośrednia

- Komunikaty nadawane i odbierane są za pomocą portów ("skrzynek pocztowych"). Procesy mogą się komunikować jedynie mając wspólny port.
- Łącze jest ustanawiane gdy procesy dzielą port.
- Łącze może być związane z więcej niż dwoma procesami.
- Każda para procesów może mieć kilka łączy, przez różne porty.
- Łącze może być jedno i dwukierunkowe.

Komunikacja pośrednia Problem trzech procesów

- Trzy procesy P1, P2, P3 dzielą wspólny port. Proces P1 wysyła komunikat, procesy P2 i P3 próbują go odebrać – powstaje konflikt.
- Rozwiązania:
  - Zezwalać jedynie na łącza pomiędzy dwoma procesami,
  - Zezwalać co najwyżej jednemu procesowi na wykonanie odbioru w danym momencie,
  - Dopuścić, by system wybrał proces docelowy. System powinien poinformować nadawcę o wyborze.

Buforowanie

- Kolejka komunikatów:
  - pojemność zerowa - łącze nie dopuszcza aby czekał w nim jakikolwiek komunikat - nadawca czeka aż odbiorca odbierze,
  - pojemność ograniczona - w kolejce może pozostawać tyle komunikatów, na ile zaprojektowano kolejkę. W przypadku kolejki pełnej nadawca musi czekać.
  - Pojemność nieograniczona - kolejka ma potencjalnie nieskończoną długość. Nadawca nigdy nie czeka.

Sytuacje awaryjne

- Zakończenie procesu - system musi rozwiązać problemy:
  - Gdy proces czeka na komunikaty z zakończonego,
  - Gdy nadaje komunikaty do zakończonego,
- Utrata komunikatów
  - System wykrywa to i ponownie nadaje komunikat,
  - Proces nadawczy wykrywa i ew. powtarza komunikat,
  - System wykrywa i powiadamia proces nadawczy.
- Zniekształcenie komunikatów - kontrola poprawności przez sumy kontrolne, sprawdzanie parzystości itd.

Komunikacja: Jądro Mach

- Większość wywołań i przepływ informacji odbywa się za pomocą komunikatów
- Przy tworzeniu zadania powstają dwa porty („skrzynki pocztowe”):
  - Jądra - komunikacja jądra z zadaniem,
  - Zawiadomień - wysyłanie informacji o zdarzeniach.
- Funkcje systemowe:
  - msg_send - wysyłanie komunikatu
  - msg_receive - odbieranie komunikatu
  - msg_rpc - wysyłanie blokujące do momentu odpowiedzi,
  - port_allocate - tworzenie nowego portu,

Gdy proces nie odpowiada...

- Skrzynka jest pełna. Proces nadający może:
  - Czekać na zwolnienie miejsca w skrzynce,
  - Czekać z limitem czasu,
  - Zignorować fakt i nie czekać,
  - Przekazać komunikat do systemu do późniejszego przesłania (może tak czekać tylko jeden komunikat.
- Podobny interfejs zastosowano w jądrze GNU/Hurd.

Implementacja

- Solrais: Mechanizmy pamięci dzielonej, regionów, proste potoki.
- Linux: Pamięć dzielona, potoki (pipe), z możliwością przekierowania do/z plików i urządzeń
- Dla użytkownika i jego skryptów: */dev/*shm – pamięć dzielona. RAM-dysk uniwersalny.

  \+ Mechanizmy synchronizacji

Komunikaty w Windows linii NT

- LPC - Local Procedure Call - zmodyfikowany mechanizm RPC do przesyłania komunikatów. Są dwa typy portów:
  - Łączące
  - Komunikacyjne.
- Komunikacja:
  - Klient uzyskuje uchwyt do obiektu portu,
  - Klient wysyła prośbę o połączenie (funkcja systemowa),
  - System/serwer tworzy dwa prywatne porty i przekazuje klientowi uchwyt do jednego z nich,
  - Klient i serwer wykorzystują uchwyty do przesyłu komunikatów.

Komunikacja w Windows linii NT (c.d.)

- Trzy sposoby przekazywania komunikatów:
  - Dla <256B - kolejka komunikatów jako pamięć tymczasowa, kopiowanie komunikatów z jednego procesu do drugiego.
  - Dla większych - pamięć dzielona (obiekt sekcji), by uniknąć kopiowania.
  - Dla np. funkcji graficznych - szybkie wywoływanie procedur lokalnych. Obiekt sekcji do przekazywania komunikatów, obiekt pary zdarzeń do synchronizacji.

Wątki

- Wątek jest podstawową jednostką wykorzystania procesora. Jest to część składowa procesu wielowątkowego.
- Wątek składa się z:
  - licznika rozkazów,
  - zbioru rejestrów,
  - obszaru stosu
- Obszary wspólne dla kilku równorzędnych wątków:
  - sekcja kodu,
  - sekcja danych,
  - zasoby systemu (otwarte pliki, sygnały)

Wątki

- Zalety:
  - Przełączanie między wątkami i tworzenie nowych nie wymaga dużej aktywności procesora,
  - Przy przełączaniu nie trzeba wykonywać prac związanych z zarządzaniem pamięcią.
- Wątki poziomu użytkownika – przełączanie ich nie wymaga wywołania systemu operacyjnego, stąd jest szybsze. Jednak wywołanie funkcji systemowej jest **blokujące dla wszystkich wątków danego zadania.**

Wątki

- Działanie wątków przypomina działanie procesów. Mogą być w stanach: gotowości, zablokowania, aktywności, kończenia.
- Wątek może tworzyć wątki potomne, może się zablokować do czasu wykonania wywołania systemowego.
- Jeśli jeden wątek jest zablokowany, może działać inny wątek.
- Wątki jednego zadania są od siebie zależne - mogą np. nadpisywać stosy innych wątków.
- Ale z drugiej strony - producent i konsument mogą być wątkami jednego zadania, a wspólny obszar danych znacznie zwiększy wydajność procesu.

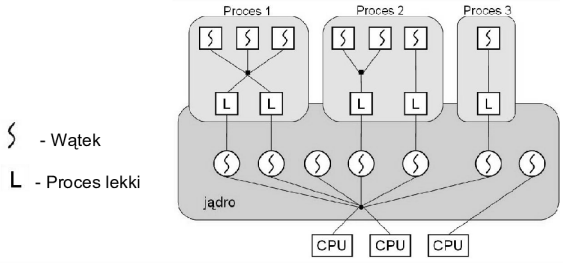
Obsługa wątków

- Obsługiwane przez jądro (Mach, Windows, OS/2, Linux)
- Wykonywane na poziomie użytkownika,
- Mieszane (np. Solaris 2.x).

- Wątki poziomu użytkownika są najszybsze w przełączaniu, ale jądro systemu nie uwzględnia ich na poziomie przydziału procesora. Tak więc proces o jednym wątku i proces o 1000 wątków dostają taki sam kwant czasu.
- W systemie **Solaris** istnieje również **pośredni poziom** wątków, zwanych **procesami lekkimi** (lightweight processes, LWP).
- Każde zadanie ma przynajmniej jeden proces lekki do którego podłączone są wątki poziomu użytkownika.

Wątki a procesy lekkie

- Wątki są kontrolowane przez proces, nie tylko przez system operacyjny.
- Procesy lekkie działają w kontekście swojego procesu, ale są niezależnie planowane przez system.



Wątki a procesy lekkie

- Wątki poziomu jądra:
  - Posiadają małą strukturę danych i stos,
  - Podlegają planowaniu,
  - Przełączanie nie wymaga zmiany informacji o pamięci,
  - Przełączanie jest stosunkowo szybkie.
- Procesy lekkie:
  - Posiadają blok kontrolny procesu,
  - Potrzebne są informacje o pamięci,
  - Przełączanie kontekstu jest wolniejsze.
- Wątki użytkownika:
  - Posiadają stos i licznik rozkazów,
  - Szybkie przełączanie, jądro systemu nie jest angażowane.

Dziękuję za uwagę