

Systemy operacyjne

Procesy, zasoby i wątki

Dariusz Wawrzyniak



Systemy operacyjne



Plan wykładu

- Koncepcja procesu i zasobu
- Obsługa procesów i zasobów
- Cykl zmian stanów procesu i kolejkowanie
- Klasyfikacja zasobów
- Wątki
- Procesy i wątki we współczesnych systemach operacyjnych

Procesy, zasoby i wątki (2)

Systemy operacyjne



Koncepcja procesu

- Proces jest elementarną jednostką pracy (aktywności) zarządzaną przez system operacyjny, która ubiega się o zasoby systemu komputerowego w celu wykonania programu.
- Proces = wykonujący się program.
- Elementy składowe procesu:
 - program — definiuje zachowanie procesu,
 - dane — zbiór wartości przetwarzanych oraz wyniki,
 - zbiór zasobów tworzących środowisko wykonawcze,
 - blok kontrolny procesu (PCB, deskryptor) — opis bieżącego stanu procesu.

Procesy, zasoby i wątki (3)

Systemy operacyjne



Koncepcja zasobu

- Zasobem jest element sprzętowy lub programowy systemu komputerowego, którego brak może potencjalnie zablokować wykonywanie programu (przetwarzanie)
- Przykłady zasobów: procesor, pamięć, plik (dane) itp.

Procesy, zasoby i wątki (4)

Systemy operacyjne



Podział operacji jądra systemu w zarządzaniu procesami i zasobami

- Operacje tworzenia i usuwania procesów oraz elementarna komunikacja międzyprocesowa
- Operacje przydziału i zwalniania jednostek zasobów
- Elementarne operacje wejścia-wyjścia
- Procedury obsługi przerwań

Procesy, zasoby i wątki (5)

Systemy operacyjne



Zarządcy

- Zarządca procesów (process manager) — kontroluje stany procesów w celu efektywnego i bezpiecznego wykorzystania współdzielonych zasobów systemu.
- Zarządca zasobów (resource manager) — realizuje przydział zasobów stosownie do żądań procesów, aktualnego stanu systemu oraz ogólnosystemowej polityki przydziału.

Procesy, zasoby i wątki (6)

Systemy operacyjne



Struktury danych

- Deskryptor procesu (blok kontrolny procesu, PCB) — używany przez zarządzcę procesów w celu rejestrowania stanu procesu w czasie jego monitorowania i kontroli.
- Deskryptor zasobu — przechowuje informacje o dostępności i zajętości danego typu zasobu.

Procesy, zasoby i wątki (7)

Systemy operacyjne



Deskryptor procesu

- Identyfikator procesu
- Stan procesu (nowy, gotowy, oczekujący itd.)
- Identyfikator właściciela
- Identyfikator przodka
- Lista przydzielonych zasobów
- Zawartość rejestrów procesora
- Prawa dostępu (domena ochrony)
- Informacje na potrzeby zarządzania pamięcią
- Informacje na potrzeby planowania (np. priorytet)
- Informacje do rozliczeń
- Wskaźniki do kolejek porządkujących

Procesy, zasoby i wątki (8)

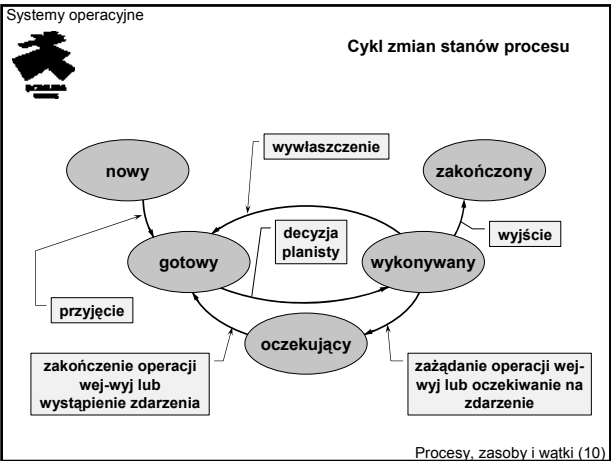
Systemy operacyjne



Stany procesu

- Nowy (ang. new) — proces jest tworzony.
- Wykonywany (ang. running) — wykonywane są instrukcje programu.
- Oczekujący (ang. waiting) — proces oczekuje na jakieś zdarzenie, np. na zakończenie operacji wejścia-wyjścia, na przydział dodatkowego zasobu, synchronizuje się z innymi procesami.
- Gotowy (ang. ready) — proces czeka na przydział procesora.
- Zakończony (ang. terminated) — proces zakończył działanie i zwalnia zasoby.

Procesy, zasoby i wątki (9)



Systemy operacyjne

Deskryptor zasobu

- Identyfikator zasobu
- Rodzaj zasobu
- Identyfikator twórcy zasobu
- Lista i liczba dostępnych jednostek zasobu
- Lista (kolejka) procesów oczekujących na jednostki danego zasobu
- Procedura przydziału

Procesy, zasoby i wątki (11)

Systemy operacyjne

Klasyfikacja zasobów

- Ze względu na sposób wykorzystania
 - zasoby odzyskiwalne (zwrotne, ang. reusable),
 - zasoby nieodzyskiwalne (niezwrotne, zużywalne, ang. consumable).
- Ze względu na sposób odzyskiwania
 - zasoby wywłaszczalne,
 - zasoby niewywłaszczalne.
- Ze względu na tryb dostępu
 - współdzielone
 - wyłączne

Procesy, zasoby i wątki (12)

Systemy operacyjne



Kolejki procesów

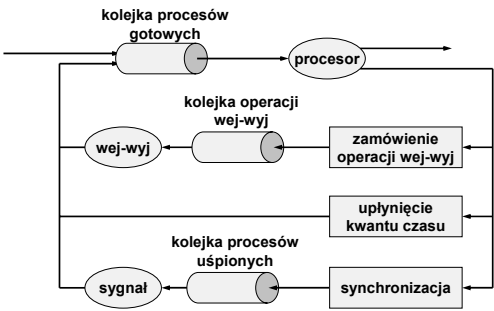
- Kolejka zadań (ang. job queue) — wszystkie procesy systemu.
- Kolejka procesów gotowych (ang. ready queue) — procesy gotowe do działania, przebywające w pamięci głównej.
- Kolejka do urządzenia (ang. device queue) — procesy czekające na zakończenie operacji wejścia-wyjścia.
- Kolejka procesów oczekujących na sygnał synchronizacji od innych procesami (np. kolejka procesów na semaforze).

Procesy, zasoby i wątki (13)

Systemy operacyjne



Diagram kolejek w planowaniu przydziału procesora

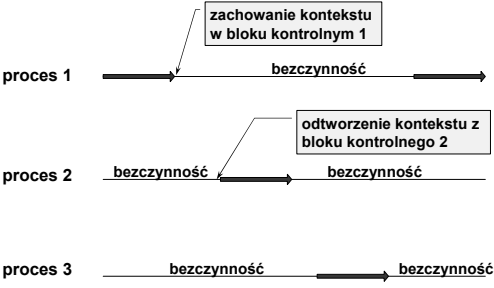


Procesy, zasoby i wątki (14)

Systemy operacyjne



Przełączanie kontekstu



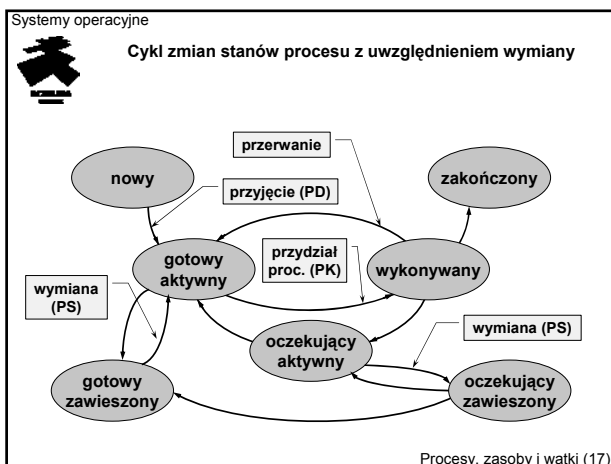
Procesy, zasoby i wątki (15)

Systemy operacyjne

Planista

- Planista krótkoterminowy, planista przydziału procesora (ang. CPU scheduler) — zajmuje się przydziałem procesora do procesów gotowych.
- Planista średnioterminowy (ang. medium-term scheduler) — zajmuje się wymianą procesów pomiędzy pamięcią główną a pamięcią zewnętrzną (np. dyskiem).
- Planista długoterminowy, planista zadań (ang. long-term scheduler, job scheduler) — zajmuje się ładowaniem nowych programów do pamięci i kontrolą liczby zadań w systemie oraz ich odpowiednim doбором w celu zrównoważenia wykorzystania zasobów.

Procesy, zasoby i wątki (16)



Systemy operacyjne

Obsługa procesów ⁽¹⁾

- Tworzenie procesu
 - POSIX: fork
 - Windows: CreateProcess
- Usuwanie procesu
 - POSIX: exit, abort, kill
 - Windows: ExitProcess, TerminateProcess

Procesy, zasoby i wątki (18)

Systemy operacyjne



Obsługa procesów ⁽²⁾

- Zawieszanie i aktywacja procesu
- Wstrzymywanie i wznowianie procesu
- Zmiana priorytetu procesu
 - POSIX: nice (setpriority)
 - Windows: SetPriorityClass
- Oczekiwanie na zakończenie procesu
 - POSIX: wait, waitpid
 - Windows: brak bezpośredniego wsparcia, należy użyć odpowiednich mechanizmów synchronizacji

Procesy, zasoby i wątki (19)

Systemy operacyjne



Elementarne operacje na zasobach

- Tworzenie deskryptora zasobu
- Usuwanie deskryptora zasobu
- Realizacja żądania przydziału jednostek zasobu
- Zwolnienie i odzyskiwanie jednostek zasobu odzyskiwalnego
- Uwolnienie (wyprodukowanie) jednostki zasobu nieodzyskiwalnego

Procesy, zasoby i wątki (20)

Systemy operacyjne



Wątki

- Wątek (lekki proces, ang. lightweight process — LWP) jest obiektem w obrębie procesu ciężkiego (heavyweight), posiadającym własne sterowanie i współdzielącym z innymi wątkami tego procesu przydzielone (procesowi) zasoby:
 - segment kodu i segment danych w pamięci
 - tablicę otwartych plików
 - tablicę sygnałów

Procesy, zasoby i wątki (21)

Systemy operacyjne



Realizacja wątków

- Realizacja wątków na poziomie jądra systemu operacyjnego — jądro tworzy odpowiednie struktury (blok kontrolny) do utrzymywania stanu wątku.
- Realizacja wątków na poziomie użytkownika — struktury związane ze stanami wątków tworzone są w przestrzeni adresowej procesu.

Procesy, zasoby i wątki (22)

Systemy operacyjne



Realizacja wątków na poziomie jądra systemu operacyjnego

- Wątek posiada własny blok kontrolny w jądrze systemu operacyjnego, obejmujący:
 - stan licznika rozkazów,
 - stan rejestrów procesora,
 - stan rejestrów związanych z organizacją stosu.
- Własności realizacji wątków na poziomie jądra:
 - przełączanie kontekstu pomiędzy wątkami przez jądro,
 - większy koszt przełączanie kontekstu,
 - bardziej sprawiedliwy przydział czasu procesora.

Procesy, zasoby i wątki (23)

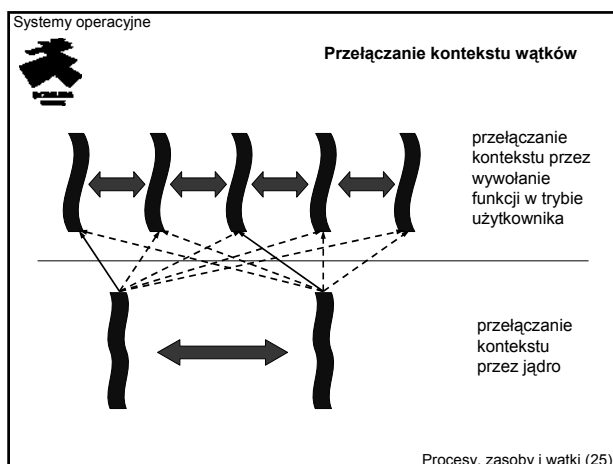
Systemy operacyjne



Realizacja wątków w trybie użytkownika

- Deskryptor wątku znajduje się w tablicy wątków w pamięci danego procesu (jądro nie wie nic o wątkach).
- Własności realizacji na poziomie użytkownika:
 - przydział czasu procesora dla procesu (nie dla wątku)
 - przełączanie kontekstu pomiędzy wątkami przez jawne odwołania do mechanizmu obsługi wątków
 - mniejszy koszt przełączanie kontekstu (bez angażowania jądra systemu operacyjnego)
 - możliwość „głodzenia” wątków tego samego procesu, gdy jeden z nich spowoduje przejście procesu w stan oczekiwania

Procesy, zasoby i wątki (24)



Systemy operacyjne

Obsługa wątków ⁽¹⁾

- Tworzenie wątku
 - POSIX: `pthread_create`
 - Windows: `CreateThread`, `CreateRemoteThread`
- Usuwanie wątku
 - POSIX: `pthread_exit`, `pthread_cancel`
 - Windows: `ExitThread`, `TerminateThread`

Procesy, zasoby i wątki (26)

Systemy operacyjne

Obsługa wątków ⁽²⁾

- Wstrzymywanie i wznowianie wątku
 - POSIX: brak
 - Windows: `SuspendThread`, `ResumeThread`
- Zmiana priorytetu wątku
 - POSIX: `pthread_setschedprio`, `pthread_setschedparam`
 - Windows: `SetThreadPriority`
- Oczekiwanie na zakończenie wątku
 - POSIX: `pthread_join`
 - Windows: brak bezpośredniego wsparcia, należy użyć odpowiednich mechanizmów synchronizacji

Procesy, zasoby i wątki (27)

Systemy operacyjne



Realizacja procesów/wątków w systemie Linux

- W jądrze systemu Linux nie odróżnia się pojęcia wątku od procesu.
- Procesy mogą współdzielić takie zasoby, jak:
 - przestrzeń adresowa,
 - otwarte pliki,
 - informacje o systemie plików,
 - procedury obsługi sygnałów.
- Deskryptory procesów (o strukturze `task_struct`) przechowywane są na dwukierunkowej, cyklicznej liście zadań.

Procesy, zasoby i wątki (28)

Systemy operacyjne



Stany procesu (wątku) w systemie Linux

- `TASK_RUNNING` — wykonywanie lub gotowość (do wykonania)
- `TASK_INTERRUPTIBLE` — oczekiwanie na zajście zdarzenia lub sygnał
- `TASK_UNINTERRUPTIBLE` — oczekiwanie na zajście zdarzenia, przy czym sygnały są ignorowane
- `TASK_ZOMBI` — stan zakończenia utrzymywany w celu przechowania deskryptora procesu
- `TASK_STOP` — zatrzymanie w wyniku otrzymania sygnału (np. `SIGSTOP`)

Procesy, zasoby i wątki (29)

Systemy operacyjne



Cykl zmian stanów procesu (wątku) w systemie Linux

```
graph TD
    A([utworzenie przez przodka]) --> B([running (gotow.)])
    B --> C([running (wykon.)])
    C --> D([zombi])
    C --> E([interruptible])
    E --> B
    E --> F([uninterruptible])
    F --> E
    F --> G([stop])
    G --> B
    G --> D
    style A stroke-dasharray: 5 5
```

Procesy, zasoby i wątki (30)

Systemy operacyjne



Proces w systemie Windows 2000/XP

- Proces stanowi środowisko do wykonywania wątków.
- Struktury opisu procesu obejmują:
 - EPROCESS — blok centrum wykonawczego, opisujący proces,
 - KPROCESS — blok kontrolny procesu, część struktury EPROCESS,
 - PEB — blok środowiska procesu, dostępny w trybie użytkownika.

Procesy, zasoby i wątki (31)

Systemy operacyjne



Wątki w systemie Windows 2000/XP

- Wątki korzystają z zasobów przydzielonych procesom.
- Wątki (nie procesy) ubiegają się o przydział procesora i są szeregowane przez planistę krótkoterminowego.
- Struktury opisu wątku obejmują:
 - ETHREAD — blok centrum wykonawczego, opisujący wątek,
 - KTHREAD — blok kontrolny procesu, część struktury ETHREAD,
 - TEB — blok środowiska procesu, dostępny w trybie użytkownika.

Procesy, zasoby i wątki (32)

Systemy operacyjne



Stany wątku w systemie Windows 2000/XP

- Inicjalizowany (initialized, wartość 0) — stan wewnętrzny w trakcie tworzenia wątku,
- Gotowy (ready, wartość 1) — oczekuje na przydział procesora,
- Wykonywany (running, wartość 2),
- Czuwający (standby, wartość 3) — wybrany do wykonania jako następny,
- Zakończony (terminated, wartość 4),
- Oczekujący (waiting, wart. 5) — oczekuje na zdarzenie,
- Przejście (transition, wartość 6) — oczekuje na sprowadzenie swojego stosu jądra z pliku wymiany,
- Unknown (wart. 7)

Procesy, zasoby i wątki (33)

