

Systemy operacyjne

Problem zakleszczenia

Wykład prowadzą:
Jerzy Brzeziński
Dariusz Wawrzyniak



Systemy operacyjne

**Plan wykładu**

- Klasyfikacja zasobów systemu na potrzeby analizy problemu zakleszczenia
- Warunki konieczne wystąpienia zakleszczenia
- Graf przydziału zasobów
- Zdarzenia związane z dostępem do zasobów
- Formalna definicja zakleszczenia

Problem zakleszczenia (2)


Systemy operacyjne

**Model systemu**

- System składa się z zasobów m różnych typów (rodzajów) ze zbioru $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$.
- Zasób każdego typu może być reprezentowany przez wiele jednorodnych jednostek (egzemplarzy).
- O zasoby rywalizują procesy ze zbioru $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$
- Klasyfikacja zasobów z punktu widzenia problemu zakleszczenia:
 - zasoby odzyskiwalne (zwrotne, trwałe, ang. reusable resources)
 - zasoby nieodzyskiwalne (zużywalne, niezwrótne, ang. consumable resources)

Problem zakleszczenia (3)

Systemy operacyjne




Zasoby odzyskiwalne

- Liczba jednostek zasobów odzyskiwalnych jest ustalona.
- Zasoby odzyskiwalne po ich zwolnieniu przez jakiś proces mogą zostać ponownie użyte przez inny proces.
- Proces ubiega się o dowolny egzemplarz zasobu odzyskiwalnego według następującego schematu:
 1. zamówienie (ewentualnie oczekiwanie na realizację)
 2. użycie — korzystanie zasobu (jego przetrzymywanie)
 3. zwolnienie — oddanie zasobu do systemu
- Przykłady zasobów odzyskiwalnych: procesor, pamięć, kanał wejścia-wyjścia.

Problem zakleszczenia (4)

Systemy operacyjne




Zasoby nieodzyskiwalne

- Jednostki zasobu nieodzyskiwalnego są tworzone przez jakiś proces, a następnie zużywane (tym samym usuwane) przez inny proces.
- Nie ma ograniczenia na liczbę tworzonych jednostek zasobu.
- Liczba aktualnie dostępnych jednostek jest skończona i może się zmieniać w czasie w wyniku zmian stanu systemu.
- Przykłady zasobów nieodzyskiwalnych: kod znaku z klawiatury, sygnał lub komunikat przekazany do procesu.

Problem zakleszczenia (5)

Systemy operacyjne




Korzystanie z zasobów nieodzyskiwalnych

- Proces ubiega się o dowolny egzemplarz zasobu nieodzyskiwalnego według następującego schematu:
 - 1. zamówienie (ewentualnie oczekiwanie na realizację)
 - 2. zużycie — wykorzystanie zasobu (jego usunięcie)
- Proces może wyprodukować i przekazać zasób do systemu.

Problem zakleszczenia (6)

Systemy operacyjne




Warunki konieczne wystąpienia zakleszczenia

- Wzajemne wykluczanie — przynajmniej jeden zasób musi być niepodzielny, czyli używanie egzemplarza tego zasobu przez jeden proces uniemożliwia używanie go przez inny proces do czasu zwolnienia.
- Przechowywanie i oczekiwanie — proces, któremu przydzielono jakieś jednostki, oczekuje na dodatkowe jednostki blokowane przez inny proces.
- Brak wyłączeń — jednostki zasobu zwalniane są tylko z inicjatywy odpowiednich procesów.
- Cykl w oczekiwaniu — istnieje podzbiór $\{P_1, \dots, P_k\} \subseteq P$ taki, że P_1 czeka na jednostkę zasobu przechowywaną przez P_2 , P_2 na jednostkę przechowywaną przez P_3 , ..., P_k czeka na jednostkę przechowywaną przez P_1 .

Problem zakleszczenia (7)

Systemy operacyjne




Warunki konieczne w odniesieniu do zasobów nieodzyskiwalnych

- Wzajemne wykluczanie — jednostka zasobu może być zużyta przez jeden proces.
- Przechowywanie i oczekiwanie — w stanie oczekiwania proces nie produkuje jednostek zasobów.
- Brak wyłączeń — nie można zmusić procesu do wyprodukowania jednostki zasobu lub zrobić to za niego.
- Cykl w oczekiwaniu — istnieje podzbiór $\{P_1, \dots, P_k\} \subseteq P$ taki, że P_1 czeka na wyprodukowanie jednostki zasobu przez P_2 , P_2 czeka wyprodukowanie jednostki przez P_3 , ..., P_k czeka na wyprodukowanie jednostki przez P_1 .

Problem zakleszczenia (8)

Systemy operacyjne




Reprezentacja stanu systemu — graf przydziału zasobów odzyskiwalnych

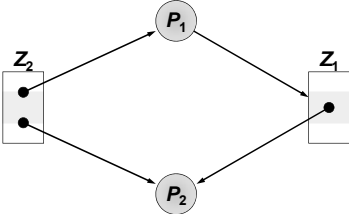
- Zbiór wierzchołków obejmuje procesy (reprezentowane przez kółka) i zasoby (reprezentowane przez prostokąty) czyli $W = P \cup Z$.
- Egzemplarze danego zasobu reprezentowane przez kropki wewnątrz prostokąta.
- Zbiór skierowanych krawędzi (łuków) obejmuje
 - krawędzie zamówienia (ang. request edge) $P_i \rightarrow Z_j$
 - krawędzie przydziału (ang. assignment edge) $Z_j \rightarrow P_i$

Problem zakleszczenia (9)

Systemy operacyjne




Przykład grafu zasobów odzyskiwalnych



Problem zakleszczenia (10)

Systemy operacyjne




Zdarzenia w systemie z zasobami odzyskiwalnymi

- Zamówienie (ang. request) jednostki zasobu przez procesu $P_i - r_i$
- Nabycie (ang. acquisition) jednostki zasobu przez proces $P_i - a_i$
- Zwolnienie (ang. release) jednostki zasobu przez proces $P_i - d_i$

Problem zakleszczenia (11)

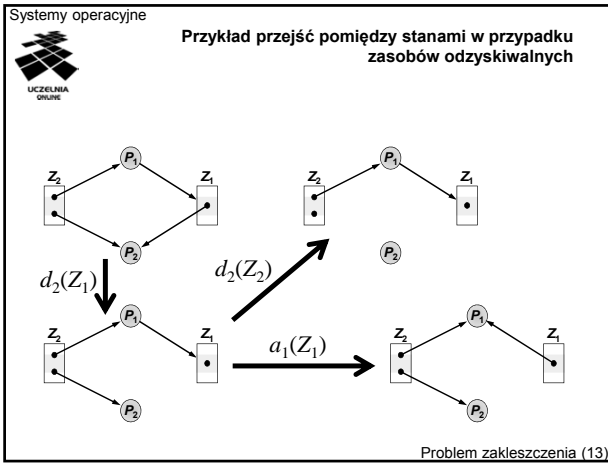
Systemy operacyjne

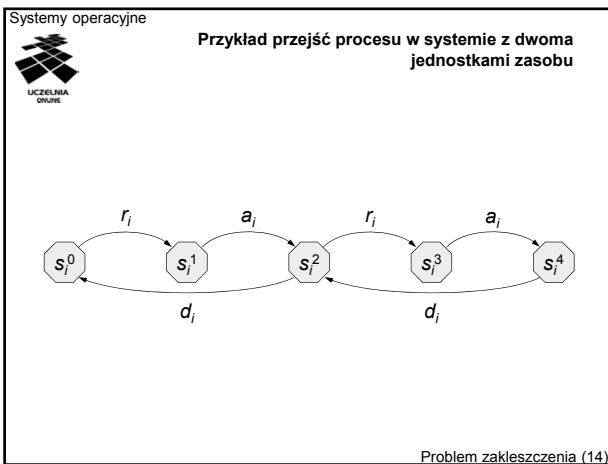


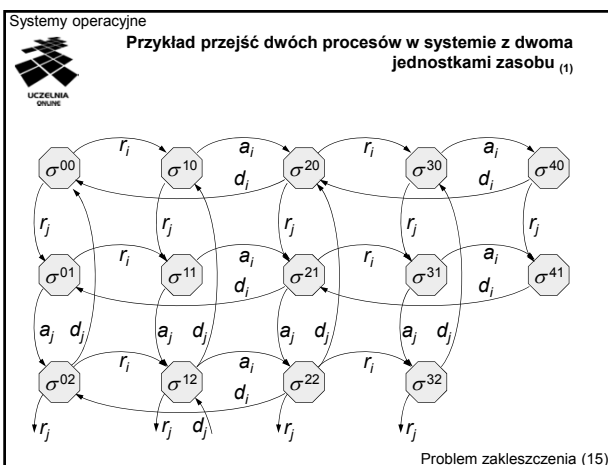
Zmiana stanu systemu a graf zasobów odzyskiwalnych

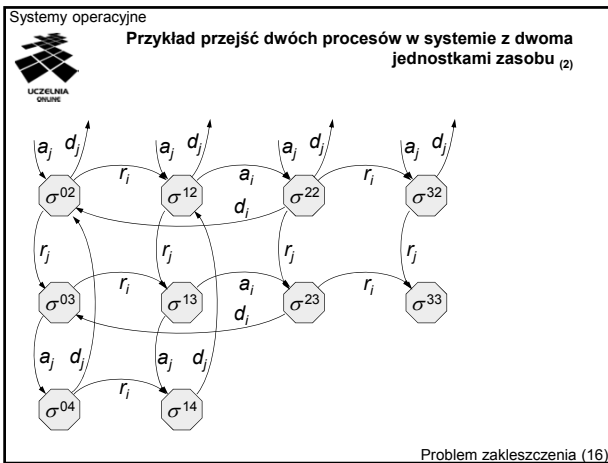
- W wyniku zamówienia jednostki zasobu Z_j przez proces P_i w grafie pojawia się krawędź zamówienia $P_i \rightarrow Z_j$.
- Realizacja zamówienia może nastąpić wówczas, gdy są wolne jednostki żadanego zasobu, a jej wynikiem jest zmiana kierunku krawędzi żądania, tym samym zamiana na krawędź przydziału $Z_j \rightarrow P_i$.
- W wyniku zwolnienia jednostka zasobu jest odzyskiwana przez system a krawędź przydziału znika.

Problem zakleszczenia (12)







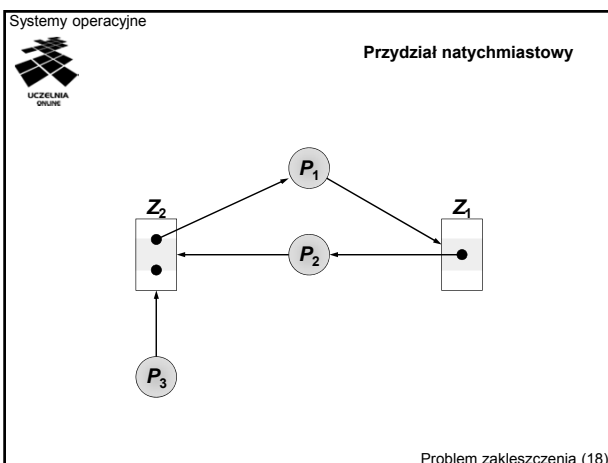


Systemy operacyjne


Definicja zakleszczenia procesu

- Proces P_i jest wstrzymany (zablokowany) w stanie systemu σ , jeśli wszystkie dopuszczalne zdarzenia w systemie mają miejsce w innych procesach niż P_i .
- Proces P_i jest zakleszczony w stanie σ , jeśli jest wstrzymany w stanie σ i w każdym stanie osiągalnym ze stanu σ .

Problem zakleszczenia (17)



Systemy operacyjne




Własności grafów

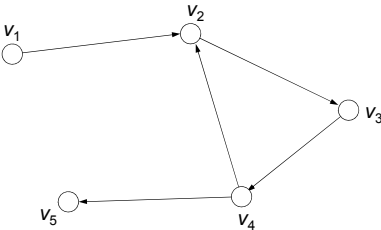
- Dany jest graf skierowany $G = (N, E)$, gdzie
 N — zbiór wierzchołków,
 $E \subseteq N \times N$ — zbiór łuków (skierowanych krawędzi).
- Niech dla $v \in N$ zdefiniowany będzie zbiór
 $O(v) = \{u \in N : (v, u) \in E\} \cup \{u \in N : \exists w \in N (v, w) \in E \wedge u \in O(w)\}$
- W grafie G występuje cykl, gdy:
 $\exists v \in N v \in O(v)$
- W grafie występuje *supleł* (węzeł, zatoka, ang. knot), gdy:
 $\exists N \subseteq N \forall v \in N' (\forall u \in N' u \in O(v) \wedge \forall u \in N \setminus N' u \notin O(v))$

Problem zakleszczenia (19)

Systemy operacyjne




Przykład cyklu w grafie

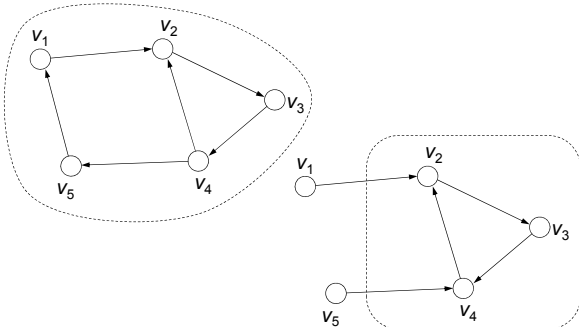


Problem zakleszczenia (20)

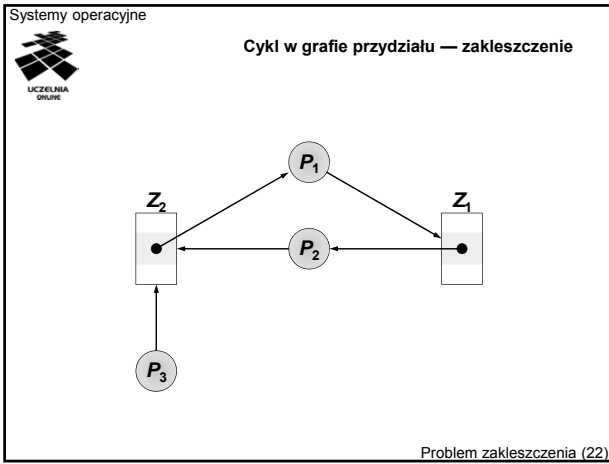
Systemy operacyjne

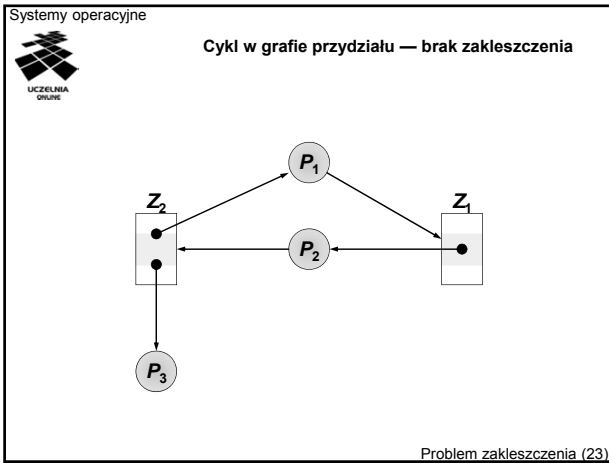


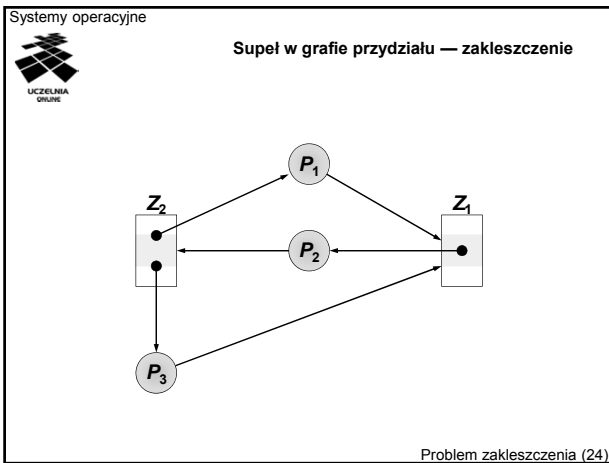
Przykłady supia w grafie




Problem zakleszczenia (21)



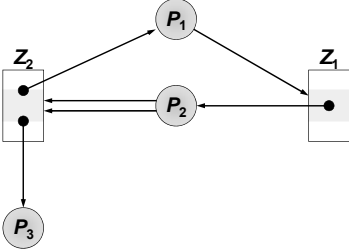




Systemy operacyjne




Brak supła w grafie przydziału — zakleszczenie

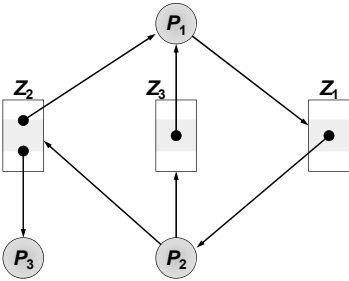


Problem zakleszczenia (25)

Systemy operacyjne




Brak supła w grafie przydziału — zakleszczenie



Problem zakleszczenia (26)

Systemy operacyjne




Własności grafu zasobów odzyskiwalnych a stan zakleszczenia

- Zasoby pojedyncze:
cykl \Leftrightarrow zakleszczenie
- Przydział natychmiastowy (stan zupełny):
supuł \Rightarrow zakleszczenie
- Zasoby reprezentowane przez wiele egzemplarzy w systemie z przydziałem natychmiastowym (w stanie zupełnym), dopuszczającym pojedyncze żądania:
supuł \Leftrightarrow zakleszczenie

Problem zakleszczenia (27)

Systemy operacyjne




Reprezentacja stanu systemu — graf przydziału zasobów zużywalnych

- Zbiór wierzchołków obejmuje procesy (reprezentowane przez kółka) i zasoby (reprezentowane przez prostokąty) czyli $W = P \cup Z$.
- Egzemplarze danego zasobu reprezentowane przez kropki wewnątrz prostokąta.
- Zbiór skierowanych krawędzi obejmuje
 - krawędzie zamówienia (ang. request edge) $P_i \rightarrow Z_j$
 - krawędzie utworzenia (czyli produkcji, ang. producer edge) $Z_j \rightarrow P_i$
- Każdy zasób musi mieć krawędź utworzenia.

Problem zakleszczenia (28)

Systemy operacyjne




Zdarzenia w systemie z zasobami nieodzyskiwalnymi

- Zamówienie (ang. request) jednostki zasobu przez procesu $P_i \rightarrow r_i$
- Nabycie (ang. acquisition) jednostki zasobu przez proces $P_i \rightarrow a_i$
- Utworzenie (ang. production) jednostki zasobu przez proces $P_i \rightarrow d_i$

Problem zakleszczenia (29)

Systemy operacyjne



Zmiana stanu systemu w przypadku zasobów nieodzyskiwalnych

- W wyniku zamówienia zasobu Z_j przez proces P_i w grafie pojawia się krawędź zamówienia $P_i \rightarrow Z_j$.
- Po zrealizowaniu zamówienia przez system, krawędź ta znika wraz z kropką reprezentującą jednostkę zasobu.
- Krawędź utworzenia istnieje zawsze — nie ma ograniczenia na liczbę tworzonych jednostek zasobu.
- Jednostki zasobu Z_j tworzone są przez P_i wówczas, gdy istnieje krawędź utworzenia $Z_j \rightarrow P_i$ i proces P_i nie oczekuje na realizację żądań (nie ma krawędzi zamówienia $P_i \rightarrow Z_k$).

Problem zakleszczenia (30)

