

# Problem pięciu filozofów

Filip Dziurdzia

5 Listopad 2023

## 1 Problem pięciu filozofów

Celem ćwiczenia jest porównanie różnych rozwiązań problemu pięciu filozofów i ich implementacji. **Problem pięciu filozofów** jest jednym z klasycznych problemów teorii współbieżności. Podstawowe sformułowanie problemu jest następujące:

- N filozofów zasiada przy okrągłym stole
- Pomiędzy sąsiednimi filozofami leży widelec (łącznie jest N widelców)
- Każdy filozof działa ciągle według schematu "myślenie - jedzenie - myślenie - jedzenie - ..."
- Każdy z etapów (myślenie i jedzenie) jest skończony.
- Aby zjeść, filozof musi podnieść oba sąsiadujące widelce

**Zadanie:** zaprojektuj algorytm jednoczesnej alokacji współdzielonych zasobów (widelce) przez konkurujące procesy (filozofowie), tak by uniknąć zakleszczenia i zagłodzenia. Niektóre z rozwiązań problemu pięciu filozofów są następujące:

1. **Rozwiązanie naiwne (z możliwością blokady).** Każdy filozof czeka, aż wolny będzie lewy widelec, a następnie go podnosi (zajmuje), następnie podobnie postępuje z prawym widelcem.
2. **Rozwiązanie z możliwością zagłodzenia.** Każdy filozof sprawdza czy oba sąsiednie widelce są wolne i dopiero wtedy zajmuje je jednocześnie. Rozwiązanie to jest wolne od blokady, jednak w przypadku, gdy zawsze któryś z sąsiadów będzie zajęty jedzeniem, nastąpi zagłodzenie, gdyż oba widelce nigdy nie będą wolne.
3. **Rozwiązanie asymetryczne.** Filozofowie są ponumerowani. Filozof z parzystym numerem najpierw podnosi prawy widelec, filozof z nieparzystym numerem najpierw podnosi lewy widelec.
4. **Rozwiązanie stochastyczne.** Każdy filozof rzuca monetą tuż przed podniesieniem widelców i w ten sposób decyduje, który najpierw podnieść - lewy czy prawy (z prawdopodobieństwem 1 nie dojdzie do zagłodzenia).
5. **Rozwiązanie z arbitrem.** Zewnętrzny arbiter (lokaj, kelner) pilnuje, aby jednocześnie co najwyżej czterech (w ogólnym przypadku N-1) filozofów konkurowało o widelce. Każdy podnosi najpierw lewy a potem prawy widelec. Jeśli naraz wszyscy filozofowie będą chcieli jeść, arbiter powstrzymuje jednego z nich aż do czasu, gdy któryś z filozofów skończy jeść.

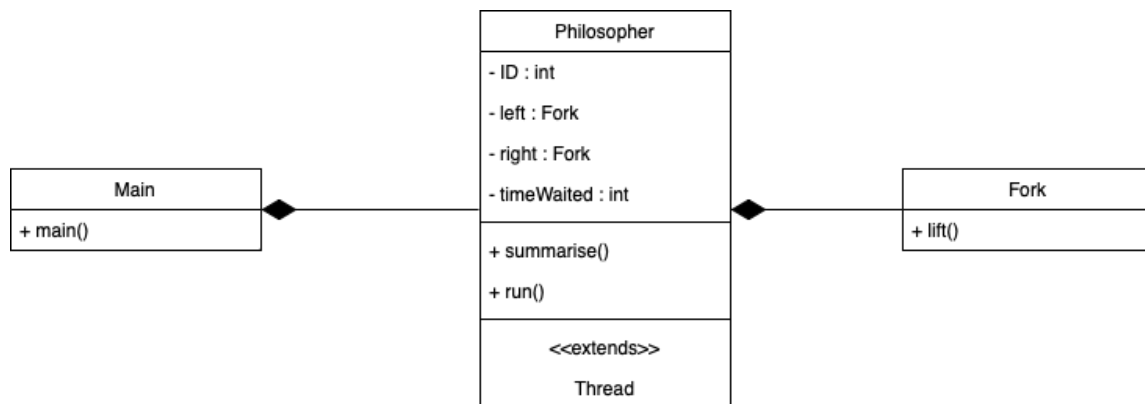
6. **Rozwiązanie z jadalnią.** Rozwiązanie jest modyfikacją wersji z arbitrem. Filozof, który nie zmieści się w jadalni (czyli arbiter nie pozwolił mu jeść) je „na korytarzu” podnosząc jednorazowo widelce w odwrotnej kolejności (do reszty filozofów w jadalni).

Zaimplementuj rozwiązanie problemu pięciu Filozofów w Javie (możesz wykorzystać dowolne elementy Javy np. mutexy/semafony) i porównaj rozwiązania. Korzystając z wykonanych implementacji:

- Uruchom eksperymenty dla różnej liczby filozofów i dla każdego wariantu implementacji
- Dla wariantów nie powodujących zakleszczenia:
  - zmierz **średni czas oczekiwania każdego filozofa na dostęp do widelców**. Wykonaj kilka pomiarów dla każdego przypadku testowego.
  - Wyniki przedstaw na wykresach porównawczych, dbając o odpowiednią wizualizację (można wykorzystać np. wykresy pudełkowe).
  - Sformułuj i zapisz wnioski. Czy średnie czasy oczekiwania są wyższe dla wariantu z możliwością zagłodzenia? Czy brak mechanizmów synchronizacji zwiększa czas oczekiwania na dostęp do zasobów?

## 2 Zarys rozwiązania

Na poniższym rysunku klas zaprezentowałem schemat mojego rozwiązania problemu pięciu filozofów. W przypadku 5 i 6 dodatkowo stworzyłem klasę *Arbitrator* do zarządzania dostępem do widelców.



Rysunek 1: Schemat rozwiązania

### 3 Wyniki eksperymentów

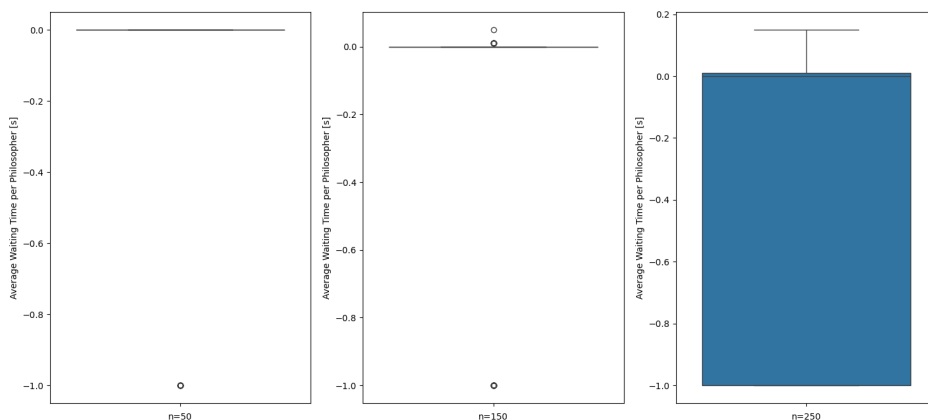
Eksperymenty dla każdego wariantu przeprowadziłem dla liczby filozofów  $n$  równej 50, 150 i 250. Wyniki eksperymentów zapisałem w plikach `.csv`, które potem zaimportowałem do Pythona. Z pomocą biblioteki `seaborn` wygenerowałem po 3 wykresy pudełkowe dla każdego wariantu.

#### Wariant 1

Wariant pierwszy powoduje możliwe zakleszczenie, stąd został on wyłączony z analizy.

#### Wariant 2

Wariant drugi dopuszcza zagłodzenie, które jest widoczne w analizie jako wartość  $-1$ . Czas średniego dostępu do jedzenia jest wyjątkowo niski, jest to jednak okupione zagłodzeniem zdecydowanej większości filozofów. Dla większych wartości  $n$  możemy zauważyć powolny wzrost czasu oczekiwania na dostęp do zasobów wraz z rosnącą liczbą zagłodzonych filozofów.

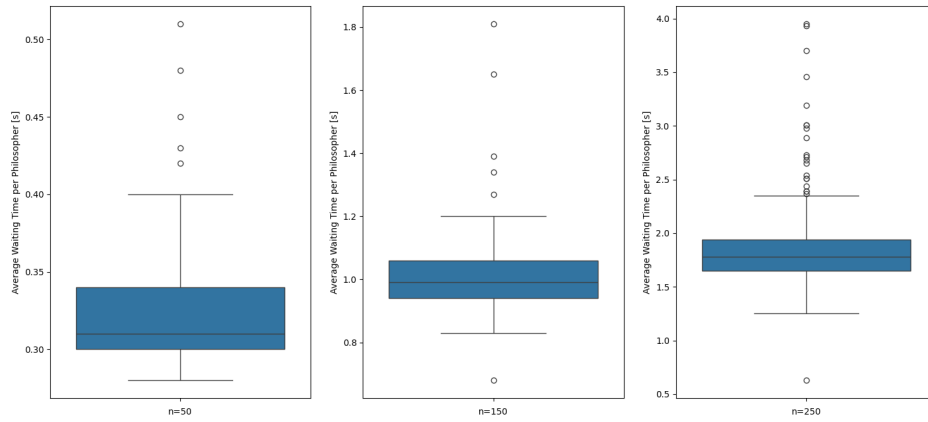


Rysunek 2: Wyniki eksperymentu dla wariantu 2

Fakt zagłodzenia większości wątków definitywnie klasyfikuję ten wariant jako słabe rozwiązanie problemu pięciu filozofów.

### Wariant 3

W rozwiązaniu asymetrycznym nie zauważyłem żadnego zagłodzenia w przeciwieństwie do wariantu 2. Na rysunku 3 możemy zauważyć, że czas oczekiwania na dostęp do zasobów wzrasta wraz ze wzrostem liczby filozofów.

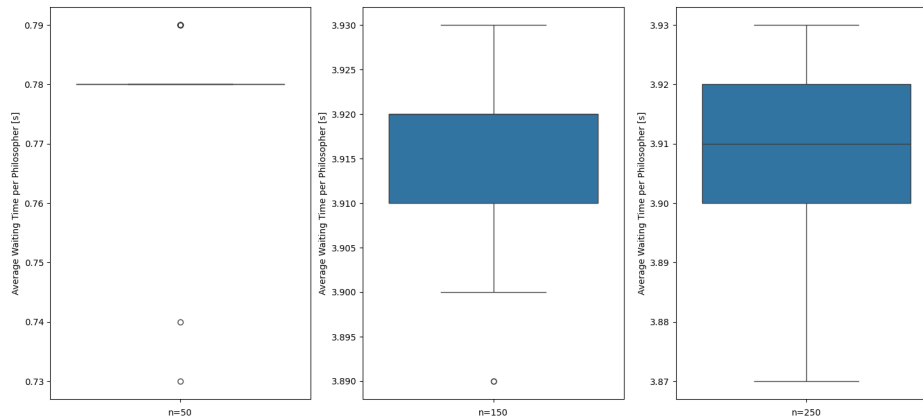


Rysunek 3: Wyniki eksperymentu dla wariantu 3

Jak dotąd jest to zdecydowanie najlepsze rozwiązanie problemu pięciu filozofów, które nie doprowadza do zagłodzenia ani zakleszczenia.

## Wariant 4

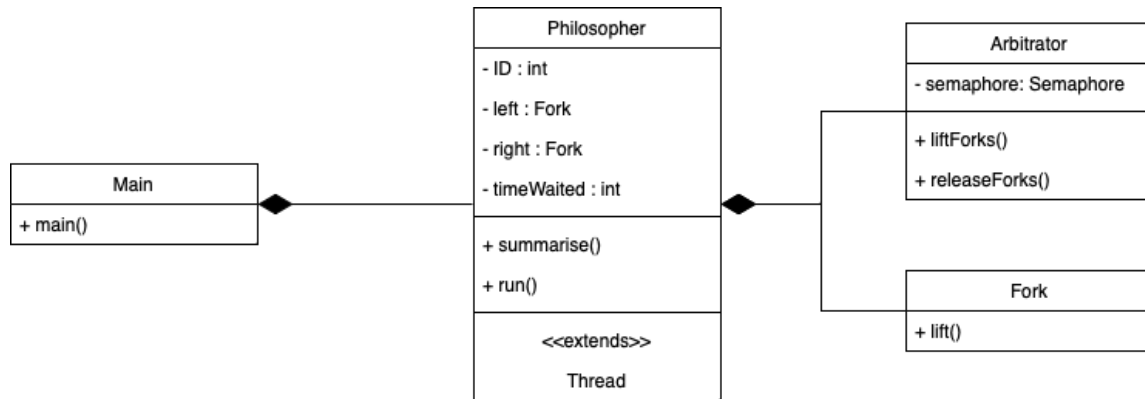
W wariacie czwartym możemy zaobserwować zakleszczenie, szczególnie dla mniejszej liczby filozofów. W moim przypadku dla czasu eksperymentu 20s zakleszczenie nastąpiło dla liczby filozofów równej 50. Dla większej liczby filozofów do zakleszczenia nie doszło, jednak średni czas oczekiwania jest znacząco wyższy od tego dla wariantu 3.



Rysunek 4: Wyniki eksperymentu dla wariantu 4

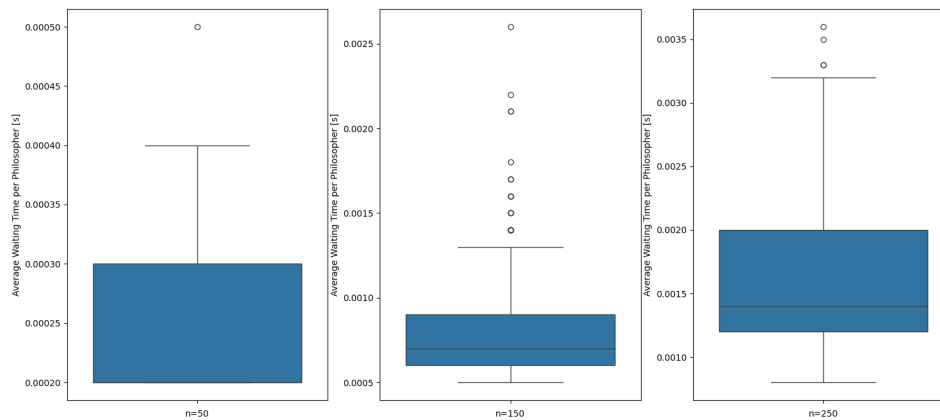
Sprawia to, że wariant czwarty jest zdecydowanie gorszy od 3 i jak dotąd 3 opcja sprawdza się najlepiej.

## Wariant 5



Rysunek 5: Schemat rozwiązania wariantu 5 i 6

W wariacie 5 pojawiła się nowa klasa *Arbitrator*, która korzystając z semaforu zarządza dostępem do jedzenia, za każdym razem pozwalając w jednym momencie maksymalnie  $n - 1$  liczbie filozofów, co zapobiega zakleszczeniu.

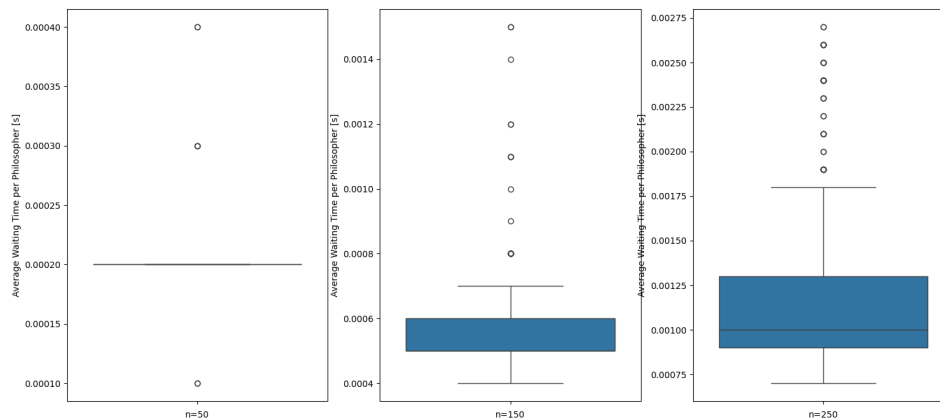


Rysunek 6: Wyniki eksperymentu dla wariantu 5

Jak dotąd, to rozwiązanie przyniosło najlepsze efekty, gdzie średni czas oczekiwania na dostęp do jedzenia jest rzędu 4 liczby po przecinku.

## Wariant 6

Pomimo bardzo niewielkiej różnicy w implementacji, wariant 6 zwrócił jeszcze lepsze wyniki niż wariant 5.



Rysunek 7: Wyniki eksperymentu dla wariantu 6

Jest to zdecydowanie najlepsze rozwiązanie spośród wyżej zaprezentowanych.

## 4 Podsumowanie

Pośród 6 zaprezentowanych rozwiązań problemu 5 filozofów mieliśmy takie które doprowadzały do zagłodzenia (2) lub zakleszczenia (1, 4) oraz takie które w sposób wolny od niepożądanych efektów zarządzały filozofami (3, 5, 6). Spośród tych poprawnych rozwiązań, warianty 5 i 6 są zdecydowanie szybsze od wariantu 3 i to parę rzędów wielkości. Pomiędzy 5 i 6 różnica jest już znacznie mniejsza na korzyść wariantu 6.