

Problem pięciu filozofów

Witold Strzeboński



AGH

Wstęp

Zaimplementowałem następujące rozwiązania problemu 5 filozofów:

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. Jeżeli w pewnym momencie każdy filozof podniesie widelec po swojej lewej stronie, to dojdzie do zakleszczenia.
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 [3]). Istnieje szansa (ale bardzo mała), że moneta da ten sam wynik kilka razy (co najmniej tyle, ile jest filozofów) pod rząd i wystąpi taki sam problem jak w rozwiązaniu naiwnym.
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).

Jako że w rozwiązaniach naiwnym i stochastycznym istnieje szansa na zakleszczenie, to nie wykonałem dla nich pomiarów średnich czasów oczekiwania na dostęp do widelców.

Struktura projektu

Każdemu rozwiązaniu (o numerze X) odpowiada klasa `PhilosopherX` (gdzie znajduje się implementacja problemu) oraz klasa `MainX` (gdzie znajduje się symulacja problemu wraz z wykresem średnich czasów dla każdego filozofa). Natomiast w klasie `Main` znajduje się zbiorcze (po kolei) wykonanie symulacji nie powodujących zakleszczenia (`Main2`, `Main3`, `Main5`, `Main6`) wraz z wykresem porównawczym średnich czasów oczekiwania dla każdego problemu.

Widelce są zrealizowane jako pola typu `Object` z wyjątkiem rozwiązania nr 2, gdzie są typu `ReentrantLock`. Arbiter w rozwiązaniach nr 5 i 6 jest zrealizowany jak pole typu `Semaphore`. Czas oczekiwania na widelce jest mierzony od zakończenia myślenia do podniesienia drugiego widelca przy pomocy funkcji `System.currentTimeMillis()`. Wywołanie programu każdego filozofa jest realizowane za pomocą `ThreadPoolExecutor`, dzięki czemu można zakończyć ich działanie po zadanym czasie. Natomiast wykresy są wykonywane w bibliotece `Swing`.

W klasie `Main` znajdują się stałe:

`numberOfPhilosophers` - liczba filozofów

`thinkingAndEatingTime` - czas w milisekundach poświęcany przez filozofów na myślenie i jedzenie

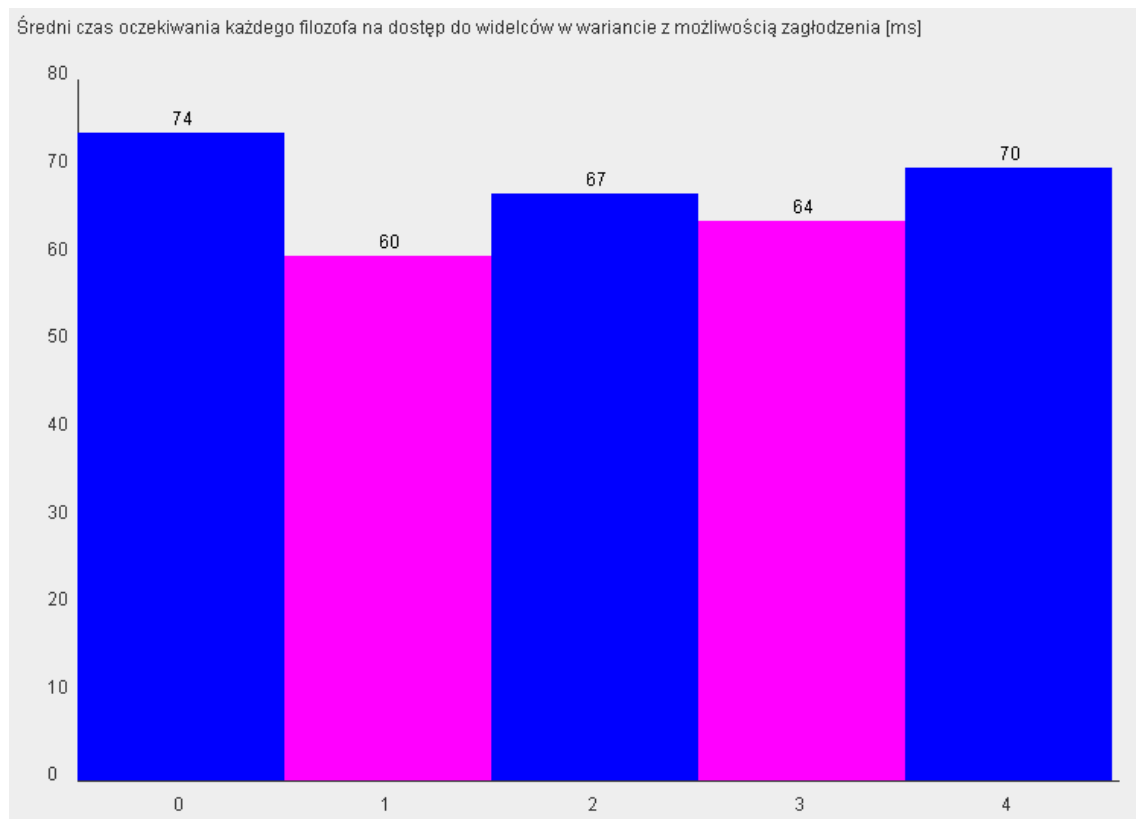
`simulationTime` - czas symulacji w milisekundach

Opracowanie wyników

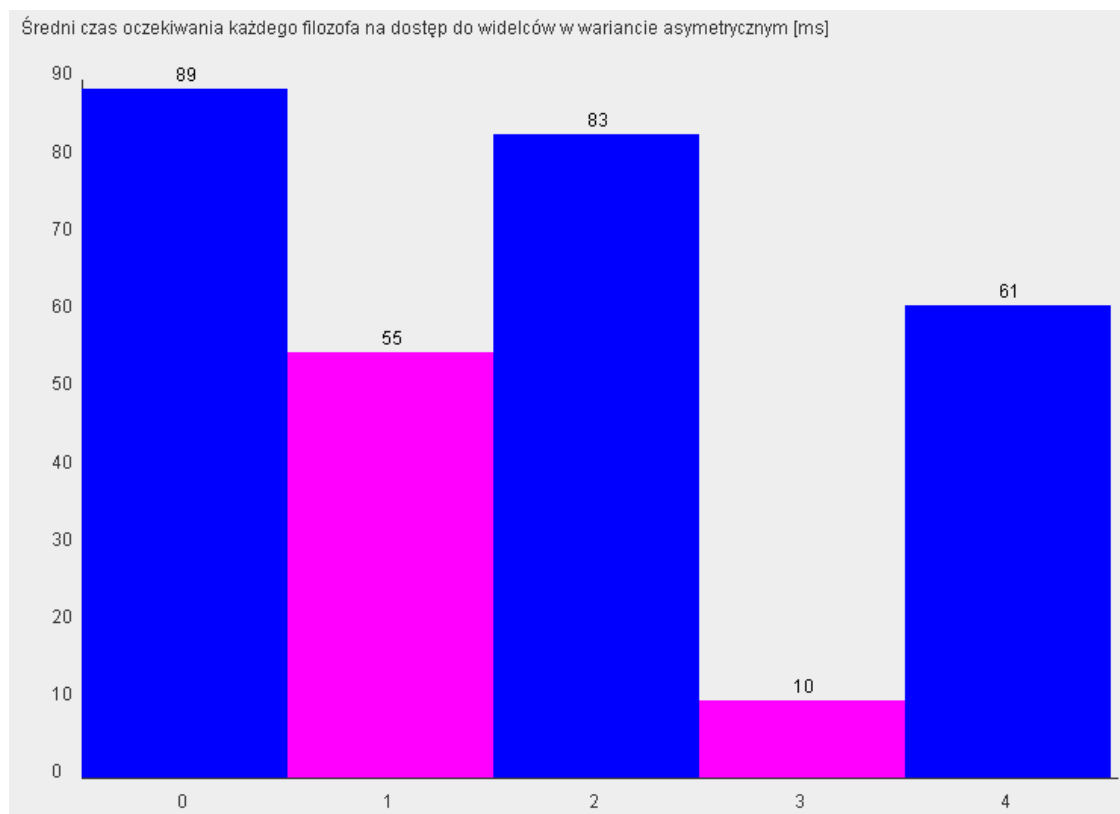
Wyniki są opracowane tylko dla rozwiązań nie powodujących zakleszczenia: z możliwością zagłodzenia, asymetryczne, z arbitrem oraz z jadalnią. Eksperymenty dla rozwiązania naiwnego pokazały, że dość często dochodzi do zakleszczenia na początku symulacji, czego z kolei nie udało się wyłapać w eksperymentach dla rozwiązania stochastycznego, gdyż szansa tam na zakleszczenie jest bliska zeru. Pomiary były wykonane dla różnej liczby filozofów: 5, 10, 25 oraz dla stałego czasu na myślenie i jedzenie - 100ms i stałego czasu symulacji - 5s.

1. Dla 5 filozofów

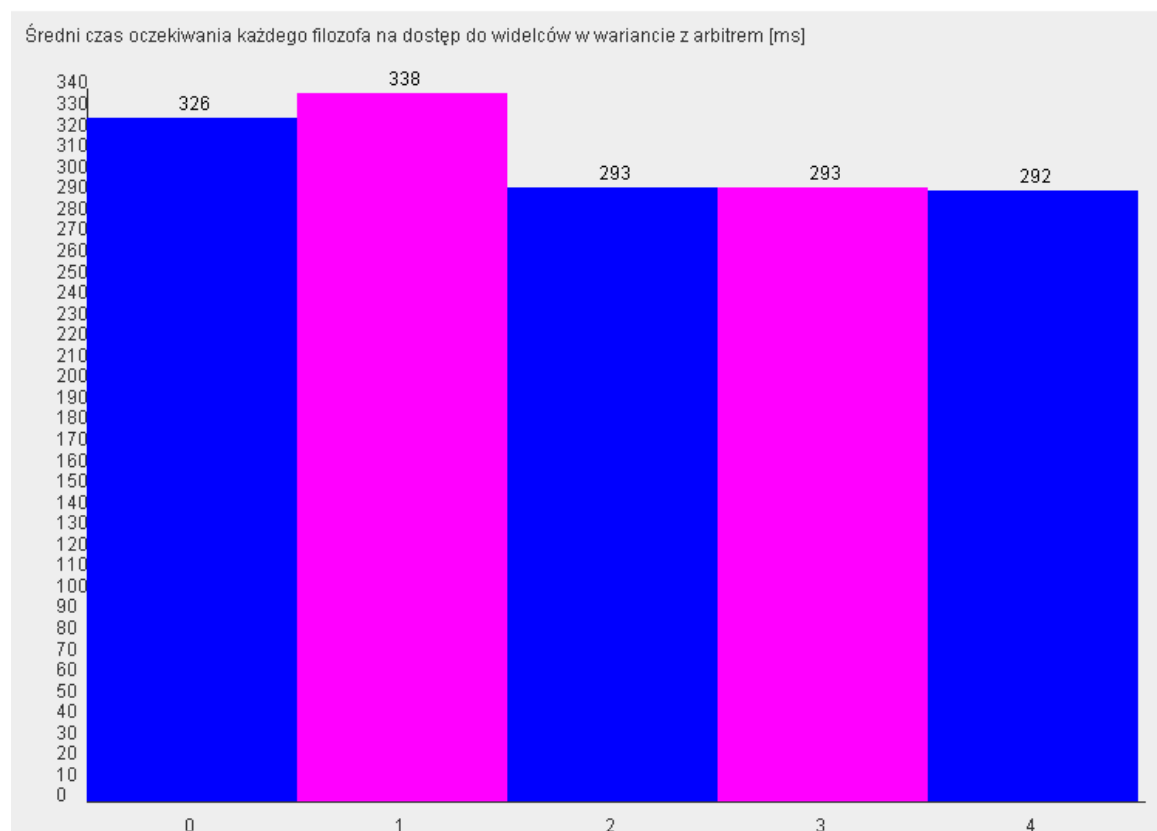
Rozwiązanie z możliwością zagłodzenia



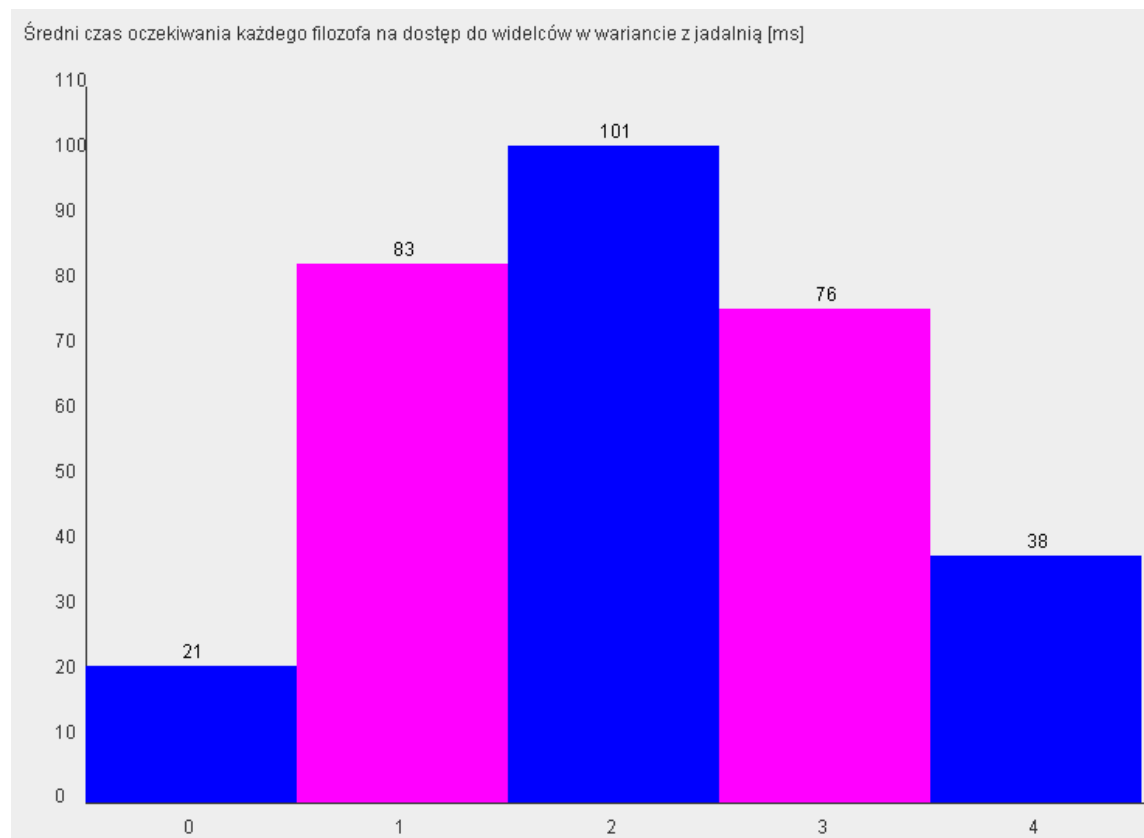
Rozwiązanie asymetryczne



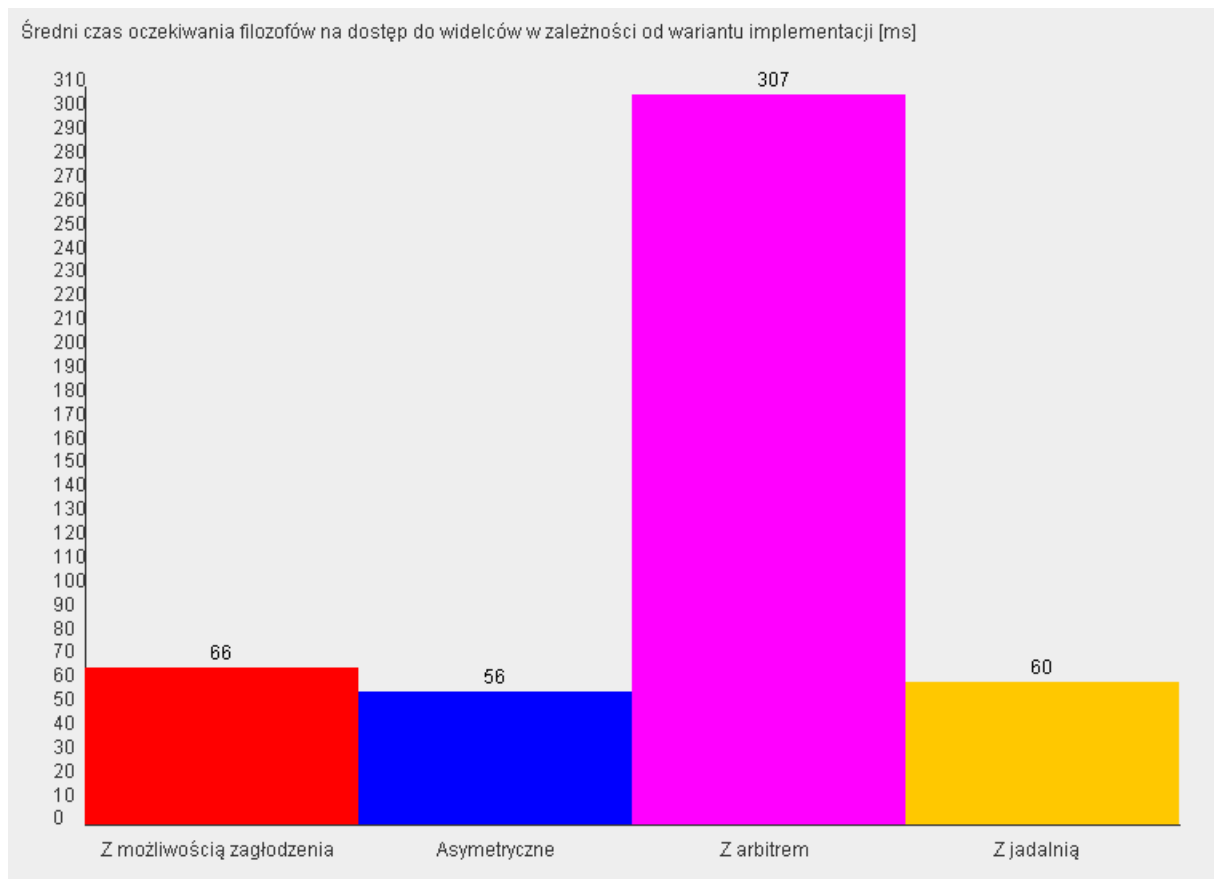
Rozwiązanie z arbitrem



Rozwiązanie z jadalnią



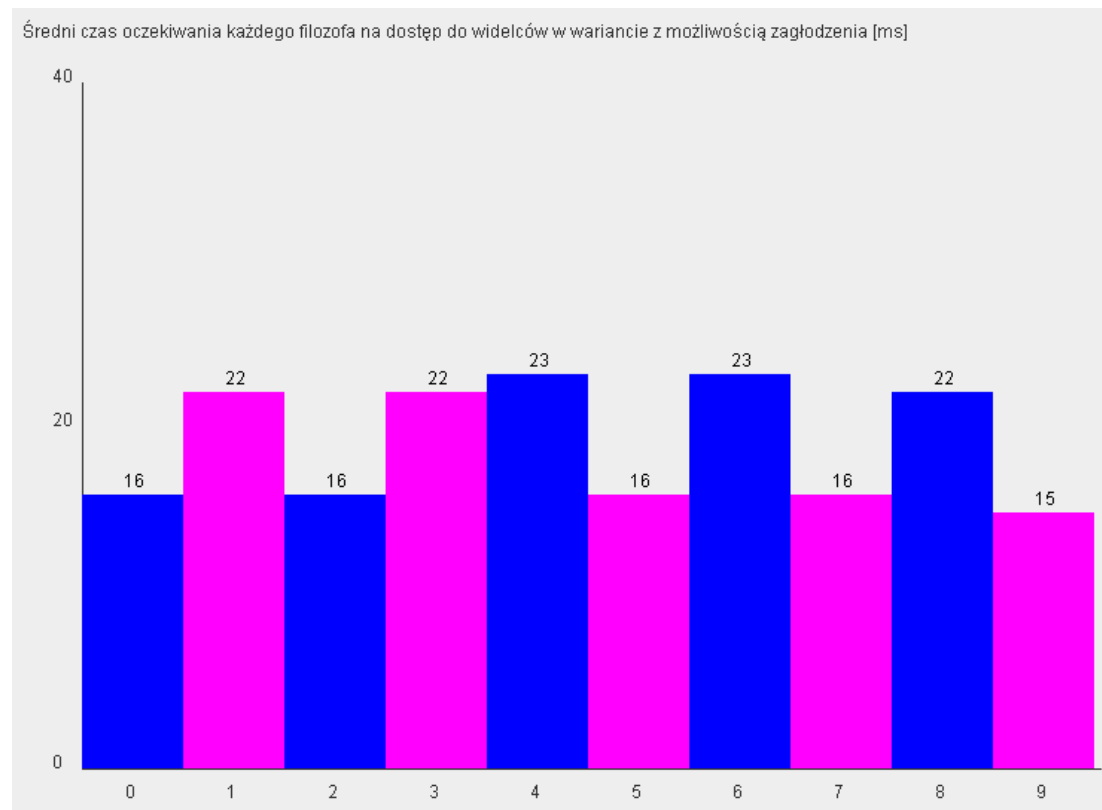
Porównanie



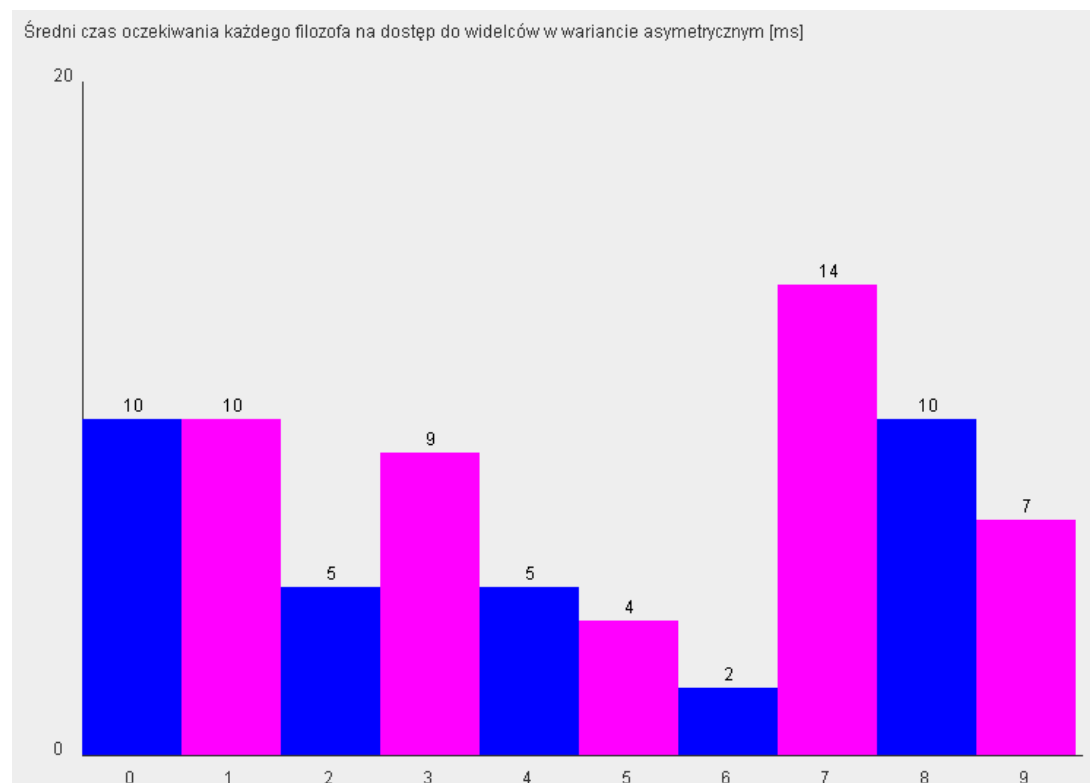
Widać, że średni czas oczekiwania w rozwiązaniu z arbitrem znacząco odbiega od pozostałych (jest około 5 razy większy), pozostałe czasy są bardzo zbliżone. Różnią się także średnie czasy dla poszczególnych filozofów. W rozwiązaniach z możliwością zagłodzenia i z arbitrem czasy te są bardzo zbilansowane – każdy filozof czeka praktycznie tyle samo na jedzenie, podczas gdy w rozwiązaniach asymetrycznym i z jadalnią widzimy spore rozbieżności.

2. Dla 10 filozofów

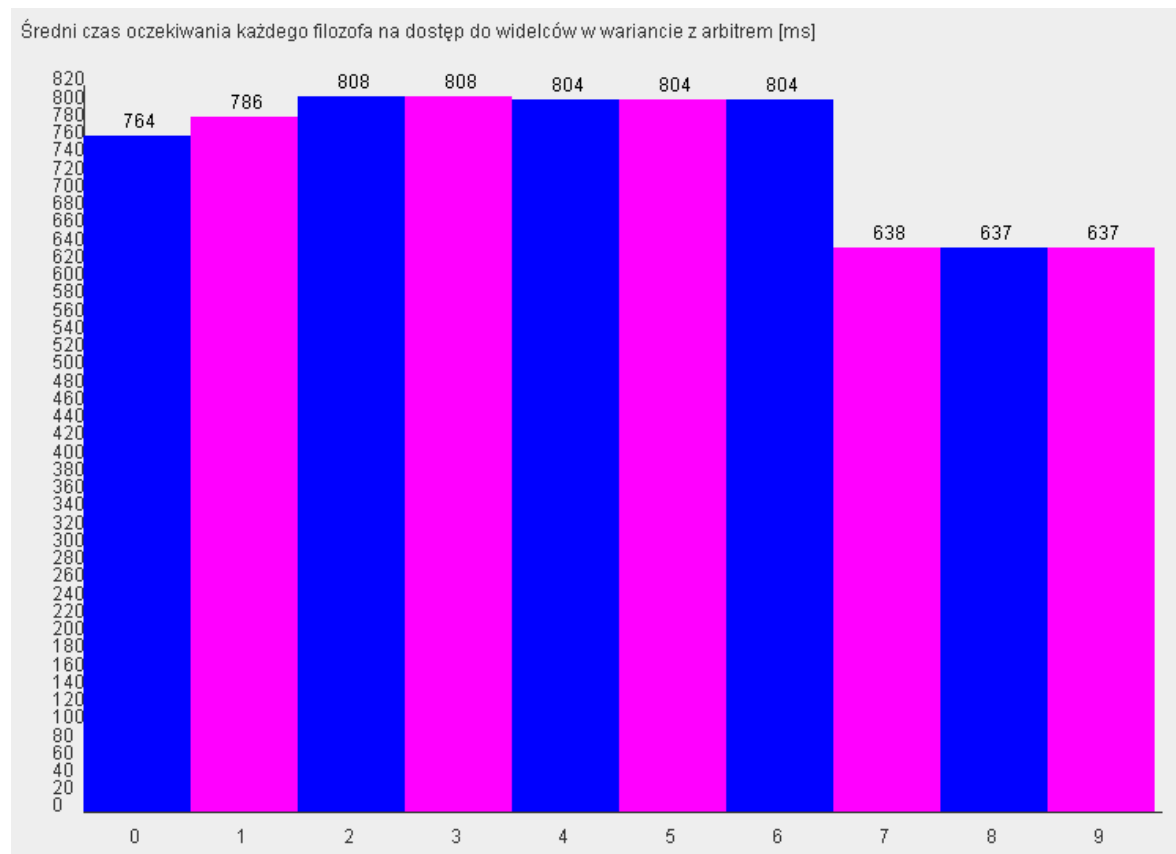
Rozwiązanie z możliwością zagłodzenia



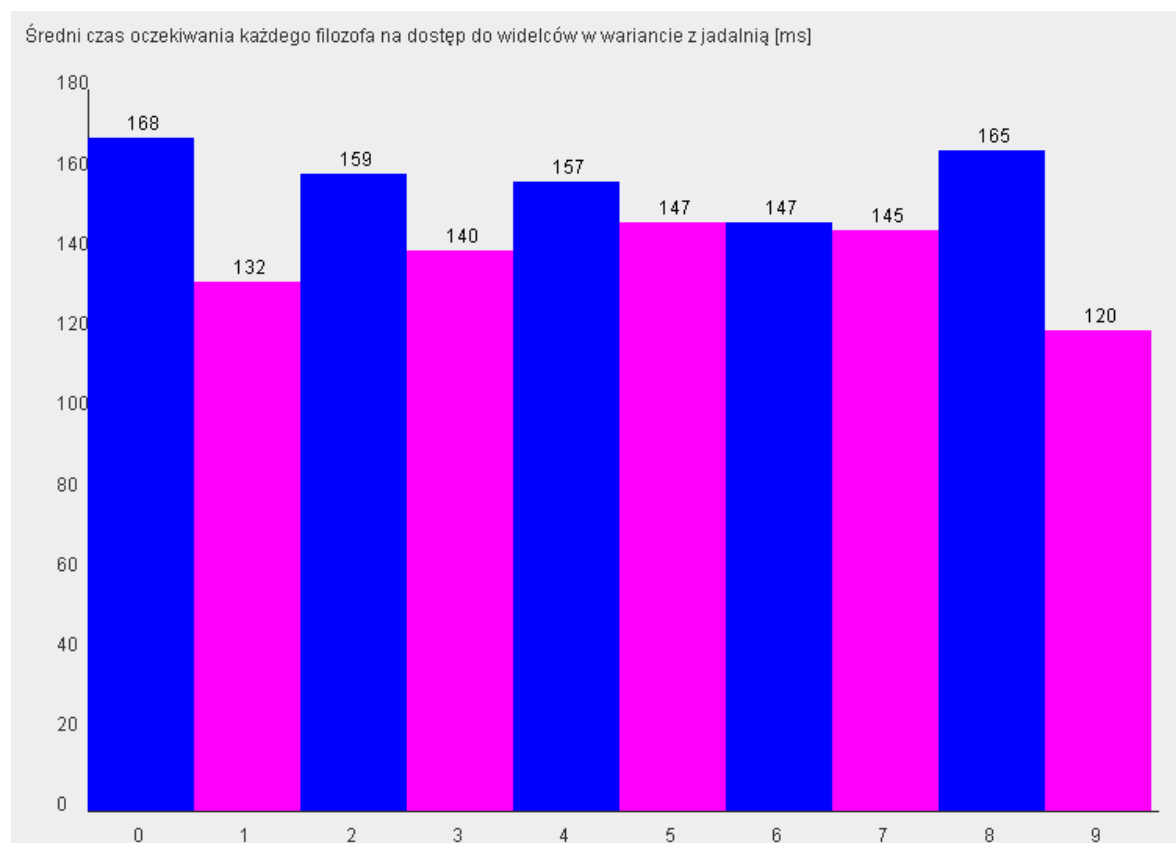
Rozwiązanie asymetryczne



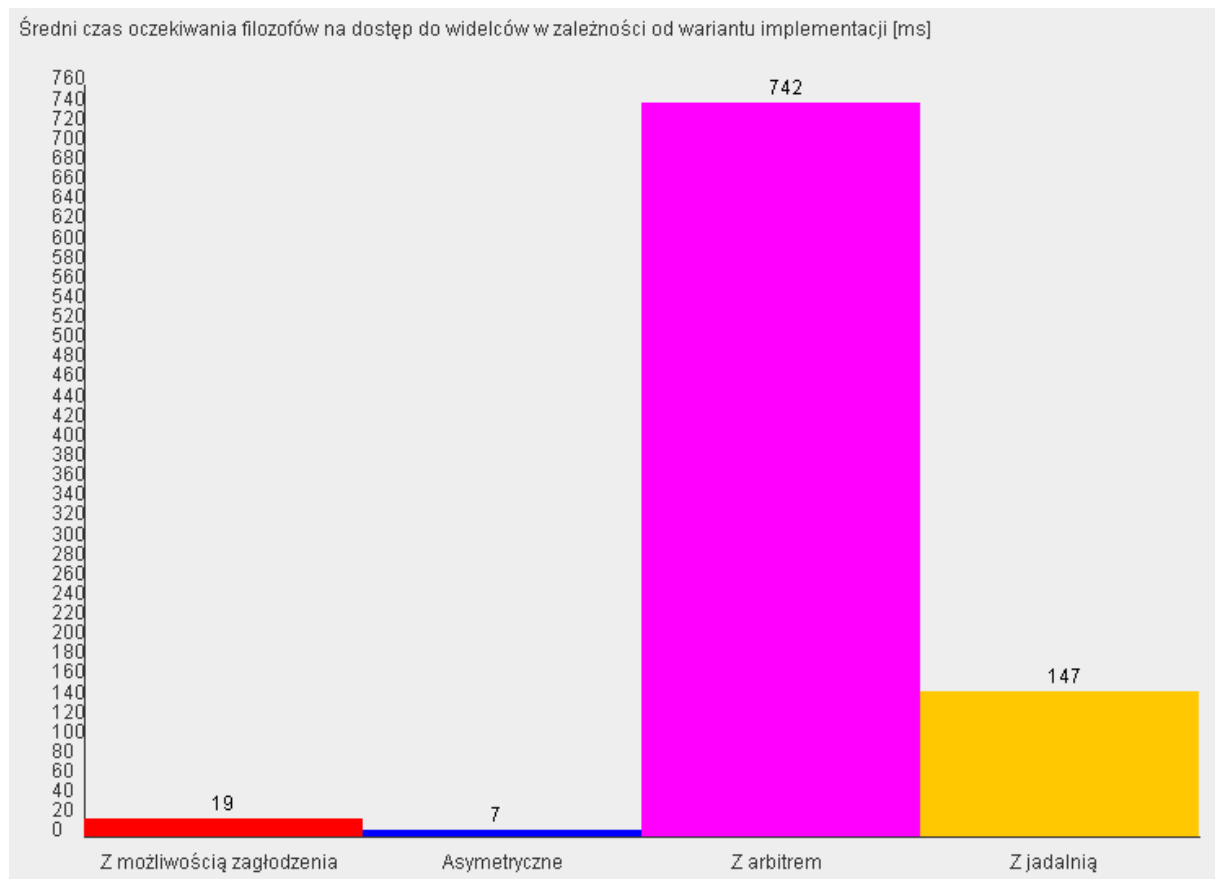
Rozwiązanie z arbitrem



Rozwiązanie z jadalnią



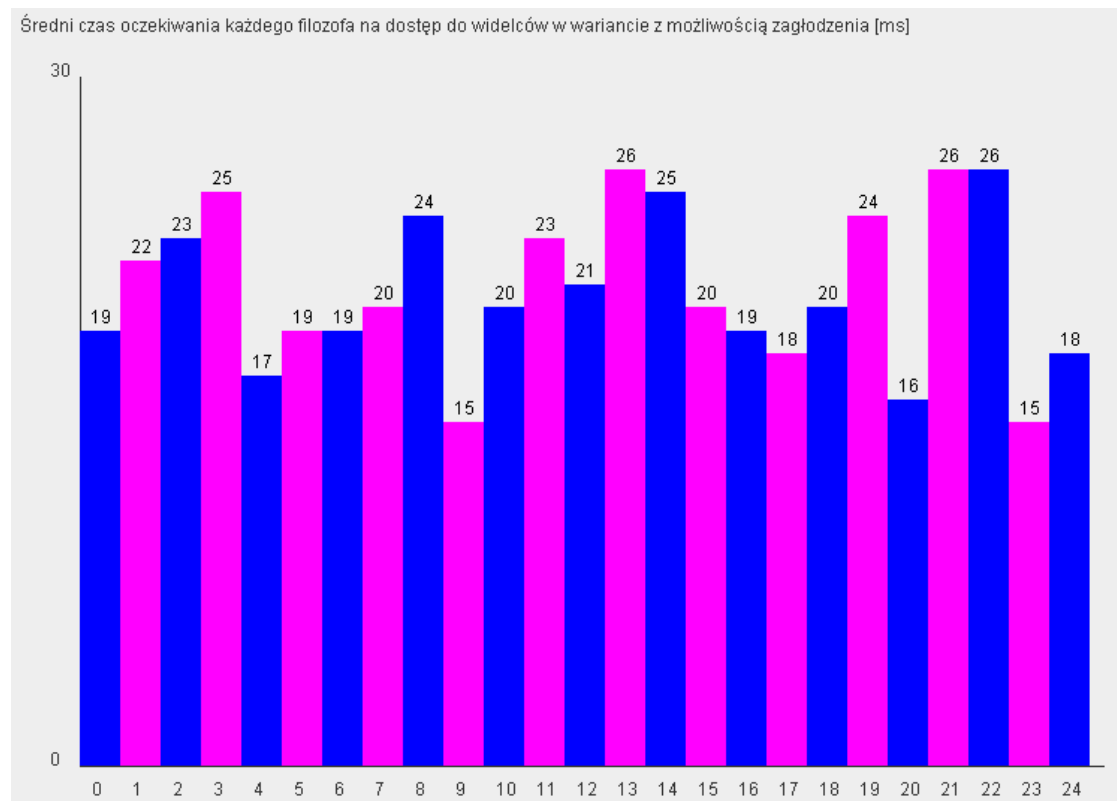
Porównanie



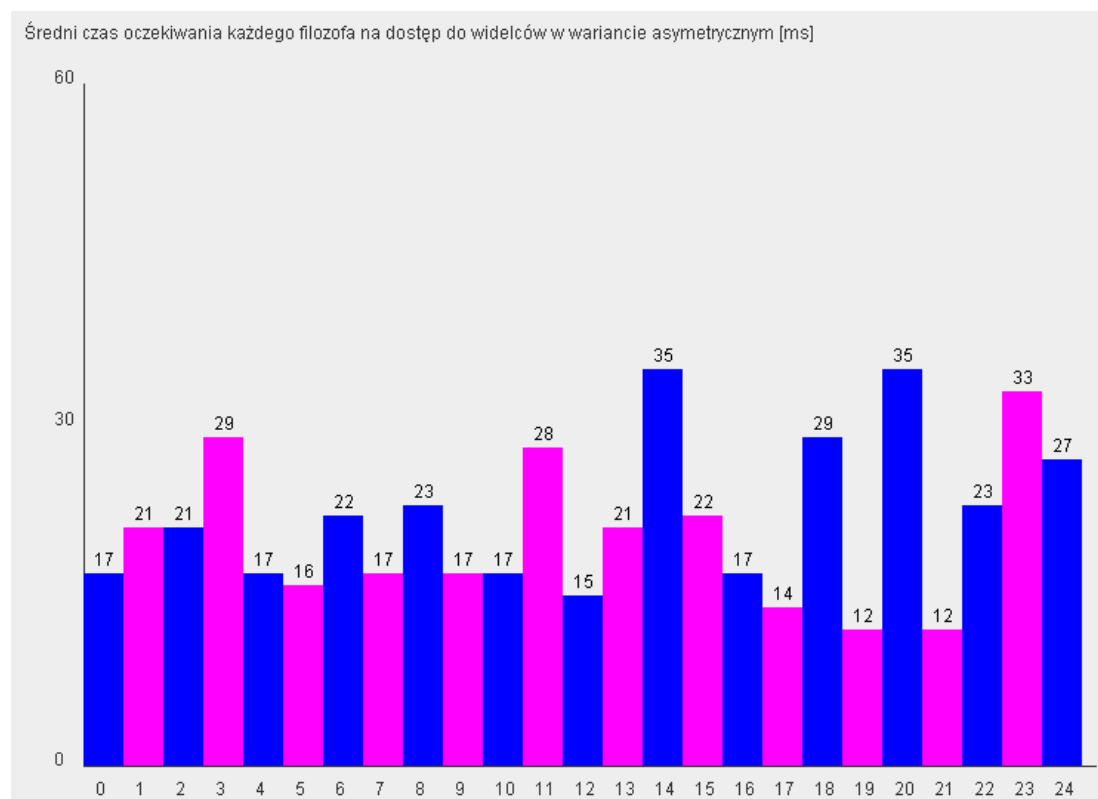
Można zauważyć, że czasy dla rozwiązań z możliwością zagłodzenia i asymetrycznego znacząco zmalały (ale asymetryczne jest już ponad 2 razy lepsze), a dla rozwiązań z arbitrem i z jadalnią znacząco wzrosły. To, że najgorszymi rozwiązaniami są akurat te 2 warianty nie jest zaskakujące, gdyż rozwiązanie z jadalnią jest modyfikacją rozwiązania z arbitrem. Jeśli chodzi o bilans czasów dla poszczególnych filozofów, to rozwiązanie asymetryczne pozostało bez zmian, natomiast w wariacie z jadalnią czasy się wyrównały.

3. Dla 25 filozofów

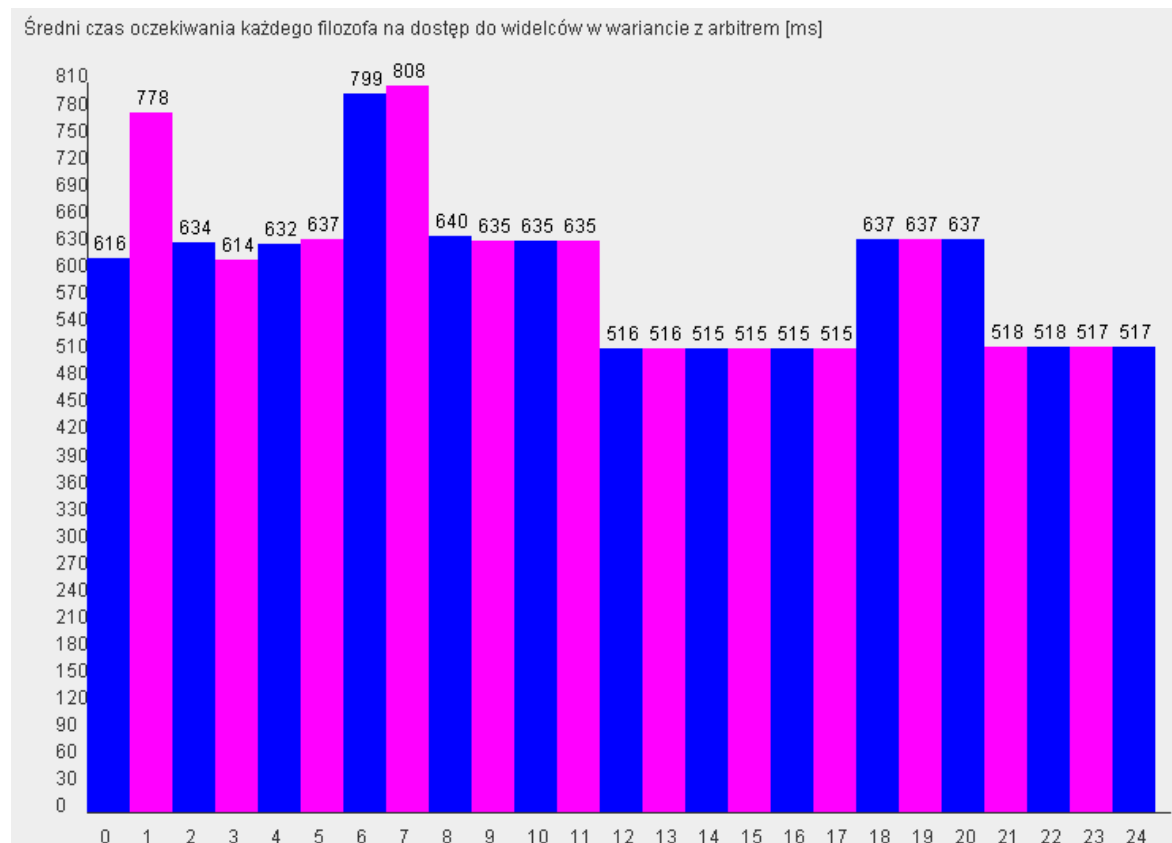
Rozwiązanie z możliwością zagłodzenia



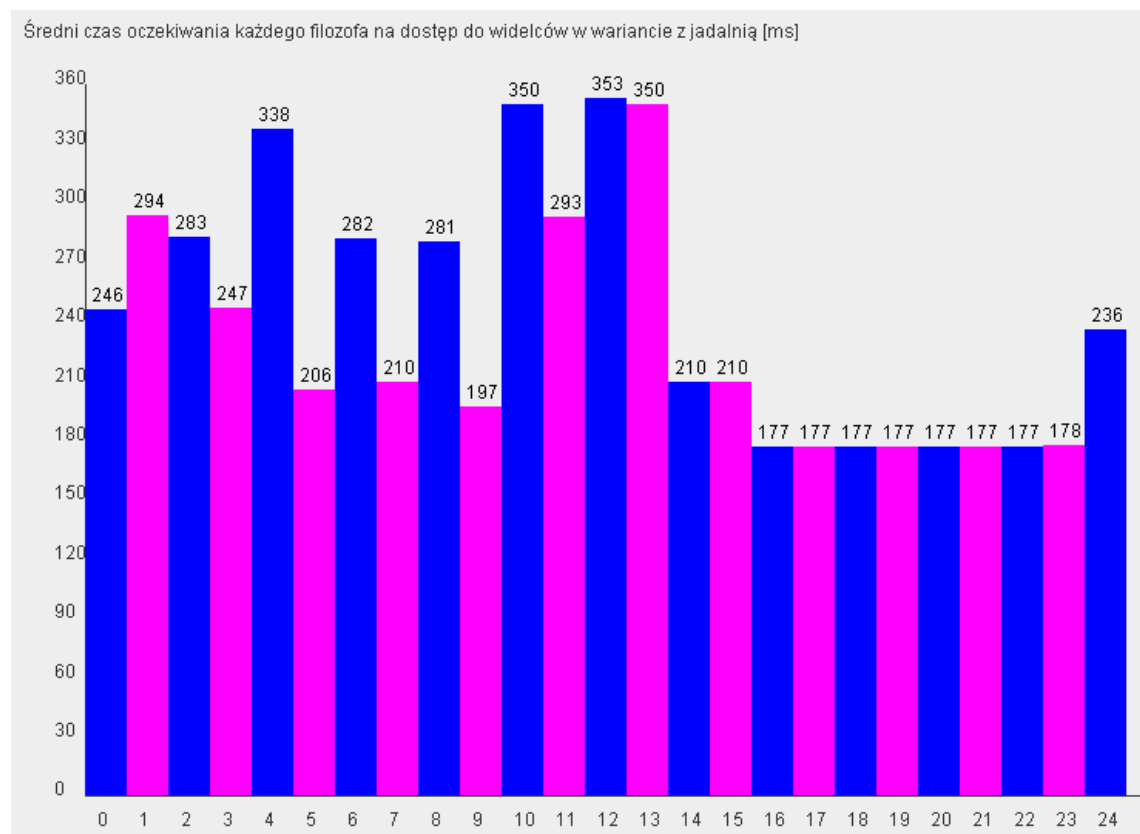
Rozwiązanie asymetryczne



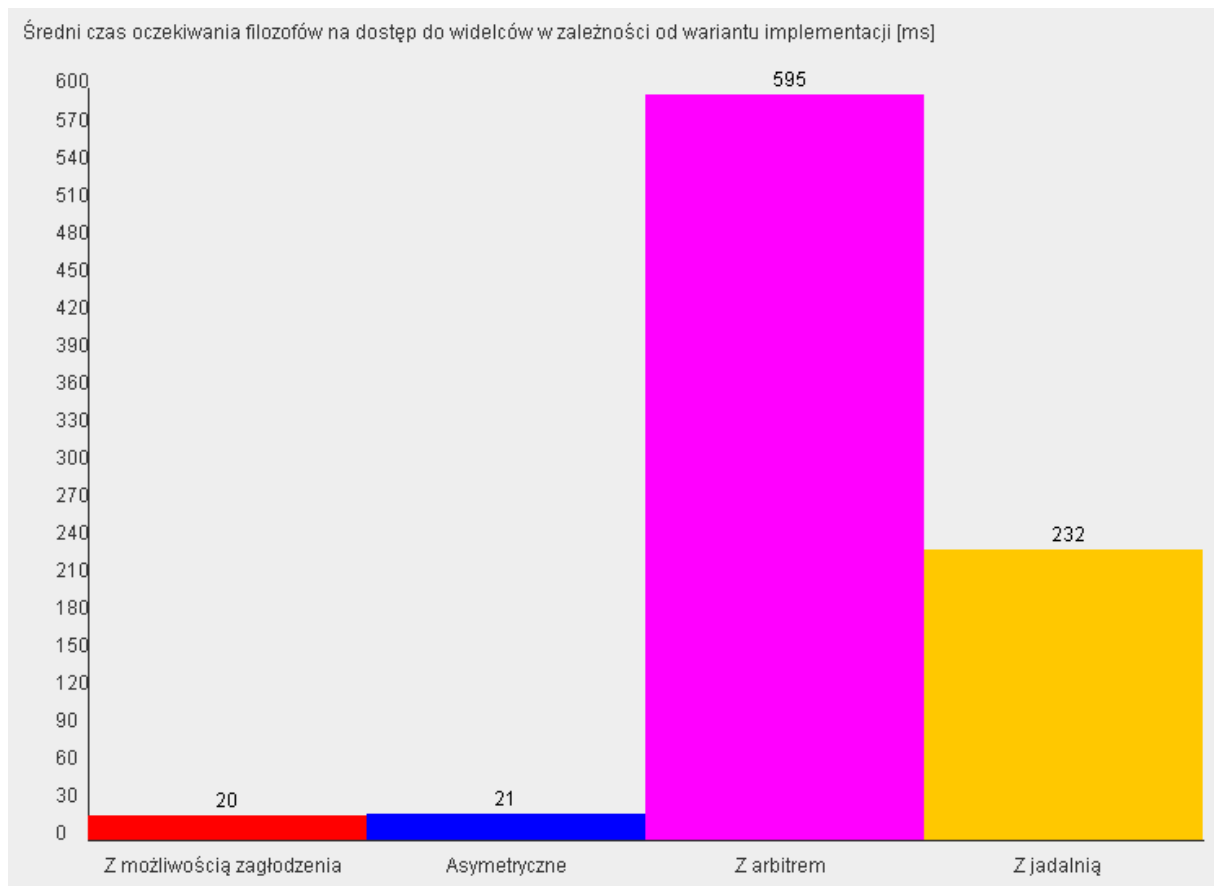
Rozwiązanie z arbitrem



Rozwiązanie z jadalnią



Porównanie



Na nieznaczące prowadzenie wyszło rozwiązanie z możliwością zagłodzenia, ale dalej rozwiązania z arbitrem i z jadalnią znacząco odbiegają od reszty. Różnica pomiędzy rozwiązaniami wykorzystującymi arbitra zmalała, ale wciąż jest duża. Ponadto można zauważyć że bilans czasów dla poszczególnych filozofów w rozwiązaniu asymetrycznym trochę się zrównoważył.

Wnioski

- Rozwiązania asymetryczne i z możliwością zagłodzenia są najlepsze, na trzecim miejscu jest rozwiązanie z jadalnią, a na ostatnim z arbitrem.
- Porównując rozwiązania asymetryczne i z możliwością zagłodzenia między sobą, to za pierwszym przemawiają nieco lepsze czasy i brak możliwości zagłodzenia, a za drugim dużo bardziej zbilansowane czasy dla poszczególnych filozofów.
- Modyfikacja rozwiązania arbitrem poprzez wprowadzenie spożywania posiłku „na korytarzu” znacząco poprawia czasy, ale i tak rozwiązanie z jadalnią jest daleko w tyle za dwoma pierwszymi z wyjątkiem przypadku dla małej liczby filozofów.
- Ciężko stwierdzić na tak małej próbce, jak zmiana liczby filozofów wpływa na ogólne wyniki. Bazując na przedstawionych wykresach i własnych eksperymentach można wywnioskować, że dla małej liczby filozofów (ok. 5) rozwiązania są do siebie dość zbliżone, ale już dla 10 filozofów różnią się znacząco i dalszy wzrost liczby filozofów niewiele zmienia w wynikach.
- Wariant z możliwością zagłodzenia wypadł zaskakująco dobrze. Nie dość że czasy były bardzo niskie, to jeszcze dobrze zbilansowane. Sądząc po wynikach, szansa na zagłodzenie jest bliska zeru, a brak mechanizmów synchronizacji nie wpływa w ogóle na czas oczekiwania, gdyż stosujemy locki, które funkcjonują jak mutexy.