

Zadanie 1

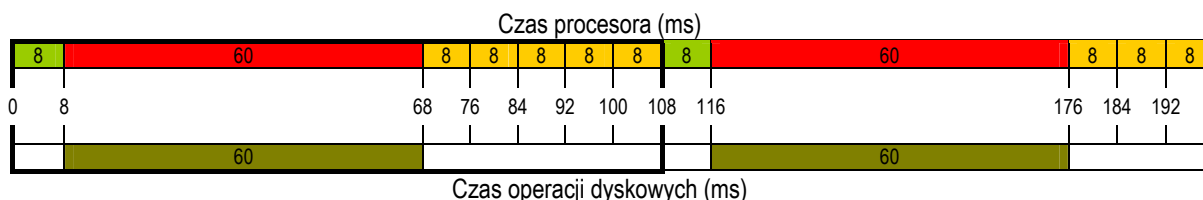
Proszę porównać operacje czytania pliku za pomocą jednowątkowego serwera plików i serwera wielowątkowego. Otrzymanie zamówienia na pracę, skierowanie go do wykonania i reszta niezbędnego przetwarzania zajmuje 8 ms, pod warunkiem, że potrzebne dane znajdują się w podręcznej pamięci bloków. Jeżeli istnieje konieczność wykonania operacji dyskowej, co stanowi jedną szóstą zamówień, potrzeba dodatkowo 60ms, podczas których wątek jest uśpiony. Ile zamówień na sekundę może obsłużyć serwer jednowątkowy? Ile zamówień na sekundę może obsłużyć serwer wielowątkowy? Proszę podać sposób rozwiązania i dokładnie uzasadnić.

Serwer jednowątkowy:

Średnio co szóste zamówienie wymaga operacji dyskowej więc do obliczeń zakładamy, że zamówienia numer 1, 1+6=7, 7+6=13, 13+6=19 itd. wymagają operacji dyskowej a pozostałe (czyli 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15 itd.) nie wymagają operacji dyskowej. Ponieważ serwer jest jednowątkowy (czyli zamówienia nie mogą być wykonywane współbieżnie bo wszystkie są przetwarzane sekwencyjnie w jednym wątku), zamówienia są wykonywane w całości, kolejno zgodnie z czasem nadejścia.

Jeżeli trafimy na zamówienie, które wymaga operacji dyskowej, zamówienie takie powoduje uśpienie wątku serwera na czas operacji dyskowej. Gdy operacja dyskowa się zakończy to zamówienie uznajemy za obsługane. Wątek zostaje wybudzony i kontynuuje pracę nad kolejnym zleceniem.

Kolor czerwony oznacza czas, w którym wątek jest beczynny (uśpiony, bo oczekuje na skończenie wykonywania operacji dyskowej). Kolor zielony oznacza czas, w którym procesor wykonuje zlecenie, które wymaga operacji dyskowej. Kolor pomarańczowy oznacza czas, w którym procesor wykonuje zlecenie nie wymagające operacji dyskowej. Kolor ciemnozielony oznacza czas, w którym jest wykonywana operacja dyskowa zlecenia wymagającego operacji dyskowej (zielonego). Ogólnie można to przedstawić następująco (fragment w pogrubionej ramce powtarza się i jest reprezentatywny dla całego przypadku):



Rozwiązanie z wykładu:

Teraz wyliczamy Z, czyli średnią liczbę zamówień obsługanych przez serwer jednowątkowy w ciągu sekundy (lub inaczej: w czasie 1000ms). Najpierw określmy, ile czasu przeciętnie wykonuje się jedno zlecenie. Mamy dwa typy zleceń: wymagające lub nie wymagające operacji dyskowych.

Jeżeli mamy do czynienia ze zleceniem nie wymagającym operacji dyskowej (kolor pomarańczowy), to średni czas wykonania jednego takiego zlecenia wynosi 8ms.

Teraz zajmijmy się drugim typem zleceń. Każde takie zlecenie jest przetwarzane przez wątek w ciągu 8ms (kolor zielony). W czasie przetwarzania zlecenia dochodzi jednak do operacji dyskowej, która zawiesza pracę wątku na 60ms (kolor czerwony). W związku z tym łączny czas wykonania przez wątek zlecenia wymagającego operacji dyskowej wynosi 8ms + 60ms = 68ms, gdyż dopiero w 68ms po otrzymaniu takiego zlecenia wątek jest wolny i może obsłużyć następne zlecenie z kolejki.

Jedna szóstka wszystkich zleceń to zlecenia wymagające operacji dyskowych. Czyli średnio $(1/6)*Z$ takich zleceń zostaje obsłużonych w ciągu 1000ms. A łączny czas obsługi tych zleceń wynosi $(1/6)*Z*68ms$.

Pozostałe zlecenia nie wymagają operacji dyskowych i średnio $(5/6)*Z$ takich zleceń zostaje obsłużonych w czasie 1000ms. Łączny czas obsługi tych zleceń wynosi $(5/6)*Z*8ms$.

Łączny czas obsługi zleceń jednego i drugiego typu wynosi $(1/6)*Z*68ms + (5/6)*Z*8ms$ i jest równy 1000ms (wynika to z definicji Z podanej powyżej). Z otrzymanego wzoru wyliczamy Z :

$$(1/6)*Z*68ms + (5/6)*Z*8ms = 1000ms$$

$$1*Z*68 + 5*Z*8 = 6000$$

$$68*Z + 40*Z = 6000$$

$$108*Z = 6000$$

$$Z = 55.(5)$$

Czyli średnia liczba zamówień obsłużonych przez serwer jednowątkowy w ciągu sekundy wynosi $Z = 55.(5)$.

Inny sposób rozwiązania (opis podobny do opisu poprzedniego rozwiązania):

Reprezentatywny fragment osi:



Analizujemy fragment zaznaczony na osi pogrubioną ramką. Jest on reprezentatywny ponieważ spełnia wymogi postawione w zadaniu, tzn. mamy sześć zleceń, w tym jedno wymagające operacji dyskowej i pięć nie wymagających operacji dyskowych (czyli odpowiednio $1/6$ i $5/6$ z sześciu). Fragment reprezentuje przypadek średni w danym przedziale czasu.

Jeżeli mamy do czynienia ze zleceniem nie wymagającym operacji dyskowej (kolor pomarańczowy), to średni czas wykonania jednego takiego zlecenia wynosi 8ms. W przypadku podanego fragmentu łączny czas wykonania zleceń nie wymagających operacji dyskowych wynosi $5*8ms = 40ms$.

Każde zlecenie wymagające operacji dyskowej jest przetwarzane przez wątek w ciągu 8ms (kolor zielony). W czasie przetwarzania zlecenia dochodzi do operacji dyskowej, która zawiesza pracę wątku na 60ms (kolor czerwony). W związku z tym łączny czas wykonania przez jeden wątek zlecenia wymagającego operacji dyskowej wynosi $1*(8ms + 60ms) = 68ms$, gdyż dopiero w 68ms po otrzymaniu takiego zlecenia wątek serwera jest wolny i może obsłużyć następne zlecenie z kolejki.

Łączny czas trwania zleceń wchodzących w skład fragmentu wynosi:

$$5*8ms + 1*(8ms+60ms) = 40ms + 68ms = 108ms$$

Teraz obliczamy, ile takich fragmentów może się średnio pojawić w czasie 1000ms:

$$1000ms : 108ms = 9.(259)$$

Pozostaje teraz wyliczyć Z , czyli średnią liczbę zamówień obsłużonych przez serwer w ciągu sekundy. Każdy fragment to sześć zrealizowanych zamówień, średnio w czasie 1000ms pojawia się $9.(259)$ fragmentów, więc serwer przetwarza średnio $Z=9.(259)*6=55.(5)$ zamówień.

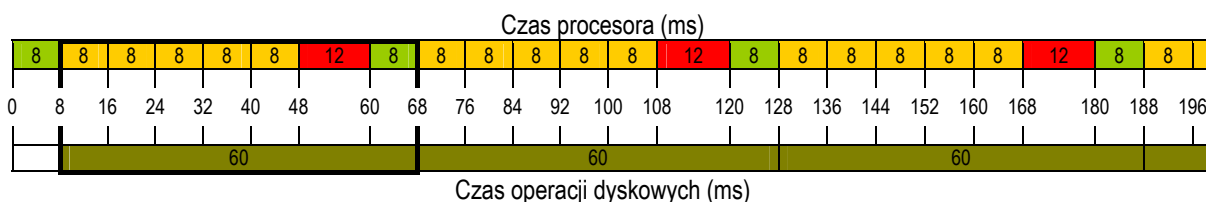
Serwer wielowątkowy:

Serwer wielowątkowy to taki, w którym każde zlecenie wykonywane jest w osobnym wątku (wszystkie wątki stanowią podprogramy serwera traktowanego jako program, są jego integralną częścią). Mamy więc do czynienia ze współbieżnością wykonywanych zleceń. Główna cecha odróżniająca serwer wielowątkowy od jednowątkowego jest następująca: na serwerze wielowątkowym w czasie gdy jakieś zlecenie czeka na operację dyskową (zawieszając przyporządkowany temu zleceniu wątek), inny wątek (realizujący inne zlecenie) może korzystać z czasu procesora. Innymi słowami: serwer nie musi czekać bezczynnie aż zakończy się operacja dyskowa jakiegoś zlecenia gdyż może w tym czasie realizować inne zlecenia. Jeżeli w czasie gdy jedno zlecenie realizuje operację dyskową przyjdzie inne zlecenie które także ma wykonać operację dyskową, to wątek tego przychodzącego zlecenia zostaje uśpiony do czasu, aż poprzednie zlecenie skończy wykonywać swoją operację dyskową (czyli innymi słowami realizacja tego przychodzącego zlecenia zostanie odłożona do czasu, aż będzie można zrealizować operację dyskową). Wynika to z tego, że operacje dyskowe są wykonywane w całości jedna po drugiej.

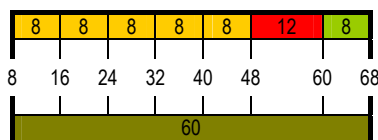
Przy wyliczaniu Z uwzględniamy zlecenia które wykonały się w całości (łącznie z operacjami dyskowymi, jeśli takie były niezbędne). Kolejka uśpionych wątków oczekujących na wykonanie swojej operacji dyskowej nie może rozrastać się w nieskończoność. Kiedyś przecież zlecenia przestaną przychodzić, a serwer będzie musiał poczekać (co oznacza że nie będzie wykorzystywał czasu procesora), aż wszystkie uśpione do tej pory wątki wykonają swoje operacje dyskowe. Jeżeli operacje dyskowe są zbyt długie to nie unikniemy epizodów, w których serwer (a tym samym jego wątki) nie korzysta z czasu procesora.

Na rysunku musimy uwzględnić te epizody. Rysujemy go w ten sposób, by na jedną operację dyskową przypadał tylko jeden wątek wymagający operacji dyskowej. To znaczy, że w czasie gdy jedno zlecenie czeka na zakończenie swojej operacji dyskowej do kolejki wątków uśpionych może zostać dołączony tylko jeden wątek wymagający operacji dyskowej.

Do obliczeń najlepiej wydzielić z osi czasu fragment, który będzie reprezentatywny dla całego przypadku (podobnie jak w przypadku serwera jednowątkowego) i na nim prowadzić obliczenia (według sposobu drugiego).



Reprezentatywny fragment osi:



W czasie jednej operacji dyskowej (60ms) może zostać wykonanych łącznie sześć zleceń (w tym pięć nie wymagających i jedna wymagająca operacji dyskowej), z czego zlecenie wymagające operacji dyskowej umieszczamy pod koniec wykonującej się operacji dyskowej w ten sposób by, jak tylko się ona zakończy, mogła zostać rozpoczęta następna operacja dyskowa. Czerwony odstęp pomiędzy zleceniami pomarańczowymi i zielonym to średni czas, przez jaki serwer nie będzie w ogóle korzystać z czasu procesora, przypadający na jedno zlecenie wymagające operacji dyskowej i jego wartość wynosi $60\text{ms} - 6 \cdot 8\text{ms} = 12\text{ms}$. Tak

więc średni czas wykonania zlecenia wymagającego operacji dyskowej wynosi $8\text{ms} + 12\text{ms} = 20\text{ms}$. Średni czas trwania fragmentu wynosi $5 \cdot 8\text{ms} + 1 \cdot (12\text{ms} + 8\text{ms}) = 60\text{ms}$ (oczywiście te wszystkie obliczenia były przeprowadzone w czasie rysowania rysunku i jeżeli rysunek jest dobrze wykonany to wystarczy z niego te wartości odczytać, konkretnie interesuje nas tylko czas trwania fragmentu).

Teraz obliczamy, ile takich fragmentów może się średnio pojawić w czasie 1000ms:

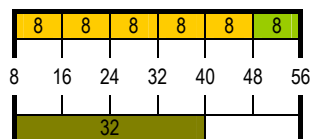
$$1000\text{ms} : 60\text{ms} = 16.(6)$$

Pozostaje teraz wyliczyć Z, czyli średnią liczbę zamówień obsłużonych przez serwer w ciągu sekundy. Każdy fragment to sześć zrealizowanych zamówień, średnio w czasie 1000ms pojawia się 16.(6) fragmentów, więc serwer przetwarza średnio $Z = 16.(6) \cdot 6 = 100$ zamówień.

Co by było, gdyby czas operacji dyskowej wynosił 32ms?

Dla serwera jednowątkowego: zmieniają się tylko dane.

Dla serwera wielowątkowego fragment osi będzie mieć następującą postać:



Czyli nie mamy epizodów bezczynności serwera, bo średni czas wykonania sześciu zleceń $6 \cdot 8\text{ms} = 48\text{ms}$ jest większy od czasu wykonania jednej operacji dyskowej (32ms) (zlecenie które wymaga operacji dyskowej trwa 8ms, bo jego operacja dyskowa nie powoduje epizodów bezczynności serwera, czerwonych dziur na rysunku). Czas trwania fragmentu wynosi 48ms. Takich fragmentów może się średnio pojawić w czasie 1000ms:

$$1000\text{ms} : 48\text{ms} = 20.8(3)$$

Średnia liczba zamówień obsłużonych przez serwer w ciągu sekundy (Z): każdy fragment to sześć zrealizowanych zamówień, średnio w czasie 1000ms pojawia się 20.8(3) fragmentów, więc serwer przetwarza średnio $Z = 20.8(3) \cdot 6 = 125$ zamówień.