Publish-Subscribe

Programowanie systemowe i współbieżne

Kacper Lisiak 160241

v1.0, 2025-01-25

Projekt jest dostępny w repozytorium github:
https://github.com/Kacper-spare/publish-subscribe

1 Struktury dancyh

Projekt został wykonany z użyciem dwóch struktur danych.

1. struktura TQueue:

```
struct TQueue
{
    int capacity;
    int tail;
    void** messageArray;
    TNode* subscribers;

    pthread_cond_t lockGetMsg;
    pthread_cond_t lockAddMsg;
    pthread_cond_t lockEditing;
    pthread_mutex_t mutexGetMsg;
    pthread_mutex_t mutexAddMsg;
    pthread_mutex_t mutexEditing;

    int activeReaders;
};
```

wyróżniamy tutaj dwa rodzaje zmiennych

- zmienne synchronizujące

```
pthread_cond_t lockGetMsg;
pthread_cond_t lockAddMsg;
pthread_cond_t lockEditing;
pthread_mutex_t mutexGetMsg;
pthread_mutex_t mutexAddMsg;
pthread_mutex_t mutexEditing;
int activeReaders; //liczba wątków aktualnie czytających informacje kolejki
```

zmienne te służą wyłącznie do synchronizacji wątków w programie z umożliwieniem istnienia wielu różnych struktór `TQueue`

- zmienne kolejki TQueue

```
int capacity; //maksymalna ilość wiadomości w kolejce
int tail; //indeks ostatniej wiadomości w kolejce
void** messageArray; //lista dynamiczna zawierająca wiadomości
TNode* subscribers; //lista jednokierunkowa z id wątków zasubskrybowanych
```

  zmienne te obsługują informacje kolejki odpowiednio opisane w komentarzu obok zmiennej. Zmienna `subscribers` jest stworzona przy użyciu struktury której implementacja wygląda następująco.

2. Struktura `TNode`

```
typedef struct Node
{
    int head; //informacja o indeksie koljenej wiadomości do przeczytania
    pthread_t* data; //wskaźnik do id wątku
    struct Node* next; //wskaźnik do kolejnego elementu listy
} TNode;
```

   struktura ta umożliwia dynamiczną alokacje i dealokacje dodatkowych subskrybentów bez używania funkcji `realloc()` która może zwrócić `NULL` i usunąć całą liste. Sposób implementacji subskrybentów jest preferencją.

2 Funkcje

Poniższe funkcje zawarte tutaj są funkcjami związanymi z kolejką jednokierunkową pozostałe funkcje są zaimplementowane zgodnie z specyfikacją projektu.

1. `TNode* newNode(pthread_t* thread, TQueue* queue)` – tworzy nowy wskaźnik do kolejnego elementu listy.
2. `TNode* removeNode(TNode* head)` – usuwa element podany, funkcja ta jest zawsze używana dla pewnego podzbioru listy i zawsze usuwa pierwszy element podzbioru.

3 Algorytm

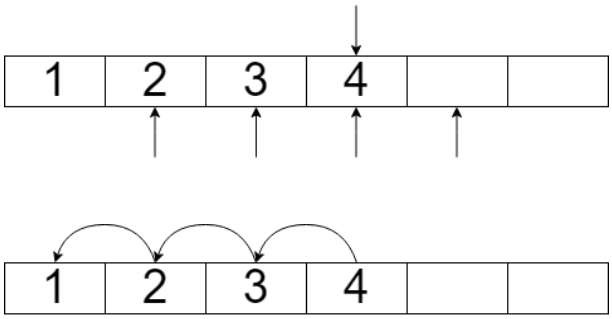
3.1 Implementacja

3.1.1 `destroyQueue(TQueue* queue)` – niszczy kolejke, musi zwolnić mutex związany z blokowaniem dostępu do kolejki aby go usunąć, może więc powodować błędy typu `read access violation`.

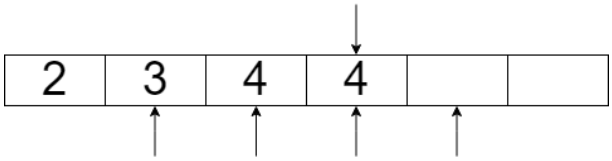
3.1.2 `setSize(TQueue* queue, int size)`, `unsubscribe(TQueue *queue, pthread_t thread)`, `removeMsg(TQueue *queue, void *msg)` – funkcje te korzystają z przesunięcia tablicy jednowymiarowej o n pozycji w lewo przykład:

górna strzałka reprezentuje informacje `tail` w strukturze `TQueue` dolne strzałki reprezentują informacje `head` w zmiennej `subscribers`

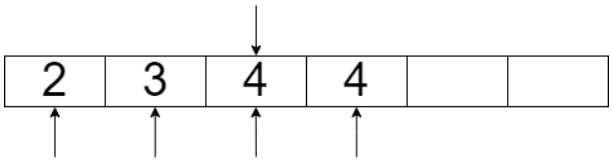
wykonamy przesunięcie o `n = 1`



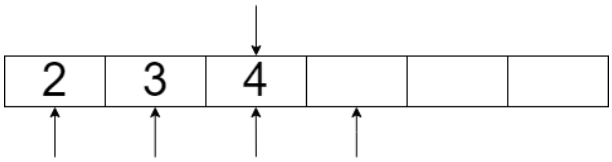
Na końcu przemieszczenia o `n = 1` otrzymujemy



Teraz algorytm poprawi wskaźniki przesuwając je odpowienio



I ostatecznie usunie zduplikowaną wiadomość (nie jest to jednak konieczne z perspektywy pozostałych funkcji)



3.1.3 `unsubscribe(TQueue *queue, pthread_t thread)` – po usunięciu subskrybenta sprawdza czy jest jakaś wiadomość do usunięcia

3.2 Zabezpieczenia

W programie występuje dwa zabezpieczneń związanych z obsługą informacji w strukturze `TQueue`.

3.2.1 Sekcja krytyczna dla wątku czytającego

```
pthread_mutex_lock(&queue->mutexEditing);
queue->activeReaders++;
```

```
pthread_mutex_unlock(&queue->mutexEditing);

...

pthread_mutex_lock(&queue->mutexEditing);
queue->activeReaders--;
if (queue->activeReaders == 0)
{
    pthread_cond_broadcast(&queue->lockEditing);
}
pthread_mutex_unlock(&queue->mutexEditing);
```

Zabezpiecznie to informuje wątki edytujące informacje o instnieniu wątku który aktualnie czyta infomacje z `TQueue` czyli informacja o tym że nie powinien zmieniać tych informacji dopóki inne wątki czytają je. Natomiast druga część informuje wątki uśpione przez zmienną warunkową o potencjalnej możliwości edycji `TQueue`. Informujemy wszystkie wątki, ponieważ kiedy jeden z nich skończy zadanie to drugi może rozpocząć swoje bez czekania aż znowu wystąpi sygnał na danej zmiennej warunkowej.

3.2.2 Sekcja krytyczna dla wątku edytującego

```
pthread_mutex_lock(&queue->mutexEditing);
while (queue->activeReaders != 0)
{
    pthread_cond_wait(&queue->lockEditing, &queue->mutexEditing);
}

...

pthread_mutex_unlock(&queue->mutexEditing);
```

Sekcja krytyczna występuje na całości funkcji (ponieważ edytujemy) co zatrzymuje inne wątki od edycji i czytania informacji w kolejce. Można ten problem porównać do problemu pisarzy i czytelników z priorytetem dla czytających.

3.2.3 Omówienie odporności na problemy przetważania współbieżnego

3.2.3.1 Zakleszczenie

Nie powinno wystąpić. Zasobem żądanym przez wątki jest dostęp do struktury `TQueue`, wątki rywalizują o dostęp do tej struktury, ale jest ona chroniona jednym mutexem. Nie jest to jednak wyustarczającym warunkiem do powstania zakleszczenie. Zakleszczenie mogłoby wystąpić jeśli przy usypianiu odpowieni mutex nie zostałby zwolniony.

3.2.3.2 Aktywne oczekiwanie

Program nie zawiera pętli z uśpieniem typu `sleep(n)`, ani pętli które wyłącznie sprawdzają swój warunek (np. `while (queue->activeReaders != 0)`). Występują natomiast uśpienie jak przedstawione w sekcji krytycznej dla wątku edytującego które pozwala na uśpienie wątku i oczekiwanie na otrzymanie sygnału który obudzi wątek z powrotem do działania.

3.2.3.3 Głodzenie

Jak powiedziane wcześniej program jest podobny do problemu piszących i czytających z priorytetem dla czytających co pozwala na głodzenie wątków piszących. Dodanie kolejnego mutexa który by kontrolował zezwolnie na czytanie spowodowało by odwrócenie piorytetu (głodznie wątków czytających), jednakże specyfikacja projektu mówi o blokowaniu się wątków, które próbują odebrać wiadomości kiedy nie ma nowej wiadomości do odebrania. Na tej podstawie można stwierdzić że głodzenie może wystąpić jedynie kiedy wątki będą wywoływać funkcje `getAvailable(TQueue *queue, pthread_t thread)`. Odwrócenie priorytetu doprowadzi do jednakowego problemu poprzez wywoływanie funkcji edytujących.