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
{
    pthread_cond_t lockGetMsg;
    pthread_cond_t lockAddMsg;
    pthread_cond_t lockEditing;
    pthread_mutex_t mutexEditing;

    int capacity;
    int tail;
    int start;
    TNode* subscribers;
    void** messageArray;
};
```

   wyróżniamy tutaj dwa rodzaje zmiennych

   - zmienne synchronizujące

     ```
     pthread_cond_t lockGetMsg;
     pthread_cond_t lockAddMsg;
     pthread_cond_t lockEditing;
     pthread_mutex_t mutexEditing;
     ```

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

- zmienne kolejki TQueue

```
int capacity; //maksymalna ilość wiadomości w kolejce
int tail; //indeks ostatniej wiadomości w kolejce
int start; //indeks pierwszego elementu kolejki
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 kolejnej  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 listę. 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. `void shift(TQueue *queue)` – przesuwa elementy kolejki o start w lewo, służy jako mechanizm opóźnienia rzeczywistego usunięcia wiadomości

3 Algorytm

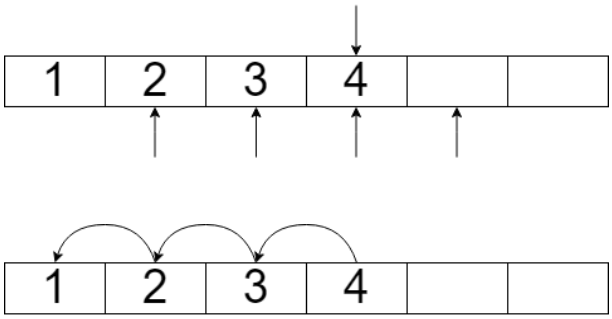
3.1 Implementacja

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

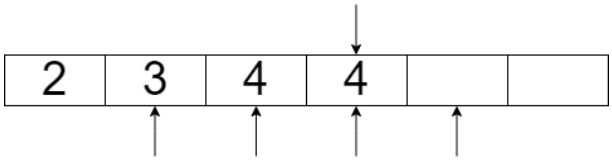
3.1.2 `setSize(TQueue* queue, int size)`, `unsubscribe(TQueue *queue, pthread_t thread)`, `removeMsg(TQueue *queue, void *msg)` – funkcje te korzystają z przesunięcia tablicy jednowymiarowej o n pozycji w lewo przykład:

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

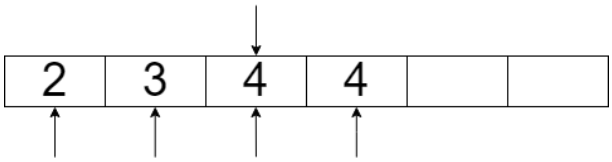
wykonamy przesunięcie o `n = 1`



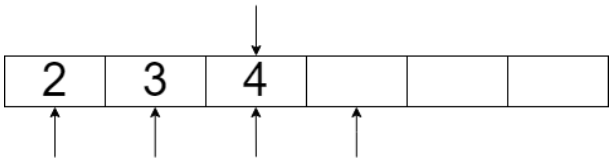
Na końcu przemieszczenia o `n = 1` otrzymujemy



Teraz algorytm poprawi wskaźniki przesuwając je odpowiednio



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 zabezpieczenie związanych z obsługą informacji w strukturze `TQueue`.

3.2.1 Sekcja krytyczna dla wątku

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

...
```

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

Sekcja krytyczna występuje na całości funkcji co zatrzymuje inne wątki od edycji i czytania informacji w kolejce.

3.2.2 Omówienie odporności na problemy przetważania współbieżnego

3.2.2.1 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 wystarczającym warunkiem do powstania zakleszczenie. Zakleszczenie mogłoby wystąpić, jeśli przy usypianiu odpowiedni mutex nie zostałby zwolniony.

3.2.2.2 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 które pozwala na zatrzymanie pracy wątku i oczekiwanie na otrzymanie sygnału który obudzi wątek z powrotem do działania.

3.2.2.3 Głodzenie

Głodzenie wątku może występować, jednakże będzie ono związane z sposobem dawania dostępu do procesora przez system operacyjny a nie sam program.

4 Przykład użycia

Program, który będzie analizowany

```
void* function(void* args)
{
    subscribe((TQueue*) args, pthread_self());
    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        printf("%d\n", *(int*)getMsg((TQueue*) args, pthread_self()));
    }
    unsubscribe((TQueue*) args, pthread_self());
}

int main()
{
    int sizeOfQueue = 10;
    int array[20] = {0};
    TQueue* queue = createQueue(sizeOfQueue);

    pthread_t threads[7];

    for (int i = 0; i < 7; i++)
    {
        pthread_create(&threads[i], NULL, function, (void*) queue);
    }
    for (int i = 0; i < 20; i++)
```

```
    {
        array[i] = i;
        addMsg(queue, (void*)(&array[i]));
    }


    for (int i = 0; i < 7; i++)
    {
        pthread_join(threads[i], NULL);
    }
    destroyQueue(queue);
}
```

Program wywołuje kolejno `createQueue(sizeOfQueue)` następnie tworzy 7 wątków każdy z nich subskrybuje do kolejki `queue` następnie 10 razy odbiera wiadomość poprzez `getMsg((TQueue*) args, pthread_self())` i wyświetla ją w terminalu a na koniec wywoła `unsubscribe(TQueue* queue)` z kolejki `queue`. W trakcie kiedy funkcja `function(void* args)` się wykonuje wielowątkowo wątek główny dodaje 20 wiadomości. Na koniec programu kolejka jest usuwana.

Faza	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1:		sub(Q)	sub(Q)	sub(Q)	sub(Q)	sub(Q)	sub(Q)	
2:	add(0)							
3:	add(1)							
4:	add(2)							
5:								sub(Q)
6:	add(3)							
7:	add(4)							
8:	add(5)							
9:	add(6)							
10:	add(7)							
11:		0←get(Q)	0←get(Q)	0←get(Q)	0←get(Q)	0←get(Q)	0←get(Q)	3←get(Q)
12:							rm(Q,0)	
13:		1←get(Q)	1&lar;rget(Q)	1←get(Q)	1←get(Q)	1←get(Q)	1←get(Q)	4←get(Q)
14:							rm(Q,1)	
15:		2←get(Q)	2←get(Q)	2←get(Q)	2←get(Q)	2←get(Q)	2←get(Q)	5←get(Q)
16:							rm(Q,2)	
17:	add(8)							
18:	add(9)							
19:	add(10)							
20:	add(11)							
21:	add(12)							
22:	add(13)							
23:	↓	3←get(Q)	3←get(Q)	3←get(Q)	3←get(Q)	3←get(Q)	3←get(Q)	6←get(Q)
24:	↓						rm(Q,3)	
25:	13							
26:		4←get(Q)	4←get(Q)	4←get(Q)	4←get(Q)	4←get(Q)	4←get(Q)	8←get(Q)
27:							rm(Q,4)	
28:		5←get(Q)	5←get(Q)	5←get(Q)	5←get(Q)	5←get(Q)	5←get(Q)	9←get(Q)
29:							rm(Q,5)	

Kontynuując ten przykład dostaniemy końcowo, że wątki wypisały liczby do 0 do 9, natomiast wątek `T7` wypisał liczby od 3 do 12. Program ma możliwość zakończenia się oczekiwaniem na otrzymanie sygnału od zmiennej warunkowej.