

# Programowanie rozproszone

Jakub Kwiatkowski 145356

Paweł Strzelczyk 145217

## Problem

$W$  winiarzy (oznaczonych dalej przez  $W_i$ ) produkuje każdy po  $X_i$  litrów wina.

$S$  studentów (oznaczonych dalej przez  $S_j$ ) konsumuje każdy po  $Y_j$  litrów wina.

Aby przekazać wino, winiarz musi wynająć bezpieczne miejsce  $B_k$ .

Winiarz nie rozpocznie produkcji wina, dopóki nie odda wszystkiego, co już wyprodukował.

Przy założeniach:

$$i \in \{1, 2, \dots, W\}$$

$$j \in \{1, 2, \dots, S\}$$

$$k \in \{1, 2, \dots, N\}$$

$$\neg(\forall_{i \in \{1, 2, \dots, W\}} \exists_{j \in \{1, 2, \dots, S\}} X_i = Y_j)$$

## Proponowane rozwiązanie

Aby rozwiązać podany problem musimy poczynić dodatkowe założenia:

- $\sum X_i = \sum Y_j$
- Winiarz nie musi oddać całej partii jednemu studentowi ( $X_i \geq Y_j$ )
- Student nie musi zaspokoić wszystkich swoich potrzeb u jednego winiarza ( $Y_j \geq X_i$ )
- Student może w razie potrzeby zaspokoić tylko część swojego zapotrzebowania, jednak pozostała część musi zostać zaspokojona tak szybko jak to tylko możliwe.

Założenie pierwsze zapobiega problemowi nadprodukcji. Jeśli założymy że proces jest ciągły i nieskończony, to przybiera ono formę:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n \times \sum X_i = \lim_{n \rightarrow \infty} n \times \sum Y_j$$

i jest pomijalne w praktyce.

Założenia drugie i trzecie zapobiegają sytuacji, w której popyt i podaż sumarycznie się równoważą, ale niemożliwy jest przydział całościowy.

Założenie czwarte jest potrzebne w przypadku procesu ciągłego i nieskończonego, pozwalając na złamanie założenia pierwszego w czasie jednej iteracji zakładając, że zostanie ono skorygowane w czasie następnych iteracji (zbyt mała podaż w  $i$ -tej iteracji zostanie zrównoważona nadpodażą w  $i + 1$  iteracji)

## Opis algorytmu

1. Winiarz  $W_i$  „produkuje”  $X_i$  litrów wina i ubiega się o bezpieczne miejsce  $B_i$ :
  - (a)  $W_i$  rozsyła do wszystkich winiarzy wiadomość **REQ** zawierającą swój zegar Lamporta  $L_{W_i}$  oraz żądane miejsce  $B_i$ .
  - (b) Po otrzymaniu wiadomości **ACK** (lub **REQ** z wyższymi zegarami Lamporta niż własny) od wszystkich winiarzy,  $W_i$  wchodzi do sekcji krytycznej i rozsyła wszystkim wiadomość  $M_{W_i}$  (**INFO**) zawierającą informacje o  $B_i$  i  $X_i$ .
  - (c) Jeśli  $W_i$  otrzyma wiadomość **REQ** z zegarem Lamporta niższym niż własny odsyła **ACK** i dalej oczekuje na pozostałe **ACK**.
  - (d) Po rozgłoszeniu wiadomości  $M_{W_i}$ ,  $W_i$  wychodzi z sekcji krytycznej i rozsyła **ACK** wszystkim oczekującym.
2.  $W_i$  rozpoczyna następną produkcję dopiero po otrzymaniu **RELEASE** zawierającego  $B_i$ .
3. Student  $S_j$  określa swoje zapotrzebowanie na  $Y_j$  litrów wina i ubiega się o dostęp do  $B_k$ :
  - (a)  $S_j$  wysyła do wszystkich studentów wiadomość **REQ** zawierającą  $B_k$  oraz ilość wina jaką zamierza stamtąd pobrać.
  - (b) Po otrzymaniu wiadomości **ACK** (lub **REQ** z wyższymi zegarami Lamporta niż własny) od wszystkich studentów,  $S_j$  wchodzi do sekcji krytycznej.
  - (c) Jeśli  $S_j$  wyczerpie zasoby  $B_k$ , to rozsyła winiarzom wiadomość **RELEASE** zawierającą  $B_k$ .
  - (d) Po wyjściu z sekcji krytycznej  $S_j$  rozsyła **ACK** wszystkim oczekującym.
4.  $S_j$  ubiega się o kolejne  $B_k$  doputy, dopóki nie wypełni zapotrzebowania  $Y_j$ .

Zegary Lamporta są inkrementowane w zwykły sposób, jednak nigdy nie w trakcie rozsyłania wiadomości (rozesłanie wiadomości do grupy odbiorców jest traktowane jako operacja atomowa).

## Implementacja

W naszej implementacji proponowanego algorytmu przyjęliśmy następującą strukturę wiadomości:

```
Message {  
    type,  
    timestamp,  
    sender,  
    payload {  
        safehouse_index,  
        wine_volume,  
        last_timestamp  
    }  
}
```

Pole **payload** jest zawartością specyficzną dla typu wiadomości. Poniżej przedstawiono typy wiadomości i pole **payload** specyficzne dla nich.

- WINEMAKER\_REQUEST:

```
payload: {
    safehouse_index
}
```

- WINEMAKER\_ACKNOWLEDGE:

```
payload: {}
```

- WINEMAKER\_BROADCAST:

```
payload: {
    safehouse_index,
    wine_volume
}
```

- STUDENT\_REQUEST:

```
payload: {
    safehouse_index,
    wine_volume
}
```

- STUDENT\_ACKNOWLEDGE:

```
payload: {
    safehouse_index,
    last_timestamp
}
```

- STUDENT\_BROADCAST:

```
payload: {
    safehouse_index
}
```

Niech  $\mathbb{W}$  będzie uporządkowanym wektorem winiarzy oraz  $\mathbb{S}$  będzie uporządkowanym wektorem studentów. Ponadto, niech  $\mathbb{B}$  będzie wektorem bezpiecznych miejsc. Wtedy:

$\forall w \in \mathbb{W}$  :

1. Niech  $i$  będzie indeksem  $w$  w wektorze  $\mathbb{W}$
2. Niech  $b = i \bmod \|\mathbb{B}\|$  będzie przypisanym do  $w$  indeksem bezpiecznego miejsca w wektorze  $\mathbb{B}$
3.  $w$  rozsyła do pozostałych winiarzy wiadomość WINEMAKER\_REQUEST z informacją o  $b$
4.  $w$  ustawia swój licznik zgód na 0

5. Dopóki licznik zgód jest mniejszy od  $\|\mathbb{W}\| - 1$ :
  - (a)  $w$  oczekuje na wiadomość  $m$
  - (b) Jeśli  $m$  jest typu `WINEMAKER_ACKNOWLEDGE`,  $w$  zwiększa licznik zgód o 1
  - (c) Jeśli  $m$  jest typu `WINEMAKER_REQUEST`:
    - i. Jeśli zegar  $m$  jest niższy od zegara wysłanej wiadomości lub indeks bezpiecznego miejsca jest różny od  $b$ ,  $w$  wysyła wiadomość zwrotną `WINEMAKER_ACKNOWLEDGE`
    - ii. Jeśli zegar  $m$  jest równy zegarowi wysłanej wiadomości oraz identyfikator  $w$  jest większy od identyfikatora nadawcy  $m$ ,  $w$  wysyła wiadomość zwrotną `WINEMAKER_ACKNOWLEDGE`
    - iii. Jeśli zegar  $m$  jest większy od zegara wysłanej wiadomości lub zegar  $m$  jest równy zegarowi wysłanej wiadomości oraz identyfikator  $w$  jest mniejszy od identyfikatora nadawcy  $m$ ,  $w$  dopisuje nadawcę  $m$  do kolejki oczekujących na zgodę i zwiększa licznik zgód o 1
6.  $w$  wybiera losowo liczbę jednostek wina  $v$ , i rozsyła ją do wszystkich studentów wiadomością `WINEMAKER_BROADCAST`
7.  $w$  oczekuje na wiadomość  $m$  typu `STUDENT_BROADCAST` z indeksem bezpiecznego miejsca równym  $b$
8.  $w$  rozsyła wiadomość `WINEMAKER_ACKNOWLEDGE` do winiarzy w kolejce oczekujących na zgodę
9. Wróć do 3

$\forall s \in \mathbb{S}$ :

1. Niech  $b \in \mathbb{B}$  będzie bezpiecznym miejscem
2. Niech  $S_b$  będzie liczbą jednostek składowanych w  $b$
3.  $s$  wybiera losowo liczbę jednostek wina  $v$
4.  $s$  wybiera pierwsze niepuste bezpieczne miejsce  $b$ 
  - (a) Jeśli wszystkie  $b$  są puste,  $s$  oczekuje na wiadomość typu `WINEMAKER_BROADCAST` z informacją o  $b$
5.  $s$  rozsyła do wszystkich studentów wiadomość `STUDENT_REQUEST` z informacją o  $b$  i  $v$ , oraz ustawia znacznik  $p$  (priorytet) na wartość zegara wysłanego zapytania.
6.  $s$  ustawia swój licznik zgód na 0
7. Dopóki licznik zgód jest mniejszy od  $\|\mathbb{S}\| - 1$ :
  - (a)  $s$  oczekuje na wiadomość  $m$
  - (b) Jeśli  $m$  jest typu `STUDENT_ACKNOWLEDGE` oraz  $m.payload.last\_timestamp$  jest równe  $p$ ,  $s$  zwiększa licznik zgód o 1
  - (c) Jeśli  $m$  jest typu `STUDENT_REQUEST`:

- i. Jeśli zegar  $m$  jest niższy od  $p$  lub indeks bezpiecznego miejsca jest różny od  $b$ ,  $s$  wysyła wiadomość zwrotną **STUDENT\_ACKNOWLEDGE** oraz zmniejsza odpowiednio zapasy w bezpiecznym miejscu wskazanym w  $m$
  - ii. Jeśli zegar  $m$  jest równy  $p$  oraz identyfikator  $s$  jest większy od identyfikatora nadawcy  $m$ ,  $s$  wysyła wiadomość zwrotną **STUDENT\_ACKNOWLEDGE** oraz zmniejsza odpowiednio zapasy w bezpiecznym miejscu wskazanym w  $m$
  - iii. Jeśli zaszła jedna z powyższych sytuacji i  $S_b = 0$ ,  $s$  porzuca próbę zajęcia  $b$  i wraca do punktu 4
  - iv. Jeśli zegar  $m$  jest większy od zegara wysłanej wiadomości lub zegar  $m$  jest równy zegarowi wysłanej wiadomości oraz identyfikator  $s$  jest mniejszy od identyfikatora nadawcy  $m$ ,  $s$  dopisuje nadawcę  $m$  do kolejki oczekujących na zgodę i zwiększa licznik zgód o 1
- (d) Jeśli  $m$  jest typu **WINEMAKER\_BROADCAST**,  $s$  aktualizuje stan odpowiedniego  $b$
8.  $s$  zmniejsza  $S_b$  oraz  $v$  o  $\min\{S_b, v\}$
  9. Jeśli  $S_b = 0$ ,  $s$  rozsyła wszystkim winiarzom wiadomość **STUDENT\_BROADCAST** z informacją o  $b$ .
  10.  $s$  rozsyła wiadomość **STUDENT\_ACKNOWLEDGE** do studentów w kolejce oczekujących na zgodę
  11. Jeśli  $v \neq 0$ ,  $s$  wraca do punktu 4
  12. W przeciwnym przypadku  $s$  wraca do punktu 3