

TEMAT: "Sortowanie i pakowanie obiektów"

ZESPÓŁ: Antonia Pękała, Michał Wilk

GRUPA: 1b

1. Cel programu:

Celem naszego projektu jest symulowanie elementu linii produkcyjnej mającego za zadanie odbiór oraz rozdysponowanie różnego typu produktów do odpowiednich dyspenserów. Występujące elementy logiczne procesu to:

- a. taśmociąg, będący źródłem elementów w losowej kolejności,
- b. bufor wejściowy, skąd sortownik pobiera elementy
- c. sortownik, który przekazuje elementy w dół linii do odpowiednich buforów
- d. bufor wyjściowy, czyli pojemniki zawierające elementy jednego typu
- e. pakerzy, czyli pracownicy fabryki lub maszyny odpowiedzialni za pakowanie konkretnego typu obiektów

Dodatkowo nad całym procesem czuwa moduł bezpieczeństwa, do którego podłączone są czujniki mające za zadanie wstrzymanie linii, w wypadku zajścia mogącego potencjalnie prowadzić do wypadku, natomiast po zażegnaniu niebezpieczeństwa, wznowić jej działanie. Ponadto wstrzymuje on całkowite wyłączenie hali dopóki występują na niej pracujący robotnicy.

2. Założenia projektowe:

Program symuluje działanie linii produkcyjnej wyświetlając komunikaty adekwatne do akcji podejmowanych przez wyżej wymienionych aktorów. Do najistotniejszych pokazywanych wiadomości należą stany poszczególnych buforów pokazane po edycjach. Pokazano, że komunikacja międzyprocesowa i wszystkie mechanizmy działają sprawnie. Obsłużone jest wzajemne wykluczanie przy dostępie do obiektu typu chronionego, rezultatem czego jest między innymi oczekiwanie na zwolnienie miejsca. Do realizacji postawionego w celu zadania założono wykorzystanie modelu ssącego¹, którego działanie oparto o wykorzystanie buforów w formie kolejek o skończonej długości. Są to obiekty chronione, będące wąskimi gardłami projektu, pozwalające na synchronizację zapisu i odczytu wielu równoległych procesów, dzięki czemu udało się otrzymać bardzo modułowe rozwiązanie pozwalające na tworzenie dowolnej ilości sortowników oraz większej lub równej od ilości sortowanych typów pakerów. Przy

¹ pull system:

<https://lean-management.pl/filozofia-lean-manufacturing/roznice-pomiedzy-produkcja-typu-push-i-typu-pull/>

niewielkiej modyfikacji kodu możliwe jest również wprowadzenie wielu źródeł/taśmociągów, co jednak zaczyna już odbiegać od symulowanych rzeczywistych przykładów. Budowa samych zadań jest przykładem rozbudowanej, a nawet rozszerzonej, maszyny stanów.

3. Procesy współbieżne:

- kontrolerobiektu - procedura uruchamiająca wszystkie pozostałe zadania od początku (taśmociąg) do końca (pakerzy) linii za pomocą wejść (entry) "Start". Kontroluje ona przebieg całej symulacji, wprowadzając losowe zdarzenia takie jak przerwa pracownicza ("Wstrzymaj", "Wznow") czy awaryjne wstrzymanie linii ("Sygnalizuj") i komunikuje rozpoczęcie i zakończenie pracy tego elementu fabryki.
- TasmociagObiektow - generuje obiekty z zadaną częstotliwością, wstawia je do buforu typu chronionego, z którego potem pobiera SortownikObiektu, komunikuje się z nim również poprzez wejście "Stop" zatrzymując go w momencie gdy jego bufor jest opróżniony rozpoczynając zakończenie produkcji.
- SortownikObiektow - jeden lub więcej sortowników obiektów realizujących sortowanie poprzez pobieranie z bufora obiektów wstawionych przez taśmociąg i przekazanie ich do odpowiednich buforów, z których pobierają i pakują obiekty PakerzyObiektu. Ponadto propaguje proces zatrzymania linii do pakerów w momencie opróżnienia buforów wszystkich typów, poprzez wejście "Stop".
- PakerObiektu - występuje ich tyle ile typów (lub więcej) obiektów, symulują pakowanie pobierając elementy z odpowiednich buforów.
- Bezpieczeństwo - obiekt kontrolujący przestój linii komunikując się z sortownikiem i taśmociągiem za pomocą wejść: "Wstrzymaj", "Wznow". Ponadto wstrzymuje działanie procedury głównej do momentu, gdy zatrzymane zostaną sortowniki oraz pakerzy skończą pracę, co jest równoznaczne z posortowaniem wszystkich produktów i opróżnieniem każdego bufora.

4. Instrukcja obsługi:

Symulacja polega na skonfigurowaniu ilości sortowanych typów obiektu, podania rozmiaru partii produkcyjnej to Taśmociągu oraz zakodowania rozłożenia linii (ilość sortowników oraz pakerów), a następnie przekompilowaniu i uruchomieniu programu (brak interakcji, wszystko działa w automacie).

Możliwe jest również zmodyfikowanie rozmiaru buforów w pliku "bufor.ads".

Objaśnienie komunikatów:

Komunikaty z "!!" - od Bezpieczeństwo

Komunikaty z "====" - od Tasmociagu

Komunikaty z przerwą od lewej - od PakerObiektu
Komunikaty bez przerwy od lewej- od SortownikObiektu
Komunikat z "-----" - informacja o przerwie dla PakerObiektu

Przebieg przykładowej symulacji dla 50 obiektów, 3 pakerów i 2 sortowników, wysyłając na 5-cio sekundową przerwę wszystkich pakerów i używając przycisku E-STOP, wznowiając maszynę po 5 sekundach:

BS - bufor sortownika

BOs(typ) - bufor konkretnego typu obiektu

- rozpoczęcie symulacji

```
TERMINAL  PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE

x86_64-linux-gnu-gnatbind-7 -x kontrolerobiektu.ali
x86_64-linux-gnu-gnatlink-7 kontrolerobiektu.ali
tosia@antoniap-thinkpad-t410:~/ada projekt/PWiRSortowaniePakowanie$ ./kontrolerobiektu
***** SYMULATOR SORTOWANIA I PAKOWANIA *****
!! STEROWNIK BEZPIECZENSTWA ROZPOCZĄŁ DZIAŁANIE !!
    PAKER OBIEKTU Pkr 0 DLA TYP1 ROZPOCZYNA PRACE
    PAKER OBIEKTU Pkr 1 DLA TYP2 ROZPOCZYNA PRACE
    PAKER OBIEKTU Pkr 2 DLA TYP3 ROZPOCZYNA PRACE
    SORTOWNIK OBIEKTÓW ROZPOCZYNA PRACE
    ===== TASMOCIĄG ROZPOCZYNA PRACE
```

- typowe komunikaty o pobieraniu, wstawianiu z wyświetlaniem stanu bufora, pakowaniu obiektu, czekaniu, podmienianiu i jego powodzeniu, Tasmociąg dodatkowo informuje o numerze wygenerowanego obiektu

```
SORTOWNIK POBRAŁ TYP2 Z BS()= [ ]
SORTOWNIK WSTAWIŁ TYP2 DO BOs(TYP2)= [ TYP2 ]
===== ( 44 ) TASMOCIĄG WSTAWIA TYP3 DO BS()= [ TYP3 ]
SORTOWNIK POBRAŁ TYP3 Z BS()= [ ]
SORTOWNIK NIE PODMIENIŁ, CZEKA NA MIEJSCE
===== ( 43 ) TASMOCIĄG WSTAWIA TYP3 DO BS()= [ TYP3 ]
SORTOWNIK POBRAŁ TYP3 Z BS()= [ ]
SORTOWNIK NIE PODMIENIŁ, CZEKA NA MIEJSCE
===== ( 42 ) TASMOCIĄG WSTAWIA TYP1 DO BS()= [ TYP1 ]
===== ( 41 ) TASMOCIĄG WSTAWIA TYP2 DO BS()= [ TYP1 TYP2 ]
===== TASMOCIĄG CZEKA NA MIEJSCE W SORTOWNIKU
    PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 BOs(TYP3)= [ TYP3 TYP3 ]
SORTOWNIK POCZĘKAŁ I WSTAWIŁ TYP3 DO BOs(TYP3)= [ TYP3 TYP3 ]
SORTOWNIK POBRAŁ TYP1 Z BS()= [ TYP2 ]
SORTOWNIK WSTAWIŁ TYP1 DO BOs(TYP1)= [ TYP1 ]
```

- przerwa pakerów

```
----- PAKER Pkr 0 MA PRZERWĘ -----
===== ( 35 ) TASMOCIĄG WSTAWIA TYP1 DO BS()= [ TYP1 ]
===== ( 34 ) TASMOCIĄG WSTAWIA TYP1 DO BS()= [ TYP1 TYP1 ]
===== TASMOCIĄG CZEKA NA MIEJSCE W SORTOWNIKU
    PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 BOs(TYP2)= [ TYP2 TYP2 ]
----- PAKER Pkr 1 MA PRZERWĘ -----
    PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 BOs(TYP3)= [ TYP3 TYP3 ]
----- PAKER Pkr 2 MA PRZERWĘ -----
----- PAKER Pkr 0 WRÓCIŁ -----
----- PAKER Pkr 1 WRÓCIŁ -----
----- PAKER Pkr 2 WRÓCIŁ -----
```

- przycisk E-STOP, wstrzymanie maszyny, pakerzy pakują to co zostało

```
!! POCZATEK E-STOP !!
SORTOWNIK POCZĘKAŁ I WSTAWIŁ TYP3 DO B0s(TYP3)= [ TYP3 TYP3 ]
==== TASMOCIAG WSTRZYMANY
SORTOWNIK POBRAŁ TYP1 Z BS()= [ TYP1 ]
SORTOWNIK WSTRZYMANY
SORTOWNIK WSTRZYMANY
    PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 B0s(TYP2)= [ TYP2 ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 0 SPAKOWAŁ TYP1 B0s(TYP1)= [ TYP1 ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 B0s(TYP3)= [ TYP3 TYP3 ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 B0s(TYP2)= [ ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 0 SPAKOWAŁ TYP1 B0s(TYP1)= [ ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 B0s(TYP3)= [ TYP3 ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 B0s(TYP3)= [ ]
!! KONIEC E-STOP !!
==== TASMOCIAG WZNOWIONY
==== ( 33 ) TASMOCIAG WSTAWIA TYP2 DO BS()= [ TYP1 TYP2 ]
SORTOWNIK WZNOWIONY
SORTOWNIK WSTAWIŁ TYP1 DO B0s(TYP1)= [ TYP1 ]
SORTOWNIK WZNOWIONY
```

- zrealizowana podmiana, wstawienie i czekanie po nieudanej podmianie

```
SORTOWNIK POBRAŁ TYP2 Z BS()= [ TYP3 ]
SORTOWNIK PRÓBUJE PODMIENIC OBIEKT NA INNY
SORTOWNIK PODMIENIŁ ELEMENT I BEDZIE PRÓBOWAŁ WSTAWIC
SORTOWNIK WSTAWIŁ TYP3 DO B0s(TYP3)= [ TYP3 ]
SORTOWNIK POBRAŁ TYP2 Z BS()= [ TYP2 ]
SORTOWNIK NIE PODMIENIŁ, CZEKA NA MIEJSCE
==== ( 12 ) TASMOCIAG WSTAWIA TYP2 DO BS()= [ TYP3 TYP2 ]
==== ( 11 ) TASMOCIAG WSTAWIA TYP1 DO BS()= [ TYP2 TYP1 ]
==== TASMOCIAG CZEKA NA MIEJSCE W SORTOWNIKU
    PAKER OBIEKTU Pkr 0 SPAKOWAŁ TYP1 B0s(TYP1)= [ TYP1 ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 B0s(TYP3)= [ TYP3 ]
    PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 B0s(TYP2)= [ TYP2 TYP2 ]
SORTOWNIK POCZĘKAŁ I WSTAWIŁ TYP2 DO B0s(TYP2)= [ TYP2 TYP2 ]
```


- zakończenie symulacji, puste bufory na końcu

```

===== ( 1 ) TASMOCIAG WSTAWIA TYP3 DO BS()= [ TYP2 TYP3 ]
===== TASMOCIAG KONCZY PRACE
PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 B0s(TYP3)= [ ]
PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 B0s(TYP2)= [ TYP2 TYP2 ]
PAKER OBIEKTU Pkr 0 SPAKOWAŁ TYP1 B0s(TYP1)= [ TYP1 TYP1 ]
SORTOWNIK POCZKAŁ I WSTAWIŁ TYP2 DO B0s(TYP2)= [ TYP2 TYP2 ]
SORTOWNIK POCZKAŁ I WSTAWIŁ TYP1 DO B0s(TYP1)= [ TYP1 TYP1 ]
SORTOWNIK POBRAŁ TYP3 Z BS()= [ ]
SORTOWNIK WSTAWIŁ TYP3 DO B0s(TYP3)= [ TYP3 ]
PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 B0s(TYP2)= [ TYP2 TYP2 ]
PAKER OBIEKTU Pkr 0 SPAKOWAŁ TYP1 B0s(TYP1)= [ TYP1 TYP1 ]
PAKER OBIEKTU Pkr 2 SPAKOWAŁ TYP3 B0s(TYP3)= [ ]
PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 B0s(TYP2)= [ TYP2 ]
PAKER OBIEKTU Pkr 0 SPAKOWAŁ TYP1 B0s(TYP1)= [ TYP1 ]
PAKER OBIEKTU Pkr 1 SPAKOWAŁ TYP2 B0s(TYP2)= [ ]
PAKER OBIEKTU Pkr 0 SPAKOWAŁ TYP1 B0s(TYP1)= [ ]
PAKER OBIEKTU Pkr 0 DLA TYP1 KONCZY PRACE
PAKER OBIEKTU Pkr 1 DLA TYP2 KONCZY PRACE
PAKER OBIEKTU Pkr 2 DLA TYP3 KONCZY PRACE
SORTOWNIK OBIEKTOW KONCZY PRACE
!! STEROWNIK BEZPIECZENSTWA OCZEKUJE NA ZAKONCZENIE PRACY NA HALI !!
!! STEROWNIK BEZPIECZENSTWA ZAKONCZYŁ DZIAŁANIE !!
***** SYMULATOR SORTOWANIA I PAKOWANIA BEZPIECZNIE ZAKOŃCZYŁ DZIAŁANIE *****
BS()= [ ]
B0(TYP1)= [ ]
B0(TYP2)= [ ]
B0(TYP3)= [ ]
tosia@antoniap-thinkpad-t410:~/ada projekt/PWiRSortowaniePakowanie$

```

5. Ograniczenia programu i możliwe kierunki rozbudowy.

Komunikaty wyświetlane w terminalu nie zawsze są całkowicie akuradne, ponieważ zanim się pojawią możliwe jest że inny proces współbieżny może zmienić stan np. bufora wyświetlanego w komunikacie. Innym problemem jest to kiedy funkcja Put_Line dostaje dostęp do standardowego wyjścia może być opóźniony poprzez inne zadania korzystające z tego zasobu, co prowadzi do wyświetlania niektórych komunikatów nie po kolei.

Jednym z nietypowych i bardzo rzadkich rozwiązań pojawiających się w sortownikach wielu typów jest pobranie takiego typu z bufora wejściowego, którego bufor wyjściowy nie jest przepełniony. Z próby implementacji tej cechy powstało wejście "Podmien" buforu. Zasada działania jest następująca: jeżeli dla pobranego elementu nie ma miejsca w jego buforze wyjściowym, podmień go na inny typ. Samo to może jednak prowadzić do ciągłego przebijania w buforze wejściowym, dlatego wprowadzono limit maksymalnie jednej podmiany. Jednak podejrzewamy, że napisany kod może mieć tendencje do wytwarzania sytuacji zawieszenia dla pewnych niefortunnych przypadków. Nie zostały one jednak znalezione w trakcie testów, dlatego kod nie został wycofany z końcowej wersji programu, nie mniej jednak stanowi świetny punkt do głębszej analizy / rozwoju aplikacji.

Można by również przeprowadzić refactoring kodu. Zadania powinny trafić do swoich własnych pakietów (najlepiej generycznych w celu lepszej parametryzacji procesu produkcyjnego). Pozwoli to na uzyskanie czystego i modułowego rozwiązania.

Ostatnim możliwym krokiem rozwoju jest lepsze wyświetlanie, najlepiej w postaci symulacji 2D/3D z graficznym interfejsem do tworzenia i konfiguracji linii produkcyjnej.