ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1988
Seria: AUTOMATYKA z.96 Nr kol.972

Jolanta Szadkowska - Skrzypiciel

Politechnika Krakowska

MODEL BEZKOLIZYJNEGO SYSTEMU TRANSPORTOWEGO ESP.

Streszczenie. Przedstawiono sposób opisu stanu systemu transportowego z wykorzystaniem macierzy [M] , w której kolejne wiersze w odpowiadają automatycznym wózkom, natomiast kolumny k możliwym pozycjom tych wózków. Określono sposób wyznaczania dopuszczalnych tras wózków z warunkiem bezkolizyjności w postaci :

$$\text{Jeżeli } M_{wkwe} = 1 \text{, to } \bigwedge_{k \in TP^{j}_{w}} \sum_{w=1}^{W} M_{wk} \le 1$$

Podano przykład rozwiązania dla dwóch wózków automatycznych.

1. Wstęp

Transport w ESP jest służebnym podsystemem w stosunku do całości systemu, np. [2] . Winien on działać w sposób, który narzuca mu strategia i taktyka ESP, nie wprowadzając dodatkowych ograniczeń na podjęte decyzje co do kolejności wykonywania operacji technologicznych i innych ograniczeń. Każde ograniczenie / zablokowanie / narzuconej czynności transportowej powodowałoby dwa niekorzystne skutki:

- komplikowałoby sposób podejmowania decyzji co do kolejności czynności na poziomie strategii i taktyki sterowania ESP,
- zmniejszałoby efektywność działania ESP.

Biorąc pod uwagę powyższe zalecenia w niniejszej pracy postawiono za cel ułożenie algorytmu bezkolizyjnego podsystemu transportowego realizującego rozkazy z systemu nadrzędnego. W szczególności zajęto się podsystemami z dwoma wózkami automatycznymi.

Wybór dwóch wózków był uniwersalniejszy, gdyż dla jednego wózka algorytm nie jest potrzebny, natomiast dwa wózki występują stosunkowo częściej niż większa ich liczba. Ponadto, aby dobór czynności transportowych w systemach o większej liczbie wózków niż dwa, mógł odbywać się bez ograniczeń, konieczne byłyby przemieszczenia wózków po wykonaniu zaleconej czynności. Może opóźnić to działanie systemu. Stąd celowe byłoby wypracowanie zmodyfikowanego zapisu w systemie nadrzędnym polegającego na tym, że nie sterowałby on bezpośrednio dwoma wózkami, ale wydawałby rozkazy dla zintegrowanego systemu transportowego.

Na przykładzie systemu transportowego z dwoma wózkami można przedstawić ogólną ideę rozwiązania problemu. Konkretny przykład zilustruje opracowaną metodą.

W swoich założeniach opracowywany podsystem powinien być częścią ogólniejszego opracowania [1] ujmującego strategię sterowania i nadzorowanie ESP z wykorzystaniem metody macierzowej.

2. Model systemu transportowego

2.1. Zapis stanu i bezkolizyjności

Dla zapisu aktualnych pozycji wózków w systemie i ich wzajemnego położenia względem siebie zaproponowano macierz $[M]$. Kolejne wiersze $w=1 \ldots W$ tej macierzy odpowiadają poszczególnym automatycznym wózkom. Kolumny $k = 1 \ldots K$ tej macierzy opisują wszystkie możliwe pozycje wózków w systemie. Elementami tych macierzy są 0 lub 1, co oznacza odpowiednio, że pozycja jest aktualnie wolna lub zajęta przez dany wózek. O aktualnej pozycji wózków w systemie rzeczywistym informują nas sygnały wysyłane przez czynniki rozmieszczone na trasie przejazdu. Aby nie doszło do kolizji wózków, musi być spełniony warunek bezkolizyjności zapisany w postaci :

$$\sum_{w=1}^{W} M_{wk} \leq 1 \quad \text{dla} \quad k = 1, \ldots, K \qquad /1/$$

2.2. Trasy przejazdu.

Trasy przejazdu każdego wózka w = 1 ..... W mogą prowadzić wyłącznie przez pozycje odpowiadające kolumnom k = 1 ..... K macierzy [M].

Dla każdego wózka można określić zbiór wszystkich dopuszczalnych tras przejazdu, tzn. kolejnych wskaźników k. Nie wyklucza się rozmaitych tras dla różnych wózków. Zapis jednej możliwej trasy dla wózka przedstawia ciąg liczb :

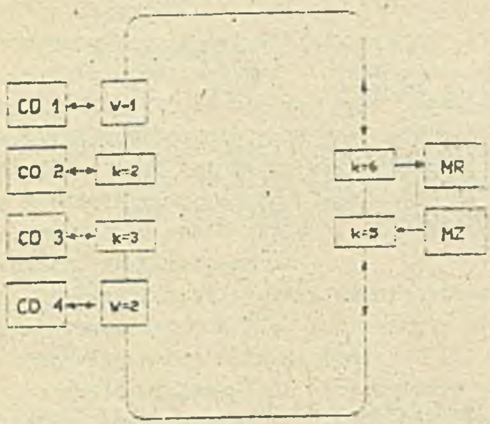
$$T_w^j = / l_{w1}^j, \dots , l_{wJ}^j / \qquad / 2 /$$

Każdy z elementów ciągu T_w^j jest jedną z liczb k = 1 ..... K. Kolejne dwa elementy ciągu określają dopuszczalne odcinki drogi transportowej. Każda dopuszczalna trasa może składać się wyłącznie z dopuszczalnych odcinków drogi transportowej.

3. Przykład systemu transportowego ESP

Analiza została przeprowadzona na przykładzie modelu ESP. Rozpatrywany model składa się z dwóch automatycznych wózków / W [1], W [2] /, czterech centrów obróbkowych / CO1 · [1], CO2 · [2], CO3 [3], CO4 [4] /, magazynu załadowczego / MZ [5] /, magazynu rozładowczego / MR [6] /. W systemie może być obrabiana dowolna liczba przedmiotów, w zależności od potrzeb systemu nadrzędnego.

Jego struktura charakteryzuje się tym, że istnieje możliwość łatwego wyodrębienia podsystemu transportowego. W celu ustalenia prawidłowej, tj. bezkolizyjnej pracy systemu transportowego dla realizacji ustalonej sekwencji czynności wyodrębniono go z systemu głównego i zapisano za pomocą modelu przedstawionego w punkcie 2.



CO - centra obróbkowe, MR - magazyn rozładowczy,
MZ - magazyn załadowczy, W - automatyczne wózki,
M - możliwe pozycje wózków w systemie.

Rys.1. Konfiguracja elementów systemu transportowego ESP
Fig.1. Configuration of elements of ESP transportation system

Zgodnie z przyjętym ogólnym zapisem stan systemu transportowego przedstawionego na rys 1. można zapisać w postaci macierzy $[M]$

$$[M] = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} & M_{15} & M_{16} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} & M_{25} & M_{26} \end{bmatrix} \qquad /3/$$

Gdzie element $M_{11} = 1$ i $M_{24} = 1$, pozostałe elementy przyjmują wartości zerowe.

Możliwe drogi transportowe dla wózka w=1 opisują dwa ciągi :

$$T_1^1 = /\ 1,2,3,4,5,6,1\ /, \qquad T_1^2 = /\ 6,5,4,3,2,1,6\ / \qquad /4/$$

Dla wózka w=2 opisują :

$$T_2^1 = T_1^1 \quad \text{i} \quad T_2^2 = T_1^2, \qquad /\ 5\ /$$

ponieważ oba wózki mogą poruszać się tymi samymi trasami.

Istotą dalszego postępowania będzie znalezienie takiego algarytmu, który zapewni spełnienie warunku :

$$M_{1k} + M_{2k} \leq 1 \qquad k=1, \ldots, 6 \qquad /6/$$

na każdym etapie pracy systemu.

4. Algorytm wyboru dopuszczalnej trasy wózków.

Program przedstawia jedynie sposób wyboru trasy dopuszczalnej składającej się z dopuszczalnych odcinków trasy drogi transportowej T_1^1, T_1^2 dla realizacji czynności narzuconych przez system nadrzędny.

Zakłada się, że za sposób realizacji trasy wózków w systemie rzeczywistym odpowiedzialne są dodatkowe warunki sterowania systemu. Sterowanie to musi być zgodne z przyjętym warunkiem bezkolizyjności / 1 /. W istocie polega to na tym, że istnieją blokady, które uniemożliwiają wjechanie na dany odcinek drogi transportowej następnego wózka, jeżeli znajduje się już tam wcześniej inny wózek.

Należy uwzględnić dwie możliwości, gdyż tylko takie dopuszcza model nadrzędny w systemie dla dwóch wózków, tj.

A. Jeden wózek stoi, drugi dobiera trasę do stojącego wózka.

B. Jeden wózek porusza się, drugi dobiera swoją trasę dla zrealizowania określonego przejazdu z zachowaniem niezmienności trasy wózka poruszającego się.

Należy przyjąć oznaczenie k_{ws} dla pozycji będącej początkiem ruchu wózka, oraz k_{we} dla pozycji kończącej ruch wózka. Następnie powinno się wybrać z T_w^j wszystkie dopuszczalne trasy przejazdu wózka realizujące jego przejście od pozycji k_{ws} do pozycji k_{we} i oznaczyć TP_w^j.

Aby nie doszło do kolizji, dla możliwości A i B musi być spełniony warunek bezkolizyjności zapisany w postaci :

$$\text{Jeżeli } M_{wk_{we}} = 1 \text{, to } \bigwedge_{k \in TP_w^j} \sum_{w=1}^{W} M_{wk} \leq 1 \qquad /7/$$

W przypadku A wybieramy jedną trasę ze zbioru tras dopuszczalnych TP_w^j dla wózka poruszającego się i sprawdzamy, czy dla każdej pozycji wózka na tej trasie względem pozycji wózka nieruchomego / dla którego $k_{ws} = k_{we}$ / jest spełniony warunek /7/. Jeżeli tak, to wybór trasy jest właściwy., jeżeli nie, to wybieramy kolejną dopuszczalną trasę TP_w^j i ponownie sprawdzamy spełnienie warunku. W przypadku ogólnym dla kilku dopuszczalnych tras istnieje możliwość wybrania trasy optymalnej, przyjmując kryterium np. długości drogi transportowej.

W przypadku B zakłada się, że ustalona trasa dla wózka uruchomionego jako pierwszy była bezkolizyjna w stosunku do stanu poprzedniego. Pozostawia się ją bez zmian i w stosunku do niej ustala się trasę dla wózka drugiego. Dla rozpatrywanego tu przykładu wystarczy ustalić trasę dla drugiego wózka względem pozycji końcowej wózka pierwszego z zastosowaniem warunku / 7 /. Jest to możliwe, ponieważ w systemie rzeczywistym istnieją blokady zapewniające wzajemną bezkolizyjność w trakcie ruchu obu wózków.
Dobór trasy wg. powyższego algorytmu przedstawiono dla dwóch przykładów. Pierwszy reprezentuje przypadek A, drugi przypadek B.

Przykład 1

Wózek $w=1$ musi przejść od pozycji $k=1$ do pozycji $k=5$, gdy wózek $w=2$ stoi w pozycji $k=4$.
Zgodnie z powyższymi oznaczeniami w rozpatrywanym tu przykładzie :

$$k_{1s} = 1, \quad k_{1e} = 5, \quad k_{2s} = k_{2e} = 4$$

$$TP_1^1 = / 1,2,3,4,5 /, \quad TP_1^2 = / 1,6,5 /$$

Aby wybrać trasę przejazdu dla wózka $w=1$ z dwóch dopuszczalnych tras TP_1^1, TP_1^2, należy sprawdzić spełnienie warunku / 7 / dla każdej z tras w taki sam sposób jak dla trasy TP_1^1, tj:

$$\text{Jeżeli } M_{24} = 1, \text{ to } \bigwedge_{k \in TP_1^1} \sum_{w=1}^{2} M_{wk} \le 1 \qquad / 8 /$$

Dla wózka w=1 dopuszczalna jest tylko trasa opisana ciągiem TP_1^2, gdyż dla każdego elementu tego ciągu jest spełniony warunek bezkolizyjności. Trasa opisana ciągiem TP_1^1 jest niedopuszczalna, gdyż dla elementu $k = 4$ tego ciągu nie jest spełniony warunek / 8 /.

Przykład 2

Wózek w=1 porusza się od pozycji k=1 do pozycji k=5, a wózek w=2 musi przejść od pozycji k=4 do pozycji k=6.
Należy dobrać trasę dla wózka w=2 względem pozycji końcowej k=5 dla wózka w=1, zachowują niezmienność jego trasy opisanej ciągiem TP_1^2.
Przyjmujemy oznaczenia :

$k_{2S} = 4$, $k_{2E} = 6$, $k_{1E} = 5$

$TP_2^1 = / 4,5,6 /$, $TP_2^2 = / 4,3,2,1,6 /$

Wybrano trasę TP_2^1 i sprawdzono spełnienie warunku :

$$\text{Jeżeli} \quad M_{15} = 1 \qquad \bigwedge_{k \in TP_2^1} \quad \sum_{w=1}^{2} M_{wk} \le 1 \qquad / 9 /$$

Warunek / 9 / nie jest spełniony dla $k = 5$, więc należy wybrać drugą dopuszczalną trasę TP_2^2 i ponownie sprawdzić spełnienie warunku bezkolizyjności. Dla każdego elementu ciągu TP_2^2 warunek / 7 / jest spełniony. Tak więc dla wózka w=2 trasa TP_2^2 jest dopuszczalna.

5. Zakończenie

Proponowana metoda daje prostą postać zapisu warunku bezkolizyjności oraz doboru tras przejazdu dla dwóch wózków, (łatwiejszą niż to wynika ze stosowania sieci Petriego, np. [3]). Dla większej ich liczby oraz bardziej skomplikowanych tras warunek bezkolizyjności /7/ pozostaje niezmieniony. Natomiast w przypadkach tych należy opracować taktykę sterowania systemem transportowym obejmującą dobór właściwej trasy. Stanowi to program dalszych prac autorki z wykorzystaniem metody symulacji cyfrowej.

LITERATURA

[1] J. Cyklis: Towards simple simulation of FMS, Monografia Politechniki Krakowskiej nr 58, 1987.

[2] J. Hartley: FMS at work, IFS, North Holland 1984.

[3] J. Martinez, H. Alla, M. Silva: Petri Nets for the Specification of FMSs w Modelling and Design of Flexible Manufacturing Systems- Andrew Kusiak.

Recenzent: Prof.dr inż.H.Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 1988-04-30.

МОДЕЛЬ БЕСКОЛЛИЗИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Р е з ю м е

В работе представлен способ описания состояния транспортной системы с использование матрицы [M], в которой очередные строки соответствуют автокарам, столбцы - же - возможным их положениям. Дан способ определения допустимых дорог для автокаров для некоторых условий бесколлизионности. Приведён пример решения для двух автокаров.

A MODEL OF NON-COLLISION ESP TRANSPORTATION SYSTEM

S u m m a r y

A way of describing the state of the transportation system using M matrix is presented. The raws of the matrix are prescribed to the automatic vehicles and the columns are assigned to their possible positions. The way of assessment of admissible passes with anticollision condition in the form:

$$\text{if} \quad M_{wkwe} = 1 \quad \text{than} \quad \bigwedge_{k \in TP_w^j} \sum_{w=1}^{W} M_{wk} \le 1$$

is given.
An example for two automatic vehicles is presented.