

Jerzy ZAJĄC
Politechnika Krakowska

WYBRANE PROBLEMY WSPÓŁDZIAŁANIA W WIELOAGENTOWYM SYSTEMIE STEROWANIA WYTWARZANIEM

Streszczenie. Problematyka przedstawiona w pracy dotyczy sterowania operatywnego i lokalnego dyskretnym systemem wytwarzania. Przyjęto trójpoziomą strukturę rozproszonego – wieloagentowego systemu sterowania wytwarzaniem. Elementami tworzącymi poszczególne poziomy tej struktury są agenci systemowi, agenci wytwórczy oraz agenci dostosowujący. Przedstawiono algorytmy współdziałania agentów wytwórczych w procesie podejmowania decyzji oraz agentów dostosowujących w procesie realizacji tych decyzji.

SELECTED COOPERATION PROBLEMS IN MULTIAGENT MANUFACTURING CONTROL SYSTEM

Summary. The problems of operational and local control of discrete manufacturing system is presented. Three level structure of distributed multiagent manufacturing control system is used. Elements forming particular levels of the structure are system agents, manufacturing agents and driver agents. The paper presents algorithms concerning cooperation among manufacturing agents during the decision taking and cooperation among driver agents during decision execution.

1. Wprowadzenie

Obserwowany obecnie dynamiczny rozwój społeczeństwa informacyjnego wpływa również na zmiany w otoczeniu współczesnych systemów wytwórczych. Wynikające z globalizacji rynku - zwiększanie wymagań co do jakości i dostępności wyrobów, dążenie do minimalizacji ich kosztów produkcji, a także rosnące zapotrzebowanie na produkcję jednostkową - otwierają nowe obszary badań w zakresie modelowania i sterowania zautomatyzowanym wytwarzaniem oraz stanowią wyzwanie zarówno dla ośrodków uniwersyteckich, jak i przemysłowych placówek naukowo-badawczych. Namacalnym dowodem znaczenia tych zagadnień są realizowane obecnie projekty badawcze, takie jak dysponujący znacznymi funduszami międzynarodowy projekt Intelligent Manufacturing Systems [9]. Efektem realizowanych prac jest powstanie nowych koncepcji, tzw. przyszłościowych systemów wytwarzania [7]. Koncepcje te opierają się na założeniu, że

rozwój przyszłych systemów wytwórczych dokonywał się będzie zarówno w oparciu o nowe technologie wytwarzania, jak i poprzez zastosowanie najnowocześniejszych modelowych, sprzętowych i programowych rozwiązań informatycznych. System wytwarzania nie jest bowiem tylko systemem, w którym następuje przekształcanie (obróbka) materiału, ale jest także systemem, w którym odbywa się przekazywanie i przetwarzanie informacji. Poprawna realizacja sterowania takim systemem możliwa jest jedynie poprzez zapewnienie dostępności informacji na każdym jego etapie oraz zagwarantowanie współbieżności procesów przepływu informacji i przepływu materiałów. Jako przykłady najistotniejszych technologii informatycznych wykorzystywanych współcześnie w procesach sterowania wytwarzaniem wymienić można: w zakresie modelowym Sieci Petriego [5, 11, 14, 15] i Unified Modelling Language [2, 12], w zakresie programowym technologie rozproszonych obiektów [8, 16] oraz inteligentnych agentów [2, 6, 10, 12, 13, 19], a w zakresie sprzętowym sieci komputerowe lokalne i miejscowe.

Jedną z istotnych cech systemów wytwarzania jest ich rozproszenie. Problemy pojawiające się w systemach sterowania dyskretnym wytwarzaniem w dużym stopniu pokrywają się z zagadnieniami istniejącymi w rozproszonych systemach komputerowych. Zauważając istniejące analogie należy jednak wziąć pod uwagę specyfikę systemów wytwarzania przejawiającą się m.in. nieodwracalnością podjętych akcji (obróbka), brakiem możliwości przerwania często czasochłonnych operacji (przerwanie operacji powoduje zazwyczaj powstanie odpadów), a także statystycznie częściej niż w systemach komputerowych występującymi awariami.

Technologią informatyczną, wzbudzającą szerokie zainteresowanie wśród badaczy zajmujących się zagadnieniem modelowania i sterowania wytwarzaniem, jest technologia inteligentnych agentów. W bogatej literaturze dotyczącej tej tematyki brak jest jednoznacznego – ścisłego określenia znaczenia pojęcia *agent* [1]. Najczęściej przez to pojęcie rozumie się aplikację uruchamianą w systemie operacyjnym charakteryzującą się aktywnością, możliwościami komunikacyjnymi oraz zdolnością do współpracy z innymi agentami. Implementacje technologii inteligentnych agentów w procesach wytwarzania stosują zazwyczaj poszerzoną interpretację tego pojęcia, uwzględniając również jego fizyczny aspekt, np. jako maszyny lub urządzenia.

W dalszej części niniejszej pracy przedstawiona zostanie struktura rozproszonego wieloagentowego systemu wytwarzania złożona z agentów systemowych, agentów wytwórczych oraz agentów dostosowujących. Zaprezentowany zostanie algorytm współdziałania agentów wytwórczych w procesie podejmowania decyzji dotyczących

uruchamiania czynności elementarnych na poziomie sterowania operatywnego oraz algorytm współdziałania agentów dostosowujących w procesie wykonywania czynności elementarnych na poziomie sterowania lokalnego.

2. Wieloagentowy system sterowania dyskretnym wytwarzaniem

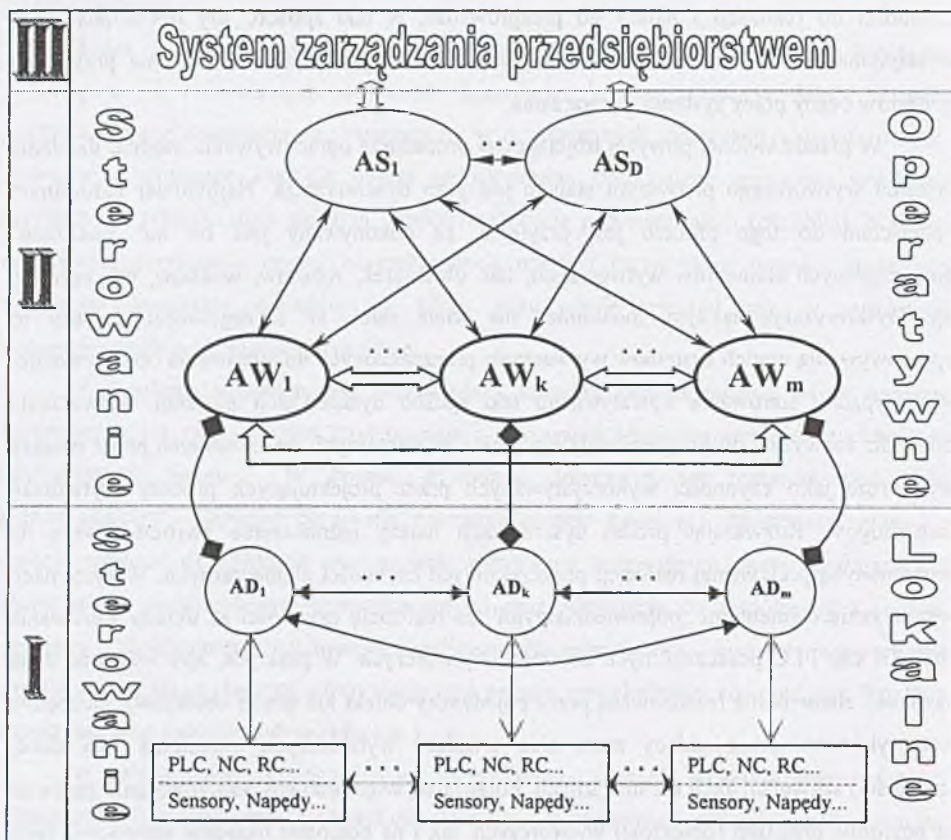
Proces sterowania wytwarzaniem wymaga przygotowania modelu rozpatrywanego systemu wytwarzania. Proces modelowania może być realizowany w trzech następujących po sobie etapach [4]. W pierwszym etapie następuje dyskretyzacja systemu wytwarzania, polegająca na wyspecyfikowaniu zbioru obiektów elementarnych, które ten system tworzą oraz zbioru czynności elementarnych, realizowanych przez te obiekty. W etapie drugim, na bazie przyjętych zbiorów obiektów i czynności elementarnych, określa się reguły działania systemu umożliwiające jego bezkolizyjne działanie. Natomiast etap trzeci dotyczy wyboru czynności do realizacji i należy go przeprowadzić w taki sposób, aby nie dopuścić do wystąpienia zastoju oraz zapewnić optymalne sterowanie z punktu widzenia przyjętych kryteriów oceny pracy systemu wytwarzania.

W przedstawionej powyżej trójetapowej procedurze opracowywania modelu działania systemu wytwórczego pierwszym etapem jest jego dyskretyzacja. Najbardziej naturalnym podejściem do tego procesu jest przyjęcie, że dokonywany jest on na „poziomie” poszczególnych elementów wytwórczych, tzn. obrabiarek, robotów, wózków, magazynów, itp. Dyskretyzacja na tym „poziomie” ma wiele zalet. W szczególności dotyczy to opracowywania modeli systemów wytwarzania przeznaczonych do sterowania operatywnego. W przypadku sterowania operatywnego taki sposób dyskretyzacji systemu wytwarzania prowadzi zazwyczaj do przyjmowania czynności elementarnych realizowanych przez obiekty wytwórcze jako czynności wykorzystywanych przez projektujących procesy wytwórcze technologów. Rozważając proces dyskretyzacji należy jednocześnie zwrócić uwagę na problematykę praktycznej realizacji poszczególnych czynności elementarnych. W systemach wytwarzania elementami „odpowiedzialnymi” za realizację czynności są układy sterowania NC, RC czy PLC poszczególnych obiektów wytwórczych. W praktyce, aby wykonać daną czynność elementarną (realizowaną przez pojedynczy obiekt lub grupę obiektów), niezbędne jest wykonanie przez układy sterowania urządzeń wytwórczych określonej (dla danej czynności) sekwencji akcji elementarnych. Pojawia się więc problem współdziałania zarówno na poziomie urządzeń (obiektów) wytwórczych, jak i na poziomie układów sterowania tych urządzeń.

W niniejszej pracy przyjęto, że model dyskretnego systemu wytwarzania tworzony jest w oparciu o integrację sieciową jednolitych, konfigurowalnych, inteligentnych i kooperatywnych obiektów (agentów) [3, 17, 18, 19]. Dla określenia elementów składowych modelu w dalszej części pracy zostanie zastosowane pojęcie *agent*. Pojęcie to, uwzględniając znaczenie pojęcia *obiekt* jako fizycznego lub logicznego elementu systemu wytwarzania, wprowadza dodatkową funkcjonalność, taką jak inteligencja, aktywność, możliwości komunikacyjne oraz zdolność do współpracy.

Do budowy rozproszonego systemu sterowania zastosowano model systemu wytwarzania zbudowany z trzech typów agentów:

- Agentu systemowego (AS),
- Agentu wytwórczego (AW),
- Agentu dostosowującego (AD).



Rys. 1. Struktura powiązań międzyagentowych

Fig. 1. The structure of inter-agent connections

Agenci systemowi wykorzystywani są dla celów konfiguracyjnych, koordynacyjnych, diagnostycznych oraz wizualizacyjnych. Ogólnie można powiedzieć, że agenci systemowi odpowiedzialni są za zadania, które wymagają wiedzy o całości systemu lub jego wybranej części. Agenci wytwórczy stanowią najważniejszy element koncepcji. Reprezentują oni działanie rzeczywistego elementu systemu wytwarzania (obiekt wytwarzania), jak np. obrabiarka, robot, wózek czy magazyn. Inteligencja agentów wytwórczych związana jest bezpośrednio ze zbiorem realizowanych przez nich czynności elementarnych oraz z ich zdolnością do realizacji wspólnych celów przy udziale innych agentów. Agenci wytwarzania okazują swoją aktywność poprzez realizację czynności elementarnych, takich jak np.: ładowanie przedmiotu na obrabiarkę, obróbkę itp. Integracja opracowanego wieloagentowego systemu sterowania z systemem rzeczywistym wymaga opracowania dla poszczególnych agentów wytwórczych tworzących skład systemu wytwarzania odpowiednich agentów dostosowujących. Agent taki jest elementem pośredniczącym pomiędzy agentem wytwórczym a układem sterowania. Każdy z agentów wytwórczych, biorący udział w realizacji danej czynności, zleca jej wykonanie odpowiadającemu mu agentowi dostosowującemu. Ogólnie można stwierdzić, że wykonanie każdej czynności elementarnej przez biorących udział w jej realizacji agentów wytwórczych wymaga w przyjętej koncepcji sterowania wykonania określonej sekwencji akcji elementarnych przez agentów dostosowujących (na poziomie sterowania lokalnego). Każda akcja elementarna koordynowana jest przez pojedynczego agenta dostosowującego.

Zbudowanie rozproszonego systemu sterowania polega na konfiguracji bądź samokonfiguracji agentów w środowisku sieciowym, a sam proces sterowania realizowany jest zazwyczaj poprzez współdziałanie grupy agentów. Współdziałanie to wiąże się z wymianą komunikatów zarówno pomiędzy agentami tego samego typu, jak też agentami różnych typów. Jedynie brak łącza komunikacyjnego pomiędzy agentami uniemożliwia realizację procesu bezpośredniego współdziałania. Pełną strukturę powiązań międzyagentowych w wieloagentowym systemie sterowania wytwarzaniem przedstawiono na rys. 1.

W zautomatyzowanym dyskretnym systemie wytwarzania istnieje określony skończony zbiór decyzji. Sterowanie takim systemem polega na podejmowaniu właściwych decyzji poprzez określenie czynności elementarnej, którą w danym momencie należy uruchomić. Podejmowanie kolejnych decyzji powoduje zmianę stanów obiektów w systemie, czyli zmianę stanu systemu wytwarzania. W zależności od miejsca i sposobu podejmowania decyzji możemy wyróżnić dwa zasadnicze warianty sterowania systemem wytwarzania:

- sterowanie centralne
- sterowanie rozproszone.

W przedstawionym wieloagentowym modelu systemu wytwarzania nie przyjmowano żadnych założeń co do sposobu podejmowania decyzji w procesie sterowania, stąd może on być wykorzystany zarówno do opisu procesów sterowania centralnego, jak i rozproszonego. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że wynikającą z obiektowego podejścia logiczną separację elementów składowych modelu, przy braku scentralizowanych narzędzi integracyjnych, można w naturalny sposób zamienić na fizyczne rozproszenie elementów składowych systemu wytwarzania. Predysponuje to wykorzystanie zaproponowanego modelu w sterowaniu rozproszonym. Pełny, wykorzystujący ogólny zapis relacyjny model rozproszonego wieloagentowego systemu wytwarzania przedstawiono w pracy [19].

3. Algorytmy współdziałania agentów w wieloagentowym systemie sterowania wytwarzaniem

Poniżej zaprezentowane zostaną algorytmy współdziałania agentów wytwórczych w procesie podejmowania decyzji dotyczących uruchamiania czynności elementarnych oraz algorytm współdziałania agentów dostosowujących w procesie wykonywania tych czynności. Przedstawiony algorytm działania agenta wytwórczego opisuje „pojedynczy cykl pracy” agenta wytwórczego w środowisku wieloagentowym. Algorytm ten nie obejmuje zagadnienia nawiązywania połączeń międzyagentowych, które dokonywane jest przy konfiguracji bądź samokonfiguracji systemu sterowania oraz zagadnienia uaktywniania agentów wytwórczych, które zależy m.in. od przyjętego wariantu sterowania systemem. Dla sterowania centralnego agent wytwórczy może być uaktywniany np. bezpośrednim komunikatem od agenta systemowego. Natomiast dla sterowania rozproszonego można zastosować np. technikę znaną z sieci komputerowych i polegającą na przekazywaniu znacznika pomiędzy agentami wytwórczymi.

Algorytm działania agenta wytwórczego

Krok 1.

Uzyskaj od agenta systemowego aktualne preferencje dotyczące wszystkich swoich czynności elementarnych oraz zarezerwuj agentów wytwórczych niezbędnych do realizacji tych czynności. Rezerwacji agenta wytwórczego można dokonać jedynie wtedy, jeżeli agent ten nie jest już zarezerwowany.

Krok 2.

Ze zbioru swoich czynności elementarnych wybierz podzbiór takich czynności, dla których

wszyscy niezbędni do ich realizacji agenci wytwórczy zostali przez siebie zarezerwowani. Jeżeli podzbiór ten jest zbiorem pustym, to odwołaj wszystkie przeprowadzone przez siebie rezerwacje i zakończ algorytm.

Krok 3.

Dla wszystkich czynności elementarnych należących do wybranego podzbioru wykonaj kroki 4-6.

Krok 4.

Dla wszystkich agentów wytwórczych biorących udział w realizacji wybranej czynności wykonaj krok 5.

Krok 5.

Uzyskaj od rozpatrywanego agenta wytwórczego informację o spełnieniu bądź niespełnieniu warunków dotyczących jego udziału w realizacji czynności. Dotyczy to zarówno warunków o charakterze logicznym (takich jak np. wymagana zgodność stanów), które zabezpieczają system przed możliwością wystąpienia kolizji, jak i warunków o charakterze technicznym, takich jak dostępność wymaganych programów numerycznych oraz niezbędnych narzędzi czy też konieczność wykonania przebrojenia. Warunki „logiczne” sprawdzane są na poziomie agenta wytwórczego, natomiast warunki „techniczne” weryfikowane są poprzez odpowiedniego agenta dostosowującego. Jednoczesne spełnienie przez rozpatrywanego agenta wytwórczego wszystkich warunków oznacza jego zgodę na wzięcie udziału w realizacji czynności. Potwierdzeniem tej zgody jest otrzymanie od rozpatrywanego agenta wytwórczego priorytetu, który interpretować można jako jego cenę za wzięcie przez niego samego oraz jego agenta dostosowującego udziału w wykonaniu czynności.

Krok 6.

Jeżeli wszyscy agenci wytwórczy biorący udział w realizacji wybranej czynności potwierdzą możliwość jej wykonania, sprawdź, czy realizacja tej czynności nie doprowadzi do powstania zastoju w systemie wytwarzania. Dla czynności, których wykonanie nie doprowadzi do zastoju, wyznacz priorytet decyzyjny. Priorytet ten uwzględnia zarówno otrzymane od agentów systemowych preferencje systemowe, jak i otrzymane od agentów wytwórczych priorytety reprezentujące preferencje lokalne.

Krok 7.

Jeżeli zbiór czynności elementarnych, dla których został wyznaczony priorytet decyzyjny jest zbiorem pustym, to zakończ algorytm. W przypadku przeciwnym, ze zbioru tego wybierz czynność do wykonania, stosując przyjęte kryterium oceny. W szczególności, wyboru tego dokonać można poprzez maksymalizację priorytetu decyzyjnego. Następnie odwołaj

rezerwację niepotrzebnych (nie biorących udziału w realizacji wybranej czynności) agentów i przekazać pozostałym agentom polecenie jej wykonania. Po uzyskaniu od agentów wytwórczych potwierdzenia wykonania realizowanej czynności odwołaj ich rezerwację.

Podjęcie przez agenta wytwórczego decyzji o realizacji czynności elementarnej umożliwia przejście do jej wykonania. Proces koordynacji wykonania czynności elementarnej realizowany jest przez agentów dostosowujących. Przyjęto, że każdą czynność elementarną realizowaną przez grupę agentów wytwórczych na poziomie sterowania operatywnego wykonać można za pomocą odpowiedniej sekwencji akcji elementarnych realizowanych na poziomie sterowania lokalnego przez agentów dostosowujących. Zazwyczaj każda akcja elementarna odpowiada określonej procedurze realizowanej przez układy sterowania (NC, RC, PLC) urządzeń wytwórczych, co jest typową sytuacją spotykaną we współczesnych systemach wytwarzania. Za wykonanie akcji elementarnej odpowiedzialny jest pojedynczy agent dostosowujący. Dotyczy to zarówno sytuacji, gdy dana akcja elementarna realizowana jest wyłącznie przez układ sterowania bezpośrednio związany z agentem dostosowującym, jak i przypadku, gdy jest ona realizowana poprzez zsynchronizowane działanie większej liczby układów sterowania. Z podobną sytuacją wymagającą synchronizacji współbieżnych akcji elementarnych możemy mieć również do czynienia w przypadku kilku czynności elementarnych realizowanych równocześnie w systemie wytwarzania. Jako przykład wymienić tu można pracę dwóch robotów, których przestrzenie robocze nie są rozłączne.

Przedstawiony poniżej algorytm działania agenta dostosowującego nie uwzględnia problematyki nawiązywania połączeń międzyagentowych, a także pomija obsługę nieprawidłowych zachowań systemu wytwarzania wynikających z zakłóceń w pracy urządzeń, awarii narzędzi, braku prądu itp.

Algorytm działania agenta dostosowującego

Krok 1.

Uzyskaj od agenta wytwórczego polecenie wykonania czynności elementarnej. Każdej czynności przyporządkowana jest określona sekwencja akcji elementarnych.

Krok 2.

Weź kolejną niezrealizowaną akcję elementarną należącą do sekwencji przynależnej danej czynności elementarnej.

Krok 3.

Czy ty koordynujesz wykonanie wybranej akcji elementarnej? Jeżeli tak, to wykonaj krok 4.

Jeżeli nie, wykonaj krok 6.

Krok 4.

Zleć wykonanie wybranej akcji elementarnej swojemu układowi sterowania, który nadzoruje jej wykonanie.

Krok 5.

Po zakończeniu wykonania akcji elementarnej przekaz pozostałym agentom dostosowującym biorącym udział w realizacji danej czynności komunikat o poprawnym zakończeniu tej akcji.

Następnie wykonaj krok 7.

Krok 6.

Czekaj na otrzymanie potwierdzenia o poprawnym zakończeniu wybranej akcji elementarnej. Po otrzymaniu takiego potwierdzenia wykonaj krok 7.

Krok 7.

Jeżeli zakończona akcja elementarna nie jest ostatnią w sekwencji przynależnej danej czynności elementarnej, to wykonaj krok 2. W przypadku przeciwnym przekaz agentowi wytwórczemu potwierdzenie wykonania czynności.

4. Podsumowanie

W oparciu o przyjęte typy agentów oraz założoną strukturę powiązań międzyagentowych można zbudować model dowolnego dyskretnego systemu wytwarzania. Model ten dzięki zastosowanym efektywnym algorytmom współdziałania międzyagentowego może być wykorzystany zarówno w procesach symulacji, jak i sterowania. Opracowane na jego bazie oprogramowanie zostało wykorzystane do sterowania znajdującym się w Katedrze Systemów Wytwarzania Politechniki Krakowskiej edukacyjnym systemem wytwarzania.

LITERATURA

1. The Agent Society, 1997, <http://www.agent.org>
2. Brückner, S, Wyna, J, Peeters, P, Kollingbaum, M.: Designing Agents for the Manufacturing Process Control. In Proc. of Artificial Intelligence and Manufacturing Research Planning Workshop. AAAI Press, Albuquerque 1998, s. 40-46.
3. Cyklis J., Zając J.: Od centralizmu do autonomii w sterowaniu dyskretnymi systemami wytwarzania. Zeszyty Nauk. Pol. Śl., Seria: Automatyka z.124, Gliwice 1998, s. 43-52.
4. Cyklis J., Pierzchała W., Zając J.: Próba klasyfikacji systemów sterowania zautomatyzowanym wytwarzaniem. Prace ITM i AP, Posiedzenie Sekcji Podstaw Technologii Komitetu Budowy Maszyn PAN 24-25 marca 1999 w Krakowie, s.37-46.
5. Cyklis J., Słota A.: Coloured Object Observable Petri Nets in Modelling of Flexible Manufacturing Systems. Postępy w Technologii Maszyn i Urządzeń Vol.23 1999, s.7-19.

6. Dobroczyński D.: Wieloagentowy system robotów mobilnych. System sterowania rozproszonego. Prace Naukowe Instytutu Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej, Nr 98, 1998, 259-264.
7. Grzesik W.: Nowoczesne systemy wytwórcze. Postępy Technologii Maszyn i Urządzeń, Vol.21 Nr 2 1997, s.37-51.
8. Guyonnet G., Gressier-Soudan E., Weis F.: COOL-MMS: a CORBA approach for ISO-MMS. 1997, <http://cedric.cnam.fr/personne/gressier/ECOOP.html>
9. Intelligent Manufacturing Systems. A Program for International Cooperation in Advanced Manufacturing. 1994, <http://www.ims.org>.
10. Maturana F.P., Norrie D.H.: A Multi-Agent Mediator Architecture for Distributed Manufacturing. Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 7, 1996, s. 257-270.
11. Mengchu Z.: Petri Nets in Flexible and Agile Automation. Kluwer Academic Publisher, Boston/Dordrecht/London 1995.
12. Odell J., Parunak H.V.D., Bauer B.: Representing Agent Interaction Protocols in UML. Paper submitted to AAAI Agents 2000 Conference Barcelona 3-7 June 2000.
13. Parunak H.V.D., Baker A.D., Clark S.J.: The AARIA Agent Architecture: From Manufacturing Requirements to Agent-Based System Design. Submitted to Integrated Computer-Aided Engineering, 1999.
14. Reisig W.: Elements of Distributed Algorithms – Modelling and Analysis with Petri Nets. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1998.
15. Starke P.H.: Sieci Petri. PWN, Warszawa 1987.
16. Zajac J.: Interobject Communication in Distributed Manufacturing Using COM Technologies. Proc. of 9th International DAAAM Symp., Cluj-Napoca, 1998, 513-514.
17. Zajac J.: Rozproszony system sterowania zautomatyzowanym wytwarzaniem. Prace ITM i AP, Posiedzenie Sekcji Podstaw Technologii Komitetu Budowy Maszyn PAN 24-25 marca 1999 w Krakowie, s.231-238.
18. Zajac J.: Wybrane problemy komunikacji i wizualizacji w sterowaniu rozproszonymi systemami wytwarzania. Pomiary Automatyka Robotyka Nr 6, Warszawa 1999, s.46-50.
19. Zajac J.: Modelling Manufacturing Control System: Multi-Agent Approach. Postępy w Technologii Maszyn i Urządzeń Vol.23 Nr 4 1999, s. 137-153.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. M.Zaborowski

Abstract

The paper presents the concept which can be used for building self-creating multi-agent manufacturing control system. The concept is based on integration of unified, easy to re-configure, intelligent and cooperative agents. Elements forming particular levels of the structure are system agents, manufacturing agents and driver agents. A manufacturing agent plays the essential role in the concept. It represents a real entity (i.e. machine tool, robot, AGV) of a manufacturing system. The intelligence of a manufacturing agent is directly connected with its elementary activities and an ability to solve common tasks in the cooperation with other agents. The driver agent is responsible for execution of elementary activities by using data exchange with field equipment like PLC, NC or RC controllers. The paper presents algorithms concerning cooperation among manufacturing agents during the decision taking and cooperation among driver agents during decision execution.