

## Przyszłościowe współbieżne mikroprocesorowe inteligentne systemy mechatroniczne w sterowaniu i diagnostyce pojazdów szynowych (2)

*W artykule przedstawiono przyszłościowe rozproszone współbieżne mikroprocesorowe inteligentne systemy mechatroniczne w sterowaniu i diagnostyce pojazdów szynowych. Systemy te będą podstawą do tworzenia różnych modeli i układów informatycznych i informacyjnych dla pojazdów szynowych. Artykuł stanowi drugą (2) część publikacji i jest jej dalszym ciągiem. Zawiera opis programów agentowych rozproszonych układów cyfrowych oraz przedstawia ogólny schemat wieloagentowego systemu sterowania lokomotywą.*

*Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu badawczego KBN 4T 12C 04929 pt. „Rozproszone współbieżne mikroprocesorowe inteligentne podsystemy mechatroniczne w sterowaniu i diagnostyce pojazdów szynowych”.*

### 5. Wybór podejścia do projektowania rozproszonych układów cyfrowych

Istnieją dwa podejścia do projektowania rozproszonych układów cyfrowych [11]:

- **podejście informatyka**, gdzie układ sterowania można potraktować jako system czasu rzeczywistego, dla którego transmisja danych po magistrali jest jednym z zadań; dla takiego zadania można sprecyzować ograniczenia, nadawać im priorytet, realizować grupowe przesyłanie informacji itd.
- **podejście automatyka**, gdzie projektując system sterowania mniej istotny jest jego rozproszony charakter, a analizuje się wpływ rozproszenia w różnych aspektach (opóźnienia, zagubienia pakietów, odwrócenie kolejności dostarczania pakietów itd.), próbując uzyskać odpowiedź na pytanie: ile tego typu zakłóceń system sterowania może znieść i czy poprawiając algorytm sterowania nie można tych niekorzystnych efektów wyeliminować; zazwyczaj pewne niedotrzymanie ograniczeń nie dyskwalifikuje rozproszonego systemu sterowania, a tylko obniża jego jakość.

Analiza wpływu opóźnienia na jakość sterowania cyfrowego najczęściej jest prowadzona metodami symulacyjnymi. Można w tym celu wykorzystać pakiety symulacyjne, specjalizowane dla określonego standardu sieciowego, lub pakiety symulacyjne ogólnego zastosowania, np. program MATLAB – SIMULINK [12 i 13]. Opóźnienia w rozproszonych systemach sterowania mogą powodować istotne pogorszenie jakości przebiegów przejścia - wych w zamkniętym układzie sterowania. Obecnie coraz więcej uwagi poświęca się metodom kompensacji opóźnień. Znane są metody deterministyczne poprzez metody teorii sterowania układów z opóźnieniem oraz niedeterministyczne (losowe) poprzez wprowadzenie buforów opóźniających.

W projekcie badawczym przyjęto podejście automatyka w projektowaniu rozproszonych układów cyfrowych.

### 6. Programy agentowe w rozproszonych systemach komputerowych

Rozwój sieci komputerowych oraz wzrost wydajności komputerów zachęcił do użycia ich niewykorzystanych zasobów na cele obliczeń rozproszonych. Zauważalne stały się różnice pomiędzy architekturami dedykowanymi, a środowiskiem luźno ze sobą połączonych (zdecentralizowanych) komputerów.

Do optymalizowania współpracy systemów komputerowych doskonale nadają się **programy agentowe** (w uproszczeniu „agenci”), będące naturalnym rozwinięciem struktury obiektowej, wyposażonej w możliwości podejmowania autonomicznych działań dla wykonania zamierzonych celów. Idea tworzenia zdecentralizowanych struktur informacyjno – decyzyjnych znalazła wyraz we wprowadzeniu programu agentowego. Sposoby interpretacji właściwości agenta są dość różnicowane, mają one jednak pewne wspólne cechy, takie jak:

- obserwacja; agent postrzega dynamiczne warunki środowiska, działa w celu zmiany tych warunków oraz wyznacza akcje do realizacji własnych zamierzeń
- autonomia; agent przebywa w złożonym, dynamicznym środowisku, postrzega go i działa w nim autonomicznie, wypełniając cele lub zadania, dla których został zaprojektowany; wykonuje pewien zbiór operacji w imieniu użytkownika lub innego programu, w pewnym stopniu niezależnie lub autonomicznie, przy czym do tej działalności używa pewnej wiedzy reprezentującej cele lub zamierzenia użytkownika
- mobilność; agent jest zdolny do przemieszczania się w sieci oraz do współpracy z innymi agentami.

Programy agentowe działają w węzłach sieci, mogą się przemieszczać i wzajemnie komunikować. Obecnie coraz częściej stosuje się implementacje struktur zdecentralizowanych, opartych na wzajemnych interakcjach pomiędzy agentami wchodzącymi w skład systemu sterowania. W wielu układach stosuje się rozwiązania łączące strukturę hierarchiczną z rozproszoną strukturą wieloagentową. Oznacza to, że w systemie występuje moduł decyzyjny, który wydaje polecenia innym elementom składowym systemu. W projekcie badawczym wykorzystywane będą: właściwości obserwacji, autonomii i mobilności agenta.

## 7. Model systemu sterującego lokomotywą

Na rys. 4 przedstawiono przykładowo model wieloagentowego redundancyjnego systemu sterującego lokomotywą. Elementem decyzyjnym jest nadzorca – agent 4 (maszynista na pojeździe szynowym). W skład tego elementu wchodzi: model człowieka (nadzorca) oraz moduł podejmowania decyzji (MPD). Nadzorca jest również agentem mającym wszystkie jego właściwości. Moduł MPD przekazuje poszczególnym agentom zadania do wykonania, jednak za ich realizację odpowiedzialni są oni sami. Aby zadanie zostało wykonane poprawnie, agenci dokonują interakcji pomiędzy sobą; model człowieka (nadzorca) kontroluje, czy wykonanie zadania przebiega prawidłowo, a także ingeruje w sytuacjach niepożądanych. Gdy proces przebiega zgodnie z planem, to model nadzorcy nie ingeruje w sterowanie; MPD sam generuje zadania dla agentów (urządzeń wykonawczych). Ingerencja modelu nadzorcy następuje w chwili wystąpienia awarii lub innej sytuacji kryzysowej.

W systemie sterowania można wyróżnić **dwa poziomy planowania zadań**:

- poziom wyższy, zajmujący się przydzielaniem zadań poszczególnym urządzeniom, wchodzącym w skład systemu zwany sterowaniem strategicznym oraz
- poziom niższy, odpowiedzialny za realizację zleconych zadań, zwany sterowaniem wykonawczym.

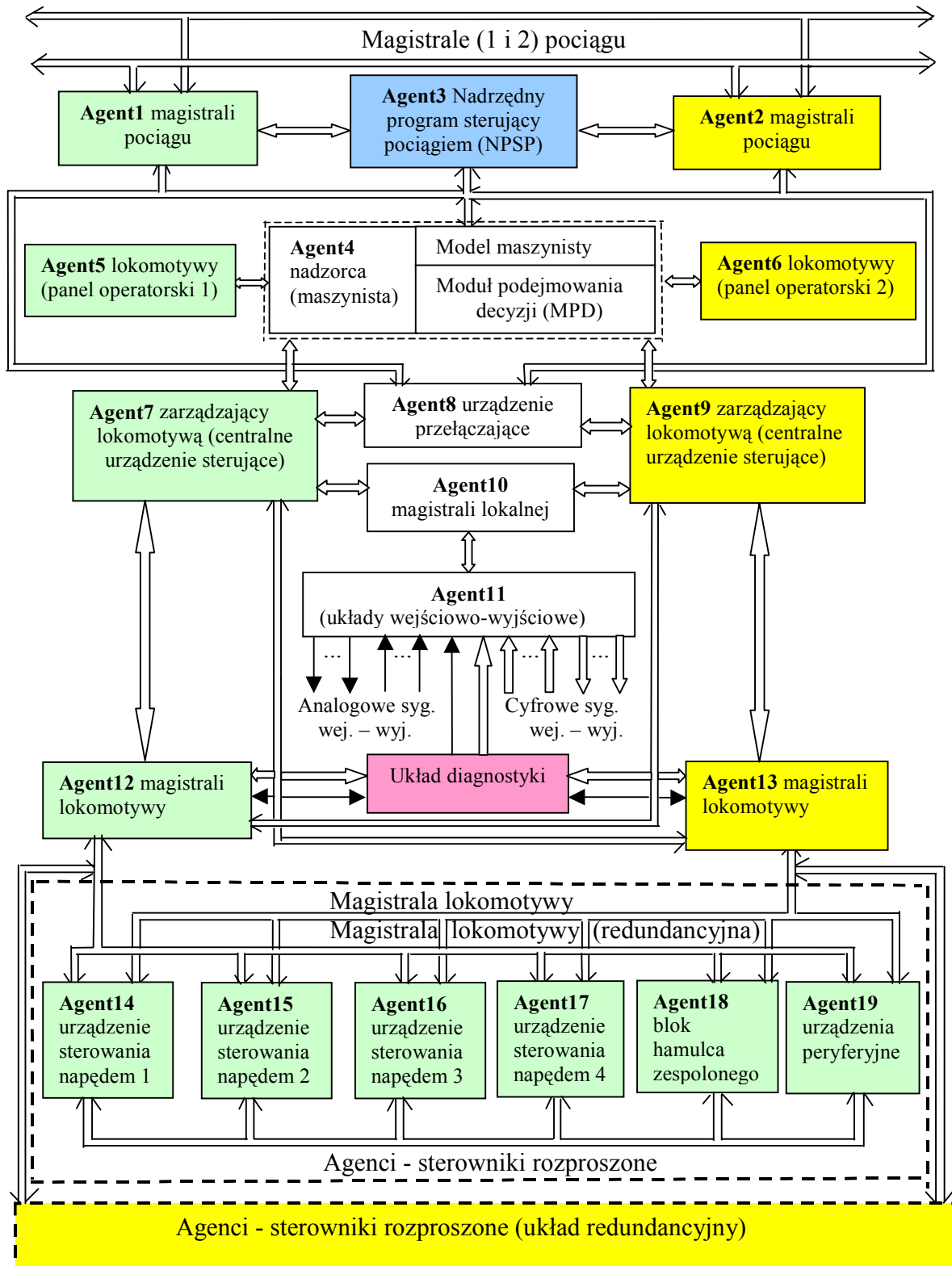
Pierwszy poziom jest realizowany przez nadzorcę – agenta 4 (maszynistę) na podstawie nadrzędnego programu sterującego pociągiem NPSP (agent 3). Program NPSP umożliwia realizację wszystkich procedur związanych z przygotowaniem do pracy sprzętu i oprogramowania znajdującego się w kabinie maszynisty, ich uruchomieniem, sprawdzeniem warunków początkowych, zalogowaniem i testowaniem paneli operatorskich oraz umożliwia współpracę z magistralami pociągu (agent 1 i 2). Agent 4 (nadzorca) przekazuje zadania do wykonania centralnym urządzeniom sterującym na lokomotywie (agentowi 7 i 9), które zarządzają indywidualnymi agentami (urządzeniami) na lokomotywie.

Proponowana architektura systemu składa się z następujących modułów:

- 1.) **Agent 3 nadrzędny program sterujący pociągiem (NPSP)** realizuje sterowanie wielokrotne w przypadku współpracy dwu lub więcej lokomotyw. Dla pojedynczej lokomotywy agent 3 nie realizuje żadnych zadań, ale jest gotowy do pracy w przypadku realizacji pracy wielokrotnej.
- 2.) **Agenci 1 i 2 magistrali pociągu** umożliwiają uzyskanie i realizację komunikacji pomiędzy magistrala pociągu, agentem 3 (NPSP) oraz agentem 4 nadzorcą (maszynistą).
- 3.) **Agent 4 nadzorca (maszynista)**, który poprzez panele operatorskie agencji 5 i 6:
  - nadzoruje poprawne wykonanie zadań przez wszystkie sterowniki w systemie
  - ocenia realizację zadań i dokonuje korekt
  - przewiduje i zapobiega występowaniu sytuacji niebezpiecznych
  - rozwiązuje konflikty, gdy współpraca pomiędzy agentami na pojeździe zawiedzie.
- 4.) **Agenci 5 i 6 panelu operatorskiego** umożliwiają wizualizację stanu technicznego pojazdu szynowego.
- 5.) **Agenci 7 i 9 zarządzający centralnym podejmowaniem decyzji**:
  - umożliwiają połączenia i wymianę danych w pojeździe lub zespole pojazdów
  - stanowią połączenie (poprzez magistrale lokomotywy) pomiędzy agentem 4 nadzorcą (maszynistą), i poszczególnymi agentami (urządzeniami sterowania napędem, blokiem hamulca zespołowego, urządzeniami peryferyjnymi itd.)
  - planują zadania do wykonania oraz przydzielają je poszczególnym agentom (urządzeniom), oraz umożliwiają pobieranie danych w myśl określonego algorytmu np. dla diagnostyki.
- 6.) **Agent 8 urządzenie przełączające**, które w przypadku zakłócenia lub defektu agenta 7 przełącza zadania na agenta 9 lub w przypadku zakłócenia lub defektu agenta 9 przełącza zadania na agenta 7.
- 7.) **Agent 10 magistrali lokalnej** realizuje połączenia sterowania pojazdu z urządzeniami peryferyjnymi.
- 8.) **Agent 11 układów wejściowo – wyjściowych** umożliwia pobieranie sygnałów wejściowych i steruje układami wyjściowymi.
- 9.) **Agenci 12 i 13 magistrali lokomotywy** umożliwiają uzyskanie i realizację komunikacji i przesyłanie danych pomiędzy sterownikami rozproszonymi (agenci 14 ÷ 19), redundancyjnymi sterownikami rozproszonymi a centralnymi urządzeniami sterującymi zarządzającymi (agentami 7 i 9).
- 10.) **Agenci 14÷19 urządzeń wykonawczych**:
  - współpracują poprzez magistrale lokomotywy (agenci 12 i 13) z centralnymi urządzeniami sterującymi (agenci 7 i 9)

- odpowiadają za własne sterowanie
- wykrywają awarie
- wchodzi w interakcje z innymi agentami
- przekazują określone dane do agenta 11 dla układu diagnostyki.

W procesie podejmowania decyzji w sterowaniu pojazdem szynowym musi występować człowiek jako jednostka radząca sobie w sytuacjach nadzwyczajnych. Obecnie zauważa się tendencje do pełnej automatyzacji procesu sterowania. Próbą rozwiązania tego problemu jest zamodelowanie procesów myślowych,



**Legenda:** kolor zielony – układ pracujący w wersji podstawowej (bezawaryjnej); kolor żółty – układ redundancyjny; kolor fioletowy – układ diagnostyki; kolor niebieski – układ pracujący podczas pracy wielokrotnej; kolor biały – układy pracujące zawsze

Rys. 4. Schemat rozproszonego wieloagentowego systemu sterującego lokomotywą

które zachodzą w mózgu maszynisty podczas podejmowania ważnych decyzji lub w sytuacjach krytycznych. Model człowieka nie jest i nigdy nie powinien być idealnym odzwierciedleniem rzeczywistego nadzorcy. Głównym powodem jest występowanie tu obok zalet, również wad. Do głównych wad, których modelowanie wydaje się trudne, a wręcz niewskazane, można zaliczyć: czas reakcji, stresy, zmęczenie, zaangażowanie, warunki pracy, motywacja itd. Wady te mogą wpływać negatywnie na sterowanie pojazdem szynowym. Agent 4 nadzorca (maszynista) jest w przedstawionym przypadku modułem łączącym zalety systemów zautomatyzowanych z zaletami człowieka nadzorcy. Współpraca pomiędzy poszczególnymi agentami posiada architekturę mieszaną, w której organizacja jest scentralizowana, kiedy agent nadrzędny planuje zadania dla grupy agentów, oraz zdecentralizowana w przypadku zadań rozproszonych, gdzie jest możliwość wzajemnej współpracy pomiędzy agentami (sterownikami urządzeń wykonawczych).

Pokazane na rys.4 moduły w kolorze białym pracują zawsze, niezależnie od aktualnej wersji sterowania lokomotywą (podstawową, redundancyjną lub wielokrotną).

Przedstawiony układ umożliwia badanie współpracy (i diagnostykę) poszczególnych modułów (agentów) w inteligentnych węzłach mechatronicznych oraz uruchamianie oprogramowania, realizującego różne algorytmy działania urządzeniami sterowania napędami, układów hamulcowych i urządzeniami peryferyjnymi.

Na rys.4 pokazano ogólny schemat rozproszonego wieloagentowego systemu sterującego lokomotywą. Dla konkretnego pojazdu szynowego będą opracowane szczegółowe modele sterowania i diagnostyki poszczególnych układów np. lokomotywy: centralnego urządzenia sterującego, układu hamulcowego, urządzeń sterowania napędem, układów sygnałów wejściowo – wyjściowych z różnych czujników i urządzeń, oraz paneli operatorskich.

#### **Literatura**

- [11] *Bocian S.: Przyszłościowe współbieżne mikroprocesorowe inteligentne systemy mechatroniczne w sterowaniu i diagnostyce pojazdów szynowych (1). Pojazdy Szynowe Nr 4/2007.*
- [12] *Mrozek B., Mrozek Z.: MATLAB i SIMULINK. Poradnik użytkownika. Wydanie II. Wydawnictwo Helion, 2004r.*
- [13] *www.mathworks.com*