

INSTEPRO: Zintegrowany System Sterowania Produkcją¹⁾ (1)

Maciej Klemiato*, Jacek Augustyn*, Jan T. Duda**, Kamil Sterna*

*Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, AGH

**Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki Stosowanej, AGH

Streszczenie: Artykuł przedstawia koncepcję Zintegrowanego Systemu Sterowania Produkcją, będącego częścią informatycznej infrastruktury przedsiębiorstwa, przetwarzającego dane z produkcji i wspierającego zarządzanie zarówno na poziomie przedsiębiorstwa, jak i procesu produkcyjnego. System taki służyłby do monitorowania, kontroli, nadzoru i sterowania procesami wytwórczymi w środowiskach produkcyjnych przedsiębiorstw posiadających zarówno Systemy Planowania Zasobów (ERP), jak i Systemy Akwizycji Danych (SCADA). W artykule zaproponowana została architektura systemu z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi implementujących najnowsze algorytmy teorii sterowania i informatyki.

Słowa kluczowe: sterowanie procesami, systemy czasu rzeczywistego, SCADA, ERP, MES

1. Wstęp

Idea projektu *Zintegrowany System Sterowania Produkcją* (INSTEPRO) powstała w Katedrze Automatyki AGH w odpowiedzi na zapotrzebowanie sygnalizowane z gospodarki, wynikające z luki informatycznej między systemami zarządzania firmą, a rzeczywistą sytuacją w środowisku produkcyjnym przedsiębiorstw. Celem projektu jest stworzenie systemu informatycznego do monitorowania, kontroli, nadzoru i sterowania procesami wytwórczymi w środowiskach produkcyjnych przedsiębiorstw wykorzystujących Systemy Planowania Zasobów ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*), jak i Systemy Akwizycji Danych SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*) w procesie produkcyjnym.

W założeniu INSTEPRO ma stanowić warstwę pośredniczącą między systemem ERP a rzeczywistą sytuacją w hali produkcyjnej, zarówno ewidencjonując aktualne i dokładne dane o produkcji, jak i wspierając zarządzanie procesami wytwórczymi przez dostarczanie zaawansowanych algorytmów sterowania, optymalizacji i diagnostyki.

Niniejszy artykuł przedstawia koncepcję takiego systemu od strony formalnej, pomijając aspekty natury wdrożeniowej. Z powodu obszerności tematu, artykuł został podzielony na dwie części. W pierwszej części omówiona zostanie ogólnie wielopoziomowa struktura nowoczesnych systemów sterowania oraz zostaną krótko scharakteryzowane istniejące rozwiązania programowe do wspomagania zarządzania poszczególnymi poziomami. Ponadto, zostanie zaprezentowana koncepcja architektury systemu INSTEPRO. W drugiej

części artykułu została rozwinęta koncepcja modularności systemu. Zostały również opisane najważniejsze moduły, z których składa się system oraz zadania merytoryczne przez nie realizowane.

2. Struktura zaawansowanych systemów sterowania

Nowoczesne, kompleksowe systemy sterowania i zarządzania przedsiębiorstwami produkcyjnymi mają strukturę wielopoziomową i wielowarstwową. Podejmowane decyzje zmieniają swój charakter w zależności od poziomu:

- na poziomie najwyższym mają charakter globalnych decyzji ekonomicznych, strategicznych, inwestycyjnych i asortymentowych opartych o prognozy rynku, cen i surowców;
- na poziomie niższym decyzje dotyczą rzeczowego planowania, harmonogramowania i sterowania produkcją;
- na jeszcze niższym poziomie dochodzi się do sterowania procesami, urządzeniami i aparatami technicznymi.

Taka wielopoziomowość jest wprowadzana dla podniesienia sprawności zarządzania przedsiębiorstwem. Jej struktura może przyjmować różne postacie. Z reguły jest to struktura hierarchiczna z jedną jednostką na szczycie obejmującą swym zasięgiem cały system. Każdy element poziomu niższego otrzymuje decyzje od tylko jednego elementu usytuowanego na poziomie wyższym i za wykonanie zadania odpowiada bezpośrednio przed tym elementem (sprężenie zwrotne jednopoziomowe). Hierarchiczna postać struktury zarządzania ma uzasadnienie w fizycznej strukturze przedsiębiorstwa, które składa się zazwyczaj z jednej centrali i z wielu fabryk. Każda fabryka składa się z wielu zakładów, każdy zakład składa się z wielu instalacji technologicznych, a każda instalacja składa się z wielu aparatów technicznych. Taka struktura fizyczna zbudowana z coraz mniejszych jednostek kolejno zagnieżdżających się w jednostkach wyższego poziomu, ma odbicie w hierarchicznej strukturze poziomów decyzyjnych. Każdy element decyzyjny danego poziomu dostrzega tylko wybrane elementy poziomu bezpośrednio niższego i do tych elementów kierowane są od niego decyzje sterujące. Na każdym poziomie pojawia się więc problem sprawnego zarządzania tylko przynależnymi elementami poziomu niższego, zgodnie z opracowaną wcześniej strategią. Decyzje sterujące idące do poziomu niższego będą zależeć od założonego horyzontu planowania na poziomie decyzyjnym, zapotrzebowania na produkcję w tym horyzoncie, zdolności przerobowych elementów poziomu niższego, możliwości pozyskania energii użytkowej, surowców, wiedzy i obsady inżynierskiej. Dla wszystkich poziomów powinien obowiązywać podobny

¹⁾ Artykuł został napisany w ramach grantu finansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (w ramach Priorytetu 1, Działanie 1.3. PO IG, Poddziałanie 1.3.1). Nr grantu: UDA-POIG.01.03.01-12-171/08/00.

wskaźnik oceny jakości funkcjonowania danego poziomu. Powinna nim być maksymalizacja zysku z produkcji uzyskiwana na danym poziomie i na rozważanym horyzoncie czasowym, z uwzględnieniem określonych dla danego poziomu odniesień (np. zasoby, normy, technologie). Kolejne niższe poziomy charakteryzują się coraz bardziej skracającym się horyzontem planowania (sterowania), dokładniejszymi modelami na których opiera się wybór strategii, zwiększoną częstotliwością zakłóceń, a stąd zwiększoną częstotliwością interwencji (sterowania).

Im niższy poziom, tym łatwiej poddaje się automatyzacji, a więc procesowi eliminowania człowieka (operatora) na rzecz inteligentnych urządzeń komputerowych i sterowników logicznych. Na poziomach wyższych narzędzia komputerowe są zaangażowane głównie dla wspomagania podejmowanych decyzji.

W takiej strukturze utrzymany jest ograniczony do jednego poziomu przepływ decyzji w kierunku *góra – dół* i jednopoziomowy kierunek przekazywania informacji zwrotnej o realizacji zadań *z dołu do góry*. Ta zwrotna informacja będzie miała postać najpierw sygnałów pomiarowych, na wyższym poziomie raportów okresowych, a potem sprawozdań podsumowujących.

Na poziomach inwestycji, planowania i harmonogramowania produkcji decydującą rolę odgrywa czynnik ludzki, a komputery spełniają rolę doradcą i wspomagającą dla ekspertów podejmujących ostateczną decyzję. Ale już na poziomie niższym, bezpośredniego sterowania cyklami produkcyjnymi, sterowania instalacjami i urządzeniami produkcyjnymi podstawową rolę odgrywają komputerowe systemy sterowania i automatyki. W celu najlepszego wywiązania się z zadań narzuconych dla tego najniższego poziomu powstała koncepcja jego dodatkowego podziału na warstwy sterowania. Charakterystyczną cechą tego podziału jest możliwość przypisania dla każdej warstwy innego wskaźnika oceniającego jakość jej pracy. Automatycy wprowadzają na tym poziomie lokalne warstwowe wskaźniki, z których niektóre trudno byłoby przeliczyć bezpośrednio na uzyskany globalnie dla tego poziomu zysk produkcyjny. Wskaźnikiem jakości oceniającym pracę poszczególnych warstw czy poszczególnych pętli regulacji może być cała z kwadratu błędu sterowania, cała z modułu błędu regulacji, cała z modułu sterowania (wydatek), cała z kwadratu sterowania (zużyta energia), czas regulacji T_{95} , minimalny czas regulacji, mieszany wskaźnik kwadratowy uwzględniający normę błędu regulacji i normę odchyłki sterowania, zapas stabilności, stopień odporności na zakłócenia najbardziej niebezpieczne, wskaźniki minimalnowariancyjne, czy też połączenia wymienionych wskaźników w postaci wielokryterialnej. Wszystkie te lokalne wskaźniki mogą koegzystować w układzie sterowania pracującej instalacji, przyczyniając się do jej najbardziej wydajnej i bezpiecznej pracy (niektóre z nich przekładają się bezpośrednio na wskaźniki ekonomiczne), co w efekcie powinno zagwarantować najwyższy zysk poziomu.

Do najpowszechniej przyjmowanych czterech warstw sterowania na najniższym poziomie systemu sterowania instalacją należą:

- **Warstwa cyfrowego lub analogowego sterowania bezpośredniego** zawierająca lokalne, izolowane pętle regulacji PID i proste układy typu SISO, jak również

logiczne regulatory włącz–wyłącz dla obsługi zdarzeń. Do warstwy tej zalicza się również podstawowe elementy rozproszonego systemu zbierania danych (czujniki i przetworniki).

- **Warstwa monitorowania i realizacji zaawansowanych algorytmów** zawierająca:

- procedury zbierania, magazynowania i przetwarzania danych pomiarowych sygnałów dynamicznych (w bazie danych pomiarowych),
- procedury wizualizacji, monitoringu i udostępniania danych o procesie,
- regulatory główne PID sterujące w kaskadzie pracą regulatorów warstwy pierwszej i wyznaczające dla nich punkt pracy,
- zaawansowane cyfrowe algorytmy sterowania, do których należą:
 - regulatory LQR stabilizujące obiekty MIMO, obejmujące wielowymiarowe procesy,
 - predykcyjne regulatory sterowania nadążnego,
 - regulatory tranzycji, przeprowadzające w zaplanowany sposób proces do nowego punktu pracy,
- cyfrowe algorytmy identyfikacji parametrycznej on-line dla modeli dynamicznych podprocesów o zmiennych parametrach, objętych sterowaniem, dla których zachodzi konieczność okresowego przestrajania regulatorów,
- zaawansowane cyfrowe algorytmy obserwacji stanu tych procesów, dla sterowania których używane są wielowymiarowe regulatory od stanu np. LQR,
- procedury sterowań inteligentnych, adaptacyjnych, regulowych i eksperckich,
- podsystem diagnostyki sprawności systemu sterowania i jego poszczególnych elementów takich jak czujniki, człony wykonawcze czy magistrale komunikacyjne (ang. *Fault Detection Systems*).

- **Warstwa sterowania nadrzędnego** zawierająca:

- procedury zbierania, magazynowania i przetwarzania danych pomiarowych sygnałów statycznych reprezentujących stany ustalone podprocesów, dla których będą budowane modele statyczne (baza stanów ustalonych),
- procedury modelowania charakterystyk statycznych podsystemów, z których składa się cały proces lub instalacja,
- procedury automatycznej konfiguracji i modelowania pracy instalacji w wybranym i dopuszczalnym punkcie pracy wraz z wyliczeniem wskaźników produkcji takich jak zużycie materiałów, wielkość produkcji, uzyskany zysk dla całego poziomu w wybranym horyzoncie sterowania,
- procedurę optymalizacji poszukującą, w zbiorze dopuszczalnym, najlepszego wektora zmiennych decyzyjnych, który zastosowany do globalnego modelu statycznego instalacji pozwoli określić najlepszy punkt pracy ustalonej dla całej instalacji. W tym punkcie przy spełnieniu wszystkich ograniczeń instalacja maksymalizuje zysk.
- procedurę przesyłu najlepszych wartości zmiennych decyzyjnych jako wartości zadanych do regulatorów warstwy niższej. Ta procedura przestrajania punktów pracy musi być rozciągnięta w czasie i dostosowana do dynamiki całego procesu.

- **Warstwa koordynacji i nadzoru**, która pełni funkcję serwera dla wszystkich powyżej wymienionych zadań systemu kompleksowego sterowania i obsługuje te zadania według zasady klient-serwer, dostarczając do zadań żądane dane pomiarowe i wyliczone parametry oraz rejestrując przesłane wyniki z poszczególnych zadań. Cała komunikacja międzyzadaniowa odbywa się poprzez tę warstwę i żadne zadania z innych warstw (algorytmy) nie komunikują się bezpośrednio między sobą.

3. Istniejące rozwiązania

Dla komputerowej obsługi, przedstawionej w pkt. 2, koncepcji wielopoziomowego systemu sterowania na poszczególnych poziomach powstały standardy oprogramowania i rozwiązania programowe je wspierające.

Specyfikacja ISA-SP95¹⁾ wyróżnia cztery poziomy przetwarzania danych o stanie produkcji i określa przyporządkowanie działań do poszczególnych poziomów. Najwyższy poziom jest obsługiwany przez duże systemy wspomagania zarządzania w najwyższym poziomie decyzyjnym. Systemy te zwane najpierw MRP (ang. *Manufacturing Resource Planning*), obecnie występują jako ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) i zawierają procedury zarządzania całą firmą w działach inwestycji, kadr, finansów, marketingu, zbierania zamówień na produkcję, wystawiania zamówień na surowce, monitorowania stanów magazynowych, sprzedaży, transportu i innych.

Na poziomie niższym zarządzania wykorzystywane są systemy komputerowe zwane MES (ang. *Manufacturing Execution Systems*). MES pełnią rolę pośredniczącą między systemami biznesowymi (takimi jak ERP) a warstwą stero-

wania bezpośredniego, urządzeniami i aparatami technicznymi (rys. 1).

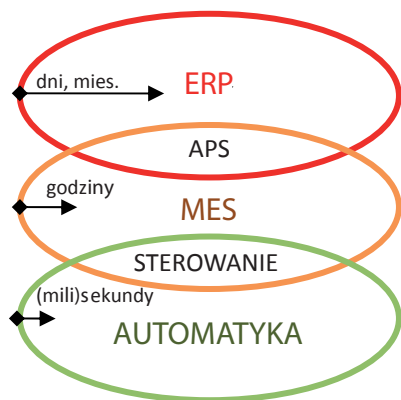
Oprócz planowania i harmonogramowania produkcji APS (ang. *Advanced Planning and Scheduling*) zadaniem MES jest także m.in. zarządzanie recepturami, raportowanie z produkcji, dostarczanie wskaźników wydajności KPI (ang. *Key Performance Indicators*), zarządzanie sytuacjami wyjątkowymi, śledzenie stanów magazynowych materiałów i produktów, zarządzanie zasobami (zarówno materiałowymi jak i ludzkimi). O ile ERP ma raczej zastosowanie w biurze (kadra zarządzająca), to odbiorcą usług MES jest głównie hala produkcyjna (kadra wykonawcza) [1, 2].

Dwa najniższe poziomy są zdefiniowane jako poziomy sterowania cyfrowego i monitorowania instalacji przemysłowych. Powszechnym oprogramowaniem wspierającym obsługę tych poziomów są systemy SCADA [3, 4]. Jednakże, systemy SCADA zawierają przede wszystkim procedury obsługi pierwszej, najniższej warstwy zbierania danych pomiarowych i sterowania bezpośredniego PID oraz bazę danych pomiarowych. Z warstwy zaawansowanych algorytmów sterowania, z reguły zawierają tylko trzy pierwsze zadania (opisane w pkt 2), akcentując wizualizację procesu technologicznego GUI (ang. *Graphic User Interface*) i komunikację operator-proces HMI (ang. *Human-Machine Interface*).

Systemy typu MES i SCADA nie zawierają pozostałych pięciu zadań warstwy zaawansowanego sterowania. Nie zawierają również zasadniczych elementów warstwy sterowania nadrzędnego, w której optymalny punkt pracy instalacji wyliczany byłby samodzielnie w oparciu o zidentyfikowane modele stanów ustalonych.

Istotną sprawą jest integracja poszczególnych warstw i sposobu wymiany danych pomiędzy warstwami. Pod koniec lat 90. proponowano różne rozwiązania tego problemu (DCOM, CORBA itp.), ostatecznie najpowszechniejsze stało się rozwiązanie wykorzystujące komunikację według standardu OPC [5] na poziomach niższych i XML [6] na poziomach wyższych.

Model ISA-95 specyfikuje także warstwę połączeń pomiędzy systemami MES i ERP (DIS – *Data Integration Service*, wykorzystujący standard XML w formie standardu B2MML – *Business to Manufacturing Markup Language*) oraz wskazuje standard interfejsu OPC, jako zalecaną metodę połączenia między warstwą ISA-95 MES i SCADA.



Rys. 1. Struktura wielopoziomowego systemu sterowania. Strzałki reprezentują horyzont czasowy, na którym działają poszczególne poziomy (od czasu rzeczywistego na poziomie automatyki do procesów długoterminowych na poziomie zarządzania)

Fig. 1 Structure of multilevel control system. The arrows stand for time horizon of individual levels (from real time on automation level up to long time processes on management level)

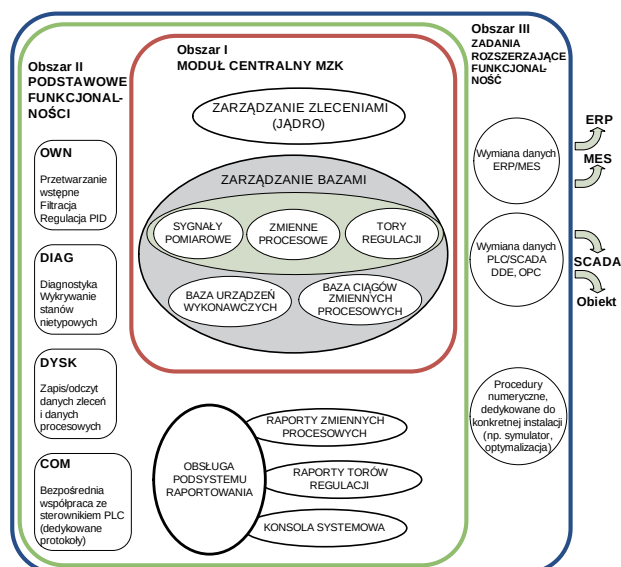
¹⁾ ISA (ang. *International Society of Automation*, www.isa.org) jest organizacją typu non-profit założoną w 1945 r. w celu opracowania standardów dla systemów automatyki. Komitet ISA-SP95 określa standardy interfejsów między działaniami przedsiębiorstwa a zadaniami sterowania.

4. Architektura systemu

Architekturę systemu przyjętą do realizacji projektu przedstawiono na rys. 2. Koncepcja ta zakłada, że system INSTEPRO będzie składał się z wielu niezależnych, ale współpracujących ze sobą modułów, zgrupowanych logicznie w trzy obszary funkcjonalne:

- moduł zarządzająco-koordynujący (MZK),
- grupa modułów realizujących zadania merytoryczne (modelowanie, optymalizacja, sterowanie),
- grupa modułów przeznaczonych do integracji działania z systemami ERP/SCADA.

Na schemacie zaznaczono jedynie wybrane moduły, które będą szerzej omówione w drugiej części artykułu.



Rys. 2. Ogólna architektura systemu INSTEPRO (przedstawione zostały wybrane moduły)

Fig. 2. General architecture of the Integrated Production Control System (only selected modules are presented)

Każdy z modułów jest niezależnym procesem, wykonującym się pod kontrolą systemu operacyjnego, we własnym, chronionym obszarze pamięci. Podnosi to niezawodność działania systemu, gdyż awaria jednego z procesów nie powoduje destabilizacji pracy całości. Zapewnia także łatwą skalowalność systemu oraz ułatwia i przyspiesza prace projektowo-wdrożeniowe, gdyż moduły mogą być projektowane i implementowane niezależnie.

Działanie modułów jest koordynowane i nadzorowane przez moduł centralny (MZK) pełniący funkcję analogiczną do funkcji jądra systemu operacyjnego. Zawiera on trzy główne bloki funkcjonalne: blok zarządzający wszystkimi pozostałymi modułami, administrację bazami zmiennych procesowych, administrację wartościami zmiennych historycznych.

Blok zarządzający jest odpowiedzialny za uruchamianie zleceń i koordynację ich pracy. Z logicznego punktu widzenia, na podstawie danych konfiguracyjnych takich jak np. typ akcji, czas wykonania, wariant itp. zleca wykonanie merytorycznych zadań dedykowanym modułom. W razie potrzeby ładuje je z dysku do pamięci operacyjnej, a także okresowo kontroluje czy nie uległy zawieszaniu. W przypadku awarii wykonuje jego restart.

W części zarządzającej danymi wyróżnione zostały bazy sygnałów pomiarowych, zmiennych procesowych, baza torów regulacji i baza urządzeń wykonawczych.

Moduł centralny jest najbardziej krytycznym elementem systemu. Nie wykonuje on żadnych operacji wejścia-wyjścia, co zwiększa jego odporność. Operacje te są realizowane poprzez inne moduły, aby w razie ich nieprawidłowej pracy moduł MZK mógł je ponownie uruchomić. Moduły zawierające operacje wejścia-wyjścia mogą być interpretowane jako serwery usług interfejsowych, zarówno w sensie interfejsów operatorskich, jak również interfejsów komunikacyjnych.

Moduły wykonujące obliczenia merytoryczne (np. optymalizacji, regulacji predykcyjnej) mogą być interpretowane jako serwery usług numerycznych. Mogą pracować na różnych

węzłach sieci, co pozwala to na rozpraszanie obliczeń, jak np. przenoszenie czasochłonnych iteracyjnych procedur optymalizacji na inny komputer. Wewnętrznie moduły podzielone są na logiczne zlecenia, a dalej na warianty zlecenia określone specyfikującymi je parametrami.

W drugim obszarze funkcjonalnym kluczową rolę odgrywają moduły OWN i DIAG realizujące obliczenia obejmujące przetwarzanie wstępne sygnałów pomiarowych, filtrację, obliczanie średnich a także realizujące diagnostykę zmiennych procesowych m.in. przy użyciu transformaty falkowej. Moduł OWN wyposażono dodatkowo w regulatory PID mogące pełnić nadrzędną rolę w kaskadowych strukturach sterowania, realizowanych łącznie z regulatorami bezpośrednimi w sterowniku PLC.

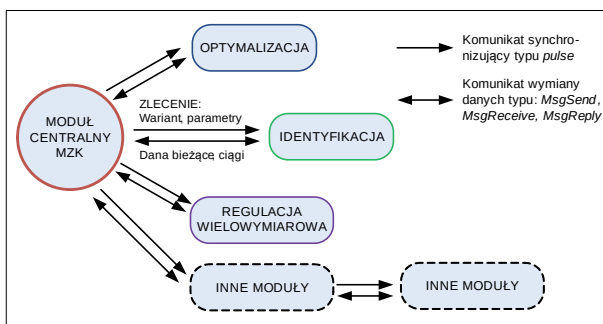
Trzeci obszar funkcjonalny obejmuje grupę modułów dedykowanych i specyficznych dla danej instalacji przemysłowej oraz do wymiany danych i integracji z innymi systemami, w tym systemem sterowania bezpośredniego oraz systemami klasy ERP.

Moduł centralny gromadzi dane pobrane z innych systemów. Wszystkie moduły mogą korzystać z danych przechowywanych w jego bazach oraz odsyłać do nich wyniki obliczeń.

W projekcie przyjęto, że projekt INSTEPRO będzie realizowany z użyciem nowoczesnego wielozadaniowego systemu czasu rzeczywistego QNX. Do jego zalet można zaliczyć bezwarunkowe wyłaszczanie zadań, zachowywanie reżimów czasowych, skalowalność i możliwość implementacji na różnych platformach sprzętowych, np. x86, ARM [6]. System zawiera także bibliotekę okien graficznych zoptymalizowaną do pracy w systemach czasu rzeczywistego. Moduły użytkowe mogą być implementowane we własnych przestrzeniach adresowych z własnym obszarem ochrony pamięci. Modułowa budowa pozwala na konstrukcję własnego, dedykowanego jądra i implementację wbudowanych systemów sterowania, przykładowo wielowymiarowego regulatora predykcyjnego do zastosowań w specjalizowanych rozwiązaniach sprzętowych [7, 8].

Wewnętrzna organizacja systemu QNX oraz przyjęty w nim model rozwojowy procesów pozwala na stosowanie wielu technik optymalizacji aplikacji przeznaczonych dla systemów wbudowanych [9]. Możliwa jest także relatywnie łatwa implementacja niskopoziomowych technik organizacji danych, przyspieszających czasochłonne obliczenia iteracyjne, np. związane z filtracją (stosowane typowo dla procesorów DSP) [10].

Opracowanie jednolitych reguł wymiany komunikatów jest kluczowe do zapewnienia łatwego rozwoju i skalowalności systemu INSTEPRO. Przykładowy schemat projektu wymiany komunikatów między modułami pokazano na rys. 3. Do przenoszenia sygnałów synchronizujących zostały wykorzystane mechanizmy komunikatów nieblokujących typu *pulse* [11]. Wymiana danych procesowych oraz dodatkowych komunikatów specyfikujących rodzaj zlecenia, jego dane, a także informujących o stanie systemu jest zorganizowana z użyciem mechanizmu komunikatów blokujących: *MsgSend*, *MsgReceive*, *MsgReply* [11]. W celu zapewnienia wysokiej niezawodności modułu centralnego MZK i zmniejszenia ryzyka powstania zakleszczeń, jako jedyny nie będzie wykorzystywał blokującej funkcji *MsgSend*. Projekt zakłada,



Rys. 3. Logiczny model współpracy pomiędzy modulem centralnym a pozostałymi modułami w systemie INSTEPRO

Fig. 3. Logical model of cooperation between the main module and other modules in the Integrated Production Control System

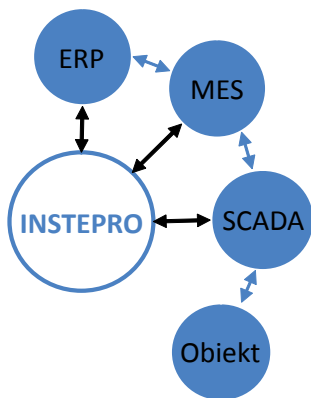
że większość komunikatów będzie przesyłana bezpośrednio między MZK a modułami obliczeniowymi. W specyficznych sytuacjach wykorzystywana będzie także organizacja klient-serwer przeznaczona do wymiany dużej ilości danych bezpośrednio między modułami. Pozwoli to częściowo odciążyć moduł MZK.

Podsumowując, omawiany system zapewnia:

- koordynację przepływu i transformacji komunikatów między wieloma aplikacjami (ERP, MES, SCADA itp.),
- wspólną przestrzeń nazw dla wszystkich systemów produkcyjnych i systemów sterowania,
- skalowalność, począwszy od małej startowej aplikacji, skończywszy na zaawansowanych aplikacjach rozproszonych,
- możliwości budowania standardów i powtarzalnych reguł, które mogą zostać wykorzystane w innych aplikacjach,
- możliwość integracji z aplikacjami komercyjnymi (stosowanymi w przemyśle), pochodzącymi od różnych producentów.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono koncepcję Zintegrowanego Systemu Sterowania Produkcją wykorzystującego zaawansowane osiągnięcia teorii sterowania. Opisano architekturę systemu, bazującą na niezależnych, komunikujących się ze sobą modułach, realizujących określone zadania.



Rys. 4. Umieszczenie INSTEPRO w strukturze systemów sterowania

Fig. 4. The Integrated Production Control System in general control systems structure

Omawiany system ma, z jednej strony, wypełnić lukę informatyczną między systemami zarządzania firmą, a rzeczywistą sytuacją w środowisku produkcyjnym przedsiębiorstw. Z drugiej strony, ma przekonać inwestorów do opłacalności stosowania zaawansowanych narzędzi oferowanych obecnie przez teorię sterowania i informatykę, ponieważ w przemyśle wciąż pokutuje przekonanie o braku potrzeby wyjścia ponad standardowe regulatory typu PID.

INSTEPRO nie tylko ma stanowić warstwę pośredniczącą między systemem ERP, a istniejącymi systemami automatyki w hali produkcyjnej, ale także pełnić rolę integratora wszystkich warstw w strukturze systemów sterowania (rys. 4). Ma być również dostawcą informacji z poszczególnych warstw oraz usług, takich jak np. zaawansowane algorytmy sterowania, identyfikacja i optymalizacja.

Obecnie INSTEPRO jest na etapie zaawansowanych testów na stanowiskach laboratoryjnych w Katedrze Automatyki AGH. Po pozytywnym przejściu testów planowane jest pierwsze wdrożenie systemu w przemyśle szklarskim.

Bibliografia

1. Meyer H., Fuchs F., Thiel K.: *Manufacturing execution systems: optimal design, planning, and deployment*. McGraw-Hill Professional, 2009.
2. Kletti J.: *Manufacturing Execution Systems – MES*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
3. Bailey D., Wright E.: *Practical SCADA for industry*. Burlington: Newnes, 2003.
4. Boyer S.A. *SCADA: supervisory control and data acquisition*. Wirginia: ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2004.
5. OPC Foundation. [www.opcfoundation.org].
6. Extensible Markup Language. [www.w3.org/XML].
7. *QNX Neutrino RTOS. System Architectures*. Ontario: QNX Software Systems GmbH & Co, 2009.
8. *MS-9643 Mainboard*. User Manual, rev. 1.3. Micro-Star International, 2007.
9. *PCM-3362 User Manual*. PC104-plus SBC with Intel Atom N450, VGA, LCD, LAN, USB2.0, SATA and on-board flash. Advantech Co, Ltd, 2009.
10. Augustyn J.: *Asembly uC51, ADSP-21065L SHARC*. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2006.
11. Augustyn J.: *Projektowanie systemów wbudowanych na przykładzie rodziny SAM7S z rdzeniem ARM7TDMI*. Kraków: Wydawnictwo IGSMiE PAN, 2007.
12. *QNX Neutrino Realtime Operating System*. Programmer's Guide. Ontario: QNX Software Systems GmbH & Co, 2009.

INSTEPRO: Integrated Production Control System

Abstract: The paper presents an idea of the Integrated Production Control System as a part of IT infrastructure of a production company. The system provides support for production data processing and management, both at a company, and production level. Proposed system is useful for monitoring, supervision and control of industrial production in companies having Enterprise Resource Planning (ERP) and Supervisory Control and Data Acquisition

(SCADA) systems. The architecture of such production control system with the use of advanced tools offered by control theory and informatics is described.

Keywords: process control, real-time systems, SCADA, ERP, MES

dr inż. Maciej Klemiato

Adiunkt w Katedrze Automatyki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zajmuje się problemami algorytmicznego nadzorowania systemów sterowania procesami przemysłowymi oraz diagnostyką układów regulacji.



e-mail: mkl@agh.edu.pl

dr inż. Jacek Augustyn

Adiunkt w Katedrze Automatyki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Jego zainteresowania naukowe obejmują zagadnienia związane z systemami wbudowanymi czasu rzeczywistego, zmiennoprzecinkowymi procesorami sygnałowymi DSP oraz 32-bitowymi systemami SoC. Jest autorem m.in. dwóch książek. Drugim obszarem zainteresowań jest sterowanie procesami przemysłowymi z użyciem regulacji predykcyjnej oraz projektowanie, implementacja i wdrażanie przemysłowych systemów sterowania.



e-mail: jag@agh.edu.pl

prof. dr hab. Jan T. Duda

Od 1977 do 2004 r. pracował w Katedrze Automatyki Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki AGH. Od 2004 r. jest pracownikiem Wydziału Zarządzania AGH, gdzie do 2006 r. kierował Katedrą Analizy Systemowej i Modelowania Cyfrowego, a od 2007 r. jest kierownikiem Wydziałowego Centrum Koordynacji Badań. Jego zainteresowania badawcze obejmują zagadnienia informatyki stosowanej, teorii systemów oraz modelowania matematycznego i cyfrowego złożonych procesów dla potrzeb zarządzania, badań naukowych i sterowania procesami technologicznymi. Opublikował łącznie ponad 190 prac naukowych.



e-mail: jdu@ia.agh.edu.pl

mgr inż. Kamil Sterna

Studia wyższe – Informatykę i Elektroniczne Przetwarzanie Informacji – ukończył w 2006 r. na Wydziale Elektroniki, Automatyki, Informatyki i Elektrotechniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz na Wydziale Zarządzania i Komunikacji Społecznej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Od 2009 r. jest asystentem naukowym w Katedrze Automatyki AGH oraz autorem publikacji z zakresu integracji systemów, odporności na błędy i równoważenia obciążenia w systemach informatycznych. Jego zainteresowania badawcze obejmują informatykę stosowaną, optymalizację procesów wytwórczych z wykorzystaniem oprogramowania oraz metody modelowania systemów mechatronicznych.



e-mail: kst@agh.edu.pl



Kończysz studia i szukasz tematu pracy dyplomowej?

Pomyśl o Konkursie ASTOR

Autorzy najlepszych prac otrzymają atrakcyjne nagrody pieniężne – nawet 5000 zł. Konkurs ASTOR na najlepszą pracę dyplomową otwiera również możliwości zdobycia ciekawej pracy zawodowej. Warunkiem wzięcia udziału w konkursie jest wykorzystanie w pracy dyplomowej produktów z oferty firmy ASTOR. Termin przesyłania zgłoszeń upływa 30 września 2011 r.

Większość przyszłych absolwentów chce z jak najlepszym wynikiem ukończyć studia, a praca dyplomowa jest ukoronowaniem wielu lat nauki i pracy. Organizator konkursu zachęca przyszłych inżynierów do tworzenia prac dyplomowych w oparciu o rozwiązania globalnych dostawców, z którymi współpracuje, toteż pracownicy ASTOR służą zainteresowanym studentom wsparciem merytorycznym oraz technicznym. Zatem czemu nie spróbować swoich sił w konkursie? Ambitni i przedsiębiorczy studenci z pewnością dostrzegą w nim szansę dla swojego rozwoju zawodowego i podejmą wyzwanie.

W najnowszej, trzynastej już edycji konkursu organizator zapewnia łączną wartość nagród wynoszącą blisko 10 tys. zł, a jednocześnie zapowiada zmianę metodyki pracy jury. Spośród wybranych prac sześć zostanie zakwalifikowanych do finału.

– Wszyscy nominowani – wraz z promotorami – są zapraszani kolejno na przedstawienie swoich prac Komisji Konkursu. Po zakończeniu prezentacji obraduje jury, które następnie wyłania zwycięzcę. Jak pokazały to poprzednie edycje, niektóre prace zyskują na atrakcyjności podczas prezentacji, inne tracą. Nowy system – mam nadzieję – lepiej się sprawdzi i będzie bardziej sprawiedliwy – mówi Milena Chudowska, specjalista ds. PR w firmie ASTOR, koordynator konkursu.

Tematyka prac zgłaszanych do konkursu może być związana m.in. z systemami sterowania linią produkcyjną, monitoringiem i wizualizacją procesów przemysłowych, automatyzacją procesów produkcyjnych lub stanowiskami zrobotyzowanymi.

Jury konkursu ocenia przede wszystkim innowacyjność, poziom technicznego wykonania pracy, możliwość wdrożenia rozwiązania w praktyce, złożoność opisywanego zagadnienia, ilość produktów z oferty ASTOR wykorzystanych w pracy, poziom integracji poszczególnych elementów systemu oraz stopień wykorzystania zaawansowanych funkcji produktów.

W konkursie mogą wziąć udział ci studenci, którzy do dnia zgłoszenia obronili swoją pracę dyplomową. Regulamin konkursu oraz szczegółowe informacje znajdują się na stronie internetowej www.konkurs.astor.com.pl.

Partnerem Konkursu jest Studenckie Forum Business Centre Club. Patronat Medialny nad Konkursem ASTOR na Najlepszą Pracę Dyplomową objął miesięcznik Pomiary, Automatyka, Robotyka.

Wojciech Kmiecik
ASTOR