

dr hab. inż. Jerzy Zajac
mgr inż. Grzegorz Chwajol
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji
Politechnika Krakowska

INTEGRACJA INFORMACJI W SYSTEMACH STEROWANIA WYTWARZANIEM

W referacie zwrócono uwagę na złożoność problemu integracji informacji w systemach sterowania wytwarzaniem. Efektywne rozwiązywanie tego problemu możliwe jest jedynie przy wykorzystaniu szeroko akceptowalnych standardów. Takim otwartym standardem może się wkrótce stać omówiona w referacie technologia Web services.

INFORMATION INTEGRATION IN MANUFACTURING CONTROL SYSTEMS

The paper draws attention to the complexity of information integration in manufacturing control systems. To find an effective solution for this problem application of widely accepted standards are essential. Web services technology seems to be quite soon the most suitable standard.

1. WSTĘP

Jednym z najistotniejszych czynników, który decydował i w dalszym ciągu decyduje o rozwoju systemów wytwarzania jest obserwowany od wielu lat dynamiczny rozwój technologii informatycznych. Systemy komputerowe są bowiem aktualnie niezbędnym narzędziem wykorzystywanym w rozwiązywaniu wielu różnorodnych zadań współczesnego wytwarzania. Nowoczesne konfigurowalne systemy wytwarzania charakteryzuje wzrost znaczenia przygotowywania, przetwarzania i przechowywania informacji w stosunku do tradycyjnych dedykowanych systemów wytwarzania.

Wymagania rynku powodują, że współczesne systemy wytwórcze zapewnić muszą realizację różnorodnej asortymentowo produkcji małoseryjnej lub jednostkowej, a ponadto charakteryzować się zwiększoną odpornością na zmiany i zakłócenia pojawiające się w trakcie realizacji procesu wytwarzania zarówno w samym systemie, jak i jego otoczeniu. Ponadto spełnione być muszą wszystkie typowe kryteria oceny tych systemów, takie jak wydajność, terminowość czy też jakość wytwarzanych wyrobów. Częste wprowadzanie nowych wyrobów, zmiany terminów realizacji ich produkcji, awarie urządzeń oraz zakłócenia w dostawach surowców powodują, że systemy wytwórcze oparte na technologii CIM (ang. *Computer Integrated Manufacturing*) nie spełniają wszystkich wymagań stawianych współczesnym systemom wytwarzania. Główną przyczyną wymienionych słabości systemów CIM jest stosowanie systemów sterowania, które wprowadzają sztywne, hierarchiczne powiązania decyzyjne. Dlatego też działania mające na celu opracowanie i wdrożenie

nowych koncepcji systemów wytwarzania wykorzystujących otwarte, rozproszone systemy sterowania, które pozwolą na szybką ich rekonfigurację umożliwiając tym samym dostosowywanie się wytwórcy do szybko zmieniających się potrzeb rynku są ze wszelkich miar niezbędne. Zjawisko rozproszenia dotyczy w tym przypadku zarówno skali makro, np. wirtualnych przedsiębiorstw zintegrowanych informacyjnie poprzez zastosowanie technologii internetowych, jak i skali mikro, w której klasyczne, scentralizowane systemy sterowania zautomatyzowanym wytwarzaniem zastępowane są przez systemy zdecentralizowane, zbudowane z inteligentnych jednostek wytwórczych charakteryzujących się zdolnością do współdziałania oraz możliwością samodzielnego podejmowania decyzji.

Istnieją dwie zasadnicze grupy czynników wpływających na rozwój współczesnych systemów wytwarzania: techniczne i organizacyjne. Jednym z najistotniejszych czynników o charakterze organizacyjnym, budzącym od wielu lat zainteresowanie teoretyków i praktyków wytwarzania, jest problem decentralizacji decyzji w systemach wytwarzania. Konserwatyzm wytwórców, przejawiający się przywiązaniem do scentralizowanych i zhierarchizowanych struktur systemów wytwarzania oraz niepełna dojrzałość rozwiązań rozproszonych przejawiająca się brakiem standardów powodują, że mamy w tym zakresie do czynienia z rozmięciem się teorii i praktyki. Duże nakłady ponoszone na projekty badawcze oraz sukces pilotowych rozwiązań systemów zdecentralizowanych w firmie DaimlerChrysler [2][3] pozwala jednak mieć nadzieję, że rozwiązania takie odgrywać będą istotną rolę już w pierwszych dekadach XXI wieku, a postęp techniczny umożliwi ich ewolucję w kierunku samoorganizujących się, inteligentnych systemów wytwarzania.

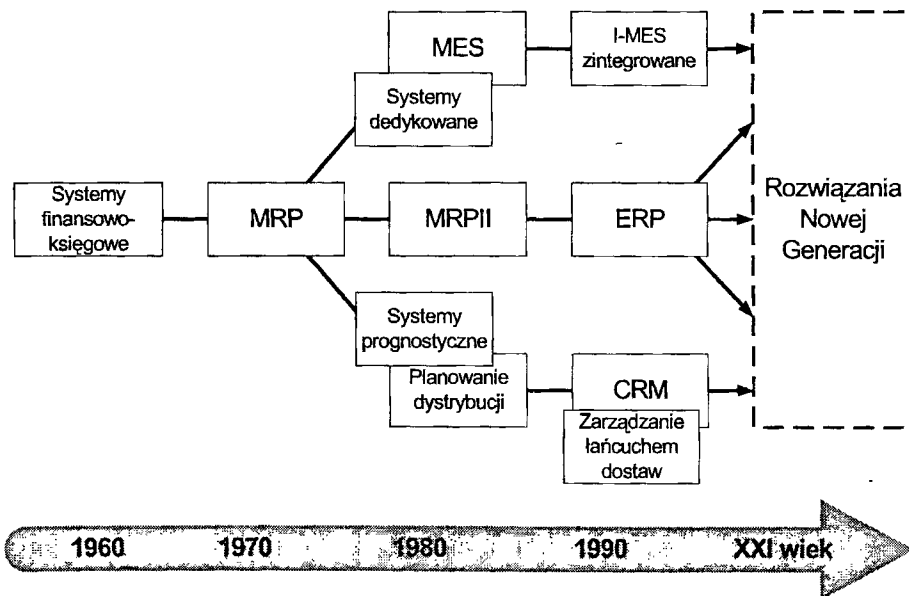
W Instytucie Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji (ITMiAP) Politechniki Krakowskiej od wielu lat prowadzone są prace dotyczące sterowania dyskretnymi systemami wytwarzania. W wyniku tych prac powstały oryginalne metody scentralizowanego [4] i rozproszonego [14] sterowania produkcją w oparciu o opracowane modele systemu wytwarzania. Metody te zastosowano do sterowania systemami wytwórczymi znajdującymi się w laboratorium ITMiAP. Na podstawie doświadczeń zebranych w toku realizacji tych prac a także przeglądu materiałów źródłowych dotyczących tematu można stwierdzić, że wprowadzenie nowej generacji systemów wytwarzania wymaga rozwiązania wielu ważnych problemów dotyczących przygotowywania, przetwarzania i przechowywania informacji w procesie zdecentralizowanego sterowania systemami wytwarzania. Ponadto, szeroko rozpowszechniona heterogeniczność sprzętowa i programowa systemów informatycznych stanowiących bazę systemu sterowania wytwarzaniem oraz różnorodność sposobów integracji systemów informatycznych z urządzeniami automatyki przemysłowej stanowią inspirację dla poszukiwania standardów umożliwiających efektywne rozwiązywanie problemu integracji informacji w nowej generacji systemów wytwarzania wykorzystujących zdecentralizowane i rekonfigurowalne systemy sterowania.

W rozdziale drugim referatu w celu pokazania złożoności problematyki integracji informacji w systemach wytwarzania zostanie przedstawiona ewolucja informatycznych systemów wspomagania procesów realizowanych w przedsiębiorstwach wytwórczych, a ponadto zostaną omówione podstawowe zadania systemu sterowania wytwarzaniem oraz rola standardów komunikacyjnych w systemach sterowania wytwarzaniem.

W rozdziale trzecim natomiast przedstawiona zostanie technologia Web services. Technologia ta wydaje się stwarzać realną szansę na ustanowienie szeroko akceptowalnego standardu w rozproszonych systemach sterowania wytwarzaniem. Przedstawione zostaną rozwiązania, na których ta technologia się opiera, a także omówione jej główne cechy.

2. INFORMACJA W SYSTEMACH WYTWARZANIA

Na rysunku 1 przedstawiono ewolucję informatycznych systemów wspomagania procesów realizowanych w przedsiębiorstwach wytwórczych. Jak widać na tym rysunku, od początku lat siedemdziesiątych minionego stulecia rozwój ten dokonuje się w ramach trzech płaszczyzn obejmujących aspekty: finansowej i produkcyjnej działalności przedsiębiorstwa (płaszczyzna środkowa), progностycznej i zewnętrznej działalności przedsiębiorstwa (płaszczyzna dolna) oraz wykonania i śledzenia produkcji (płaszczyzna górna). Płaszczyzna centralna przedstawia kolejne generacje systemów planowania i zarządzania przedsiębiorstwem począwszy od systemów księgowych zajmujących się wyłącznie aspektami finansowymi działalności przedsiębiorstwa, poprzez systemy MRP i MRPII aż do systemów ERP. Głównym zadaniem systemów MRP (ang. *Material Requirements Planning*) było planowanie potrzeb materiałowych przedsiębiorstwa z wykorzystaniem do tego celu danych o strukturze wyrobów, informacji o stanach magazynowych, stanie zamówień oraz planie produkcji. Na początku lat osiemdziesiątych pojawiły się systemy klasy MRPII (ang. *Manufacturing Resource Planning*), których zakres działań obejmuje sterowanie wszystkimi zasobami oraz przebiegiem produkcji w przedsiębiorstwie, a także



Rysunek 1. Ewolucja informatycznych systemów wspomagania procesów realizowanych w przedsiębiorstwach wytwórczych [6]

zarządzanie jego działalnością głównie w aspekcie finansowym. Systemy te wyposażono w wiele dodatkowych modułów takich jak planowanie sprzedaży czy zarządzanie kadrami. Obecnie standardem są systemy ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) będące rozwinięciem systemów MRPII. Wspomagają one zarządzanie wszystkimi procesami realizowanymi w przedsiębiorstwie. W tym zakresie wykonują zarówno wyspecjalizowane funkcje produkcyjne np. realizując zadania odpowiadające klasycznym systemom PPC (ang. *Production Planning and Control*) jak i funkcje związane z zarządzaniem jakością, gospodarką remontową czy serwisem, a ponadto funkcje prognostyczne i analityczne niezbędne dla podejmowania poprawnych decyzji przez kierownictwo przedsiębiorstwa.

Wraz z rozwojem systemów planowania i zarządzania działalnością przedsiębiorstwa następował również rozwój systemów prognostyczno-planistycznych ukierunkowanych głównie na aspekty zewnętrznej działalności przedsiębiorstwa. Są to systemy planowania dystrybucji DSP (ang. *Distribution Resource Planning*), systemy zarządzania łańcuchem dostaw SCM (ang. *Supply Chain Management*) i systemy zarządzania relacjami z klientami CRM (ang. *Customer Relationship Management*). Umożliwiają one nadanie systemom ERP nowej funkcjonalności. Systemu ERP nie należy bowiem traktować jako „zamkniętego produktu” lecz jako moduł bazowy, na którym nadbudowywana jest dodatkowa funkcjonalność poprzez zastosowanie specjalizowanych modułów.

Równoległe z rozwojem systemów planowania i zarządzania działalnością przedsiębiorstwa rozwijały się także systemy zarządzania wykonaniem produkcji MES (ang. *Manufacturing Execution Systems*). Systemy te również ewoluowały począwszy od rozwiązań dedykowanych aż do zintegrowanych systemów I-MES o charakterze uniwersalnym. Podstawowymi zadaniami tego typu oprogramowania są planowanie i śledzenie przebiegu produkcji, gromadzenie danych, zarządzanie jakością itp. Zakres działania systemów MES pokrywa się w dużym stopniu z zakresem działania systemów MRPII/ERP. Stało się to przyczyną wzajemnego wykorzystywania stosowanych rozwiązań. Należy tu jednak podkreślić, że rozdzielczość czasowa stosowana w systemach MES jest znacznie większa niż stosowana w systemach MRPII/ERP. Oznacza to, że systemy MES umożliwiają zarówno szybszą reakcję na wszystkie niespodziewane sytuacje pojawiające się w czasie pracy systemu wytwarzania, jak i gromadzenie w bazach danych bardziej szczegółowych informacji o realizowanych procesach. Ogniwem łączącym systemy MES z układami sterowania elementów wykonawczych systemu wytwarzania są systemy SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*). Zapewniają one przekazywanie poleceń do i z układów sterowania (sterowników), gromadzenie danych, generowanie sygnałów alarmowych oraz wizualizację realizowanych procesów.

System sterowania wytwarzaniem SFC (ang. *Shop Floor Control*) jest odpowiedzialny za zapewnienie realizacji zadań produkcyjnych przedsiębiorstwa. Jest on ściśle powiązany zarówno z układami sterowania urządzeń, wytwórczych, pełniących rolę wykonawców wypracowywanych w systemie sterowania decyzji, jak i z systemem planowania i sterowania produkcją PPC (ang. *Production Planning and Control*), który zarządza procesami produkcyjnymi realizowanymi w danym przedsiębiorstwie i jest w tradycyjnym systemie wytwarzania systemem nadrzędnym względem systemu sterowania wytwarzaniem.

Podstawowe zadania systemu sterowania wytwarzaniem obejmują:

- krótkoterminowe planowanie zleceń, zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny,
- przydzielanie zasobów (maszyny, środki transportowe, obsługa, narzędzia, materiały, palety, programy sterujące itp.) do wykonania czynności,
- inicjowanie czynności,
- koordynację współdziałania urządzeń wytwórczych w trakcie realizacji czynności,
- gromadzenie danych i monitorowanie realizowanych procesów,
- zwalnianie zasobów po zakończonej czynności,
- reagowanie na zakłócenia,
- współdziałanie z systemem nadrzędnym.

Biorąc pod uwagę obszary działania wymienionych wyżej informatycznych systemów wspomagania procesów realizowanych w przedsiębiorstwie produkcyjnym można stwierdzić, że problematyka sterowania wytwarzaniem obejmuje swoim zakresem zagadnienia rozwiązywane za pomocą systemów SCADA, systemów MES, a także w pewnym zakresie systemów ERP (PPC).

Integracja informacji w klasycznych systemach sterowania wytwarzaniem realizowana jest poprzez zastosowanie jednej z trzech głównych technologii obiektów rozproszonych [10]: CORBA, DCOM lub Java RMI. Wszystkie te technologie stosują dedykowany, binarny format wymiany danych i nie są wzajemnie kompatybilne. Wyzwaniem dla twórców nowych generacji systemów sterowania wytwarzaniem jest więc zastosowanie takiego narzędzia integracyjnego opartego na otwartym standardzie i tekstowym formacie wymiany danych, który umożliwi budowanie otwartych, zdecentralizowanych i rekonfigurowalnych systemów sterowania wytwarzaniem. Istnieje duża szansa na to, że takim standardem stanie się wkrótce, opracowana w oparciu o otwarty standard, technologia Web services [12] wykorzystująca protokół SOAP [9] oparty na języku XML [5].

Istotną kwestią wymagającą rozwiązania w procesie budowy systemu sterowania wytwarzaniem jest problem wymiany informacji pomiędzy układami sterowania (sterownikami) urządzeń wytwórczych oraz innymi urządzeniami automatyki przemysłowej. Wymiana informacji we współczesnych systemach zautomatyzowanych napotyka bowiem na barierę wynikającą z różnorodności stosowanych rozwiązań automatyki przemysłowej oraz istnieniu wielu rywalizujących ze sobą standardów sieci miejscowych np. DeviceNet, Interbus czy Profibus. Należy jednak zauważyć, że w ostatnim okresie w systemach automatyki przemysłowej daje się zaobserwować wyraźny wzrost znaczenia przełączalnego Ethernetu. Dominacja rynkowa tego standardu w lokalnych sieciach komputerowych oznacza, że dostępne rozwiązania charakteryzują się niskimi kosztami oraz dużą liczbą urządzeń służących do budowy sieci w tym standardzie (karty sieciowe, przełączniki), a ponadto istnieje możliwość wykorzystywania różnych mediów transmisyjnych (kable miedziane, światłowody, fale elektromagnetyczne), a także dostępnych jest wiele aplikacji niezbędnych do zarządzania siecią. Dynamika rozwoju przemysłowego Ethernetu została zauważona przez twórców magistral miejscowych, którzy mają świadomość konieczności działań integracyjnych, gdyż pozostawanie przy wzajemnie niekompatybilnych standardach może przyczynić się do ekonomicznej klęski istniejących rozwiązań [8].

3. WEB SERVICES – NOWE MOŻLIWOŚCI INTEGRACJI INFORMACJI W SYSTEMACH STEROWANIA WYTWARZANIEM

W ostatnich latach zaobserwować można dynamiczny rozwój nowej technologii Web services znajdującej szerokie zastosowanie w dziedzinie systemów rozproszonych. Jej podstawowymi cechami są tekstowy format wymiany danych oraz otwartość standardu. Technologia ta wykorzystuje kilka innych standardów, takich jak XML, SOAP czy WSDL, a ponadto, co bardzo istotne, jest wspierana przez wszystkich głównych graczy na rynku IT.

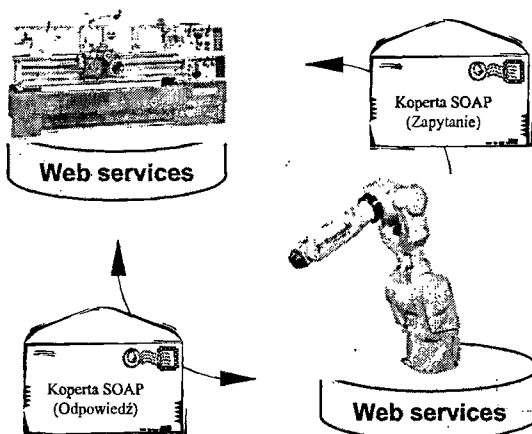
XML (ang. *Extensible Markup Language*) jest metajęzykiem opartym na znacznikach. Ich rolą jest między innymi definiowanie podstawowych składników dokumentu XML-owego, którymi są elementy. Każdy element składa się ze znacznika otwierającego i zamykającego, pomiędzy nimi znajdują się mogą przekazywane dane, a także dowolna liczba elementów składowych. Element może posiadać również określoną ilość atrybutów, w których także można umieszczać dane. Reguły języka XML określają jedynie strukturę XML-owego dokumentu, nie narzucają natomiast nazewnictwa ani elementów, ani ich atrybutów. Stąd język ten zyskuje dużą popularność w zakresie przechowywania i wymiany danych w wielu różnych dziedzinach zastosowań.

Kolejnym standardem leżącym u podstaw technologii Web services jest SOAP. Pierwotnie skrót ten pochodził od nazwy Simple Object Access Protocol, jednak ze względu na rozszerzenie potencjalnych zastosowań, aktualna wersja specyfikacji nie rozwija tego skrótu. SOAP definiuje strukturę XML-owego pakietu informacji, który następnie może być przekazywany między węzłami w zdecentralizowanym środowisku. Główny element tej struktury zwany jest „kopertą” SOAP (ang. *SOAP Envelope*). W jego skład wchodzi między innymi takie elementy jak SOAP header (opcjonalnie) i SOAP body. W tym ostatnim zawarte są informacje dla docelowego odbiorcy. Typowym protokołem wykorzystywanym do przesyłania komunikatów SOAP (ang. *SOAP messages*) jest internetowy protokół HTTP.

Trzecim z wymienionych standardów, na których opiera się technologia Web services jest WSDL (ang. *Web Services Description Language*) [13]. Definiuje on reguły opisu usług oferowanych przez Web services, dotyczące w szczególności rodzaju danej usługi, jej lokalizacji i sposobu wywoływania. WSDL również wykorzystuje standard XML. W tym formacie bowiem przekazywane są informacje dotyczące opisywanych usług.

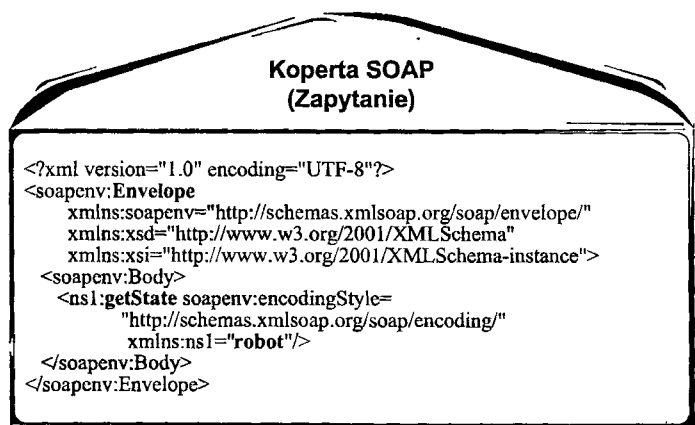
Specjalny rodzaj usługi oferuje Web service wykorzystywany do odnajdywania innych, spełniających określone kryteria usług. Jest to tzw. discovery service, którego typowym przykładem jest rejestr UDDI (ang. *Universal Description, Discovery and Integration*) [11]. Aby móc efektywnie dokonywać wyszukiwań wśród dostępnych usług (Web services), informacje o nich powinny zostać uprzednio umieszczone w rejestrze. W momencie gdy zaistnieje potrzeba odnalezienia spełniającej dane kryteria usługi, aplikacja klienta czy też inny Web service może odpytać w tym celu rejestr. W odpowiedzi pytający otrzymuje opis oraz informacje o lokalizacji żądanej usługi, po czym może dokonać bezpośredniego połączenia z serwerem udostępniającym tę usługę.

Rysunek 2 przedstawia schemat procesu wymiany informacji w technologii Web services pomiędzy dwoma węzłami pracującymi w środowisku rozproszonym. Każdy z węzłów może być zarówno nadawcą, jak i odbiorcą komunikatów SOAP.



Rysunek 2. Schemat procesu wymiany informacji w technologii Web services

Zawartość „koperty” SOAP, będącej wysłanym przez obrabiarkę do robota zapytaniem o jego aktualny stan (*getState*) przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 3. Komunikat SOAP

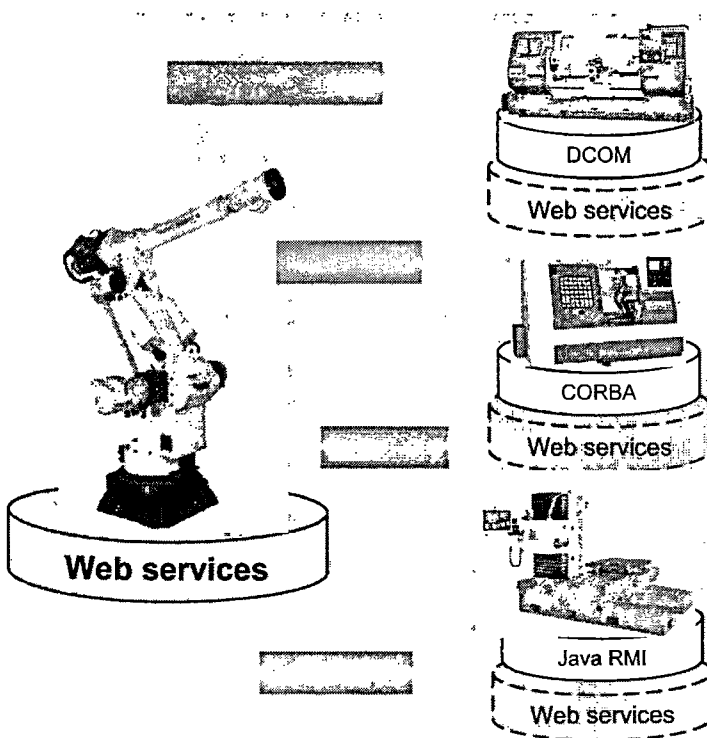
Tekstowy format, w którym przesyłane są dane w technologii Web services, stwarza duże możliwości analizy i przetwarzania informacji na wielu platformach sprzętowych i systemowych oraz za pomocą różnorodnych języków i narzędzi programistycznych

[15]. Niebagatelny wpływ na perspektywy związane z omawianą technologią ma również fakt wsparcia technicznego i aktywnego udziału w jej rozwoju liderów rynku informatycznego.

Platformy sprzętowe	Systemy operacyjne	Języki programowania	Aktywne wsparcie
Alpha PowerPC Intel x86 MIPS SPARC IBM AS/400, S/390	Windows 98, NT, 2000, XP Linux HP-UX Solaris IRIX OS/400, OS/390	Java C++ C# Python Perl PHP	Microsoft IBM Sun HP Novell Oracle

Rysunek 4. Web services: platformy, systemy, języki i aktywne wsparcie

Dodatkowym atutem technologii Web services jest możliwość integracji już istniejących rozwiązań informatycznych wykorzystujących wzajemnie niekompatybilne technologie obiektów rozproszonych tj. CORBA, DCOM czy też Java RMI. Web services mogą tu pełnić rolę swoistego opakowania czy też pośrednika pomiędzy wymienionymi technologiami, co zaprezentowano na rysunku 5.



Rysunek 5. Integracja technologii rozproszonych

Warto również wspomnieć, że zastosowanie do przesyłania komunikatów SOAP protokołu HTTP zazwyczaj wiąże się z wykorzystaniem domyślnego dla usługi WWW portu TCP 80 (tzw. well-known port), co w konsekwencji daje odporność technologii Web services na blokady typu zatory ogniowej (ang. *firewall*).

Obok niezaprzeczalnych zalet, jakie posiada technologia Web services, należy także zauważyć istnienie pewnych niedogodności związanych z wykorzystanymi w niej rozwiązaniami. Jedną z nich jest znacząco większy rozmiar pakietów SOAP, których przetwarzanie może trwać kilkunastokrotnie dłużej niż w technologiach wykorzystujących binarny format danych, takich jak CORBA, DCOM czy Java RMI. Różnice te dodatkowo powiększają się w miarę wzrostu ilości i złożoności przesyłanych danych [7].

Technologia Web services została już zauważona w środowisku zajmującym się integracją informacji w systemach wytwarzania, a w szczególności problematyką sterowania systemami wytwarzania [1]. Również w Politechnice Krakowskiej prowadzone są prace polegające na zwiększeniu uniwersalności opracowanego systemu rozproszonego sterowania wytwarzaniem [14] poprzez zastosowanie technologii Web services jako integratora informacji. Umożliwi to uruchomienie systemu sterowania w heterogenicznym środowisku sprzętowym i programowym. Dotychczas, w ramach tych prac stworzony został prototyp komunikacyjny rozproszonego systemu sterowania wytwarzaniem, w którym każdy z węzłów posiada zaimplementowane mechanizmy umożliwiające wymianę danych przy wykorzystaniu technologii Web services. Komunikacja między autonomicznymi i rekonfigurowalnymi elementami wchodzącymi w skład systemu realizowana jest poprzez wymianę pakietów SOAP. Parametry konfiguracyjne dla poszczególnych elementów systemu opracowane zostały w formie XML-owych struktur i są przekazywane również za pośrednictwem komunikatów SOAP. Dodatkowo wprowadzone zostały elementy wspomagające i koordynujące pracę, w tym Web service odpowiedzialny za udostępnianie informacji dotyczących lokalizacji poszczególnych węzłów. Całość pracuje w oparciu o internetowy protokół HTTP. Wstępne testy efektywności przeprowadzone w środowisku heterogenicznym (Linux, Windows XP) z wykorzystaniem 14 komputerów PC połączonych siecią Fast Ethernet potwierdziły możliwość wykorzystania technologii Web services do budowy systemu sterowania wytwarzaniem.

4. PODSUMOWANIE

Nie ma pewności czy Web services stanie się standardem *de facto* w procesie integracji rozproszonych aplikacji i czy powtórzy sukces jednolitego, akceptowanego przez wszystkich standardu komunikacyjnego, jakim w sieciach komputerowych jest TCP/IP. Można jednak domniemać, że ma na to dużą szansę gdyż jako jedyna znacząca technologia z tego zakresu ma wsparcie wszystkich głównych graczy na rynku IT. Zdaniem autorów szeroka akceptacja tego standardu otworzy nowe możliwości w systemach zarządzania i sterowania wytwarzaniem.

LITERATURA

- [1] Baumann C., Kittl B., *Cell Control Software and Web Services*. Proc. of 13th International DAAAM Symposium: "Intelligent Manufacturing & Automation: Learning from Nature", Vienna 2002, s. 027-028.
- [2] Bussmann S., Schild K., *Self-Organizing Manufacturing Control: An Industrial Application of Agent Technology*. Proc. of the 4th Int. Conf. on Multi-Agent Systems. Boston 2000, s. 87-94.
- [3] Bussmann S., Schild K., *An Agent-based Approach to the Control of Flexible Production Systems*. Proc. of 8th Int. Conf. on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA 2001), Antibes Juan-les-pins 2001, s. 169-174.
- [4] Cyklis J., Pierzchała W., *Modelowanie procesów dyskretnych w elastycznych systemach produkcyjnych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Seria: Mechanika, z. 77, Kraków 1995.
- [5] *Extensible Markup Language (XML)*. <http://www.w3c.org/XML>, 2004.
- [6] *Execution-Driven Manufacturing Management for Competitive Advantage*. White Paper Nr. 5. <http://www.mesa.org/html/resource.htm>, 1997.
- [7] Manes Anne Thomas, *Web Services: A Manager's Guide*. Addison Wesley Professional, 2003.
- [8] Montague J., *Bractwo użytkowników Fieldbusa*. http://www.controlengpolska.com/tematy_wiodace_8.php4?art=415#top, 2004.
- [9] Mueller J.P., *Poznaj SOAP*. Wydawnictwo Mikom, 2002.
- [10] Szyperski C., *Oprogramowanie komponentowe*. WNT 2001.
- [11] *UDDI.org*. <http://www.uddi.org/>, 2004
- [12] *Web Services*. <http://www.webservices.org>, 2004.
- [13] *Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language*. <http://w3c.org/TR/wsdl20/>, 2004
- [14] Zając J., *Rozproszone sterowanie zautomatyzowanymi systemami wytwarzania*. Monografia 288, Seria Mechanika. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2003.
- [15] Zając J., Chwajojł G., Ślusarczyk Ł., *Wybrane problemy samokreowania się rozproszonych systemów sterowania wytwarzaniem*. Materiały z Konferencji AUTOMATION 2003, PIAP, Warszawa 2003, s.139-146.