

INTEGRACJA HETEROGENICZNYCH SIECI W ŚRODOWISKU PRZEMYSŁOWYM

Streszczenie: Zaprezentowano Projekt Badawczy Zamawiany "Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację wytwarzania", prowadzony przez Instytut. Przedstawiono część rezultatów związaną z integracją różnych sieci stosowanych w przemyśle. Podano przykłady opracowanych bram i mostów, jak też przeprowadzanych implementacji.

Abstract: The paper concerns the research project entitled "Networking systems for integration of manufacturing automation". The Institute is the leading body in realisation of the project. Some achieved results are presented, namely those connected with integration of various networks applied in industrial environment. Examples of prepared bridges, gateways and implementations are given.

1. PROJEKT BADAWCZY ZAMAWIANY

W drugiej połowie 1995 r. rozpoczęto realizację Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-31-05 "Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację wytwarzania". Zasadniczym celem projektu, zamówionego przez Ministerstwo Przemysłu i Handlu, jest wykonanie badań i wyboru systemów komunikacyjnych do potrzeb krajowych przedsiębiorstw przemysłowych, jak również opracowanie metod projektowania struktur i przygotowanie rozwiązań pilotowych. Konsekwencją wykonania projektu będzie podjęcie wdrożeń, jak i działań upowszechniających wiedzę o integracji procesów wytwarzania za pomocą sieciowych systemów komunikacji.

Realizację projektu Komitet Badań Naukowych powierzył Przemysłowemu Instytutowi Automatyki i Pomiarów jako wykonawcy i Instytutowi Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej jako głównemu współwykonawcy. Ponadto współwykonawcami projektu są jeszcze:

- Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej,
- Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach,
- Zakład Informatyki Wydziału Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej.

Szereg zadań, szczególnie związanych z tworzeniem nowych składników oprogramowań powierzono specjalistycznym firmom.

Do realizacji zadań projektu powołano zespoły badawcze w pięciu placówkach naukowych i wypracowano sposoby efektywnej współpracy, obejmujące wspólne opracowanie metodologii badań, podział przedmiotu badań, uzgodnienie komplementarnych zestawów badawczych i pilotowych instalacji sieciowych, wreszcie ustalenie jednolitej formy rezultatów projektu, włącznie z przyjęciem identycznych oprogramowań narzędziowych. Szczególny nacisk był położony w zadaniach projektu na wprowadzanie otwartych zintegrowanych systemów wytwarzania CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). W związku z tym, w pierwszej

kolejności określono szczegółową strukturę systemu otwartego CIM oraz zestawiono wymagania techniczne, funkcjonalne i eksploatacyjne takich systemów.

W następnej fazie prac zespoły badawcze określiły założenia i opracowały projekty realizacji otwartego systemu komunikacyjnego przedsiębiorstwa przemysłowego. Całość tych opracowań utworzyła zestaw rozwiązań wariantowych, obejmujących wszystkie warstwy funkcjonalne zakładów, a więc sterowania produkcją (w tym gniazdami i liniami produkcyjnymi oraz procesami ciągłymi), dalej przygotowania, planowania i zarządzania produkcją. Do tych warstw dobrano najkorzystniejsze rozwiązania sprzętowe i programowe systemów komunikacyjnych. Obecnie, według przygotowanych projektów, w poszczególnych instytutach są kompletowane, uruchamiane i badane pilotowe oraz wzorcowe instalacje sieciowe, jak też zestawy badawcze obejmujące reprezentatywne zastosowania systemów komunikacyjnych we wszystkich warstwach funkcjonalnych przedsiębiorstw przemysłowych.

2. SIECI W ŚRODOWISKU PRZEMYSŁOWYM

Sieci komunikacyjne występujące w przedsiębiorstwach przemysłowych mogą być klasyfikowane według kryterium zasięgu. Największe znaczenie mają sieci lokalne (LAN) wiążące komputery sfery administracyjnej przedsiębiorstw, dalej sfery planowania i zarządzania produkcją, jak również sfery przygotowania produkcji. Mniejsze znaczenie mają w przemyśle sieci metropolitalne (MAN) i rozległe (WAN). Poza zadaniami komunikacji zewnętrznej służą one do integracji sieci lokalnych w wielkich przedsiębiorstwach, o dużej rozległości, czy złożonych z wielu zakładów oddalonych od siebie.

Analizy przeprowadzone w pierwszych etapach projektu zamawianego [1, 2, 3] wskazują jednoznacznie, iż w środowisku przemysłowym powyżej warstwy bezpośredniego sterowania z powodzeniem mogą być stosowane sieci lokalne ogólnego przeznaczenia. W warstwach wyższych, szczególnie w sferze zarządzania i na większych odległościach mogą być stosowane wybrane standardy sieci metropolitalnych i rozległych, też ogólnego przeznaczenia. Bardzo duże rozpowszechnienie takich sieci spowodowało dostępność szerokiego asortymentu środków technicznych zarówno do realizacji poszczególnych segmentów, jak i do ich wzajemnego sprzęgania, czyli tworzenia sieci heterogenicznych.

Dlatego dla tego obszaru, sieci lokalnych ogólnego przeznaczenia i sieci o większej od nich rozległości, zadania rozwiązywane w projekcie dotyczą wyboru sieci i ich składników zgodnych z wymogami przyjętego modelu i standardów, dalej optymalnego doboru spośród rozwiązań spełniających te wymogi, przeprowadzenia szeregu rodzajów badań, wreszcie doboru interfejsów aplikacyjnych. Nie stwierdzono natomiast potrzeby podejmowania własnych opracowań elementów sprzętowych w zakresie takich sieci. Także oferta oprogramowań komunikacyjnych do sieci ogólnego przeznaczenia jest w zasadzie pełna.

Odmienne przedstawia się sytuacja w obszarze sieci obsługujących bezpośrednio procesy wytwarzania. W tej najniższej warstwie struktur systemów CIM specyfika środowiska przemysłowego narzuca szereg trudnych wymagań, z których najważniejsze to:

- odporność na narażenia technoklimatyczne,
- odporność na bardzo wysokie poziomy zakłóceń elektromagnetycznych,
- ekstremalne wymagania czasu uzyskania dostępu do medium transmisyjnego i czasu przekazania przesyłek o najwyższych priorytetach.

By sprostać tym wymaganiom powstały odmienne rozwiązania sieci do stosowania w sferze wytwarzania - przemysłowe sieci lokalne i sieci (magistrale) miejscowe. Istnieje obecnie

znaczna liczba takich sieci. W ramach projektu przeprowadzono rozeznanie i analizę właściwości ponad 40 typów magistral miejscowych [1]. Nieliczne z nich uzyskały statut standardów krajowych czy międzynarodowych, ale większość stanowi rozwiązania firmowe. Najbardziej rozpowszechnione nabrały nieformalnego statutu standardu *de facto*.

Magistrale miejscowe grupy podstawowej łączą komputer pracujący pod kontrolą systemu czasu rzeczywistego z inteligentnymi urządzeniami automatyki, takimi jak programowalne sterowniki przemysłowe PLC, specjalizowane sterowniki maszyn i napędów, koncentratory danych oraz inteligentne czujniki i zadajniki. Istnieje jeszcze druga grupa magistral miejscowych - magistrale czujników i zadajników, które łączą proste elementy automatyki ze sterownikiem. Wyróżniają się dużym uproszczeniem protokołów i najniższymi kosztami instalacji. Niezależnie od tego podziału, ze względu na dziedziny zastosowań można wyodrębnić:

- magistrale miejscowe ogólnego przeznaczenia,
- magistrale iskrobezpieczne do zastosowań w strefach zagrożonych wybuchem,
- magistrale o wyjątkowych wymaganiach w systemach krytycznych czasowo,
- magistrale systemów automatyki w pojazdach,
- magistrale systemów automatyki w budynkach.

3. INTEGRACJA SIECI HETEROGENICZNYCH

W przedsiębiorstwach przemysłowych trzeba zapewnić współpracę sieci różnych warstw funkcjonalnych i różnych typów (pochodzących od różnych dostawców) w obrębie poszczególnych warstw. Z reguły sieć ogólnozakładowa jest zatem siecią heterogeniczną. Wynika to zarówno z konieczności powiązania komunikacyjnego różnych szczebli przedsiębiorstwa, jak i różnorodności magistral miejscowych i przemysłowych sieci lokalnych - najczęściej dobranych w ścisłym powiązaniu z charakterem konkretnego procesu wytwórczego. W konsekwencji problem integracji sieci heterogenicznych stał się, obok rozwoju oprogramowań interfejsów aplikacyjnych, podstawowym w projekcie badawczym.

Ze względu na ograniczenie środków, a jeszcze bardziej krótki czas realizacji projektu, przyjęto iż zostaną powiązane ze sobą conajmniej najważniejsze, czy najlepsze w sensie kryteriów funkcjonalnych i technicznych sieci poszczególnych warstw funkcjonalnych. Wybrane będą optymalne rozwiązania i poddane zostaną badaniom.

Przeprowadzone rozeznania wskazały na liczne trudności przeprowadzania integracji na niższych poziomach - powiązań miejscowych i lokalnych sieci przemysłowych ze sobą, jak i z sieciami wyższego poziomu. W niektórych ważnych przypadkach stwierdzono brak oferty na rynku światowym. Z tej przyczyny część wysiłków w projekcie skierowano na nowe opracowania elementów integrujących. W dalszej części będą omówione przykłady zarówno takich nowych opracowań, jak i implementacji firmowych oprogramowań integrujących.

4. INTEGRACJA SIECI PROFIBUS (jako miejscowej) Z SIECIAMI WYŻSZEGO POZIOMU

Analizy prowadzone w projekcie wskazały na szczególne znaczenie sieci PROFIBUS [4]. Należy do najbardziej rozpowszechnionych, a standard PROFIBUS pierwotnie krajowy [5], w ubiegłym roku uzyskał rangę normy europejskiej EN50170. Rozwój standardu i powstanie kilku wersji umożliwia stosowanie magistrali PROFIBUS zarówno jako sieci lokalnej - w wersji FMS, jak i jako prostej magistrali miejscowej - w wersji DP. W zgodnej opinii realizatorów projektu z kilku instytutów uznano, że sieć PROFIBUS najlepiej spełnia wymogi

sferę wytwarzania i zdecydowano preferować ją do aplikacji w przemyśle polskim. W konsekwencji podjęto analizy i opracowania w celu integracji PROFIBUS z sieciami wyższego poziomu (omawiane w niniejszym punkcie), jak i z magistralami miejscowymi (p. 5).

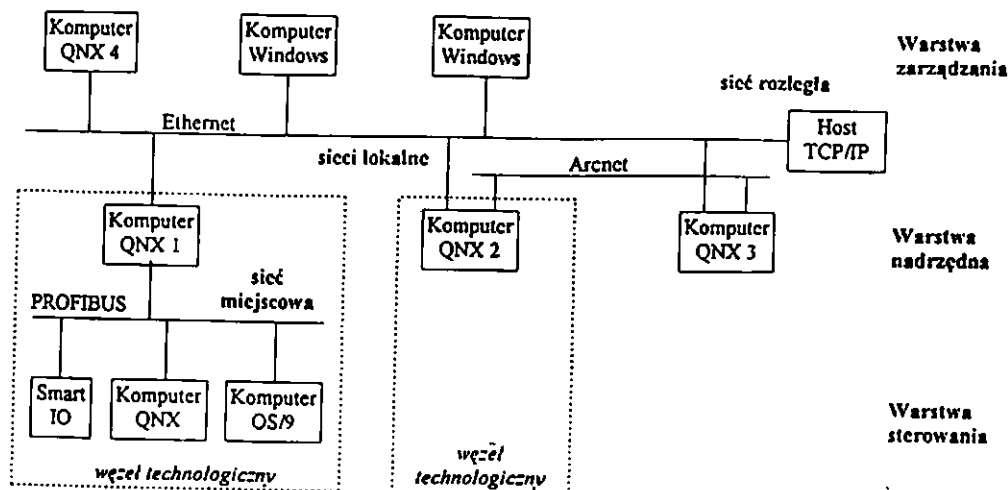
Dotychczas dokonano dwóch implementacji bram spinających sieć lokalną PROFIBUS z sieciami wyższego poziomu. W Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej (IAiS) opracowano oryginalną realizację bramy wiążącej PROFIBUS z sieciami o protokole TCP/IP, natomiast w PIAP zrealizowano implementację bramy wiążącej z najpowszechniejszą obecnie siecią lokalną standardu IEEE 802.3.

4.1. Implementacja bramy PROFIBUS - TCP/IP

W rozpatrywanych przez Instytut IAiS [6] strukturach sterowania i zarządzania przedsiębiorstwem przemysłowym rozróżniono struktury zdecentralizowane i hierarchiczne. W praktyce przemysłowej występują najczęściej struktury mieszane, łączące cechy obu typów. W takiej strukturze zintegrowanego systemu sterowania i zarządzania wielowydziałowym przedsiębiorstwem przemysłowym wyodrębnia się trzy podstawowe warstwy funkcjonalne:

- warstwę sterowania bezpośredniego, obejmującą lokalne sterowniki obiektowe i stacje zbierania danych,
- warstwę sterowania operatywnego, z komputerami nadrzędnymi,
- warstwę zarządzania produkcją, z komputerami integrującymi w skali przedsiębiorstwa systemy sterowania operatywnego.

Prosty przykład realizowanej w IAiS struktury modelu instalacji CIM, z wyodrębnionymi trzema warstwami podaje rys. 1. Struktura komunikacyjna obejmuje w warstwie sterowania sieć miejscową PROFIBUS obsługującą węzeł technologiczny. W węźle pracują urządzenia warstwy sterowania - sterownik Smart IO i komputery przemysłowe z systemami operacyjnymi QNX i OS/9. Dalej struktura obejmuje w warstwie nadrzędnej komputery QNX1..3. Komputery warstwy nadrzędnej są połączone między sobą i z komputerami warstwy zarządzania za pomocą sieci lokalnych Ethernet i Arcnet. W warstwie zarządzania do komunikacji komputerów nadrzędnych wykorzystuje się łącza sieci lokalnych, jak i sieci rozległych.



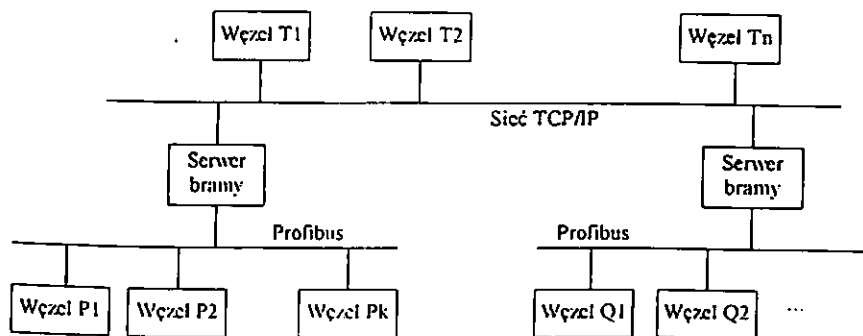
Rys. 1. Struktura instalacji CIM badanej w IAiS Politechniki Warszawskiej

W takiej strukturze szczególną rolę pełnią komputery nadrzędne, które integrują sieci urządzeń pracujących w różnych warstwach funkcjonalnych. W zakresie integracji zadania komputerów nadrzędnych obejmują pośredniczenie w komunikacji i translację protokołów stosowanych w łączonych sieciach. Ponadto występuje problem komunikowania się aplikacji wykonywanych w komputerach poszczególnych warstw funkcjonalnych, które pracują pod kontrolą różnych systemów operacyjnych.

Dokonane porównania protokołów sieci miejscowej PROFIBUS i sieci lokalnych, w tym najpopularniejszej z nich - sieci Ethernet wskazują na duże różnice we wszystkich warstwach. Wyklucza to możliwość ich sprzężenia w warstwie 2. łącza danych lub 3. sieciowej przez mosty (*bridge*) lub routery (*router*) i narzuca konieczność budowy bramy (*gateway*). W takiej bramie po stronie PROFIBUS sposób funkcjonowania narzuca protokół FMS. Natomiast po stronie sieci lokalnych duża różnorodność tych sieci i brak wspólnego standardu programowania usług warstwy łącza danych skłonił realizatorów z IAIIS do przyjęcia protokołu TCP/IP.

Protokół TCP/IP obejmuje zestaw protokołów warstwy sieciowej i transportowej, który udostępnia usługi połączeniowe obsługiwane przez protokół TCP i usługi bezpołączeniowe obsługiwane przez protokół UDP. Komputery będące węzłami sieci mają przypisane stałe, unikalne w ramach sieci rozległej adresy należące do domeny internetowej. Protokół TCP/IP umożliwia zgodność usług implementowanych przez bramę po stronie sieci lokalnych ze specyfikacją FMS. Drugą oczywistą zaletą wyboru protokołu TCP/IP jest powiązanie całej struktury komunikacyjnej przedsiębiorstwa z sieciami rozległymi.

Strukturę sieci heterogenicznej połączonej za pomocą bram PROFIBUS - TCP/IP przedstawia rys. 2. Węzły sieci TCP/IP (T-węzły) mogą komunikować się z węzłami sieci PROFIBUS za pomocą usług protokołu FMS. Mogą wywoływać usługi potwierdzone, jako klienci usług, oraz mogą zarówno wywoływać, jak i wykonywać usługi niepotwierdzone. Natomiast węzły sieci PROFIBUS - serwery usług, mogą realizować usługi potwierdzone wywołane przez T-węzły, jak również mogą wykonywać i wywoływać usługi niepotwierdzone.



Rys. 2. Struktura heterogenicznej sieci z bramami PROFIBUS - TCP/IP

- Usługi komunikacyjne, jakie może wywoływać proces użytkownika T-węzła, obejmują:
- usługi zarządzające, pozwalające na zapisanie udostępnianych obiektów w słowniku OD,
 - usługi specyfikacji FMS (11 podstawowych usług),
 - pomocnicze usługi dystrybucji pamięci przeznaczonej na struktury danych.

Rolę bramy pełni komputer PC wyposażony w karty komunikacyjne PROFIBUS i Ethernet, nazywany serwerem bramy, pracujący pod nadzorem systemu operacyjnego QNX. W ramach projektu opracowano oprogramowanie komunikacyjne złożone z oprogramowania serwera bramy oraz oprogramowania warstwy FMS, działającego na wszystkich T-węzłach, czyli komputerach sieci TCP/IP, mogących pracować pod nadzorem systemu operacyjnego QNX lub Windows [7].

Struktura oprogramowania bramy została opracowana zgodnie z metodą SA/SD/RT Worda-Mellora i została przedstawiona w postaci modelu zadań, uzupełnionego specyfikacjami struktur danych. Schematy transformacji sporządzono za pomocą systemu wspomagającego ADT firmy Yourdon. Zrealizowana już implementacja bramy obejmuje następujące zadania:

- definicję listy usług sieciowych realizowanych przez oprogramowanie warstwy FMS,
- sposób wywoływania usług,
- model otoczenia oprogramowania warstwy FMS, zawierający opis sposobu adresowania T-węzłów przez usługi FMS, schemat kontekstu, listę zdarzeń,
- ogólny projekt struktury oprogramowania T-węzłów i serwera bramy, w tym algorytmy reakcji na zdarzenia i algorytm translacji usług,
- struktury danych, w tym m.in.: słownik OD, listy relacji komunikacyjnych. CRL i atrybutów relacji,
- struktury komunikatów,
- pliki konfiguracyjne.

Obecnie w IAIIS Politechniki Warszawskiej podjęto badania pełnego modelu instalacji CIM.

4.2. Implementacja bramy PROFIBUS - sieć IEEE 802.3

Do instalacji CIM w Instytucie, w celu połączenia segmentu sieci według standardu PROFIBUS (w wersji stosującej protokół FMS), z siecią standardu IEEE 802.3 wybrano bramę opracowaną w firmie WM Data (do 1995 r. znaną pod nazwą CRI Industrial Systems A/S). W segmencie 802.3 wykorzystuje się oprogramowanie EasyMAP tej samej firmy, stanowiące interfejs aplikacyjny (API). Przedmiotem podjętych badań jest współpraca bramy z różnymi oprogramowaniami węzłów obu sieci (pochodzącymi z różnych firm). Szczególnie ważne jest badanie kompatybilności oprogramowania bramy z interfejsami API innych firm, w tym wiodącej firmy SISCO. Istotnym aspektem badań będzie również sprawdzanie relacji między usługami protokołów MMS (sieci 802.3) i FMS (sieci PROFIBUS).

Oprogramowanie bramy [8] pracuje na komputerze PC w środowisku systemu operacyjnego OS/2, wersji 2.x. Od strony protokołu MMS brama jest traktowana przez oprogramowanie EasyMAP jako serwer. Od strony protokołu FMS sieci PROFIBUS brama jest traktowana jako klient. Brama realizuje usługi pisania i czytania zmiennych i tabel. Dostęp do zmiennych i tabel jest dokonywany za pomocą numeru indeksu zmiennika OV obiektu odległego. Brama przekazuje dane PROFIBUS 8, 16, 32-bitowe, oraz zmiennie dwuwartościowe. Realizowane są dwa typy połączeń: acykliczne połączenie master - master i acykliczne połączenie master - slave, przy czym wykonuje się jednocześnie tylko jedną relację komunikacyjną CR. Brama może pracować w zakresie przepływności binarnych segmentu PROFIBUS od 9,6 do 500 kBaud.

Brama jest złożona z następujących składników:

- karty komunikacyjnej typu CP5412 firmy Siemens,
- oprogramowania firmowego karty CP5412, z licencją firm Softing i Siemens,
- sterownika programowego (driver) karty, z licencją firmy commtech,

- oprogramowania MMS Gateway UPSE (User Programmable Software Extension), z licencją firmy CRI Industrial Systems A/S.

Brama wymaga najpierw przeprowadzenia konfiguracji węzłów w obrębie sieci 802.3 za pomocą programu inżynierskiego FORMTOOL (z biblioteki EasyMAP) oraz konfiguracji w segmencie sieci PROFIBUS. Program FORMTOOL jest składnikiem aplikacji EasyMAP służącym do przygotowania prezentacji danych obiektowych. Program wykorzystuje bazy danych oraz narzędzia systemu ORACLE. Do implementacji bramy w systemie EasyMAP służy program UPSE o nazwie 'PROFIBUS'. Prace inżynierskie związane z przygotowaniem bramy do aplikacji (Gateway Engineering) obejmują skonfigurowanie jednej lub kilku aplikacji bramy (Gateway Mapplications), sporządzenie specyfikacji i wprowadzenie specyfikacji do aplikacji bramy. Menu inżynierskiego przygotowania bramy zawiera wejścia do edycji obiektów przypisanych bramie, menu sprawdzania i wprowadzania oraz menu dokumentowania. To ostatnie pozwala na generację raportów dokumentujących obiekty wprowadzone przez FORMTOOL. Menu sprawdzania i wprowadzania umożliwia odczyt z bazy danych w celu kontroli atrybutów obiektów i zależności między obiektami.

Konfiguracja określa zmienne, które brama powinna czytać i pisać z/do dołączonego urządzenia (np. sterownika PLC, obrabiarki NC, robota). Przygotowanie polega na wyspecyfikowaniu zmiennych i zdarzeń (w rozumieniu protokołu MMS), które brama będzie przysyłać, jak również ustaleniu sposobu przekazu każdej ze zmiennych z/do urządzenia. Najczęściej określa się adresy każdej zmiennej czy zdarzenia w urządzeniu dołączonym. Zmienne dwuwartościowe (FMS Boolean) są odwzorowywane w obsłudze zdarzeń MMS. Za pomocą formularzy FORMTOOL definiuje się poziom aktywny i spoczynkowy takich zmiennych. Brama odczytuje zdarzenia okresowo (POOLTIME), przy czym okres powtarzania odczytów jest definiowany przy instalowaniu, a wartość domyślna wynosi 1 s. Brama wysyła EventNotification po każdej zmianie stanu zmiennej.

W celu ustanowienia komunikacji po magistrali PROFIBUS stosuje się pliki konfiguracyjne:

- BP_FILE zawiera parametry magistrali
- KBL_FILE zawiera listę relacji komunikacyjnych CR,
- OV_FILE zawiera listę obiektów, dostępnych dla innych węzłów PROFIBUS

Przygotowuje się je jako pliki tekstowe za pomocą narzędzi konfiguracyjnych działających w środowisku Windows, kompatybilnych na poziomie wyjścia z programem PROFIBUS Konfigurator firmy Softing. Może to być np. program CFG-SUCONET-P firmy Klockner-Muller lub inny edytor tekstu.

Brama rozróżnia dwa typy danych: zmienne PROFIBUS i zmienne stanu bramy. Zmienne PROFIBUS są odwzorowywane na odpowiadające im zmienne MMS i adresowane za pomocą indeksów zmiennych w słowniku OV oddalonego węzła. Zmienne stanu obejmują wewnętrzne stany bramy i stany magistrali PROFIBUS. Zmienne te są typu STATUS 16 i są odzorowywane przez zmienne typu MMSInteger16. Szereg zmiennych stanu może być odwzorowany za pomocą łańcucha tekstowego.

Przeprowadzona instalacja bramy oraz dotychczasowe badania potwierdziły korzystne właściwości funkcjonalne. Oprogramowanie inżynierskie pozwala na pełne i bardzo dogodne skonfigurowanie bramy. Sprawdzone także korzystanie z firmowych narzędzi diagnostycznych. Są one użyteczne przy dołączaniu węzłów PROFIBUS do stacji roboczej EasyMAP. Umożliwiają prezentację stanu połączeń, odczyt zmiennych i kontrolę przebiegu dostępu do sieci PROFIBUS. Wskazywane są kody występujących błędów.

5. INTEGRACJA SIECI PROFIBUS (jako lokalnej) Z SIECIAMI MIEJSCOWYMI

Sieć PROFIBUS w wersji FMS, dzięki rozwiniętej funkcjonalności protokołu może obsługiwać komunikacyjnie znaczne obszary wydziałów produkcyjnych i może integrować magistrale miejscowe. Spośród wielu analizowanych i badanych w projekcie magistral miejscowych uznano magistralę LonWorks firmy Echelon za najbardziej odpowiednią do obsługi instalacji w budynkach. Szczególnie jest ona preferowana do monitorowania mediów energetycznych. Dlatego w projekcie zdecydowano o powiązaniu sieci PROFIBUS i LonWorks. Stwierdzono zarazem, iż nie było jeszcze, do połowy 1996 r. tego typu bramy w ofertach firm zagranicznych - wiodących dostawców wyposażenia omawianych dwóch sieci.

W celu sprzężenia sieci LonWorks z siecią PROFIBUS opracowano bramę typu przetwornik protokołów (protocol converter) pracującą na poziomie 7-mej warstwy oprogramowania sieci [9, 10]. Brama wykorzystuje karty sieciowe do komputera PC typu PCLTA 73100 firmy Echelon od strony sieci LonWorks i typu PROFI-IF-PCAT firmy Softing od strony sieci PROFIBUS wraz z gotowym oprogramowaniem w warstwach 1 do 5 oraz oprogramowaniem biblio-tecznym dla warstw 6 i 7. Brama nie jest przeźroczysta, lecz stanowi stację w każdej z sieci. Informacje wymieniane są za jej pośrednictwem, a kontrola poprawności przesyłek odbywa się w każdej sieci niezależnie oraz w programie aplikacyjnym bramy.

Przesyłki LonWorks → PROFIBUS korzystają z pośrednictwa bramy w szczególny sposób ze względu na zupełnie odmienny tryb pracy obydwu sieci. Sieć LonWorks w charakterystycznym dla niej trybie pracy wysyła w sieć przesyłkę zawierającą wartość lub inną informację, automatycznie po podstawieniu nowej wartości przez program aplikacyjny stacji LonWorks do tzw. zmiennej sieciowej (np. stacja wejść dwustanowych wysyła przesyłkę tylko po zmianie stanu wejścia dwustanowego, natomiast nie wysyła dopóki stan wejść się nie zmieni). Jest to więc tryb niesynchroniczny w przeciwieństwie do trybu pracy sieci PROFIBUS, w której każda stacja master musi czekać na otrzymanie znacznika (token) krążącego w pierścieniu sieci aby móc wysłać swoją przesyłkę.

Konfigurowanie każdej z dwu sieci odbywa się osobno przy pomocy urządzeń konfiguracji sieci specjalizowanych dla tej sieci. Konfiguracja wprowadza bramę jako stację do każdej z sieci oraz zapewnia dostęp bramy do wszystkich informacji (stacji, obiektów, zmiennych sieciowych), które są wymieniane pomiędzy sieciami. Do stałej pamięci bramy są wprowadzane, i przez cały czas przechowywane, dane o konfiguracji każdej sieci, tak by każda z nich mogła odczytać jakie dane z drugiej sieci są dla niej dostępne. Po każdej zmianie konfiguracji sieci pliki konfiguracyjne muszą być aktualizowane.

Po stronie LonWorks konfigurację wykonuje się z komputera PC wyposażonego w programy firmowe Echelon Lon Profiler i Lon Manager. Za pomocą programu Lon Profiler wprowadza się do bazy dane urządzeń - węzłów sieci LonWorks. Następnie w programie Lon Manager, posługując się opcjami proponowanymi w menu, wykonuje się połączenia konfiguracyjne pomiędzy modułami we/wy obiektowych, oraz pomiędzy modułami we/wy a bramą.

Przy projektowaniu bramy starano się uwzględnić wiele specyficznych wymagań przemysłowych. Sieć PROFIBUS ma nadany wyższy poziom niż sieć LonWorks; wymiana poleceń i informacji między siecią PROFIBUS a siecią LonWorks nie jest symetryczna, a określone przesyłki PROFIBUS mają wyższy priorytet. Brama aktualizuje samoczynnie zmienne LonWorks. Brama po wyłączeniu zasilania lub przerwie w pracy spowodowanej

awarią lub wyłączeniem sieci rozpoczyna pracę samodzielnie i bez powodowania zakłóceń w dołączonych sieciach.

Brama realizuje następujące przekazy:

w relacji PROFIBUS → LonWorks	żądanie przesłania wartości zmiennej, wpisanie wartości zmiennej
w relacji LonWorks → PROFIBUS	przesłanie żądanej wartości zmiennej przesłanie informacji alarmowej z obiektu
w relacji PROFIBUS → brama	odczyt danych statystycznych i stanu pracy bramy
w relacji brama → PROFIBUS	przesłanie informacji alarmowej (diagnostyka bramy)
w relacji LonWorks → brama	odczyt danych statystycznych i stanu pracy bramy
w relacji brama → LonWorks	przesłanie informacji alarmowej (diagnostyka bramy)

Przeływności binarne obu sieci są zadawane w trakcie konfiguracji. Przy maksymalnej szybkości transmisji po magistrali LonWorks równej 1,25 Mbit/s uzyskano następujące zdolności przesyłowe bramy, wyrażone liczbą przesyłek na sekundę:

Długość pola danych [bajtów]	8	32	228
Przesyłki bez potwierdzeń	476	400	153
Przesyłki z potwierdzeniem	100	92	55

6. MOST WIĄŻĄCY SEGMENTY SIECI MAP

Aktualne tendencje wskazują na zmniejszanie się liczby zastosowań sieci wg standardu IEEE 802.4. Niemniej, istnienie licznych, dobrze sprawdzonych, oprogramowań do systemów komputerowo wspomaganego wytwarzania CIM implementowanych na standard sieci 802.4, jak też udokumentowane rezultaty wielostronnych badań tego typu sieci narzuciło zachowanie w heterogenicznej instalacji badawczej budowanej w Instytucie także segmentu sieci 802.4. Ponieważ z drugiej strony nastąpiły daleko idące aktualizacje oprogramowań komunikacyjnych sieci standardu 802.3 i wprowadzone zostały nowe typy kart komunikacyjnych dawniejsze oprogramowania mostów między segmentami sieci MAP standardów 802.3 i 802.4 stały się nieaktualne. Zaistniała konieczność opracowania modernizującego - w postaci nowego oprogramowania mostu.

Opracowane i uruchomione oprogramowanie mostu jest zgodne z normami 802.3 i 802.4 oraz z zaleceniami ujętymi w "MAP 3.0 Specification, 1993 Release". Przyjęto, iż most działa na komputerze PC pod kontrolą systemu operacyjnego MS-DOS 6.22 i MS-Windows 3.1/3.11. W komputerze są zainstalowane karty sieciowe: typu 3C590 COMBO firmy 3Com od strony segmentu 802.3 i typu LP 25 z modemem BK-4 firmy AEG/Computrol od strony segmentu 802.4. Zostały opracowane nowe interfejsy programowe do obu kart komunikacyjnych. Interfejs do karty LP-25 realizuje przyjmowanie i nadawanie pakietów na poziomie warstwy LLC, współpracując z oprogramowaniem MAP 3.0 (802.4) Stack for MS-DOS Release 2.3. Interfejs do karty 3Com również realizuje przyjmowanie i nadawanie pakietów na poziomie LLC, współpracując z oprogramowaniem sterownika NDIS.

Most współpracuje w segmencie 802.3 ze stacjami z oprogramowaniem firmy WD data, jak również ze stacjami wyposażonymi w inne oprogramowania firmowe stosujące stos wg SISCO. W segmencie 802.4 most współpracuje ze stacjami z oprogramowaniem firmy Computrol, a mianowicie oprogramowaniem komunikacyjnym DOS ISOcomm MAP 3.0 (802.4) Release 2.3 Stack for MS-DOS Software (SPA-35B) i oprogramowaniem interfejsu aplikacyjnego MMS MAP 3.0 ACSE Model Release 2.3 on MS-DOS Software (SPM-35B).

Oprogramowanie mostu przekazuje przesyłki według algorytmu selektywnego przekazywania. Przekazaniu podlegają tylko przesyłki o adresach węzłów umieszczonych w tablicach konfiguracji obydwu sieci. Wpisy do tablic są dokonywane usługami zarządzania. Most po wyłączeniu zasilania lub przerwie w pracy spowodowanej awarią i ponownym pojawieniu się zasilania rozpoczyna pracę samodzielnie (bez potrzeby ingerencji operatora) i bez powodowania zakłóceń w pracy innych stacji. Całość oprogramowania mostu, włącznie z interfejsami programowymi i testami działającymi na poziomie usług MMS została opracowana z wykorzystaniem kompilatora C/C++ firmy Microsoft.

Na koniec warto zauważyć, iż w projekcie potwierdziły się korzyści równoległego prowadzenia badań w kilku ośrodkach naukowych. Sprzyja to wzajemnej weryfikacji otrzymywanych rezultatów. Takim ogólnym rezultatem wstępnych analiz było zgodne skupienie zainteresowania na zagadnieniu oprogramowań integrujących dla sieci heterogenicznych, złożonych z segmentów różnych standardów, jak też oprogramowań API.

LITERATURA

- [1] Syrczyński A. i inn.: Projekt badawczy Zamawiany PBZ-31-05, Zadanie 2: Opracowanie wariantowych założeń i projektów otwartego systemu komunikacyjnego przedsiębiorstwa przemysłowego z siedmiowarstwowym modelem ISO, w zakresie sprzętu i oprogramowania, przy uwzględnieniu sieci lokalnych, sieci nadrzędnych, sieci miejscowych; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7303, Warszawa 1996.
- [2] Koch J. i inn.: tytuł jak [1]; Raport Instytutu Technologii Maszyn i Automatykacji P.Wro. seria Sprawozdania nr 14/96, Wrocław 1996.
- [3] Fryźlewicz Z., Kosmulska-Bochenek E., Stanisław A.: Sieci nadrzędne w zintegrowanych komputerowo systemach wytwarzania (CIM). Architektura sieciowa; Centrum Informatyczne. P. Wro. Raport serii SPR nr 10/95, Wrocław 1995.
- [4] Syrczyński A.: Przemysłowa sieć lokalna PROFIBUS; Biuletyn PIAP Nr 3/185, 1996, str. 3 - 41.
- [5] DIN 19245 Part 1, Part 2; PNO e.V. Karlsruhe 1991; Part 3; PNO e.V. Karlsruhe 1993.
- [6] Sacha K., Sikorski T., Toczyłowski E.: Opracowanie założeń budowy modelu instalacji CIM integrującej różnorodne platformy sprzętowo-programowe przy wykorzystaniu sieci LAN i przemysłowych sieci miejscowych; Raport IAiS PW nr 95-18, Warszawa, 1995.
- [7] Sacha K.: Implementacja bramy Profibus - TCP/IP; Raport IAiS PW nr 96-19, Warszawa 1996.
- [8] WM Data: EasyMAP User's Manual PROFIBUS Gateway PRD/USM/060; Birkerod 1996.
- [9] Goszczyński T., Jaszek M.: Założenia dla badawczej instalacji LonWorks; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7294, Warszawa 1996.
- [10] Goszczyński T., Kramarz A.: Projekt dla badawczej instalacji sieci LonWorks; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7312, Warszawa 1996.